INFORME FINAL

LICITACION ID: 618775-1-LE16

LÍNEA BASE DE MICROORGANISMOS EXTREMÓFILOS DE LAGUNAS TEBENQUICHE Y LA PUNTA Y LA BRAVA DEL SALAR DE ATACAMA, COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

VERSIÓN 1

ENERO 2017

CONTROL REVISIÓN DOCUMENTOS				
Versión	**Fecha**	**Elaborado por:**	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
1	20/01/2016	Ghía Durán Juan Navarro Francisca Urmeneta Marta Martin Fernanda Díaz	José María Peralta	Manuel Contreras L.

EQUIPO DE TRABAJO		
Nombre	**Título**	**Rol en proyecto**
Manuel Contreras	Biólogo, MSc, PhD	Jefe de Proyecto
Ghía Durán	Bióloga	Coordinadora de Proyecto
Jose María Peralta	Ingeniero Agrónomo, PhD	Senior Servicios Ecosistémicos
María Eugenia Farías	Bióloga, PhD	Ecosistemas Extremófilos
Juan Navarro	Cartógrafo	Cartografía
Marta Martin	Lic. Ciencias Ambientales MSc	Encargada Calidad de Agua y Sedimentos
Francisca Urmeneta	Ingeniera Civil Hidráulica	Servicios Ecosistémicos
Fernanda Díaz	Cartógrafa	Cartografía

CONTRAPARTE TÉCNICA		
Nombre	**Título**	**Rol en proyecto**
Jimena Ibarra C.	Profesional de recursos naturales, residuos y evaluación de riesgo.	Contraparte Técnica

Folio008413

INDICE

1 INTRODUCCIÓN 12

1.1 Descripción del área de estudio 12

1.2 Antecedentes generales 15

1.2.1 Revisión Bibliográfica 15

1.2.2 Desarrollo Minero 20

1.2.3 Desarrollo Turístico 22

1.2.4 Contexto del estudio 22

1.3 Objetivos del estudio 24

1.3.1 Objetivo general 24

1.3.2 Objetivos específicos 24

2 METODOLOGÍA 26

2.1 Recopilación y sistematización de la información 26

2.1.1 Información y antecedentes de proyectos aprobados en el SEIA 27

2.1.2 Información de microorganismos extremófilos 27

2.1.3 Información referente a las principales amenazas y/o presiones de las lagunas bajo estudio 28

2.2 Descripción ambiental de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava del Salar de Atacama. 29

2.2.1 Etapa 1: Revisión Bibliográfica 29

2.2.2 Etapa 2: Levantamiento de información en terreno 30

2.3 Línea base de microorganismos extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava. 35

2.4 Descripción de los servicios ecosistémicos que proveen y las principales amenazas presentes en el área de estudio. 36

2.4.1 Reuniones con las Comunidades 36

2.4.2 Taller Participativo con las Comunidades 36

2.5 Análisis cartográfico 36

2.6 Difusión de los resultados a nivel regional y local 37

3 RESULTADOS 38

3.1 Recopilación y Sistematización de la Información 38

3.1.1 Información y antecedentes de proyectos aprobados en el SEIA 38

3.1.2 Información de microorganismos extremófilos 42

3.1.3 Identificación de las principales presiones y/o amenazas de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava 45

3.2 Descripción ambiental de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava del Salar de Atacama. 68

3.2.1 Etapa 1: Revisión Bibliográfica 68

Folio008414

3.2.2 Etapa 2: Levantamiento de información en terreno 108

3.3 Línea Base de microorganismos extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava. 128

3.3.1 Condiciones Generales de las lagunas estudiadas 130

3.3.2 Caracterización de los estratos de las formaciones microbianas presentes en las lagunas bajo estudio. 137

3.4 Descripción de los servicios ecosistémicos que proveen las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava y sus principales amenazas. 138

3.4.1 Servicios Culturales 139

3.4.2 Servicios de Apoyo o Soporte 142

3.4.3 Percepción de los actores locales 143

3.5 Análisis cartográfico de las comunidades de microorganismos extremófilos en las lagunas Tebenquiche y La Brava y sus amenazas. 146

3.5.1 Cartografía de las principales amenazas 146

3.5.2 Cartografía de las comunidades microbianas 149

3.6 Difusión de los resultados a nivel regional y local 152

3.6.1 Taller de Difusión Final 152

3.6.2 Guías de Difusión 152

4 CONCLUSIONES 154

4.1 Recopilación y Sistematización de la Información 154

4.2 Descripción Ambiental de las lagunas bajo estudio 154

4.3 Línea base de microorganismos extremófilos 154

4.4 Descripción de los servicios ecosistémicos y sus principales amenazas 155

5 REFERENCIAS 157

6 ANEXOS 162

6.1 Recopilación y sistematización de la información 162

6.2 Línea Base de microorganismos extremófilos 162

6.3 Taller Participativo 162

6.4 Difusión de los Resultados 162

6.5 Geodatabase 162

7 GLOSARIO 163

Folio008415

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* ..14
FIGURA 1.2 GEOLOGÍA GENERALIZADA DE LA CUENCA DEL SALAR DE ATACAMA. *FUENTE: ADAPTADO DE KAMPF ET AL., 2005.* 16
FIGURA 1.3 SUPERFICIE DEL CUERPO DE AGUA DE LA LAGUNA TEBENQUICHE. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 18
FIGURA 1.4 SUPERFICIE DEL CUERPO DE AGUA DE LAS LAGUNAS LA PUNTA Y LA BRAVA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 19
FIGURA 1.5 LISTADO DE PROYECTOS CON RCA FAVORABLES EMPLAZADOS EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL, Y ACTUALIZADO A MAYO DEL 2016.* 21
FIGURA 1.6 LISTADO DE PROYECTOS APROBADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL.* 21
FIGURA 1.7 LLEGADA DE TURISTAS A ESTABLECIMIENTOS DE ALOJAMIENTO TURÍSTICO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE SERNATUR, 2013.*.....22
FIGURA 2.1 METODOLOGÍA DE DESARROLLO. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 26
FIGURA 2.2 ESQUEMA METODOLÓGICO DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS PROYECTOS APROBADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO (SEIA). *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 27
FIGURA 2.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS PUNTOS DE MUESTREO PARA LA CARACTERIZACIÓN ACTUALIZADA DE LAS MATRICES DE AGUA Y SEDIMENTO EN LA LAGUNA TEBENQUICHE, REALIZADAS EN SEPTIEMBRE DE 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 31
FIGURA 2.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS PUNTOS DE MUESTREO PARA LA CARACTERIZACIÓN ACTUALIZADA DE LAS MATRICES DE AGUA Y SEDIMENTO EN LAS LAGUNAS LA PUNTA Y LA BRAVA, REALIZADAS EN SEPTIEMBRE DE 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*.....32
FIGURA 3.1 PROYECTOS MINERO EMPLAZADOS EN LA CUENCA DEL SALAR DE ATACAMA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 41
FIGURA 3.2 DIFERENTES MICROBIALITOS ENCONTRADOS EN LAGUNAS ANDINAS DE GRAN ALTITUD. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE* ALBARRACÍN V ET AL., 2016.....44
FIGURA 3.3 DISTRIBUCIÓN DE DERECHOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 49
FIGURA 3.4 DERECHOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS CLASIFICADOS SEGÚN CAUDAL TOTAL OTORGADO EN LA COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 50
FIGURA 3.5 RED VIAL OFICIAL DE LA COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL MOP.*.....52
FIGURA 3.6 RED VIAL INFORMAL DEL SECTOR LA PUNTA Y LA BRAVA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*....54
FIGURA 3.7 RED VIAL INFORMAL DEL SECTOR TEBENQUICHE. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA*.....55
FIGURA 3.8 LOCALIZACIÓN DE POZOS DE EXTRACCIÓN DE SALMUERA DE ROCKWOOD LITHIUM. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 57
FIGURA 3.9 LOCALIZACIÓN DE POZOS DE EXTRACCIÓN DE SALMUERA PARA MODELACIÓN EN EL PERIODO DE SIMULACIÓN, ROCKWOOD LITHIUM. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*.....59
FIGURA 3.10 LOCALIZACIÓN DE POZOS DE EXTRACCIÓN DE SALMUERA PARA MODELACIÓN EN EL PERIODO DE CALIBRACIÓN 1997-2008, SQM. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 61
FIGURA 3.11 LOCALIZACIÓN DE POZOS DE EXTRACCIÓN DE SALMUERA PARA MODELACIÓN EN EL PERIODO DE VALIDACIÓN 2009-2014, SQM. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*.....63
FIGURA 3.12 LOCALIZACIÓN DE POZOS DE EXTRACCIÓN DE SALMUERA PARA MODELACIÓN EN EL PERIODO DE SIMULACIÓN, SQM. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 65
FIGURA 3.13 CONCESIONES MINERAS DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN EMPLAZADAS EN LA CUENCA DEL SALAR DE ATACAMA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE IDE-CHILE.* 67
FIGURA 3.14 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS PEINE Y TOCONAO EXPERIMENTAL. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*.....69
FIGURA 3.15 TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL DE LAS ESTACIONES PEINE Y TOCONAO EXPERIMENTAL. PERÍODO 2007-2016 (PEINE) Y PERÍODO 2000-2008 (TOCONAO EXPERIMENTAL). *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 71

Folio008416

FIGURA 3.16 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS ESTACIONES PEINE Y TOCONAO EXPERIMENTAL. PERÍODO 2007-2016 (PEINE) Y PERÍODO 2000-2008 (TOCONAO EXPERIMENTAL). *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 72
FIGURA 3.17 PRECIPITACIÓN ANUAL EN ESTACIÓN PEINE. PERÍODO 2007-2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 73
FIGURA 3.18 PRECIPITACIÓN ANUAL EN ESTACIÓN TOCONAO EXPERIMENTAL. PERÍODO 2000-2008. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 74
FIGURA 3.19 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE INIA, SAN PEDRO DE ATACAMA Y SOCAIRE. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 75
FIGURA 3.20 VELOCIDAD PROMEDIO MENSUAL DEL VIENTO, ESTACIONES SAN PEDRO DE ATACAMA Y SOCAIRE, ENERO 2011 – SEPTIEMBRE 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE INIA.* 76
FIGURA 3.21 HUMEDAD RELATIVA, PROMEDIO MENSUAL, ESTACIONES SAN PEDRO DE ATACAMA Y SOCAIRE, ENERO 2011 – SEPTIEMBRE 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE INIA.* 78
FIGURA 3.22 MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO. *FUENTE: SERNAGEOMIN. MAPA GEOLÓGICO DE CHILE: VERSIÓN DIGITAL. PUBLICACIÓN GEOLÓGICA DIGITAN, Nº 4, 2003.* 81
FIGURA 3.23 ESTACIONES DE MONITOREO DE LA COMPAÑÍA MINERA ZALDÍVAR SPA EN LA LAGUNA LA BRAVA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 89
FIGURA 3.24 ESTACIONES DE MONITOREO DE SQM SALAR S.A. EN LA CUENCA DEL SALAR DE ATACAMA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 98
FIGURA 3.25 ESTACIONES DE MONITOREO DE ROCKWOOD LITHIUM LIMITADA EN LA CUENCA DEL SALAR DE ATACAMA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 105
FIGURA 3.26 PUNTOS DE MONITOREO DE MINERA ESCONDIDA LIMITADA EN LA ZONA DE MONTURAQUI. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL ANEXO 1 DE LA ADENDA 5 DEL PROYECTO MODIFICACIONES Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE POZAS DE EVAPORACIÓN SOLAR EN EL SALAR DE ATACAMA.* 107
FIGURA 3.27 TEMPERATURA REGISTRADA EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 108
FIGURA 3.28 OXÍGENO DISUELTO REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. 109
FIGURA 3.29 CONDUCTIVIDAD REGISTRADA EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 110
FIGURA 3.30 SALINIDAD REGISTRADA EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 111
FIGURA 3.31 PH REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 112
FIGURA 3.32 ALCALINIDAD REGISTRADA EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 113
FIGURA 3.33 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS REGISTRADOS EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 114
FIGURA 3.34 SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS REGISTRADOS EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 115
FIGURA 3.35 TURBIDEZ REGISTRADA EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 116
FIGURA 3.36 AMONIO REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 117
FIGURA 3.37 NITRATO REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 118
FIGURA 3.38 NITRITO REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 119
FIGURA 3.39 NITRÓGENO KJELDAHL REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 120
FIGURA 3.40 NITRÓGENO TOTAL REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 121
FIGURA 3.41 ARSÉNICO DISUELTO REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 122

Folio008417

FIGURA 3.42 BICARBONATO REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 123
FIGURA 3.43 CALCIO TOTAL REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 124
FIGURA 3.44 CARBONATO REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 125
FIGURA 3.45 SÍLICE REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 125
FIGURA 3.46 POTENCIAL REDOX EN SEDIMENTOS, REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*.....126
FIGURA 3.47 FÓSFORO TOTAL EN SEDIMENTOS, REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*.....127
FIGURA 3.48 NITRÓGENO KJELDAHL EN SEDIMENTOS, REGISTRADO EN EL SISTEMA LAGUNAR LA BRAVA-LA PUNTA Y LA LAGUNA TEBENQUICHE. PRIMAVERA 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*.....128
FIGURA 3.49 TIPOS DE EMEAM ENCONTRADOS EN LAS LAGUNAS BAJO ESTUDIO. A) BIOFILMS B) TAPETE MICROBIANO C) MICROBIALITOS D) EVAPORITAS. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 130
FIGURA 3.50 LAGUNA TEBENQUICHE Y SUS COMUNIDADES MICROBIANAS. A) FITOMICROBIALITOS, B) BIOFILMS, C) EVAPORITAS, D) TAPETE MICROBIANO. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 131
FIGURA 3.51 DETALLE A DISTINTOS NIVELES DE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS PRESENTES EN LA LAGUNA TEBENQUICHE. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 132
FIGURA 3.52 BIODIVERSIDAD MICROBIANA DE TAPETES MICROBIANOS EN LA LAGUNA TEBENQUICHE. *ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE FARÍAS ME ET AL., 2014.*.....133
FIGURA 3.53 BIODIVERSIDAD MICROBIANA DE EVAPORITAS EN LA LAGUNA TEBENQUICHE. *ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE FARÍAS ME ET AL., 2014.*.....134
FIGURA 3.54 ONCOLITOS PRESENTES EN EL SISTEMA DE LAGUNAS LA PUNTA Y LA BRAVA. 134
FIGURA 3.55 LAGUNAS LA PUNTA Y LA PUNTA Y SUS COMUNIDADES MICROBIANAS. A) TAPETES MICROBIANOS, B) BIOFILMS, C) ONCOLITOS. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 135
FIGURA 3.56 BIODIVERSIDAD MICROBIANA DE TAPETES MICROBIANOS EN LA LAGUNA LA BRAVA. *ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE FARÍAS ME ET AL., 2014.*.....136
FIGURA 3.57 BIODIVERSIDAD MICROBIANA DE MICROBIALITOS (ONCOLITOS) EN LA LAGUNA LA BRAVA. *ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE FARÍAS ME ET AL., 2014.*.....137
FIGURA 3.58 CORTE TRANSVERSAL DE EVAPORITA PRESENTE EN LA LAGUNA TEBENQUICHE. A) CAPA AMARILLA O BLANCA, B) CAPA VERDE, C) CAPA PÚRPURA O ROSADA, D) CAPA MARRÓN. 138
FIGURA 3.59 NUEVOS SENDEROS DE ACCESO A LA LAGUNA TEBENQUICHE. *FUENTE: MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO DE ATACAMA.*.....140
FIGURA 3.60 REPORTAJE EN DIARIO EL MERCURIO DE CALAMA SOBRE LA IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES ALTOANDINOS, AGOSTO 2016. *FUENTE: EL MERCURIO DE CALAMA.* 141
FIGURA 3.61 TALLER DE EDUCACIÓN AMBIENTAL AL AIRE LIBRE REALIZADO EN LA LAGUNA TEBENQUICHE, OCTUBRE 2016. *FUENTE: SITIO WEB DEL GOBIERNO DE CHILE.* 142
FIGURA 3.62 TALLER PARTICIPATIVO CON LA COMUNIDAD DE COYO. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* ...144
FIGURA 3.63 TALLER PARTICIPATIVO CON LA COMUNIDAD DE PEINE. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*....145
FIGURA 3.64 PRINCIPALES AMENAZAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 148
FIGURA 3.65 COMUNIDADES MICROBIANAS PRESENTE EN LA LAGUNA TEBENQUICHE. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS LEVANTADOS EN TERRENO.* 150
FIGURA 3.66 COMUNIDADES MICROBIANAS PRESENTES EN EL SISTEMA LAGUNAR LA PUNTA Y LA BRAVA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS LEVANTADOS EN TERRENO.*.....151

Folio008418

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE PUNTOS DE MUESTREO, DATUM WGS 84 HUSO 19 SUR. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 30
TABLA 2.2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 33
TABLA 2.3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE SEDIMENTOS. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 34
TABLA 3.1 TITULARES SEIA QUE PRESENTAN ALGÚN TIPO DE PSA, PM O LB. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.* 38
TABLA 3.2 PROYECTOS SEIA APROBADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL SEIA.* 38
TABLA 3.3 NÚMERO Y PORCENTAJE DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS POR ÁREA DE CONOCIMIENTO EN MICROBIOLOGÍA DE EXTREMÓFILOS. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE BULL ET AL., 2016.*....42
TABLA 3.4 DERECHOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS ASOCIADOS A LA COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 45
TABLA 3.5 RANKING DE TITULARES, SEGÚN SUMATORIA DE CAUDAL OTORGADO, ASOCIADOS A DERECHOS DE AGUA SUBTERRÁNEOS, COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.*.....47
TABLA 3.6 CAMINOS ALEDAÑOS AL SECTOR DE LAGUNA DE ESTUDIO. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL MOP.* 51
TABLA 3.7 LONGITUDES ESTIMADAS EN CAMINOS INFORMALES EN SECTOR DE LAGUNAS DE ESTUDIO. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA* 53
TABLA 3.8 COORDENADAS UTM DE LOS POZOS DE EXTRACCIÓN DE SALMUERAS DE LA MINERA ROCKWOOD LITHIUM. *FUENTE: ADENDA 5, ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO "MODIFICACIONES Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE POZAS DE EVAPORACIÓN SOLAR EN EL SALAR DE ATACAMA".* 56
TABLA 3.9 COORDENADAS UTM DE POZOS DE EXTRACCIÓN DE SALMUERA DE ROCKWOOD LITHIUM, UTILIZADOS EN LA MODELACIÓN NUMÉRICA EN EL PERÍODO DE SIMULACIÓN. *FUENTE: ADENDA 5, ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO "MODIFICACIONES Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE POZAS DE EVAPORACIÓN SOLAR EN EL SALAR DE ATACAMA".* 58
TABLA 3.10 COORDENADAS UTM DE POZOS DE EXTRACCIÓN DE SALMUERA DE SQM UTILIZADOS EN LA MODELACIÓN NUMÉRICA EN EL PERIODO DE CALIBRACIÓN 1997-2008. *FUENTE: ADENDA 5, ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO "MODIFICACIONES Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE POZAS DE EVAPORACIÓN SOLAR EN EL SALAR DE ATACAMA".* 60
TABLA 3.11 COORDENADAS UTM POZOS DE EXTRACCIÓN DE SALMUERA DE SQM UTILIZADOS EN LA MODELACIÓN NUMÉRICA EN EL PERÍODO DE VALIDACIÓN 2009-2014. *FUENTE: ADENDA 5, ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO "MODIFICACIONES Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE POZAS DE EVAPORACIÓN SOLAR EN EL SALAR DE ATACAMA".* 62
TABLA 3.12 COORDENADAS UTM POZOS DE EXTRACCIÓN DE SALMUERA DE SQM UTILIZADOS EN LA MODELACIÓN NUMÉRICA EN EL PERÍODO DE SIMULACIÓN. *FUENTE: ADENDA 5, ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO "MODIFICACIONES Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE POZAS DE EVAPORACIÓN SOLAR EN EL SALAR DE ATACAMA".* 64
TABLA 3.13 TEMPERATURA (ºC) MÍNIMA, MÁXIMA Y PROMEDIO ABSOLUTO DE LAS ESTACIONES PEINE Y TOCONAO EXPERIMENTAL. PERÍODO 2007-2016 (PEINE) Y PERÍODO 2000-2008 (TOCONAO EXPERIMENTAL). *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 70
TABLA 3.14 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS ESTACIONES PEINE Y TOCONAO EXPERIMENTAL. PERÍODO 2007-2016 (PEINE) Y PERÍODO 2000-2008 (TOCONAO EXPERIMENTAL). *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 72
TABLA 3.15 PRECIPITACIÓN ANUAL EN ESTACIÓN PEINE. PERÍODO (ENERO) 2007- (MAYO) 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 73
TABLA 3.16 PRECIPITACIÓN ANUAL EN ESTACIÓN TOCONAO EXPERIMENTAL. PERÍODO 2000-2008. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA DGA.* 74
TABLA 3.17 VALORES MÍNIMO, MÁXIMOS Y PROMEDIO MENSUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H), ESTACIONES SAN PEDRO DE ATACAMA Y SOCAIRE, ENERO 2011 – SEPTIEMBRE 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE INIA.* 76

Folio008419

TABLA 3.18 VALORES MÍNIMO, MÁXIMOS Y PROMEDIO MENSUAL DE HUMEDAD RELATIVA (%), ESTACIONES SAN PEDRO DE ATACAMA Y SOCAIRE, ENERO 2011 – SEPTIEMBRE 2016. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE INIA.* 77
TABLA 3.19 FORMACIONES GEOLÓGICAS DE LA ZONA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE SERNAGEOMIN. MAPA GEOLÓGICO DE CHILE: VERSIÓN DIGITAL. PUBLICACIÓN GEOLÓGICA DIGITAN, Nº 4, 2003.* 79
TABLA 3.20 DOCUMENTOS CON INFORMACIÓN DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 82
TABLA 3.21 RANGOS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA LA BRAVA. 84
TABLA 3.22 RANGOS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA Y SEDIMENTOS DE LA LAGUNA LA PUNTA 85
TABLA 3.23 RANGOS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE LA LAGUNA TEBENQUICHE....87
TABLA 3.24 POZOS DE MONITOREO DE COMPAÑÍA MINERA ZALDÍVAR SPA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE COMPAÑÍA MINERA ZALDÍVAR SPA.* 88
TABLA 3.25 POZOS DE MONITOREO DE SQM SALAR S.A. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE SQM SALAR S.A.* 90
TABLA 3.26 POZOS DE MONITOREO DE ROCKWOOD LITHIUM LIMITADA. *FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE ROCKWOOD LITHIUM LIMITADA.* 99

RESUMEN EJECUTIVO

El Desierto de Atacama, ubicado en el norte de Chile, es el desierto más seco y más antiguo en la Tierra. En él se ubica el Salar de Atacama, el cual se caracteriza por tener una recarga continua de agua subterránea principalmente proveniente del extremo este, por la infiltración de la precipitación que se produce en el altiplano y solo esporádicamente algunos cursos superficiales que llegan a sus bordes.

Los principales cuerpos lacustres presentes en el Salar corresponden a la laguna Tebenquiche ubicada en el sector nororiente y las lagunas La Punta y La Brava ubicadas en el sector sur del Salar. Las características ambientales extremas de estas lagunas se caracterizan por fuertes vientos, altas tasas de evaporación, alta radiación solar, aridez extrema, cambios de temperatura diario, balance hídrico negativo, lluvias torrenciales pero escasas, combinado con una amplia gama de salinidad, desde agua dulce a agua salada dentro de la misma cuenca, permitiendo el desarrollo de las comunidades de microorganismos extremos, llamados extremófilos.

Por muchos años, la cuenca de Salar de Atacama ha sido un territorio estratégico para el desarrollo y comercio minero a nivel mundial, siendo el Salar de Atacama uno de los principales yacimientos de litio en el mundo. Así, este importante auge de la gran minería en el norte de Chile ha permitido una creciente explotación no solo de los recursos minerales, sino también del recurso hídrico, siendo una amenaza permanente sobre las condiciones físico-químicas de las lagunas, como la salinidad necesaria para el desarrollo de comunidades microbianas.

Se desconoce el real impacto que tienen las actuales presiones industriales y turísticas sobre el ecosistema, como también los potenciales riesgos desde el punto de vista de los microorganismos que están inmersos dentro de las lagunas. En este contexto, el Ministerio del Medio Ambiente encargó al Centro de Ecología Aplicada la elaboración del estudio “Línea Base de microorganismos extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava del Salar de Atacama, Comuna de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta”, el cual tiene como principal objetivo generar información sobre los microorganismos extremófilos presentes en la laguna Tebenquiche y en el sistema de lagunas La Punta y La Brava del Salar de Atacama, el cual servirá como base para la futura protección y gestión de estos sitios, en conjunto con las comunidades locales.

Folio008421

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Folio008422

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe Final, asociado al estudio titulado “Línea Base de Microorganismos Extremófilos de lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava del Salar de Atacama, Comuna de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta”, el cual fue solicitado por parte de la Subsecretaria del Medio Ambiente al Centro de Ecología Aplicada Ltda. El objetivo principal de este estudio es generar información sobre los microorganismos extremófilos presentes en la laguna Tebenquiche y en el sistema de lagunas La Punta y La Brava del Salar de Atacama, el cual servirá como base para la futura protección y gestión de estos sitios, en conjunto con las comunidades locales.

1.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio comprende a la laguna Tebenquinche ubicada en el sector norte del Salar de Atacama (576.615,16 m. Este / 7.441.174,19 m Sur) y al sistema de lagunas La Punta y La Brava localizada en la zona marginal sur del Salar (576.554,87 m Este / 7.3795.595,87 m Sur) (Figura 1.1), donde ambos cuerpos lacustres corresponden a lagunas salobres permanentes del Sistema Hidrológico Soncor y Burro Muerto, respectivamente.

Las condiciones ambientales de estas lagunas se caracterizan por; (1) alta radiación solar debido a una presión barométrica más baja a gran altura, y en consecuencia disminución de la absorción de la radiación solar, (2) las fluctuaciones extremas de temperatura, típica de los ambientes desérticos, (3) evaporación neta y producción de agua hipersalina y (4) las altas concentraciones de arsénico en el agua debido a eventos volcánicos (Lara J et al., 2012). Todas estas condiciones contribuyen al desarrollo de comunidades de microorganismos extremófilos adaptados a vivir en condiciones extremas.

Los microorganismos extremófilos son asociaciones de bacterias, cianobacterias y haloarqueas que influyen o inducen la precipitación de minerales en lagunas, fuentes hidrotermales, fumarolas de volcanes y salares de la Puna. Estos ecosistemas pueden ser clasificados en tapetes microbianos (litificantes, no litificantes o evaporíticos), en microbialitos (estromatolitos, trombolitos, oncolitos o leiolitos) y o evaporitas habitadas por endoevaporitas. Generalmente estas comunidades están estructuradas laminarmente, producto del ordenamiento de sus poblaciones constituyentes en función de perfiles bioquímicos donde uno de los parámetros más importantes es la distribución del oxígeno disuelto desde la superficie de los sedimentos hasta sectores más profundos.

En los últimos años se han reportado distintos ecosistemas microbianos asociados a minerales formando estructuras biológicas-sedimentarias de gran relevancia ecológica, científica, patrimonial y biotecnológica. Si bien la fisonomía de estas estructuras puede ser parecida entre sí, su génesis, composición mineralógica y microbiológica puede ser diferente. Por esta razón es necesario determinar la presencia, clasificación y distribución de estos ecosistemas en las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava.

Si bien el área de estudio corresponde a la laguna Tebenquiche y al sistema de lagunas La Punta y La Brava, estas zonas se encuentran influenciadas directamente por las presiones y/o amenazas de la cuenca del Salar de Atacama. Es por ello que se estudió de forma integral estas dos áreas de estudio. Cada área de estudio se describe a continuación:

- **Área de Influencia: Cuenca del Salar de Atacama**

Ha sido definida como área de influencia, dado que desde las últimas décadas, la cuenca del Salar de Atacama se ha transformado en un territorio estratégico para el desarrollo y comercio minero a nivel mundial, conllevando una creciente explotación no solo de los recursos minerales sino también del recurso hídrico, situación que afecta directamente a las lagunas en estudio, puesto que la cuenca del Salar de Atacama constituye un complejo sistema interconectado de escurrimiento de aguas superficiales y subterráneas que alimentan vegas, bofedales, lagunas y salares y representa la base de equilibrio de una profunda red de drenaje que da vida a oasis como Peine, Coyo y Socaire, y otras comunidades que ancestralmente han habitado este territorio. Así esta área de estudio permitirá dar luces del origen de las principales presiones y/o amenazas, las cuales servirán como base para la futura protección y gestión de estos sitios,

- **Áreas de estudio: Laguna Tebenquiche y el sistema de lagunas La Punta y La Brava:**

Corresponde al lugar de análisis de la presente consultoría, en donde se concentra el enfoque de recopilación y análisis de la información para responder los objetivos de este estudio, el cual es generar información base de los microorganismos extremófilos presentes en ambas lagunas para luego originar medidas de protección y gestión de estos sitios.

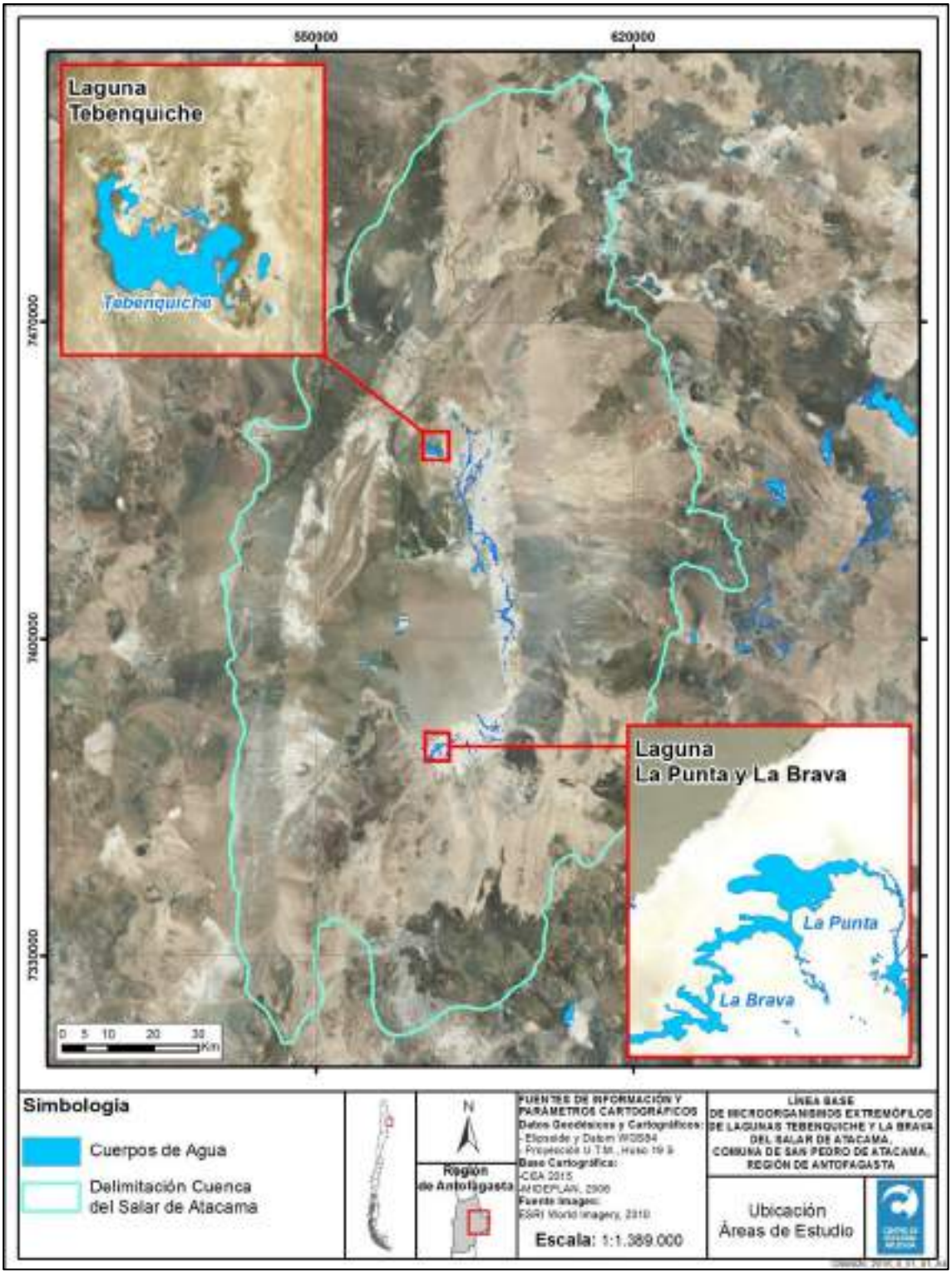


Figura 1.1 Distribución de las áreas de estudio del proyecto. *Fuente: Elaboración propia.*

Folio008425

1.2 Antecedentes generales

A continuación se presenta una revisión de la literatura y de otras fuentes de información que da cuenta sobre la cuenca del Salar de Atacama y del Salar propiamente tal. La información se recopiló a través de diversas fuentes de información entre ellas, la Revista Geológica de Chile, el Boletín Geológico y Minero y la Dirección General de Aguas, más otros artículos científicos que tienen relación directa con las zonas de estudio.

1.2.1 Revisión Bibliográfica

La cuenca del Salar de Atacama, corresponde a una cuenca endorreica, la cual posee un área de aproximadamente 12.400 km y se ubica a 2.300 m.s.n.m. en la provincia del Loa de la Región de Antofagasta, aproximadamente a 150 kilómetros al sureste de la ciudad de Calama, entre las coordenadas 573.248 m Este y 7.410.698 m Sur, siendo el mayor depósito salino del país (Figura 1.1). En el extremo norte de la cuenca se encuentran los cerros del Tatio, mientras que hacia el este se dispone el Altiplano o Puna de Atacama. Los límites al sur lo constituyen los Cerros de Lila, mientras que al oeste lo constituye la Cordillera de Domeyko (DGA, 1991; Risacher F et al., 1999b).

Esta cuenca pre altiplánica se encuentra inserta dentro del sistema hidrográfico Pacifico Seco, caracterizado por sus desiertos marginales costeros. El clima predominante es árido en su subtipo desértico y estepario, con temperaturas anuales que oscilan entre los -5ºC y los 28ºC. La humedad relativa alcanza un promedio anual de 44,9% y la velocidad media del viento alcanza a 10 m/s a 40 centímetros del suelo con una dirección dominante proveniente del oeste (DGA, 1991).

Geológicamente, los materiales de relleno de la cuenca son facies evaporíticas, cuya distribución está controlada por la típica secuencia de precipitación según un orden de solubilidades creciente: carbonatos, sulfatos y cloruros (desde el margen hacia el interior de la cuenca). Esta estructura se refleja superficialmente con el desarrollo de una serie de “costras”. La distribución de estas costras no es concéntrica respecto el depocentro del Salar, debido a que el aporte de solutos se realiza a través de la red de cursos de agua superficial y descargas subterráneas existente, en los sectores norte y este del Salar. En profundidad, y especialmente en el sector noreste, estas facies sedimentarias se encuentran intercaladas con tobas e ignimbritas (EDRA, 1999), como prolongación lateral de los cuerpos volcánicos que constituyen el zócalo del sector montañoso del margen este (Figura 1.2).

Tanto el zócalo como los márgenes de la cuenca son tectónicamente activos (Arriagada C et al., 2006), lo que da lugar a una serie de plegamientos y fracturaciones evidentes mediante la prospección geofísica de las diferentes unidades (Salas J et al., 2010).

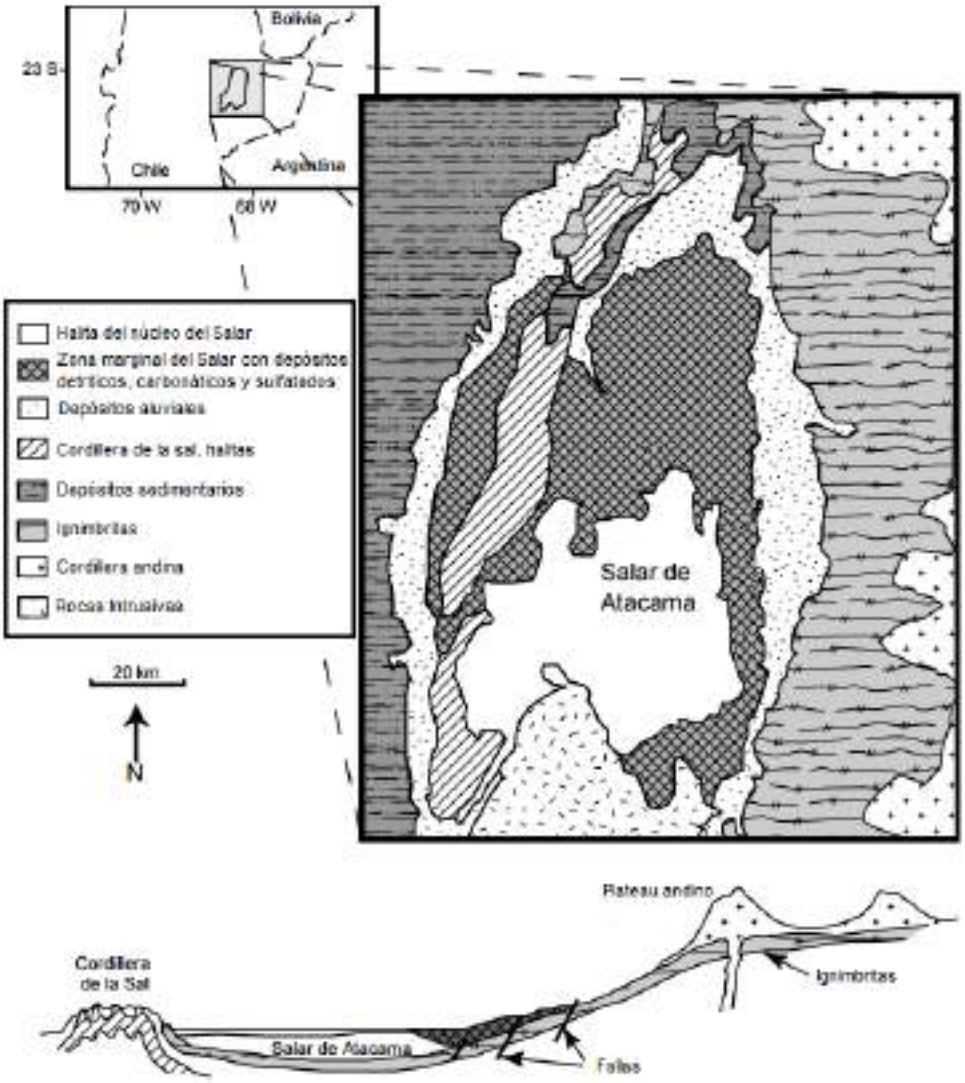


Figura 1.2 Geología generalizada de la cuenca del Salar de Atacama. *Fuente: Adaptado de Kampf et al., 2005.*

En su morfología, es una gran depresión tectónica cerrada de aproximadamente 110 km de largo por 60 km de ancho (en su parte central). El fondo de la depresión corresponde al Salar propiamente tal, el que corresponde a la cuenca de evaporación, cuya cota promedio es del orden de 2.350 m.s.n.m., alcanzando una superficie de aproximadamente 3.000 km^2 (DGA, 1991).

El Salar de Atacama está constituido por dos grandes unidades: el núcleo de 1.100 km^2 de superficie y de 900 m de espesor, y la zona marginal de limos salinos de unos 2.000 km^2 de superficie (Risacher F et al., 1999b). El núcleo está formado por halita (NaCl), impregnado con una salmuera de cloruro de sodio, rica en litio, potasio, magnesio y boro; mientras que la zona marginal consiste en una fina capa de sedimentos salinos ricos en sulfatos y especialmente en yeso.

Hidrográficamente el Salar de Atacama se caracteriza por tener una recarga continua de agua subterránea principalmente proveniente del extremo este, por la infiltración de la

Folio008427

precipitación que se produce en el altiplano y sólo esporádicamente algunos cursos superficiales llegan a sus bordes (DGA, 1991). Los principales cursos fluviales presentes en el entorno del Salar son los ríos San Pedro (con un caudal promedio de 1 m^3/s, y con episodios torrenciales de hasta 25 m^3/s) y Vilama (con un caudal promedio de 0,2 m^3/s). Ambos desembocan en el margen norte del Salar de Atacama: el río San Pedro forma un delta seco, mientras que Vilama, sometido a una fuerte presión extractiva, se infiltra y desaparece al Sur de San Pedro de Atacama. Los máximos caudales se registran entre los meses de enero a marzo, coincidiendo con los máximos pluviométricos.

En relación a las lagunas en estudio, la laguna Tebenquiche posee una superficie de aproximadamente 9,74 km^2 (Figura 1.3), mientras que el sistema de lagunas La Punta y La Brava posee una superficie de aproximadamente 2,88 km^2 (Figura 1.4).

En relación a la avifauna presente, el Salar de Atacama constituye un sitio importante como hábitat, sitio de reproducción e hibernación para los tres flamencos presentes en el altiplano chileno. En este sitio el Flamenco Andino (*Phoenicoparrus andinus*) presenta sus mayores agregaciones en los periodos de verano e invierno. En este último periodo el salar se convierte en el principal sitio de hibernación de la zona para dicho flamenco, y de igual forma para las otras dos especies (flamenco de James y flamenco Chileno) (Rodríguez E et al., 2005).

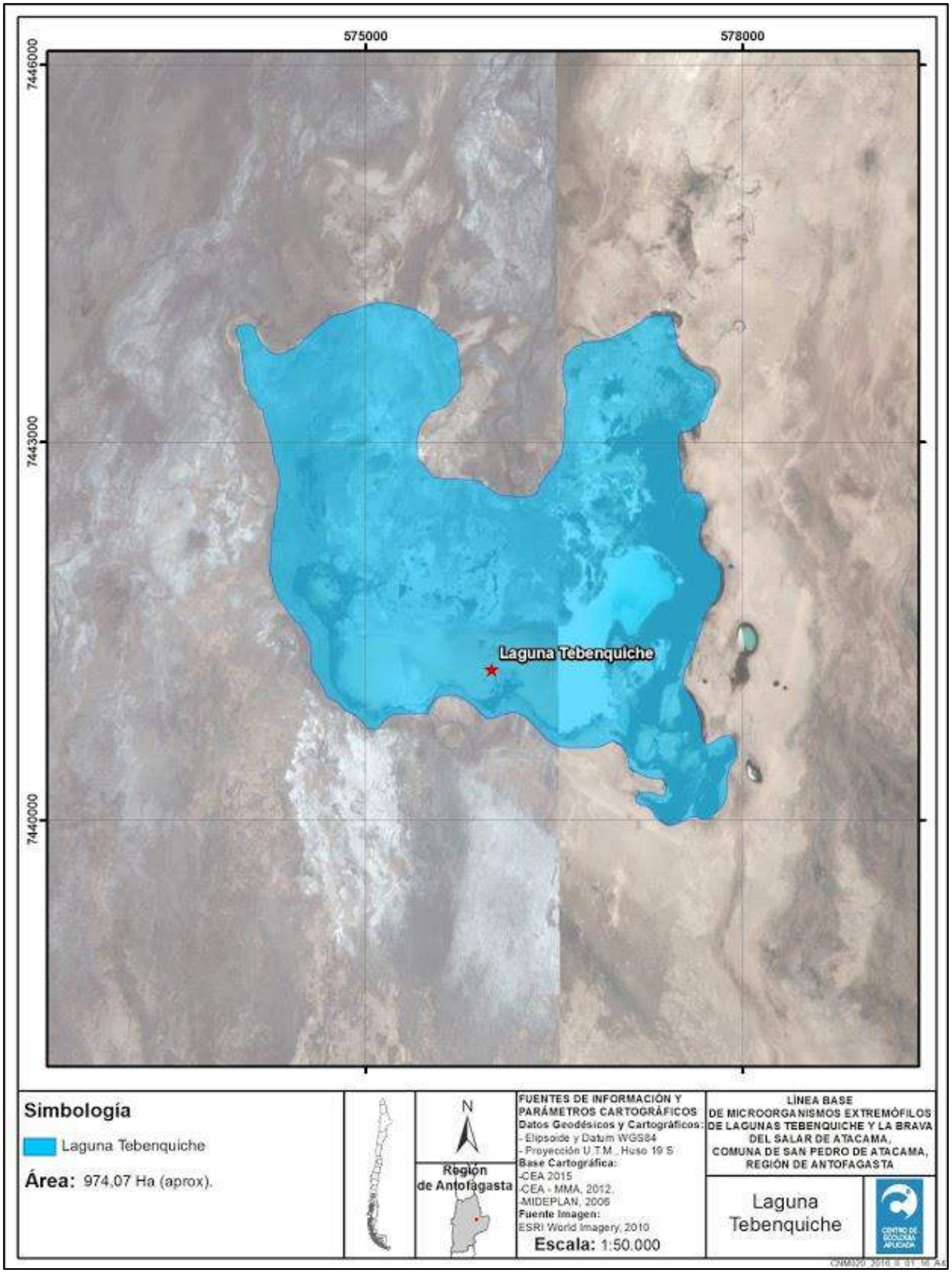


Figura 1.3 Superficie del cuerpo de agua de la laguna Tebenquiche. *Fuente: Elaboración propia.*

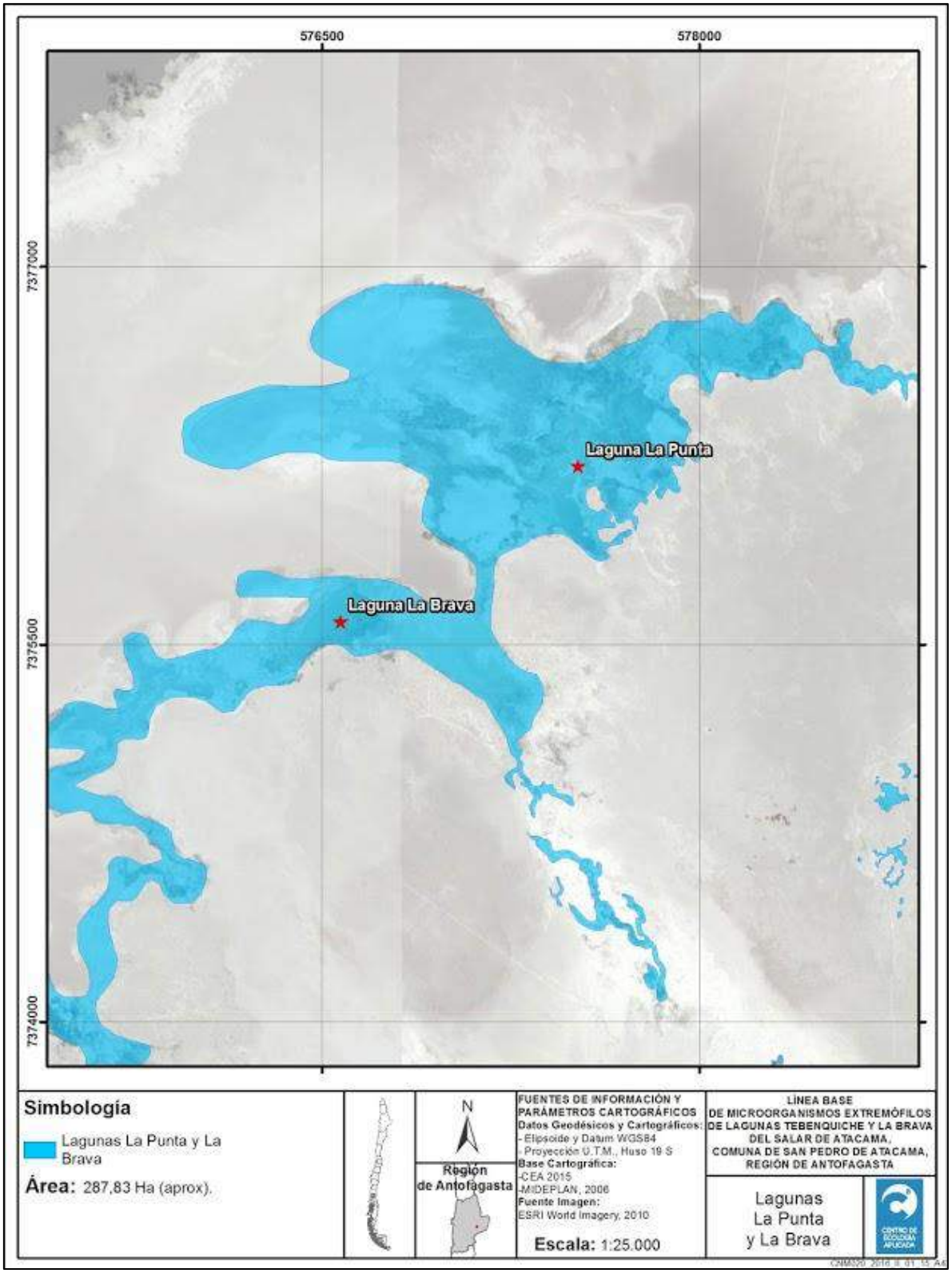


Figura 1.4 Superficie del cuerpo de agua de las lagunas La Punta y La Brava. *Fuente: Elaboración propia.*

1.2.2 Desarrollo Minero

Durante la segunda mitad del siglo XIX y con mayor intensidad desde las últimas décadas, la cuenca del Salar de Atacama se ha transformado en un territorio estratégico para el desarrollo y comercio minero a nivel mundial. El Salar de Atacama es uno de los principales yacimientos de litio del mundo y la extracción de este mineral proviene de salmueras naturales explotadas por dos grandes empresas privadas, Sociedad Química Minera de Chile (SQM) y RockWood Lithium. Así, este importante auge de la gran minería en el norte de Chile ha conllevado la creciente explotación no solo de los recursos minerales, sino también del recurso hídrico, elemento que es utilizado desde las etapas de sondajes de exploración hasta los planes de cierre de operaciones, así como para el abastecimiento de campamentos mineros, situación que ha mermado la disponibilidad de éste. A esto es necesario agregar que, además de las empresas que operan en la cuenca del Salar de Atacama, existen extracciones de aguas subterráneas en el sector, que corresponden a otras explotaciones mineras que se encuentran emplazadas fuera del territorio. Esto complejiza aún más la disponibilidad del recurso en la región, y es que la cuenca del Salar de Atacama constituye un complejo sistema interconectado de escurrimiento de aguas superficiales y subterráneas que alimentan vegas, bofedales, lagunas y salares y representa la base de equilibrio de una profunda red de drenaje que da vida a oasis como Peine, Toconao y Socaire, y otras comunidades que ancestralmente han habitado este territorio (DGA, 2004).

En la actualidad es posible identificar dos grandes empresas privadas que poseen proyectos mineros, en operación, y que interaccionan con el medioambiente de la cuenca del Salar de Atacama:

Proyectos Aprobados de SQM Salar S.A.

1. Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama. (EIA)
2. Producción de Cloruro de Potasio a partir de Sales de Carnalita de Potasio. (DIA)
3. Reemplazo Parcial de Pozas de Evaporación Solar del Proyecto de producción de Sulfato de Potasio y Ácido Bórico. (DIA)
4. Planta Secado y Compactado de Cloruro de Potasio. (DIA)
5. Proyecto para Producción de 300 mil Toneladas Anuales de Cloruro de Potasio. (EIA)

Proyectos Aprobados de RockWood Lithium Limitada

1. Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama. (EIA)
2. Secador Planta Potasa RockWood Litio Limitada. (DIA)
3. Construcción de Pozas de Evaporación Solar. (DIA)

Durante más de 30 años, ambas empresas, han ejercido actividades de explotación sobre los recursos minerales e hídricos, complejizando las condiciones ambientales del Salar de Atacama.

Como resumen del aumento minero en la zona, la Figura 1.5 muestra de manera gráfica los proyectos con resolución de calificación ambiental (RCA) favorables emplazados en la Región de Antofagasta, actualizado a mayo del 2016. Mientras que la Figura 1.6 muestra sólo los proyectos aprobados en la zona de influencia de las lagunas en estudio.

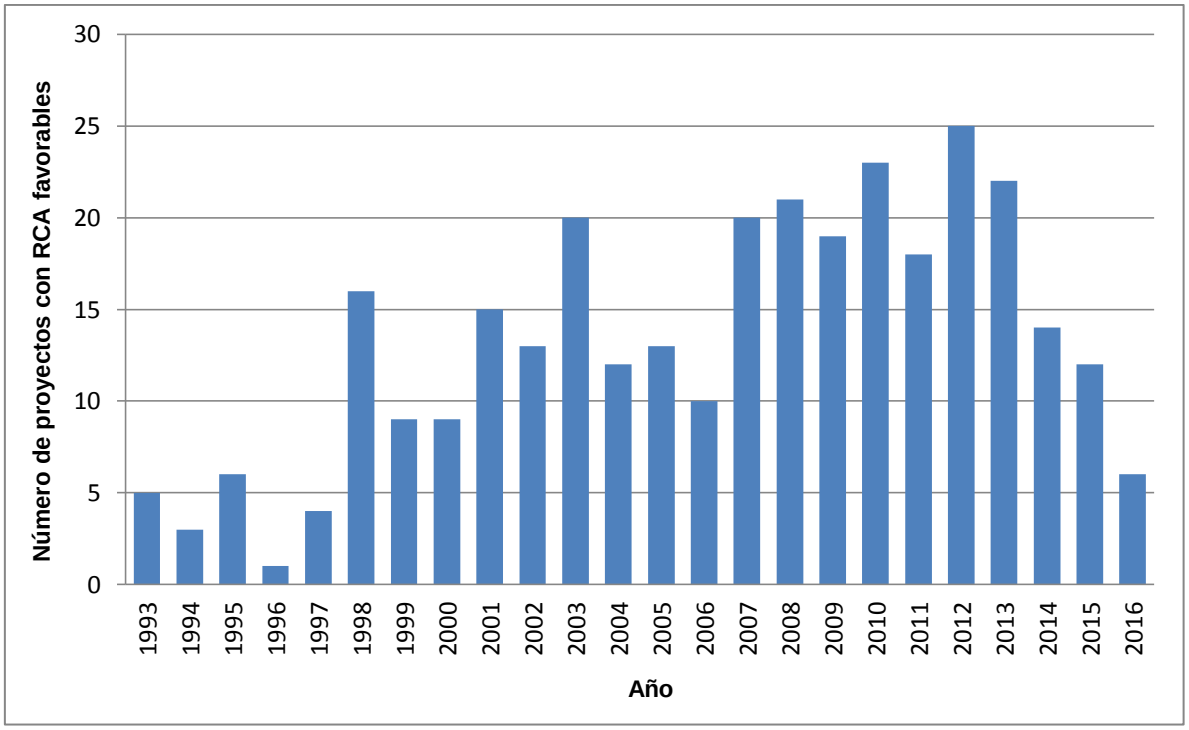


Figura 1.5 Listado de proyectos con RCA favorables emplazados en la Región de Antofagasta. *Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Evaluación Ambiental, y actualizado a mayo del 2016.*

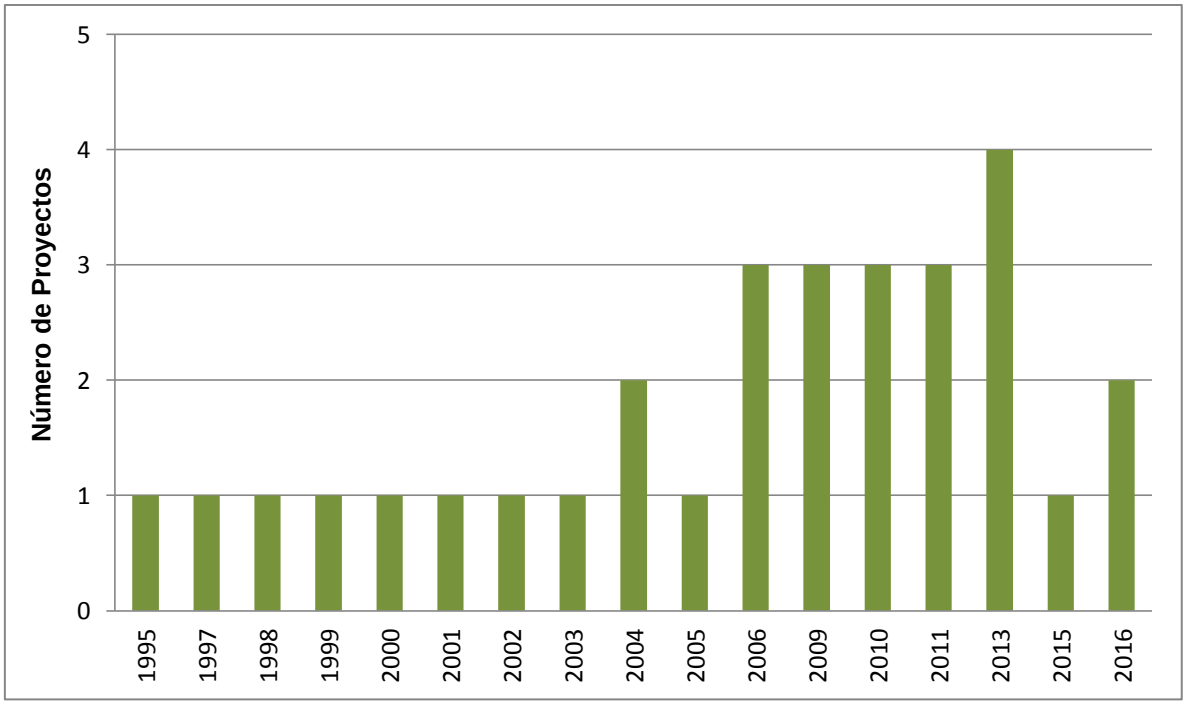


Figura 1.6 Listado de proyectos aprobados en la zona de estudio. *Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Evaluación Ambiental.*

Folio008432

1.2.3 Desarrollo Turístico

Con el transcurso de los años la Región de Antofagasta se ha ido convirtiendo en un importante destino turístico para el mercado nacional e internacional. La localidad altiplánica, ocupa el segundo lugar como el destino más visitado de Chile, después de Torres del Paine. La Región de Antofagasta cuenta con 283 atractivos, de los cuales, el 29% corresponde a San Pedro de Atacama, un 17% a Antofagasta y un 13% a Calama y el resto a las otras comunas (SERNATUR, 2015). La llegada de turistas a la Región de Antofagasta durante el año 2013, tuvo un crecimiento de un +73.8% respecto al mismo periodo del año 2006. Esto significó aumentar de 403.166 turistas llegados a establecimientos de alojamiento turísticos el 2006 a 700.912 el 2013 (Figura 1.7).

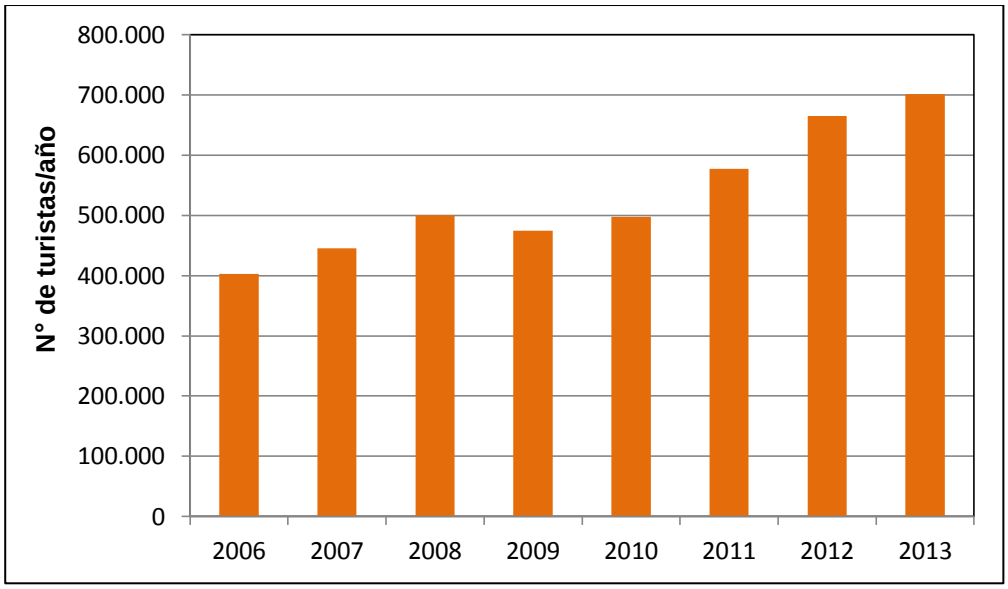


Figura 1.7 Llegada de Turistas a Establecimientos de Alojamiento Turístico en la Región de Antofagasta. *Fuente: Elaboración propia con datos de SERNATUR, 2013.*

1.2.3.1 Turismo Científico

La cuenca del Salar de Atacama es considerada por la comunidad científica como una zona crítica para la conservación de microorganismos extremófilos. Es en esta zona, donde diversos especialistas han concentrado su trabajo y dirigido sus investigaciones a la compresión de este hábitat único y sus diversos ecosistemas microbianos, ejerciendo así el turismo científico.

1.2.4 Contexto del estudio

Actualmente la Cuenca de Salar de Atacama se encuentra intervenida de forma importante, donde el desarrollo industrial y turístico, tanto a nivel histórico como en los últimos años, ha provocado una presión ambiental en las lagunas alto andinas. Las presiones generadas por el turismo, a través de la incorporación constante de material biológico, dado por el aumento de turistas durante la época estival y las presiones ambientales asociadas al elevado desarrollo minero en la zona, principalmente por la extracción de Carbonato de Litio estarían modificando las condiciones naturales del Salar, generando efectos adversos no determinados sobre las condiciones físico-químicas de las lagunas y por lo tanto afectando de manera directa el desarrollo de las comunidades microbianas.

Se desconoce el real impacto que tienen las actuales presiones industriales y turísticas sobre estos ecosistemas, como también los potenciales riesgos desde el punto de vista de los microorganismos extremófilos que están inmersos dentro de las lagunas.

En este contexto, el Ministerio del Medio Ambiente encargó al Centro de Ecología Aplicada el desarrollo del estudio “Línea Base de microorganismos extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava del Salar de Atacama, Comuna de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta”, el cual tiene como principal objetivo generar información sobre los microorganismos extremófilos presentes en la laguna Tebenquiche y en el sistema de lagunas La Punta y La Brava del Salar de Atacama, el cual servirá como base para la futura protección y gestión de estos sitios, en conjunto con las comunidades locales.

Folio008434

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo general

Generar información sobre los microorganismos extremófilos presentes en las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava, del Salar de Atacama, lo cual servirá como base para la futura protección y gestión de estos sitios, en conjunto con las comunidades indígenas locales.

1.3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos del presente estudio se listan a continuación:

O.E.1 Realizar una descripción ambiental de la laguna Tebenquiche y del sistema de lagunas La Punta y La Brava del Salar de Atacama.

O.E.2 Generar una línea base de microorganismos extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava.

O.E.3 Describir los servicios ecosistémicos que proveen y las principales amenazas presentes en el área de estudio.

O.E.4 Generar información cartográfica de las comunidades de microorganismos extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava y de las amenazas identificadas en el área de estudio.

O.E.5 Difundir los resultados finales a nivel local y regional.

CAPITULO 2: METODOLOGÍA

Folio008436

2 METODOLOGÍA

El desarrollo del presente estudio se basó en una metodología de cinco etapas, donde a partir de una recopilación y sistematización de la información bibliográfica disponible, se realizó una caracterización física, química y biológica de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava. Asimismo, se generó información sobre los microorganismos extremófilos presentes en dichas lagunas, la cual servirá como base para la planificación estratégica y protección de estos sitios en conjunto con las comunidades locales.

Para el entendimiento de esta metodología, la Figura 2.1 da cuenta del cumplimiento de los objetivos del estudio.

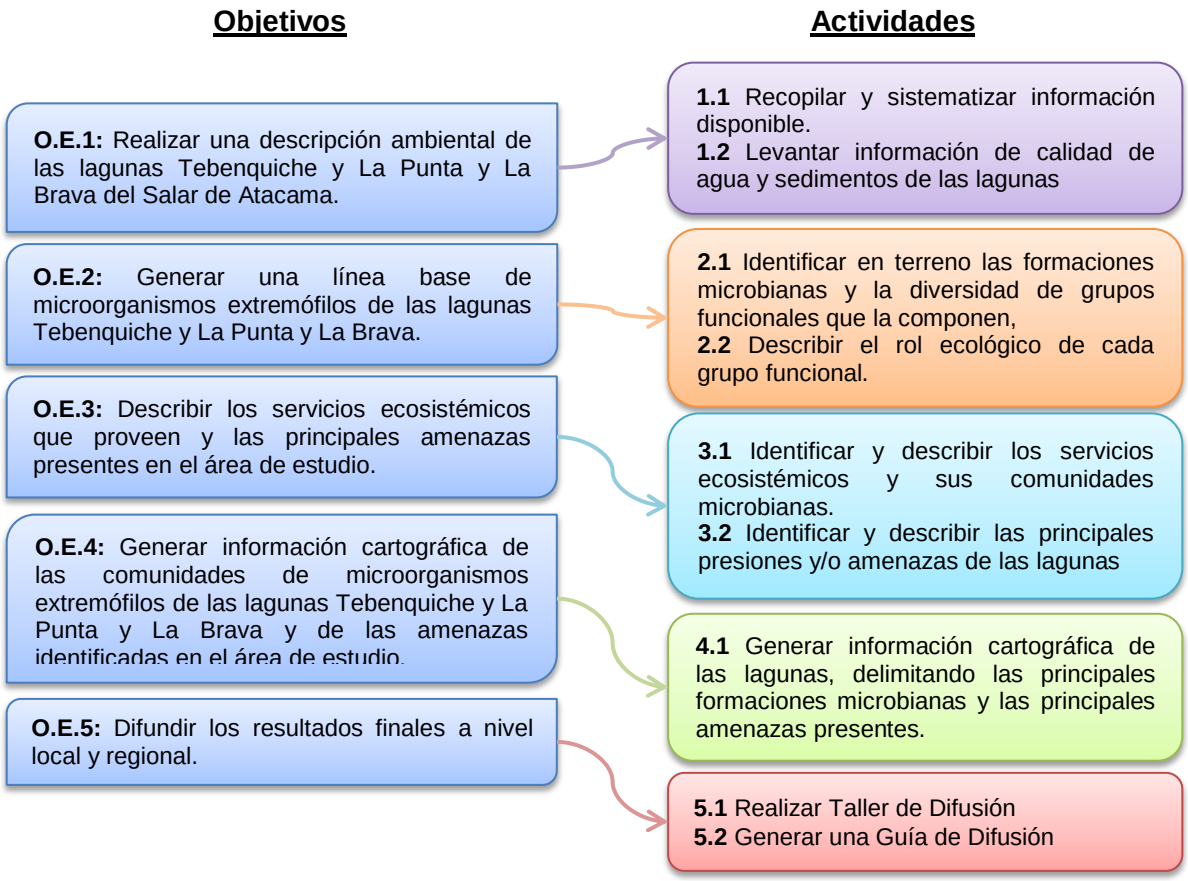


Figura 2.1 Metodología de desarrollo. *Fuente: Elaboración propia.*

A continuación se describe el proceso metodológico de cada una de las etapas desarrolladas en este estudio.

2.1 Recopilación y sistematización de la información

En este capítulo se presenta una síntesis de la información recopilada y sistematizada a partir de publicaciones científicas e informes técnicos referidos al área de estudio, para determinar la condición ambiental de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava.

2.1.1 Información y antecedentes de proyectos aprobados en el SEIA

Se identificó una línea de recopilación de antecedentes referente a la información contenida en los proyectos aprobados en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEIA) para la zona de estudio. Gran parte de los proyectos ingresados a la plataforma del SEIA presentan algún Plan de Seguimiento Ambiental (PSA), Monitoreos Voluntarios o una Línea Base de caracterización, las cuales permiten un autocontrol del impacto ambiental y una caracterización de la zona de estudio.

La estrategia para recopilar esta información tiene un carácter más extensivo en su desarrollo, ya que, es necesaria la revisión de cada una de las RCA´s aprobabas en el área de estudio. La Figura 2.2 da cuenta del proceso anteriormente mencionado.

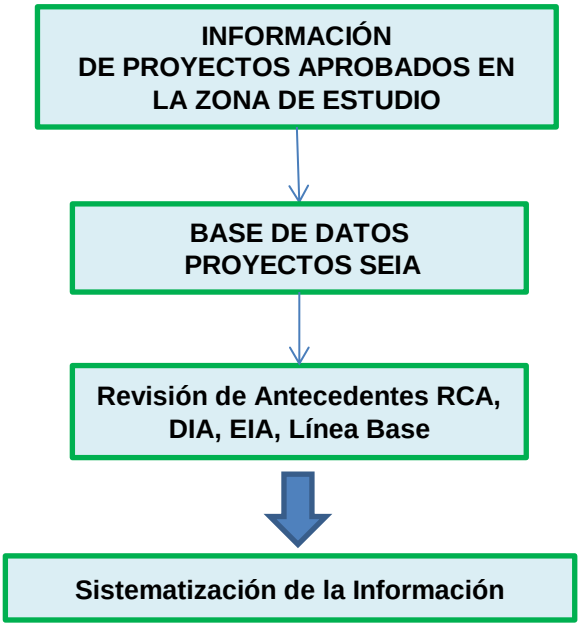


Figura 2.2 Esquema metodológico de obtención de información de los proyectos aprobados en la zona de estudio (SEIA). *Fuente: Elaboración propia.*

2.1.2 Información de microorganismos extremófilos

El desierto de Atacama, es el desierto más seco y más antiguo en la Tierra. Las investigaciones dirigidas a la compresión de este hábitat único y sus diversos ecosistemas microbianos comenzaron hace sólo unas décadas. A partir de entonces, los estudios se han centrado en examinar todos los posibles nichos adecuados para la vida microbiana en este ambiente extremo.

En este contexto la microbiología de organismos extremos (extremófilos) pasó a ser el tema de mayor interés científico en los últimos años con diversas publicaciones científicas.

La búsqueda y recopilación de la información relacionada a los microorganismos extremófilos se llevó a cabo en diversas revistas científicas, tales como, Frontiers in Microbiology, Extremophiles, Systematic and Applied Microbiology, entre otras.

Folio008438

2.1.3 Información referente a las principales amenazas y/o presiones de las lagunas bajo estudio

Las lagunas del Salar de Atacama se encuentran expuestas a diversas amenazas que podrían afectar a las comunidades microbianas que en ellas habitan. Según los Estándares Abierto para la Práctica de la Conservación, el concepto de amenaza se define como: actividad humana que directa o indirectamente degrada uno o más objetos de conservación, mientras que presiones hace referencia a como estas amenazas influyen sobre el sitio de conservación.

Las principales amenazas identificadas sobre las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava son las siguientes:

2.1.3.1 Extracción de Agua

Con el objetivo de conocer las demandas hídricas en la comuna de San Pedro de Atacama y con especial atención en la cuenca del Salar, se solicitó información a la DGA, vía consulta directa y vía Ley de Transparencia a la misma, solicitando en particular los derechos de agua otorgados, sean éstos superficiales y subterráneos, consuntivos y no consuntivos, con sus caudales y sus coordenadas de extracción.

A partir de esta información, se seleccionaron aquellos derechos de interés, que pertenecieran a la comuna de San Pedro de Atacama y fueran de tipo subterráneos, los que además fueron cruzados con las patentes de los años 2015 y 2016 (disponibles en línea del sitio web de la DGA), permitiendo de este modo consolidar una versión interna de trabajo, de carácter actualizado en la materia de interés.

Esta amenaza se traduce en una disminución del nivel freático, modificando las condiciones naturales de las lagunas, la cual puede generar efectos adversos no determinados sobre las condiciones físico-químicas de las lagunas, como la salinidad necesaria para el desarrollo de las comunidades microbianas.

2.1.3.2 Accesos no controlados

Para llevar a cabo la identificación de caminos y huellas, primero fue necesario establecer un área de delimitación, la que se definió tomando como criterio la proximidad que las lagunas tienen a la red vial que comunica los caminos de acceso.

Teniendo eso claro, el paso siguiente correspondió a la recopilación de información vial de carácter oficial, con énfasis que fuera lo más actualizada posible. Para ello, la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas pone a disposición de la ciudadanía información vectorial descargable en formato shape de las rutas y caminos del país. Para tales efectos, se extrajo la información a nivel comunal y posteriormente se realizó el catastro de huellas y caminos en el área de las lagunas.

Mediante el empleo de técnicas de fotointerpretación de imágenes (de sensores multi e hiperespectrales) fue posible determinar y vectorizar los caminos y huellas considerados como irregulares así como caminos de acceso no catastrados por la Dirección de Vialidad. Para la generación de información cartográfica se apoyó en el software Arc GIS, Envi, Google Earth, entre otros.

Se contempló también la cuantificación de la longitud de las huellas y caminos identificados y vectorizados.

2.1.3.3 Extracción de Salmuera

Se entiende por pozos de extracción al bombeo desde los depósitos subterráneos de salmuera de litio proveniente de la cordillera de Los Andes, los que son bombeados desde el núcleo del Salar de Atacama y posteriormente decantados en piscinas al aire libre para luego ser sometidos a evaporación solar.

Para la recopilación de antecedentes referentes a la localización de los pozos de extracción de salmuera así como otro tipo de antecedentes asociados, se consultó el Adenda 5 del Estudio de Impacto Ambiental "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama" de la minera RockWood Lithium. Este documento fue utilizado como base para la confección de las cartografías, que más adelante serán señaladas.

2.1.3.4 Concesiones Mineras

Con el objetivo de conocer las concesiones de explotación y exploración minera emplazadas en la Cuenca del Salar de Atacama, se descargó la información geográfica disponible del sitio Web IDE-Chile (Infraestructura de Datos Geoespaciales), desde la cual se obtuvo información a mayo de 2013.

A partir de esta información, se seleccionaron aquellas concesiones de interés, que estuvieran emplazadas en la Cuenca del Salar de Atacama, permitiendo elaborar las cartografías en la materia de interés.

2.2 Descripción ambiental de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava del Salar de Atacama.

La descripción ambiental de las lagunas Tebenquiche y La Punta y la Brava se llevó a cabo mediante dos etapas.

2.2.1 Etapa 1: Revisión Bibliográfica

La primera etapa tuvo como objetivo buscar y recopilar información relacionada a las características climáticas, geomorfológicas, geológicas, hidrológicas y bióticas de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava. El proceso de búsqueda y recopilación de esta información se realizó a través de las siguientes fuentes de información:

- Sistema de Información Científica, basada en publicaciones en revistas científicas, tales como; Frontiers in Microbiology, Photochemistry and Photochemistry, Tectonics, Systematic and Applied Microbiology, FEMS Microbiology Ecology, Hydrometallurgy, Extremophiles, entre otras.

- Estudios técnicos desarrollados por Universidades y Privados, tales como; Exploración y Desarrollo de Recursos de Agua S.A.

- Organismos Públicos; Dirección General de Aguas, Servicio Nacional de Turismo, Servicio de Evaluación Ambiental.

- Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) existentes en el área de influencia.

Paralelamente, se desarrolló una segunda búsqueda y recopilación de la información relacionada ahora a la caracterización física, química y biológica de las matrices de agua, sedimento y biota de las lagunas bajo estudio. El proceso de búsqueda y recopilación de esta información se realizó a través de las siguientes fuentes de información:

- Sistema de Información Científica, basada en publicaciones en revistas científicas, tales como; Frontiers in Microbiology, Journal of Geophysical Research, PLOS ONE, Extremophiles.
- Estudios Técnicos desarrollados por Privados.
- Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) existentes en la zona de estudio.

2.2.2 Etapa 2: Levantamiento de información en terreno

La segunda etapa tuvo como objetivo realizar una actualización de la caracterización de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava mediante la inclusión de datos más actualizados, se llevó a cabo un muestreo de terreno en una campaña de terreno por cada sistema. En el monitoreo se evaluaron las variables físicas y químicas de las componentes agua y sedimento de las lagunas bajo estudio para la estación primavera (26 y 27 de Septiembre de 2016).

2.2.2.1 Diseño de Muestreo de Calidad de Agua y Sedimento

Se distribuyeron 9 puntos de muestreo, con la siguiente configuración:

- Se realizaron 3 muestras de agua superficial y 3 muestras de sedimento en cada laguna bajo estudio.

La Tabla 2.1 da cuenta de las coordenadas de los puntos de muestreo de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava, mientras que las Figura 2.3 y Figura 2.4 muestran tales ubicaciones.

Tabla 2.1 Ubicación geográfica de puntos de muestreo, Datum WGS 84 Huso 19 Sur.
Fuente: Elaboración propia.

Localización	Punto	Coordenadas UTM (m)	
		Este	Norte
Laguna Tebenquiche	LT01	577524.00	7441880.00
	LT02	575939.70	7440993.02
	LT03	574892.00	7440924.00
Laguna La Punta y La Brava	LP01	578299.00	7376819.00
	LP02	578248.00	7376599.00
	LP03	578007.00	7376653.00
	LB01	577565.98	7375875.43
	LB02	577429.07	7376376.86
	LB03	577299.00	7376010.00

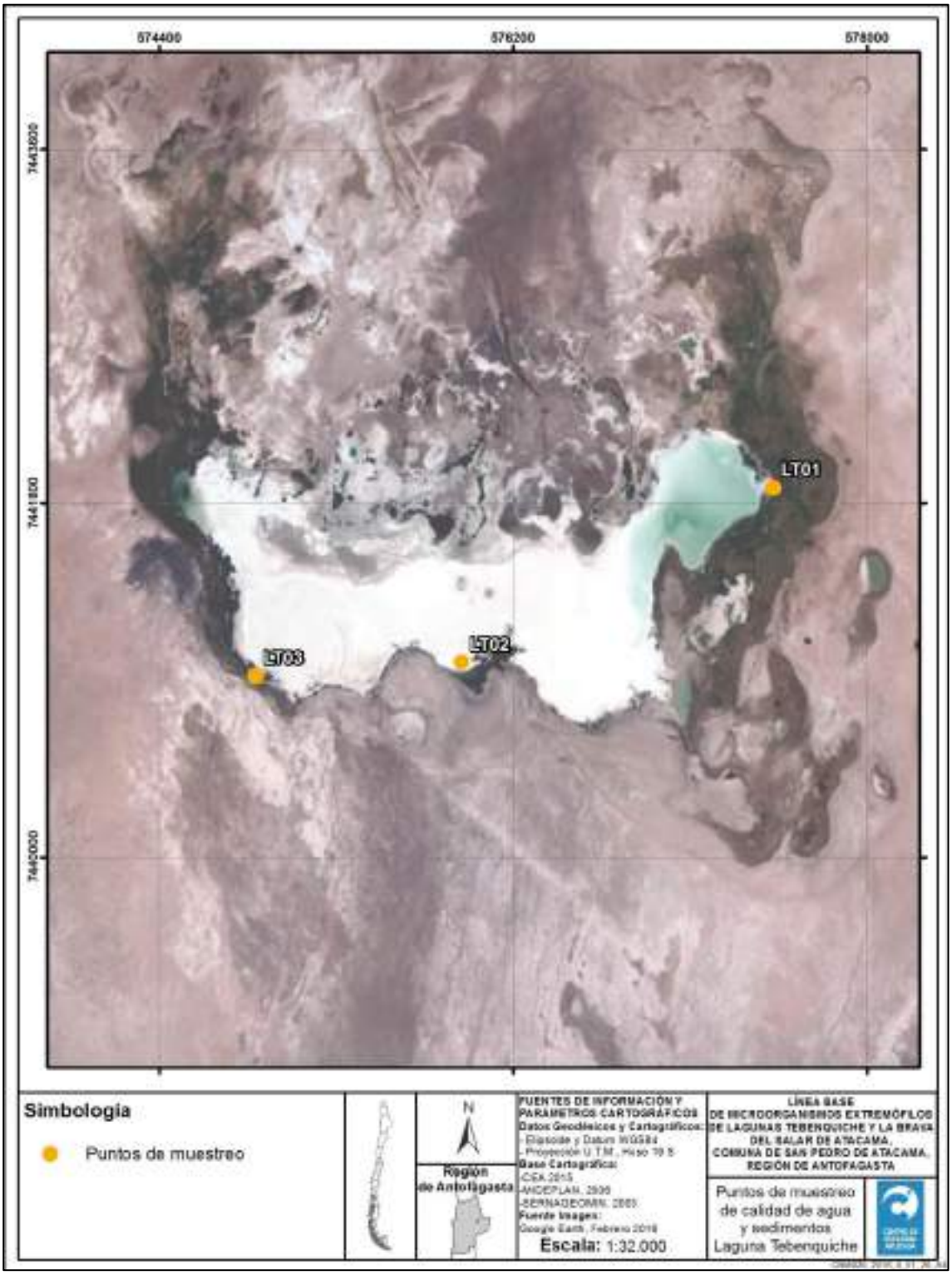


Figura 2.3 Distribución espacial de los puntos de muestreo para la caracterización actualizada de las matrices de agua y sedimento en la laguna Tebenquiche, realizadas en septiembre de 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

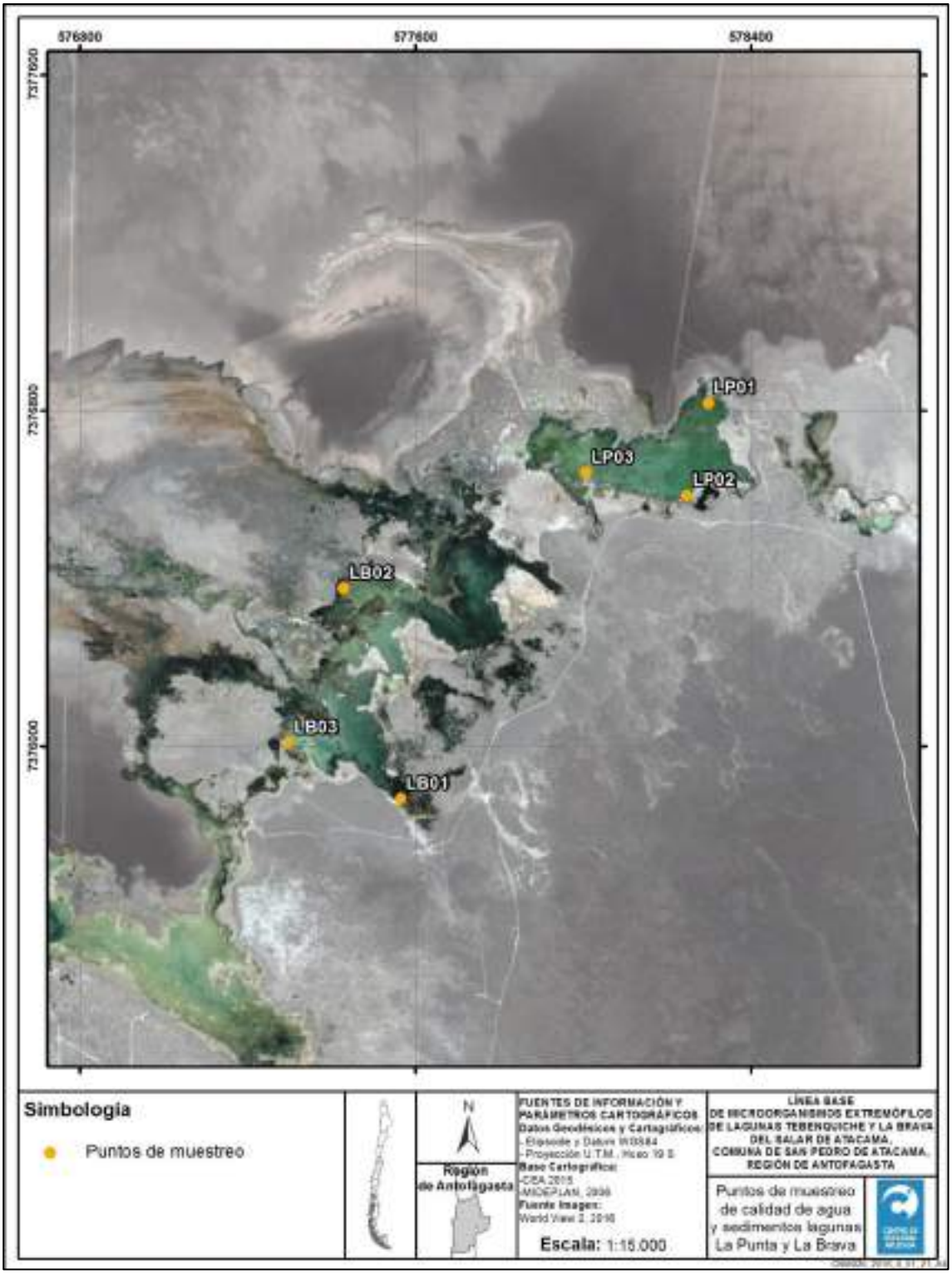


Figura 2.4 Distribución espacial de los puntos de muestreo para la caracterización actualizada de las matrices de agua y sedimento en las lagunas La Punta y La Brava, realizadas en septiembre de 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

Folio008443

2.2.2.2 Toma y preservación de muestras

La toma y preservación de las muestras para análisis de calidad de agua y sedimento se realizó de acuerdo al PGL-13 del Laboratorio Ambiental Centro de Ecología Aplicada, "Recomendaciones para el muestreo y preservación de las muestras", el cual está basado en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005 y las normas chilenas NCh411/1 Of.96 (diseño y programa de muestreo), NCh411/3 Of.96 (técnicas de muestreo), NCh411/4 Of.97 y NCh411/6 Of.98.

2.2.2.3 Análisis de muestras

Los análisis de las muestras de calidad de aguas y sedimento se realizaron en los Laboratorios del Centro de Ecología Aplicada (CEA) y SGS, acreditados en el sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización, INN, bajo la norma ISO NCh17025.

2.2.2.4 Metodología analítica parámetros de calidad de agua y sedimentos

Las metodologías de análisis para agua se presentan en la Tabla 2.2 y las metodologías de los análisis de sedimentos se presentan en la Tabla 2.3. Asimismo, se detalla el laboratorio donde se realizó el análisis durante la campaña de primavera 2016.

Tabla 2.2 Metodología de análisis de los parámetros de calidad de agua. *Fuente: Elaboración propia.*

Parámetro	Metodología	Laboratorio
Alcalinidad Total	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012. Método 2320 B.	CEA
Amonio	PTL-9, determinación de nitrógeno en amonio, basado en Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500-NH3 F.	CEA
Arsénico total	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B. Digestión según EPA 3015A.	CEA
Bicarbonatos	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2320 B.	CEA
Calcio	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B. Digestión según EPA 3015A.	CEA
Carbonatos	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2320 B.	CEA
Conductividad	PTL-24, Procedimiento de Determinación de Conductividad - Salinidad, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2520 B.	CEA
Fósforo total	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500-P B y E.	CEA
Ortofosfato	PTL-10, determinación de fósforo en ortofosfato, basado en Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500-P E.	CEA

Parámetro	Metodología	Laboratorio
Nitrato	PTL-8 Procedimiento de Nitrógeno en Nitrato. Método basado en Métodos en Ecología de aguas continentales. Instituto de Biología Uruguay, 1999, Editado por Rafael Arocena & Daniel Conde. Método del Salicilato de sodio.	CEA
Nitrito	PTL-7 Procedimiento de Determinación de Nitrógeno en Nitrito. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500-NO2 B.	CEA
Nitrógeno Total Kjeldahl	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2005. Método 4500-N org B	SGS Santiago
Nitrógeno Total	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2005. Método 4500- B, D,N org B	SGS Santiago
Oxígeno disuelto	PTL-23 Procedimiento de Determinación de Oxígeno Disuelto y Porcentaje de Saturación, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500-O G.	CEA
pH	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500-H+B.	CEA
Salinidad	PTL-24, Procedimiento de Determinación de Conductividad - Salinidad, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2520 B.	CEA
Sílice	Cálculo a través del silicio disuelto: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.	CEA
Sólidos Totales Disueltos	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2005. Método 2540 D.	SGS Santiago
Sólidos Totales Suspendidos	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2540 D.	CEA
Temperatura	PTL-26 Procedimiento de Determinación de Temperatura, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2550 B.	CEA
Turbidez	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Metodo 2130 B.	CEA

Tabla 2.3 Metodología de análisis de los parámetros de calidad de sedimentos.
Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Metodología	Laboratorio
Fósforo Total	I-ENV-LAB-235 basado en SM 4500-P C Ed.22, 2012	SGS Santiago
Nitrógeno Total Kjeldahl	I-ENV-LAB-258 basado en método de Análisis de Suelos INIA, SM 4500-Norg B, 4500-NH3 D, Ed.22, 2012	SGS Santiago

Parámetro	Metodología	Laboratorio
Potencial redox	Nordstrom and F.D. Wilde, 2005, Reduction Oxidation Potential (Electrode Method): U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6., sec. 6.5, September 2005.http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter6/6.5_v_1.2.pdf	CEA

2.2.2.5 Análisis de datos de calidad de agua y sedimento

El análisis de los datos obtenidos tras la campaña de muestreo se realizó mediante gráficos de barras en los que se representaron los valores puntuales para cada punto de muestreo, diferenciando la laguna Tebenquiche y el sistema lagunar La Punta-La Brava. Para los casos en que los parámetros se registraron valores inferiores a los límites de detección, se graficó el valor del límite mismo. La caracterización, consistió en definir los rangos (mínimo y máximo) para cada parámetro y su comparación con los antecedentes recopilados tanto de bibliografía científica como técnica por sistema, es decir, para Tebenquiche y La Punta-La Brava. Adicionalmente, los resultados puntuales analizados, se compararon referencialmente con los valores límite establecidos en la NCh1333 Of.78 “Requisitos de calidad de agua para diferentes usos”, y en el DS 143 “Norma de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo”.

2.3 Línea base de microorganismos extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava.

Para cumplir con el objetivo general del proyecto, el cual consiste en generar una línea base de microorganismos extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava, se llevó a cabo en las lagunas un sobrevuelo para captura de imágenes de resolución centimétrica a objeto de definir con el máximo detalle los patrones generales de los microorganismos extremófilos (resolución pixel aprox. 8 cm).

Mediante el Dron DJI Modelo Phantom 4 se realizó un vuelo automático programado con líneas de barrido equidistantes, capturando fotografías con un intervalo de 2 segundos sobre todo el cuerpo de agua de las lagunas bajo estudio.

Por otra parte, en terreno, se levantó información de los microorganismos extremófilos, donde se desarrollaron las siguientes actividades:

1) Levantamiento cartográfico de las comunidades de extremófilos de las lagunas Tebenquiche, La Brava y La Punta, en toda la extensión de los cuerpos de agua.

2) Obtención de muestras de calidad de agua físico-química en las áreas donde se distribuyen las principales comunidades de extremófilos.

3) Validación de la cartografía de extremófilos con muestreos de campo, donde se analizó morfológicamente la distribución de pigmentos en los sedimentos.

Luego de obtenida esta información se describió el rol ecológico de cada grupo funcional y se desarrolló una caracterización microbiológica y mineralógica de las formaciones microbianas de las lagunas bajo estudio.

2.4 Descripción de los servicios ecosistémicos que proveen y las principales amenazas presentes en el área de estudio.

Para llevar a cabo la identificación y descripción de los principales servicios ecosistémicos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava y sus amenazas se define en primer lugar el concepto de servicio ecosistémicos y su clasificación según lo planteado por el International Water Management Institute (2014).

Posteriormente se incorpora la percepción de los actores locales sobre los servicios ecosistémicos y las amenazas presente en el área de estudio. Para la cual se realizaron reuniones y talleres participativos para cada comunidad.

2.4.1 Reuniones con las Comunidades

- Comunidad de Coyo:

La reunión se llevó a cabo el día 28 de septiembre con la directiva de la Comunidad Indígena de Coyo, donde participó el Presidente y la directiva.

- Comunidad de Peine:

La reunión se llevó a cabo los días 26 y 28 de septiembre con la directiva de la Comunidad Indígena de Peine, donde participó la Presidenta y un director. Uno de los directores participó en la actividad de campo con el equipo CEA.

2.4.2 Taller Participativo con las Comunidades

- Comunidad de Coyo:

El taller participativo para la comunidad de Coyo se realizó el lunes 28 de noviembre a modo de incorporar la percepción de los actores locales sobres los servicios ecosistémicos y sus principales amenazas, y tuvo la participación de 12 personas.

- Comunidad de Peine:

El taller participativo para la comunidad de Peine se realizó el miércoles 7 de diciembre a modo de incorporar la percepción de los actores locales sobres los servicios ecosistémicos y sus principales amenazas

En el Anexo 6.3 se adjunta el acta de los talleres participativos realizados para ambas Comunidades.

2.5 Análisis cartográfico

Utilizando técnicas de teledetección a partir de una imagen área con RPAS capturada el 26 y 27 de septiembre del año 2016, de las lagunas La Punta y La Brava y la laguna de Tebenquiche respectivamente. Dentro de las imágenes de programación, se consideró el procesamiento de una imagen RGB de alta resolución espacial (6 cm).

Una vez obtenida la imagen, se procede a clasificar los componentes presentes en el cuerpo de agua como en el borde de este (biofilms, tapetes microbianos, microbialitos y

Folio008447

endo-evaporitas). Para ello se utilizó la herramienta "clasificación no supervisada", la cual consta en una clasificación que no necesita mayor información que la presente en la escena a clasificar. Estos mecanismos de clasificación basan su efecto en la búsqueda de clases con suficiente separabilidad espectral como para conseguir diferenciar un elemento de otros.

- Clasificación no supervisada K-medias

El método de clasificación de las K-Medias se basa en ir determinando las medias de las clases y luego de forma iterativa los píxeles son insertados en las clases más cercanas utilizando las técnicas de mínima distancia. En cada iteración se recalcula la media de la clase y se vuelven a reclasificar todos los píxeles. Todos los píxeles serán clasificados si se limita la desviación estándar o la distancia máxima de búsqueda.

Como resultado de esta clasificación se obtiene una segmentación general de los componentes, por lo que el paso siguiente consta de la fotointerpretación directa de la imagen.

2.6 Difusión de los resultados a nivel regional y local

Esta etapa corresponde al último objetivo específico, donde los resultados obtenidos en este estudio fueron difundidos a las comunidades locales, docentes, servicios públicos, actores claves y autoridades.

El Taller de Difusión se realizó el día jueves 22 de diciembre de 2016 a las 18:00 hr, en la Sede de la Junta de Vecinos Nº1 de San Pedro de Atacama, ubicada en calle Caracoles Nº349.

El Taller tuvo como objetivo presentar los siguientes aspectos:

- Recopilación y sistematización de la información utilizada en el estudio.
- Resultados del catastro de ecosistemas extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava.
- Resultados del levantamiento de presiones y/o amenazas.
- Resultados del levantamiento de servicios ecosistémicos.

Asimismo, se realizó la entrega de 250 Guías de Difusión sobre las comunidades microbianas para las Lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava.

Folio008448

3 RESULTADOS

3.1 Recopilación y Sistematización de la Información

3.1.1 Información y antecedentes de proyectos aprobados en el SEIA

La recopilación de información del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), identificó en la comuna de San Pedro de Atacama, la existencia de 55 proyectos aprobados en los 14 sectores productivos que clasifica el SEIA. De este universo de proyectos, 20 (38%) presentan un Plan de Seguimiento Ambiental (PSA), un Plan de Monitoreo (PM), o una Línea Base (LB) de caracterización en la zona de estudio.

En la Tabla 3.1, se presentan los titulares (Empresas) que presentan algún tipo de Plan se Seguimiento Ambiental, Plan de Monitoreo o una Línea Base de caracterización.

Tabla 3.1 Titulares SEIA que presentan algún tipo de PSA, PM o LB. *Fuente: Elaboración Propia.*

Nº	Titulares	Nº de Proyectos
1	SQM Salar S.A.	10
2	RockWood Lithium Limitada	2
3	European Southern Observatory, ESO	2
4	Inversiones Solcor Limitada	2
5	Constructora Inca Limitada	1
6	Minera Santa Fe	1
7	SLM PAO	1
8	ZAPALERI S.A.	1

En la Tabla 3.2 se presenta en detalle los nombres de los proyectos aprobados, vida útil, y si presenta un Plan de Seguimiento Ambiental (PSA), un Plan de Monitoreo (PM), o una Línea Base (LB) de caracterización.

Tabla 3.2 Proyectos SEIA aprobados en la zona de estudio. *Fuente: Elaboración propia con datos del SEIA.*

Nombre del Proyecto	Titular	Vida Útil	PSA, PM o LB
Hotel Kunza	Constructora Inca Limitada	Indefinida	LB
Planta Generadora Multicombustible – Proyecto ALMA	European Southern Observatory, ESO	38 años	LB
Gran Radiotelescopio de Atacama o The Atacama Large Millimeter Array ALMA	European Southern Observatory, ESO	50 años	LB
Hotel Yakana Relocalización y Cambio del Proyecto Hotel en Solcor aprobado con Resolución Exenta de COREMA II Región Nº0088/2004	Inversiones Solcor Limitada	Indefinida	LB
Hotel en Solcor	Inversiones Solcor Limitada	Indefinida	LB

Nombre del Proyecto	Titular	Vida Útil	PSA, PM o LB
Prospección Minera El Laco	Minera Santa Fé	3 años	LB
Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama	RockWood Lithium Ltda.	30 años	LB
Construcción de Pozas de Evaporación Solar	RockWood Lithium Ltda.	30 años	LB
Extracción de Sulfato de Sodio en el Salar de Pujsa Comuna de San Pedro de Atacama II Región	SLM PAO	15 años	LB
Ampliación Planta de Secado y Compactado de Cloruro de Potasio	SQM Salar S.A.	21 años	LB
Aumento de Capacidad de Procesamiento de Carnalita de Potasio	SQM Salar S.A.	20 años	LB
Ampliación Planta SOP	SQM Salar S.A.	20 años	LB
Nueva Planta de Secado y Compactado de Cloruro de Potasio	SQM Salar S.A.	20 años	PSA
Aumento de Capacidad de Secado y Compactado de Cloruro de Potasio	SQM Salar S.A.	21 años	LB
Modificación Planta SOP	SQM Salar S.A.	22 años	PM
Ampliación Producción Cloruro de Potasio Salar	SQM Salar S.A.	22 años	LB
Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama	SQM Salar S.A.	26 años	LB
Producción de Sulfato de Potasio Ácido Bórico con ampliación de la capacidad productiva de Cloruro de Potasio	SQM Salar S.A.	30 años	LB
Proyecto para Producción de 300 mil Toneladas Anuales de Cloruro de Potasio	SQM Salar S.A.	31 años	LB
Hospedería en el Ayllu de Yaye	ZAPALERI S.A.	Indefinida	LB

En el Anexo 6.1, Carpeta SEIA, se adjunta un repositorio de la información descargada referente a los proyectos aprobados en la zona de estudio. Asimismo, en la Carpeta Fichas Bibliográficas se adjuntan las fichas bibliográficas de los artículos revisados.

3.1.1.1 Proyectos Mineros en la Cuenca del Salar de Atacama

La recopilación de información del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), identificó la existencia de 8 proyectos mineros aprobados en la Cuenca del Salar de Atacama (A partir de esta información se generaron polígonos en el área de emplazamientos de los proyectos mineros a modo de incorporarlos a la Geodatabase.

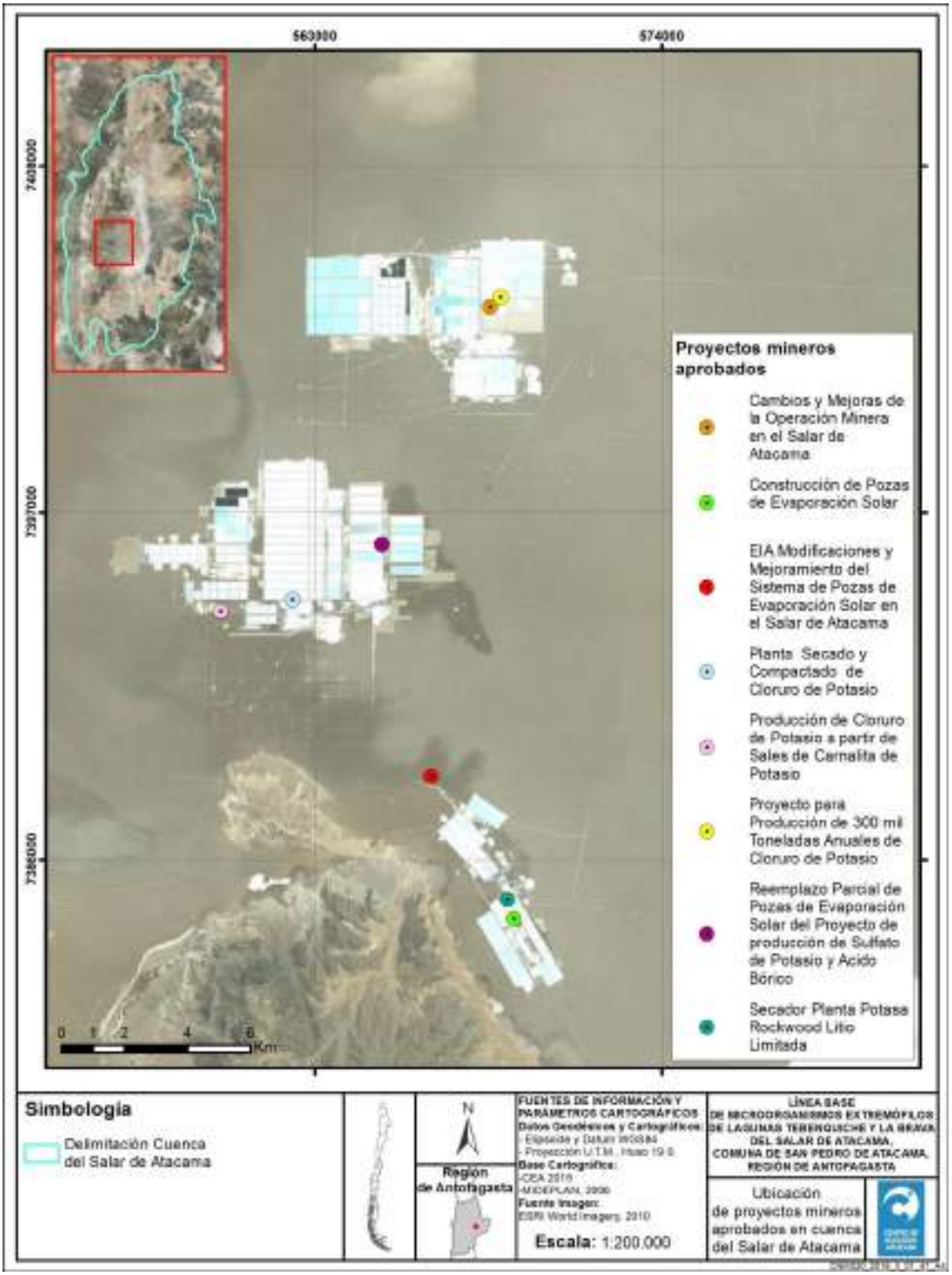


Figura 3.1).

A partir de esta información se generaron polígonos en el área de emplazamientos de los proyectos mineros a modo de incorporarlos a la Geodatabase.

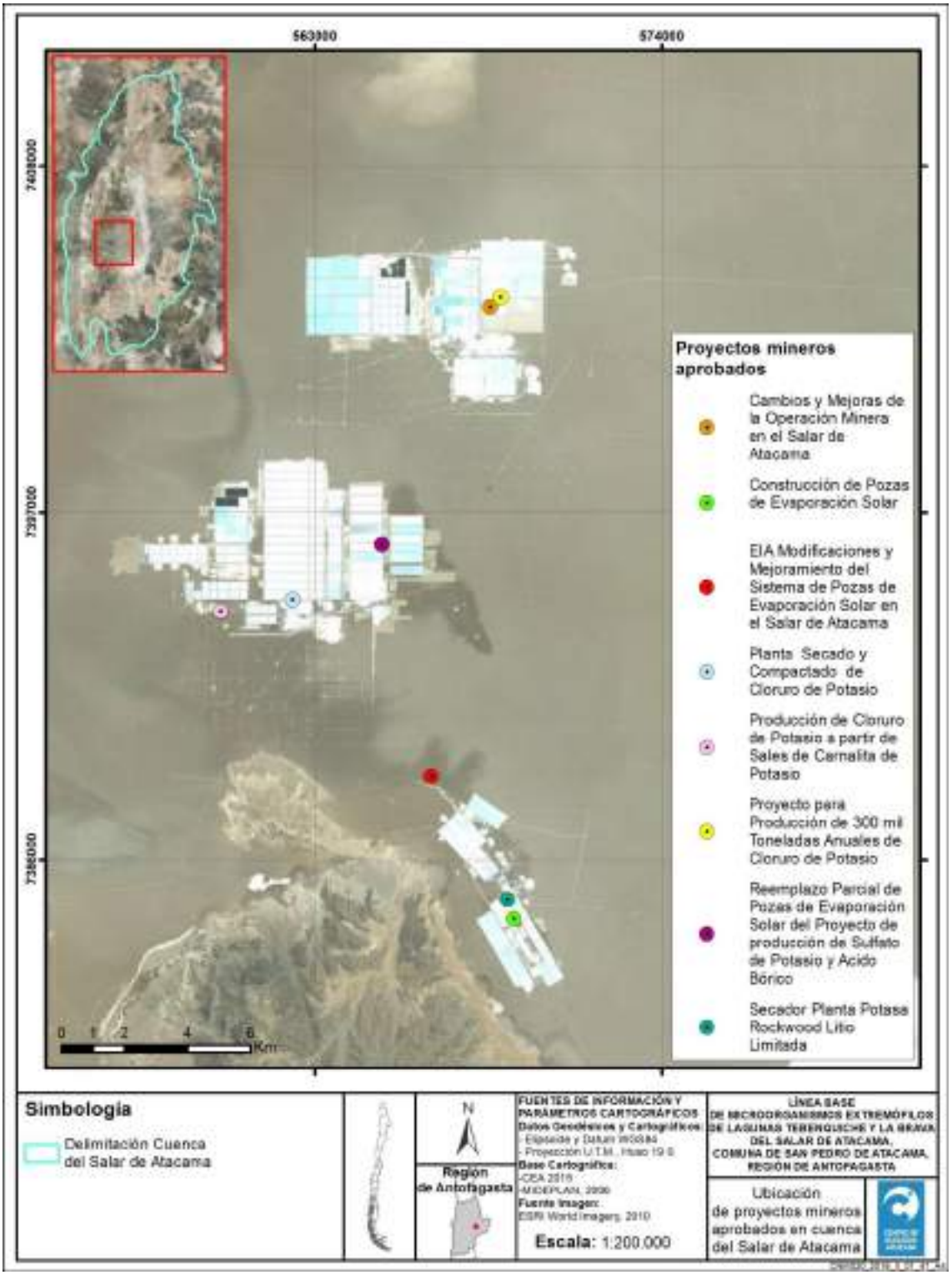


Figura 3.1 Proyectos Minero emplazados en la Cuenca del Salar de Atacama. *Fuente: Elaboración propia.*

Folio008452

3.1.2 Información de microorganismos extremófilos

El proceso de búsqueda y recopilación de la información de microorganismos extremófilos identificó 145 artículos científicos publicados en el área de la microbiología en los últimos 30 años (Tabla 3.3).

Muchos de estas publicaciones se pueden analizar en las tres revisiones publicadas durante el último año (Albarracín V et al., 2015, Albarracín V et al., 2016 y Bull A et al., 2016). Estos trabajos están distribuidos en diversas disciplinas, tales como: diversidad microbiana, biología molecular, biogeoquímica, colonización de endolítica e hypolítica de evaporitas, estudios de suelos buscando los suelos análogos al planeta Marte, ecología microbiana en salares y humedales, sistemática, biotecnología, biolixiviación, productos y bioactivos naturales, tolerancia al estrés: respuesta de la desecación, efectos UV, cambio climático, clima, higrometría, y límites de las condiciones de vida.

Tabla 3.3 Número y porcentaje de artículos científicos por área de conocimiento en microbiología de extremófilos. *Fuente: Elaboración propia con datos de Bull et al., 2016.*

Temas	Nº de Artículos Científicos	% de Artículos Científicos
Diversidad Microbiológica	41	27
Cianobacterias	8	6
Actinobacteria	8	6
Microalgas	3	2
Hongos/Líquenes	4	3
Arqueas	5	3,5
Mixomicetos	3	2
Biología Molecular	15	10
Análisis Filogenético	10	7
Piro-secuenciación	5	3,5
Biogeoquímica	9	6
Desarrollo de métodos y aplicaciones	6	4
Medición de biomasa y test de variabilidad	4	3
Espectrometría de masa	3	2
Aplicación Molecular	2	1
Colonización Endolítica/Hypolítica de Evaporitas	6	4
Estudios de suelos buscando suelos análogos a Marte	5	4
Ecología microbiana en salares y humedales	4	3
Sistemática	4	3

Asimismo, recientemente existen reportes de sistemas arcaicos tipo microbialitos y tapetes microbianos vivos en los salares de Atacama (Stivalleta N et al., 2010; Farías ME

et al., 2013; Farías ME et al., 2014; Rasuk MC et al., 2014; Rasuk MC et al., 2015) (Figura 3.2).

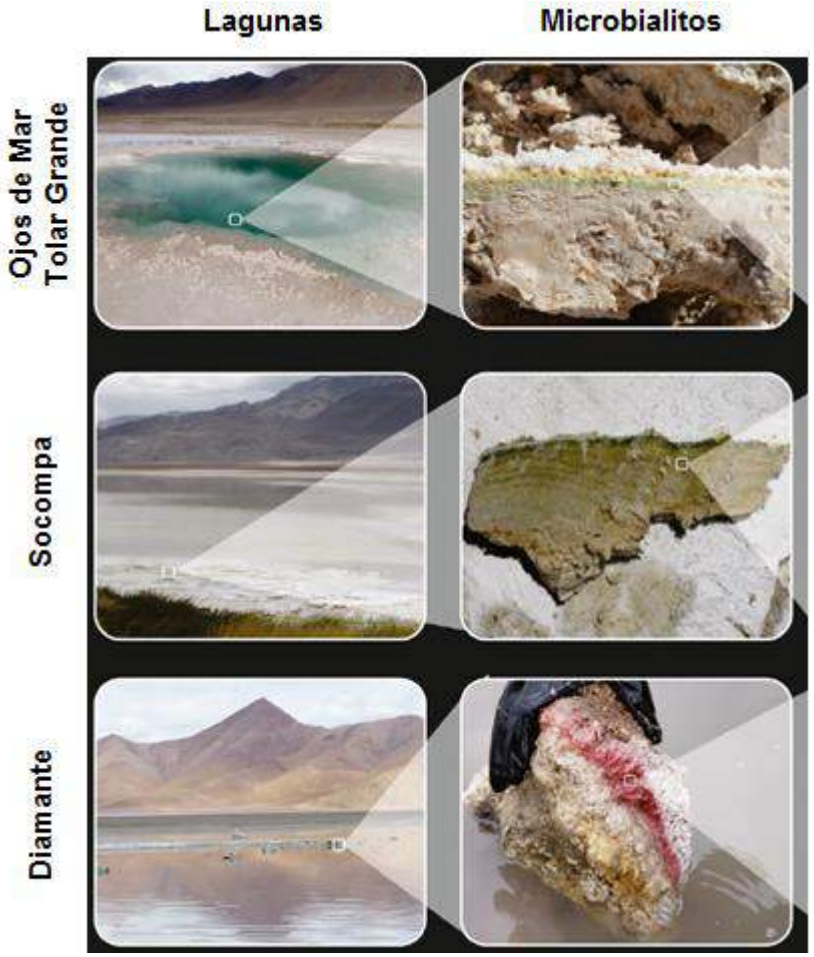


Figura 3.2 Diferentes microbialitos encontrados en lagunas andinas de gran altitud.
Fuente: Elaboración propia con datos de Albarracín V et al., 2016.

Principalmente, los estudios científicos están orientados a determinar la capacidad de estas comunidades en obtener energía y resistir a las condiciones extremas de sequedad, alta radiación UV y elevadas concentraciones de Arsénico endémico (Dorador et al., 2008; Dorador et al., 2010; Dorador et al., 2013; Demergasso et al., 2004; Demergasso et al., 2005; Demergasso et al., 2008; Demergasso et al., 2010; Albarracín et al., 2010; Albarracín et al., 2015).

El estudio de los extremófilos está íntimamente ligado a estudios de Astrobiología y Geomicrobiología. Los sistemas estudiados incluyen los suelos del desierto, las costras de sal de los salares, las aguas y sedimentos de los humedales, los sistemas de tapetes microbianos, evaporitas y microbialitos (Farías ME et al., 2014; Farías ME et al., 2013; Rasuk et al., 2014; Rasuk et al., 2015; Stivalleta et al., 2010). Asociados a humedales y salares (Demergasso et al., 2011; Dorador et al., 2008; Dorador et al., 2010; Dorador et al., 2013) y fuentes hidrotermales y fumarolas de volcanes (Lynch et al., 2012).

Específicamente en la zona de estudio se han desarrollado investigaciones que han generado 24 artículos científicos, de los cuales 18 (13%) pertenecen a la laguna Tebenquiche y 6 (4%) a la laguna La Brava. Paralelamente existen dos estudios técnicos que están relacionados directamente con el sistema lagunar de La Punta y La Brava.

En el Anexo 6.1, Carpeta Bibliografía Extremófilos, se adjunta un repositorio de los artículos científicos más relevantes referente a los microorganismos extremófilos.

3.1.3 Identificación de las principales presiones y/o amenazas de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava.

3.1.3.1 Extracción de Agua

El resultado de la metodología presentada en el acápite 2.1.3.1 permitió determinar la existencia de 88 derechos de aguas subterráneas otorgados en la comuna de San Pedro de Atacama, de estos, 75 están corroborados según expedientes, siendo excluidos los restantes por no poseer información relevante sobre caudales y resoluciones. En la Tabla 3.4 se presentan los derechos corroborados. Del universo corroborado, 57 derechos de agua (76%) se encuentran dentro de la cuenca del Salar con orientación este, noreste y sureste con respecto a la localización de las lagunas.

Para el caso de Tebenquiche, los derechos de extracción de agua más cercanos corresponden a los de Minera Spencer S.A. a razón de 15 kilómetros de distancia aproximadamente, mientras que para La Punta y La Brava estos se localizan a 5 y 8 kilómetros de distancia aproximadamente, cuyos titulares son RockWood Lithium y Compañía Minera Zaldívar SpA.

Tabla 3.4 Derechos de aguas subterráneas asociados a la Comuna de San Pedro de Atacama. *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

ID	TITULAR CONSOLIDADO	Coordenadas UTM Norte	Coordenadas UTM Este	Caudal Operativo (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)
1	RICARDO VILCA	7466798,00	581578,00	1,60	1,60
2	STEFFEN WELSCH	7461440,00	584200,00	2,00	2,00
3	TERRANTAI LIMITADA	7466288,00	582179,00	1,50	1,50
4	TAKHA TAKHA S.A.	7466317,00	581859,00	2,00	2,00
5	HUMBERTO URDANGARÍN	7468604,00	580949,00	1,11	1,11
6	INVERSIONES PRINCIPADO LTDA	7466325,00	582321,00	2,00	2,00
7	INVERSIONES SOLCOR LTDA	7464847,00	582595,00	2,50	2,50
8	VALLES DEL SUR S.A.	7459325,00	580610,00	2,50	2,50
9	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7379790,00	659290,00	2,00	2,00
10	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7356320,00	655280,00	17,00	17,00
11	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7352220,00	655030,00	30,00	30,00
12	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7379220,00	659180,00	0	33,00
13	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7379340,00	658100,00	0	80,00
14	TOMÁS POBLETE ALAY	7465856,90	582173,50	3,80	3,80
15	HOTELERA ATACAMA LTDA	7460556,00	582701,00	1,80	1,80
16	JUAN CARLOS RIQUELME	7462051,00	597238,00	1,80	1,80
17	ANTONIO IVANOVIC	7462067,00	584117,00	0,21	0,21
18	INVERSIONES D'ETIGNY S.A.	7467250,00	581650,00	1,00	1,00
19	COMITÉ APR SAN PEDRO DE ATACAMA	7468934,00	585086,00	40,00	40,00
20	MINERA SPENCE S.A.	7452936,15	586949,37	0	150,00
21	MINERA SPENCE S.A.	7453018,47	584978,79	0	150,00
22	MINERA SPENCE S.A.	7454750,00	584411,00	0	150,00
23	INMOBILIARIA DEL INCA S.A.	7465261,00	581233,00	3,00	3,00

ID	TITULAR CONSOLIDADO	Coordenadas UTM Norte	Coordenadas UTM Este	Caudal Operativo (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)
24	WALTER ROMANG	7462745,00	584386,00	2,80	2,80
25	WALTER ROMANG	7468184,00	581071,00	2,00	2,00
26	SQM SALAR S.A.	7435331,00	602576,00	2,00	2,00
27	EJÉRCITO DE CHILE	7431000,00	600000,00	60,00	60,00
28	EXPLORACIONES SAN PEDRO	7457363,00	591235,00	0	150,00
29	ALTO ATACAMA S.A.	7469047,00	580278,00	4,00	4,00
30	OBRAS PÚBLICAS	7468934,00	585086,00	40,00	40,00
31	COMPAÑIA MINERA ZALDIVAR SPA	7341194,14	578184,83	92,68	92,68
32	COMPAÑIA MINERA ZALDIVAR SPA	7342592,43	579357,60	90,00	90,00
33	COMPAÑIA MINERA ZALDIVAR SPA	7343843,08	579879,45	90,59	90,59
34	COMPAÑIA MINERA ZALDIVAR SPA	7338539,62	577000,25	84,40	84,40
35	COMPAÑIA MINERA ZALDIVAR SPA	7339086,77	578638,11	92,68	92,68
36	INVERSIONES KATARI S.A.	7465073,00	581394,00	2,00	2,00
37	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7395560,00	645240,00	0	40,00
38	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7355420,00	649040,00	0	70,00
39	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7350020,00	654940,00	0	13,00
40	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7393160,00	645220,00	0	90,00
41	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7394030,00	644500,00	0	17,00
42	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7357040,00	654065,00	0	110,00
43	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7391230,00	646380,00	0	27,00
44	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7380270,00	658040,00	0	45,00
45	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7380950,00	658400,00	0	50,00
46	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7379790,00	659290,00	3,00	3,00
47	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7351010,00	654890,00	0	40,00
48	EXPLORACIONES MUNDO S.A	7381000,00	658000,00	0	142,00
49	ROCKWOOD LITHIUM	7373400,00	573225,00	10,00	10,00
50	ROCKWOOD LITHIUM	7382218,00	593937,00	5,00	5,00
51	COMPAÑIA MINERA ZALDIVAR SPA	7367992,33	578696,71	3,80	3,80
52	SQM SALAR S.A.	7408128,00	598750,00	65,00	65,00
53	SQM SALAR S.A.	7411818,00	598773,00	60,00	60,00
54	SQM SALAR S.A.	7415510,00	600493,00	40,00	40,00
55	SQM SALAR S.A.	7424723,00	600565,00	40,00	40,00
56	COMUNIDADES ATACAMEÑAS	7465175,00	585625,00	45,00	45,00
57	SQM SALAR S.A.	7396804,44	596272,60	35,00	35,00
58	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TOCONAO	7443450,00	594000,00	2,40	2,40
59	INMOBILIARIA CABO DE HORNOS LTDA	7466089,00	582212,00	2,00	2,00
60	LEASING ANDINO S.A.	7465970,89	581841,52	15,00	15,00
61	RICARDO QUIROZ NILO	7465280,00	582458,00	3,00	3,00
62	KIMAL S.A.	7466319,00	581926,00	2,00	2,00
63	SQM SALAR S.A.	7393818,00	595838,00	42,00	42,00
64	SQM SALAR S.A.	7395236,50	595696,00	50,00	50,00
65	SQM SALAR S.A.	7395236,50	595696,00	13,00	13,00
66	SQM SALAR S.A.	7397226,66	596997,44	40,00	40,00
67	SQM SALAR S.A.	7392847,40	595892,10	47,00	47,00
68	SQM SALAR S.A.	7394685,40	596106,20	58,00	58,00

ID	TITULAR CONSOLIDADO	Coordenadas UTM Norte	Coordenadas UTM Este	Caudal Operativo (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)
69	RICARDO FRANCISCO VILCA SOLIS	7466798,00	581578,00	1,00	1,00
70	TAKHA TAKHA S.A.	7466317,00	581859,00	2,00	2,00
71	SQM SALAR S.A.	7422646,90	599918,20	57,00	57,00
72	HOTELES DECAMERON COLOMBIA S.A.	7466798,00	581578,00	0,60	0,60
73	HOTELES DECAMERON COLOMBIA S.A.	7465280,00	582458,00	0,50	0,50
74	ASOCIACION INDIGENA DE REGANTES Y AGRICULTORES PASO JAMA	7467191,00	627003,00	0,80	0,80
75	ASOCIACION INDIGENA DE REGANTES Y AGRICULTORES PASO JAMA	7464695,00	620958,00	1,30	1,30

A modo de síntesis, se resume la información a través de un ranking referente al caudal otorgado (de mayor a menor), según el titular de los derechos (Tabla 3.5). Siendo la "Exploraciones Mundo S.A." la que posee una mayor posesión de derechos, con 17 derechos otorgados localizados en su mayoría en el sector cordillerano al sur del Salar.

Tabla 3.5 Ranking de titulares, según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos de agua subterráneos, Comuna de San Pedro de Atacama. *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

Titular	Caudal Operativo (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)	N° Derechos
EXPLORACIONES MUNDO S.A	52,00	809,00	17
SQM SALAR S.A.	549,00	549,00	13
COMPAÑIA MINERA ZALDIVAR SPA	454,15	454,15	6
MINERA SPENCE S.A.	0,00	450,00	3
EXPLORACIONES SAN PEDRO	0,00	150,00	1
EJÉRCITO DE CHILE	60,00	60,00	1
COMUNIDADES ATACAMEÑAS	45,00	45,00	1
COMITÉ APR SAN PEDRO DE ATACAMA	40,00	40,00	1
OBRAS PÚBLICAS	40,00	40,00	1
ROCKWOOD LITHIUM	15,00	15,00	2
LEASING ANDINO S.A.	15,00	15,00	1
WALTER ROMANG	4,80	4,80	2
TAKHA TAKHA S.A.	4,00	4,00	2
ALTO ATACAMA S.A.	4,00	4,00	1
TOMÁS POBLETE ALAY	3,80	3,80	1
INMOBILIARIA DEL INCA S.A.	3,00	3,00	1
RICARDO QUIROZ NILO	3,00	3,00	1
INVERSIONES SOLCOR LTDA	2,50	2,50	1
VALLES DEL SUR S.A.	2,50	2,50	1
COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TOCONAO	2,40	2,40	1
ASOCIACION INDIGENA DE REGANTES Y AGRICULTORES PASO JAMA	2,10	2,10	2
STEFFEN WELSCH	2,00	2,00	1

Titular	Caudal Operativo (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)	N° Derechos
INMOBILIARIA CABO DE HORNOS LTDA	2,00	2,00	1
KIMAL S.A.	2,00	2,00	1
INVERSIONES KATARI S.A.	2,00	2,00	1
INVERSIONES PRINCIPADO LTDA	2,00	2,00	1
JUAN CARLOS RIQUELME	1,80	1,80	1
HOTELERA ATACAMA LTDA	1,80	1,80	1
RICARDO VILCA	1,60	1,60	1
TERRANTAI LIMITADA	1,50	1,50	1
HUMBERTO URDANGARÍN	1,11	1,11	1
HOTELES DECAMERON COLOMBIA S.A.	1,10	1,10	2
INVERSIONES D'ETIGNY S.A.	1,00	1,00	1
RICARDO FRANCISCO VILCA SOLIS	1,00	1,00	1
ANTONIO IVANOVIC	0,21	0,21	1
TOTAL	**1323,37**	**2680,37**	**75**

A continuación, en la Figura 3.3 se presenta la distribución de los derechos subterráneos otorgados a los titulares anteriormente mencionados.

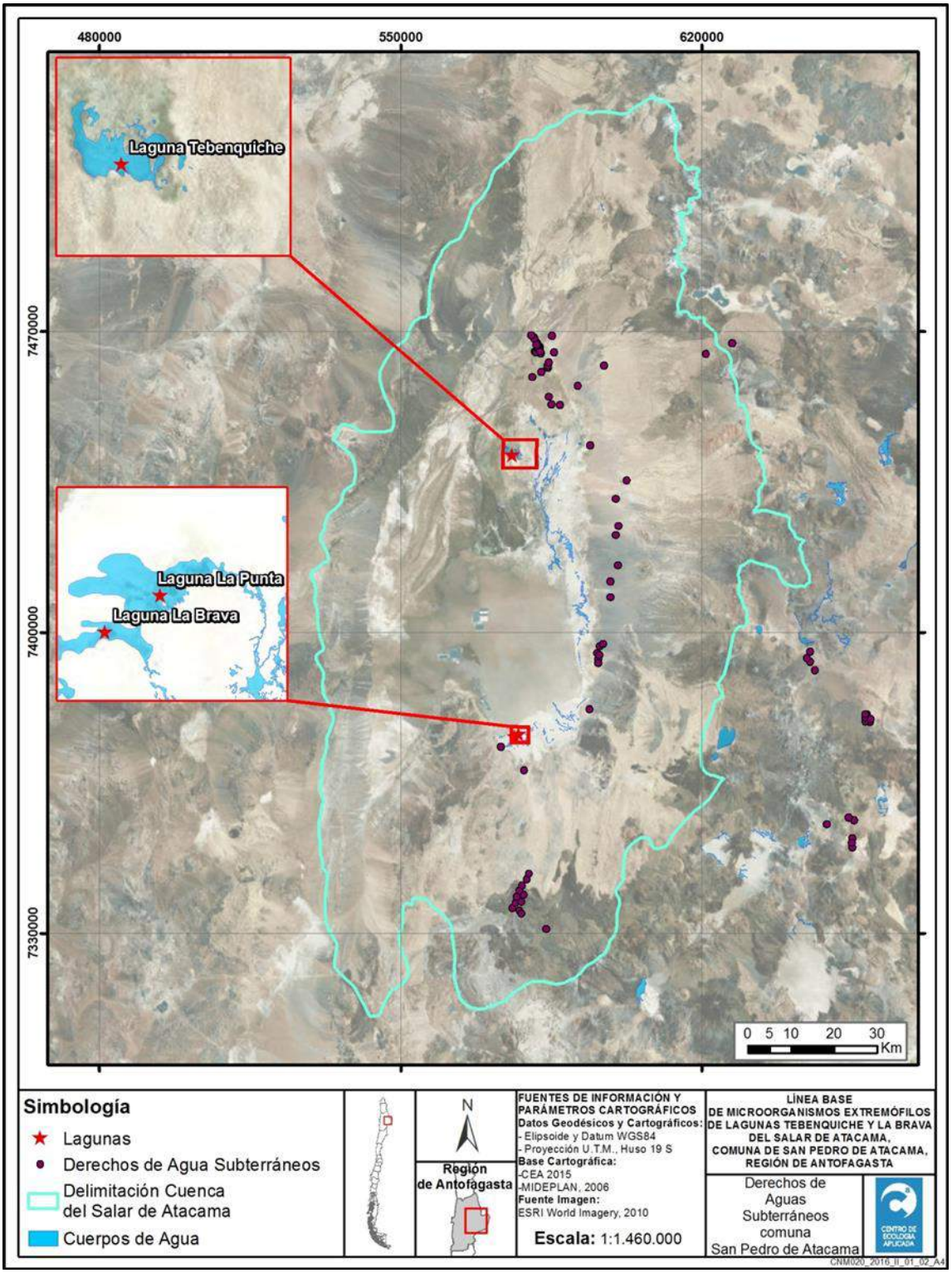


Figura 3.3 Distribución de derechos de agua subterránea en la Comuna de San Pedro de Atacama. *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

A fin de visualizar aquellos sectores con mayor caudal otorgado, se presenta el siguiente mapa cuantitativo de los derechos de agua subterránea otorgados en comuna de San Pedro de Atacama (Figura 3.4).

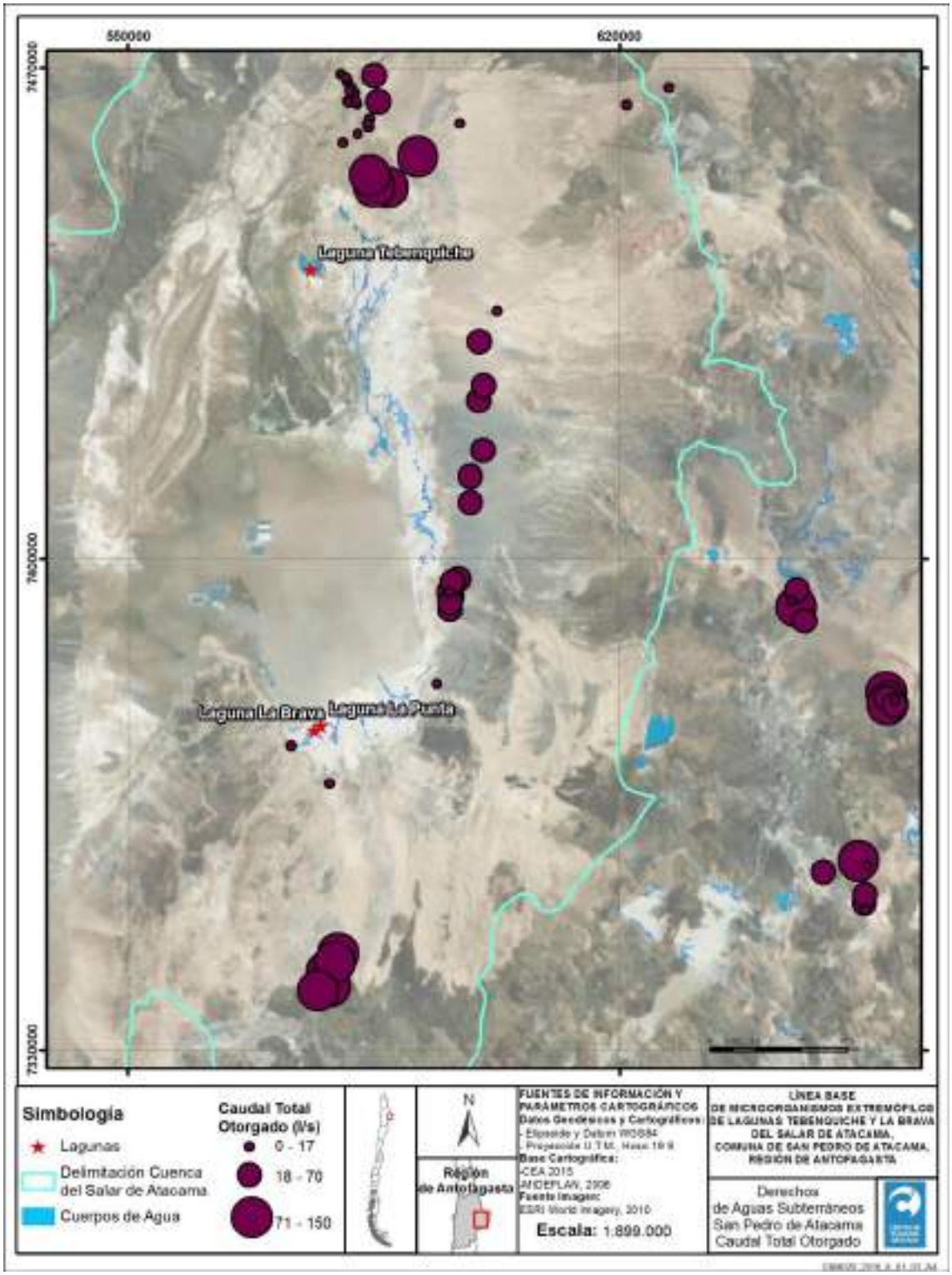


Figura 3.4 Derechos de aguas subterráneas clasificados según caudal total otorgado en la Comuna de San Pedro de Atacama. *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

Folio008461

3.1.3.2 Accesos no controlados

- Caminos Formales

El resultado de la recopilación de antecedentes, señalado en el acápite 2.1.3.2, permitió establecer los tipos de caminos oficialmente informados (Tabla 3.6) que se encuentran aledaños al sector de las lagunas en estudio, los que se muestran en la Figura 3.5.

Tabla 3.6 Caminos aledaños al sector de laguna de estudio. *Fuente: Elaboración propia con datos del MOP.*

Rol	Descripción
23 CH	Ruta Internacional que une Antofagasta con el paso fronterizo Sico, límite con la República Argentina.
B 355	Ruta que une San Pedro de Atacama con Peine
B 379	Ruta que une la ruta B 355 y CH 23
B 357	Ruta que comunica al pueblo de Talabre
S/R	Camino sin rol asociado

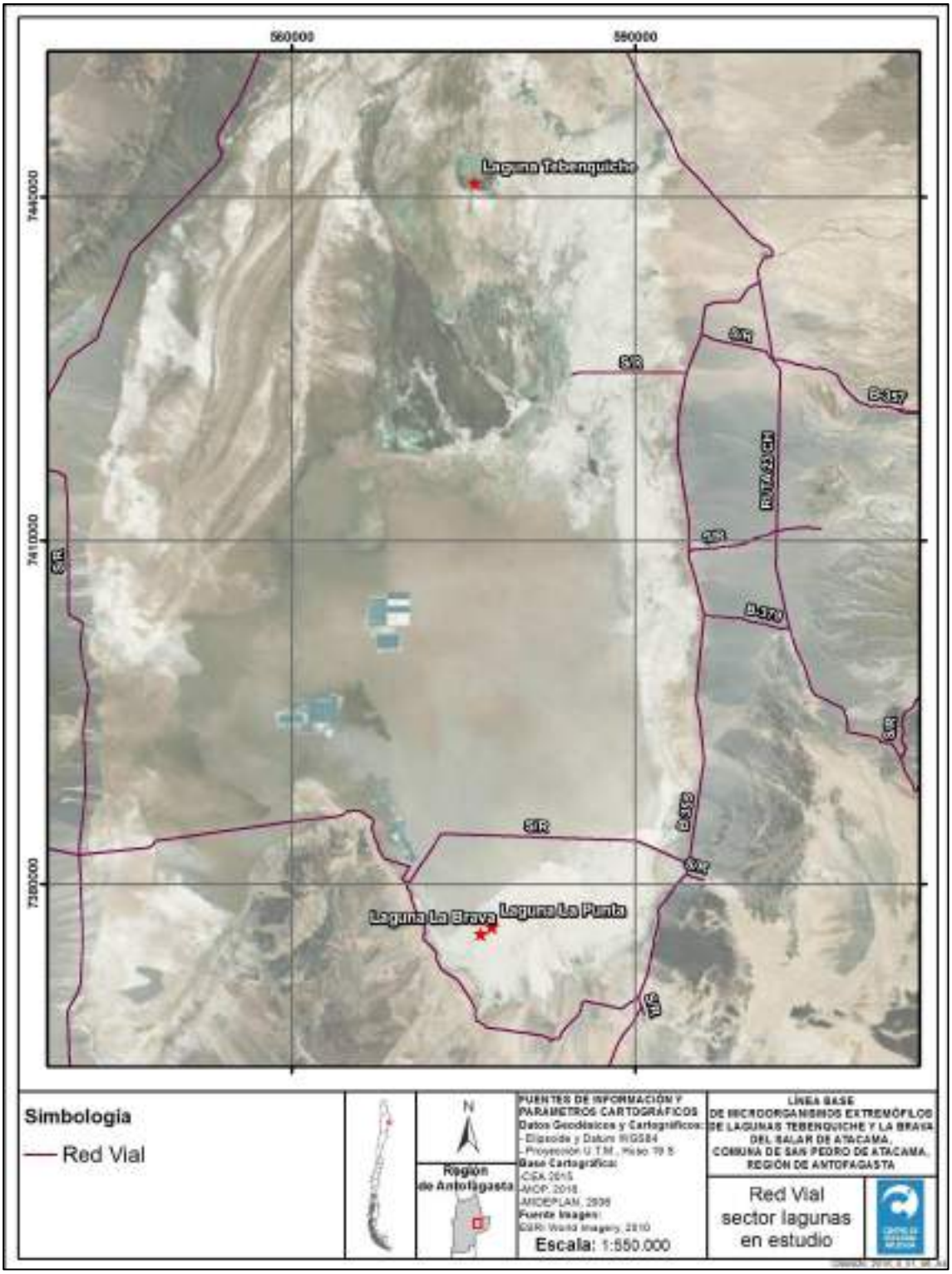


Figura 3.5 Red vial oficial de la Comuna de San Pedro de Atacama. *Fuente: Elaboración propia con datos del MOP.*

Folio008463

- Caminos Informales

Para el sector de las lagunas en estudio, se llevó a cabo la cuantificación de la longitud de los datos que fueron vectorizados. Para ello, se realizó el cálculo de la geometría lineal correspondiente a la red de caminos y huellas identificadas, de los cuales se obtuvo el valor estimado en kilómetros (Tabla 3.7), para luego ser representado espacialmente en la Figura 3.6 y Figura 3.7.

Tabla 3.7 Longitudes estimadas en caminos informales en sector de lagunas de estudio. *Fuente: Elaboración Propia*

Sector	Longitud (km)
La Punta y La Brava	111
Tebenquiche	50
Total	**160**

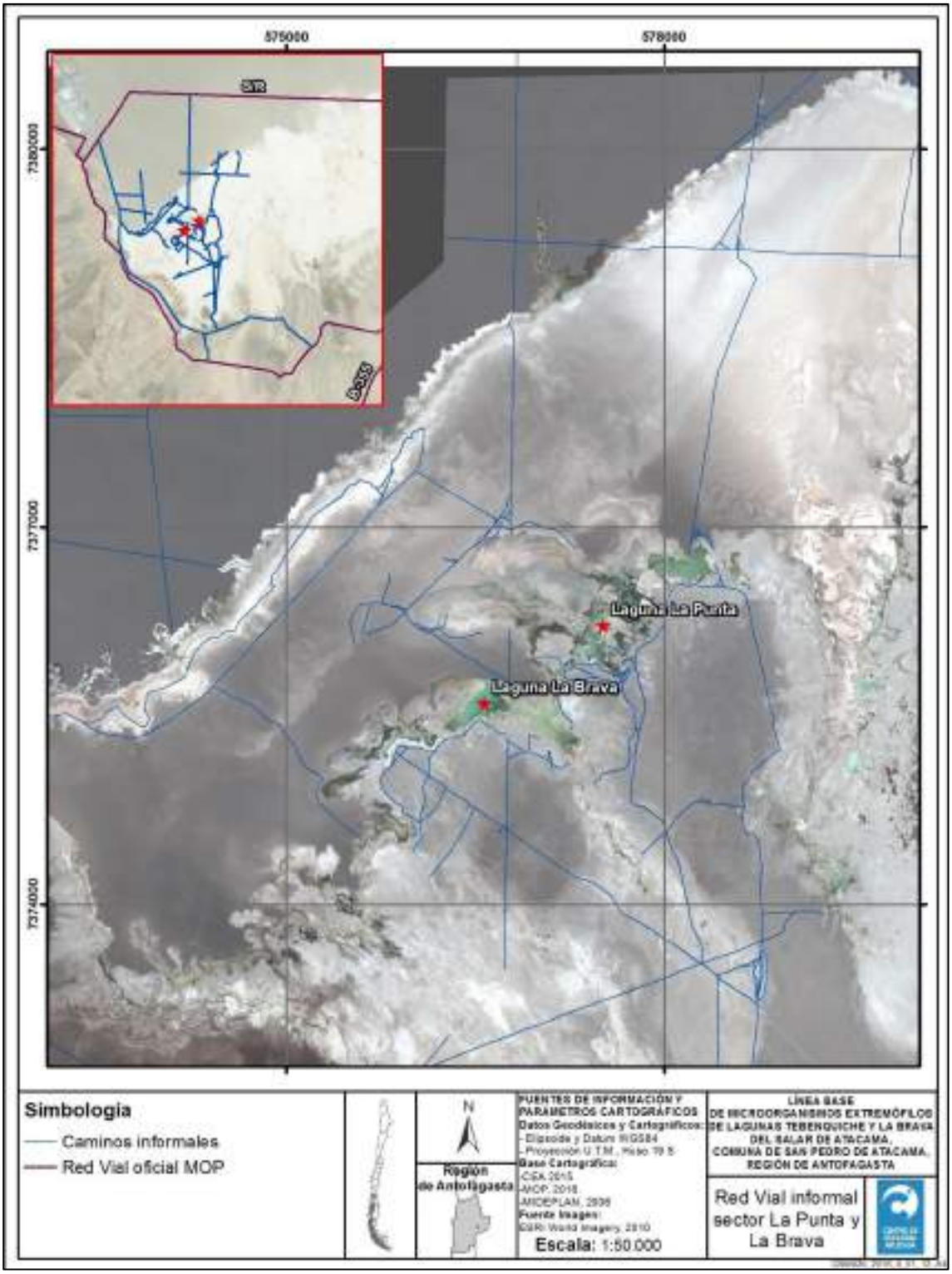


Figura 3.6 Red vial informal del sector La Punta y La Brava. *Fuente: Elaboración Propia.*

Folio008465

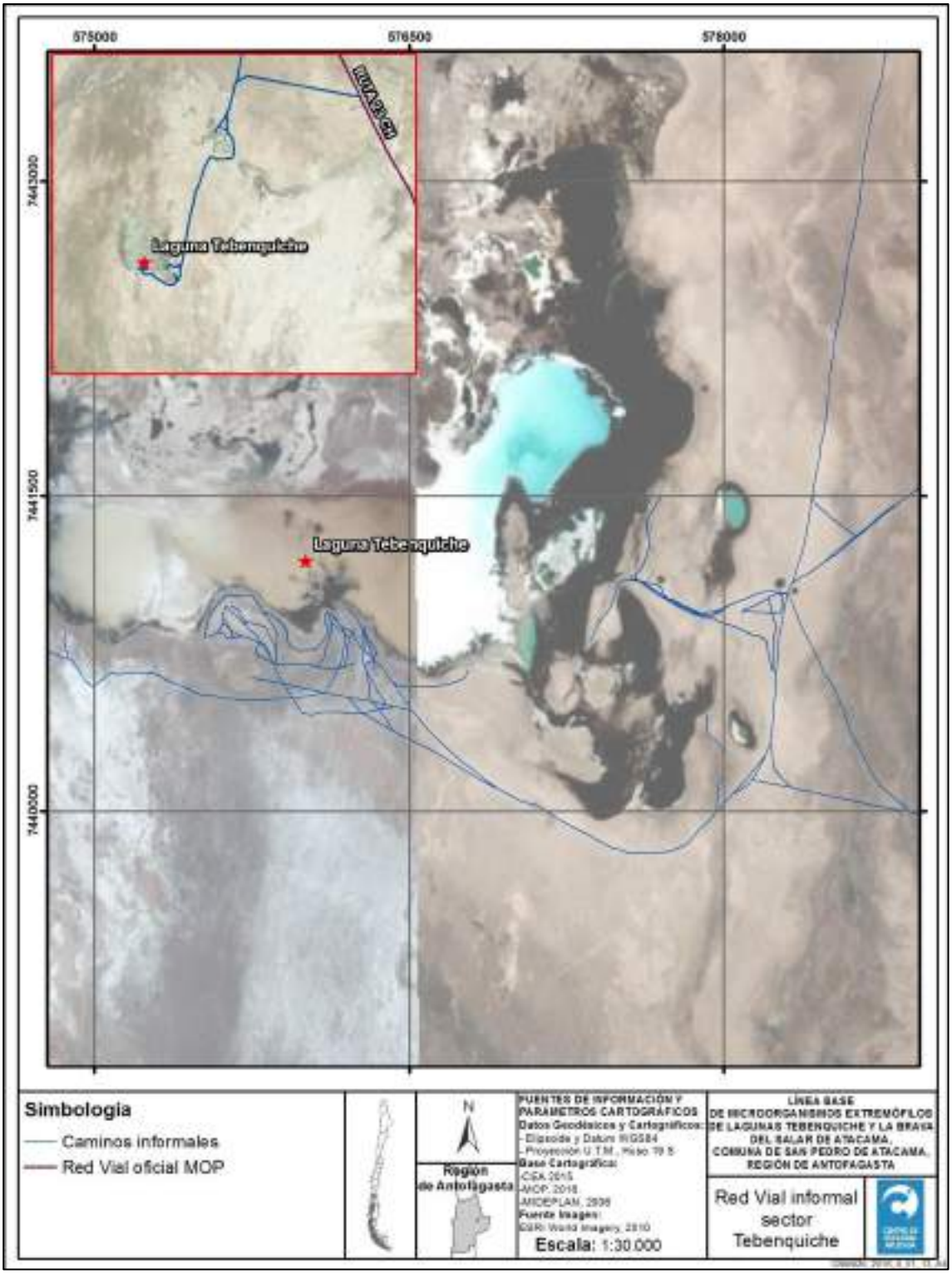


Figura 3.7 Red vial informal del sector Tebenquiche. *Fuente: Elaboración Propia*

3.1.3.3 Extracción de Salmuera

El resultado de la metodología presentada en el acápite 2.1.3.3 permitió determinar la existencia de 28 pozos de extracción de salmueras perteneciente a la minera RockWood Lithium. En la Tabla 3.8 se muestra las coordenadas UTM (Datum WGS84), de los pozos de extracción de salmuera.

Es necesario precisar que no se dispone de información referente a la ubicación exacta de los pozos de extracción de salmuera de SQM Salar S.A. dado que el titular no lo incluye en sus informes de monitoreo u otro tipo de instancia de conocimiento público.

Además, según indica la Adenda 5 (RockWood Lithium & SGA S.A., 2015b**),** solamente son conocidas las áreas de extracción ambientalmente aprobadas (denominadas MOP y SOP), las que fueron consideradas por RockWood Lithium para ubicar los pozos en los distintos escenarios de modelación numérica que son presentadas más adelante.

Tabla 3.8 Coordenadas UTM de los pozos de extracción de salmueras de la minera RockWood Lithium. *Fuente: Adenda 5, Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama".*

Pozo	Este	Norte
CL-1	573049,00	7384403,00
CL-9	564931,00	7386684,00
CL-15	563329,00	7387453,00
CL-19	564577,00	7386801,00
CL-20	564190,00	7387063,00
CL-21	567589,00	7385565,00
CL-22	566843,00	7386203,00
CL-23	571141,00	7384543,00
CL-24	570070,00	7382264,00
CL-25	570207,00	7385290,00
CL-27	567043,00	7388162,00
CL-35	566323,00	7386495,00
CL-36	567342,00	7385806,00
CL-37	565679,00	7386693,00
CL-39	560617,00	7385473,00
CL-40	558065,00	7383864,00
CL-41	556151,00	7381492,00
CL-45	571689,00	7387482,00
CL-52	562799,00	7385766,00
CL-53	572018,00	7384515,00
CL-60	557529,00	7382960,00
CL-61	571040,00	7386743,00
T-0	569310,00	7386317,00
T-1	557552,00	7382964,00
T-4	568250,00	7387603,00
T-5	567110,00	7388364,00
T-7	567414,00	7385599,00
T-8	559148,00	7383795,00

En la Figura 3.8 se muestra una cartografía con los pozos de extracción de salmuera pertenecientes a la minera RockWood Lithium.

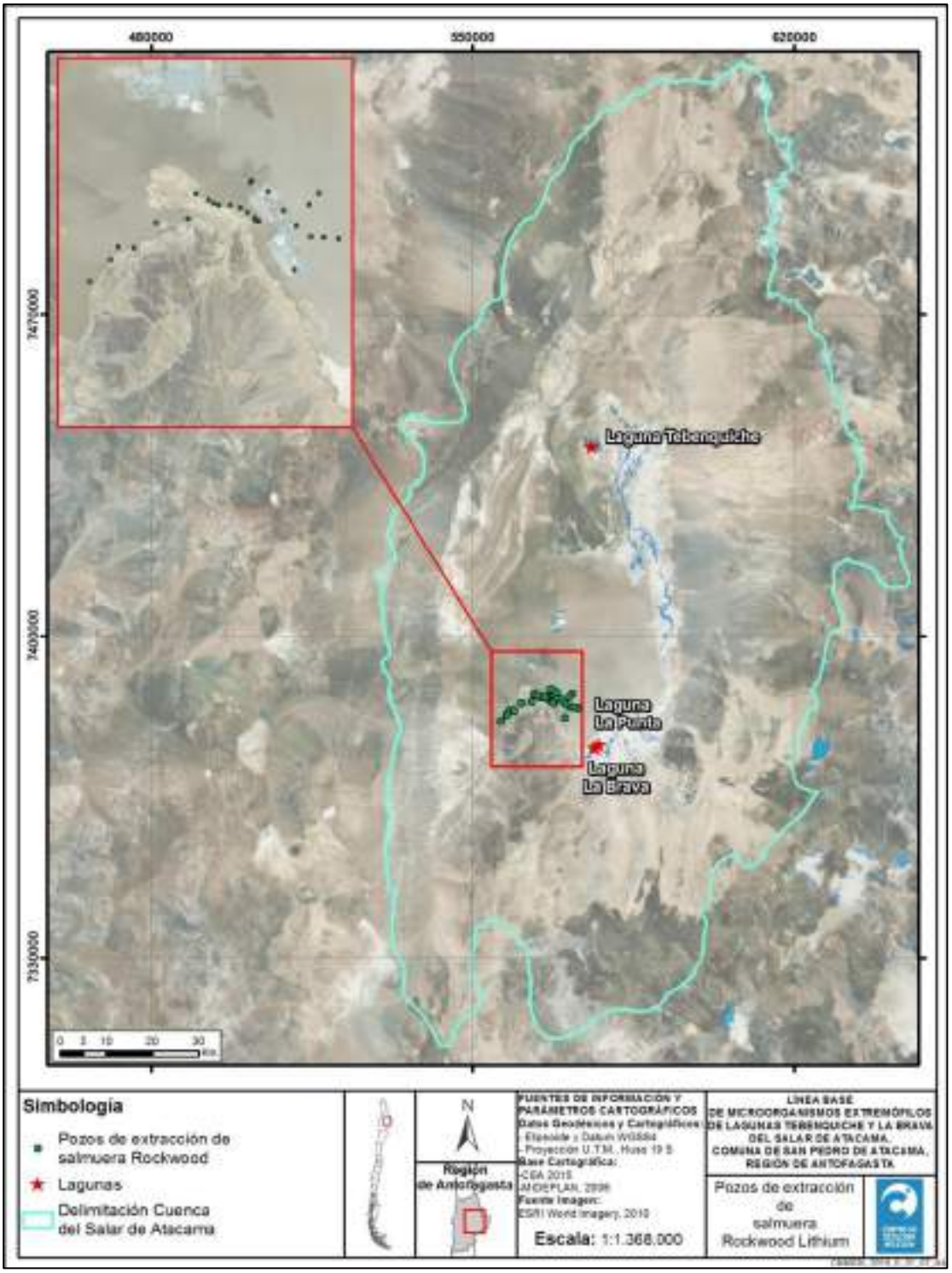


Figura 3.8 Localización de pozos de extracción de salmuera de RockWood Lithium.
Fuente: Elaboración Propia.

Folio008468

Como parte del proyecto de RockWood Lithium se encuentra el incremento en al menos 300 l/s en la capacidad de bombeo de salmuera, pasando de 142 l/s a 442 l/s, según consta en el documento. Para ello, se tiene contemplada la ampliación de las pozas de evaporación solar, las que serán emplazadas junto a las actuales instalaciones.

De esta manera, se han evaluado distintos escenarios predictivos en la modelación numérica para la extracción adicional de 300 l/s de salmuera. Para ello, se han distribuido espacialmente, (para efectos de modelación), 30 pozos de 10 l/s cada uno, los que se adjuntan en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Coordenadas UTM de pozos de extracción de salmuera de RockWood Lithium, utilizados en la modelación numérica en el período de simulación. *Fuente: Adenda 5, Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama".*

Pozo	Este	Norte	Bombeo (l/s)
A1.1B	554875,00	7379875,00	10
A1.2B	555375,00	7380125,00	10
A1.3B	555125,00	7380625,00	10
A1.4B	555125,00	7381375,00	10
A1.5B	556125,00	7382125,00	10
A1.6B	556625,00	7382375,00	10
A1.7B	557125,00	7382625,00	10
A1.8B	557125,00	7383375,00	10
A1.9B	557625,00	7384375,00	10
A1.10B	558625,00	7384375,00	10
A1.11B	559125,00	7384875,00	10
A1.12B	559375,00	7385375,00	10
A1.13B	559875,00	7385125,00	10
A1.14B	560125,00	7385875,00	10
A1.15B	560125,00	7386375,00	10
A1.16B	560625,00	7386125,00	10
A1.17B	561375,00	7386125,00	10
A1.18B	562125,00	7386125,00	10
A1.19B	563625,00	7388375,00	10
A1.20B	564375,00	7388375,00	10
A1.21B	565125,00	7388375,00	10
A1.22B	565875,00	7388375,00	10
A1.23B	564875,00	7387625,00	10
A1.24B	568625,00	7388375,00	10
A1.25B	566125,00	7387625,00	10
A1.26B	566625,00	7387125,00	10
A1.27B	567625,00	7385125,00	10
A1.28B	567875,00	7384375,00	10
A1.29B	567875,00	7383625,00	10
A1.30B	568125,00	7382875,00	10

En la Figura 3.9 se muestra una cartografía con los pozos de extracción de salmuera para modelación en el periodo de simulación de la minera RockWood Lithium.

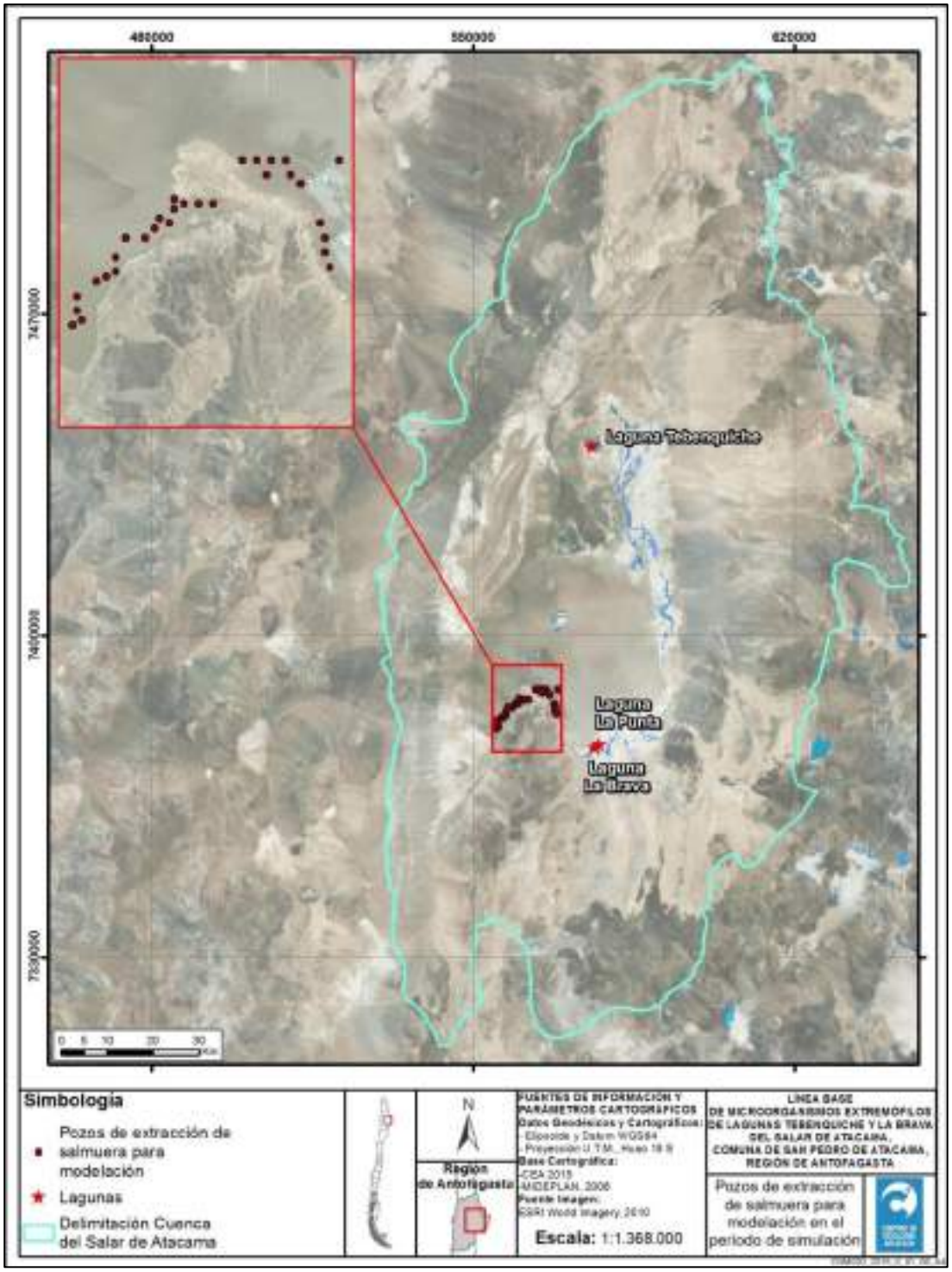


Figura 3.9 Localización de pozos de extracción de salmuera para modelación en el periodo de simulación, RockWood Lithium. *Fuente: Elaboración Propia.*

Folio008470

La siguiente tabla muestra la modelación numérica empleada con las coordenadas de los pozos de extracción de SQM para el período de calibración 1997-2008 (Tabla 3.10).

Tabla 3.10 Coordenadas UTM de pozos de extracción de salmuera de SQM utilizados en la modelación numérica en el periodo de calibración 1997-2008.
Fuente: Adenda 5, Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama".

Pozo	Este (m)	Norte (m)	Pozo	Este (m)	Norte (m)	Pozo	Este (m)	Norte (m)
SOP-1	566125,00	7406375,00	**MOP-41**	566125,00	7396375,00	**MOP-81**	560125,00	7392375,00
SOP-2	566125,00	7404375,00	**MOP-42**	567125,00	7396375,00	**MOP-82**	561125,00	7392375,00
SOP-3	566125,00	7403375,00	**MOP-43**	568125,00	7396375,00	**MOP-83**	562125,00	7392375,00
SOP-4	566125,00	7402375,00	**MOP-44**	569125,00	7396375,00	**MOP-84**	563125,00	7392375,00
SOP-5	566125,00	7401375,00	**MOP-45**	558125,00	7395375,00	**MOP-85**	564125,00	7392375,00
SOP-6	566125,00	7400375,00	**MOP-46**	559125,00	7395375,00	**MOP-86**	565125,00	7392375,00
SOP-7	566125,00	7405375,00	**MOP-47**	560125,00	7395375,00	**MOP-87**	566125,00	7392375,00
SOP-8	566625,00	7404875,00	**MOP-48**	561125,00	7395375,00	**MOP-88**	567125,00	7392375,00
SOP-9	567125,00	7406375,00	**MOP-49**	564125,00	7395375,00	**MOP-89**	568125,00	7392375,00
SOP-10	567125,00	7401375,00	**MOP-50**	565125,00	7395375,00	**MOP-90**	569125,00	7392375,00
SOP-11	567125,00	7400375,00	**MOP-51**	566125,00	7395375,00	**MOP-91**	558125,00	7391375,00
SOP-12	567125,00	7405375,00	**MOP-52**	567125,00	7395375,00	**MOP-92**	559125,00	7391375,00
SOP-13	567125,00	7402375,00	**MOP-53**	568125,00	7395375,00	**MOP-93**	560125,00	7391375,00
SOP-14	567625,00	7405875,00	**MOP-54**	569125,00	7395375,00	**MOP-94**	561125,00	7391375,00
SOP-15	568125,00	7406375,00	**MOP-55**	558125,00	7394375,00	**MOP-95**	562125,00	7391375,00
SOP-16	568125,00	7400375,00	**MOP-56**	559125,00	7394375,00	**MOP-96**	563125,00	7391375,00
SOP-17	568125,00	7405375,00	**MOP-57**	560125,00	7394375,00	**MOP-97**	564125,00	7391375,00
SOP-18	568375,00	7404375,00	**MOP-58**	561125,00	7394375,00	**MOP-98**	565125,00	7391375,00
SOP-19	568625,00	7405875,00	**MOP-59**	562125,00	7394375,00	**MOP-99**	566125,00	7391375,00
SOP-20	569125,00	7405375,00	**MOP-60**	563125,00	7394375,00	**MOP-100**	558125,00	7390375,00
SOP-21	569125,00	7406375,00	**MOP-61**	564125,00	7394375,00	**MOP-101**	559125,00	7390375,00
SOP-22	569125,00	7400375,00	**MOP-62**	565125,00	7394375,00	**MOP-102**	560125,00	7390375,00
SOP-23	569375,00	7402125,00	**MOP-63**	566125,00	7394375,00	**MOP-103**	561125,00	7390375,00
SOP-24	569375,00	7403375,00	**MOP-64**	567125,00	7394375,00	**MOP-104**	562125,00	7390375,00
SOP-25	569625,00	7405875,00	**MOP-65**	568125,00	7394375,00	**MOP-105**	563125,00	7390375,00
SOP-26	570125,00	7405375,00	**MOP-66**	569125,00	7394375,00	**MOP-106**	564125,00	7390375,00
SOP-27	570125,00	7404375,00	**MOP-67**	558125,00	7393375,00	**MOP-107**	565125,00	7390375,00
SOP-28	570125,00	7402375,00	**MOP-68**	559125,00	7393375,00	**MOP-108**	566125,00	7390375,00
SOP-29	570125,00	7400375,00	**MOP-69**	560125,00	7393375,00			
SOP-30	570125,00	7406375,00	**MOP-70**	561125,00	7393375,00			
SOP-31	570625,00	7404875,00	**MOP-71**	562125,00	7393375,00			
SOP-32	570625,00	7400875,00	**MOP-72**	563125,00	7393375,00			
SOP-33	570625,00	7405875,00	**MOP-73**	564125,00	7393375,00			
SOP-34	570625,00	7401875,00	**MOP-74**	565125,00	7393375,00			
SOP-35	570625,00	7403875,00	**MOP-75**	566125,00	7393375,00			
SOP-36	570625,00	7402875,00	**MOP-76**	567125,00	7393375,00			
SOP-37	571125,00	7405375,00	**MOP-77**	568125,00	7393375,00			
SOP-38	571125,00	7404375,00	**MOP-78**	569125,00	7393375,00			
SOP-39	571125,00	7403375,00	**MOP-79**	558125,00	7392375,00			
SOP-40	571125,00	7402375,00	**MOP-80**	559125,00	7392375,00			

Folio008471

En la Figura 3.10 se muestra una cartografía con los pozos de extracción de salmuera para modelación en el periodo de calibración 1997-2008 de la minera SQM.

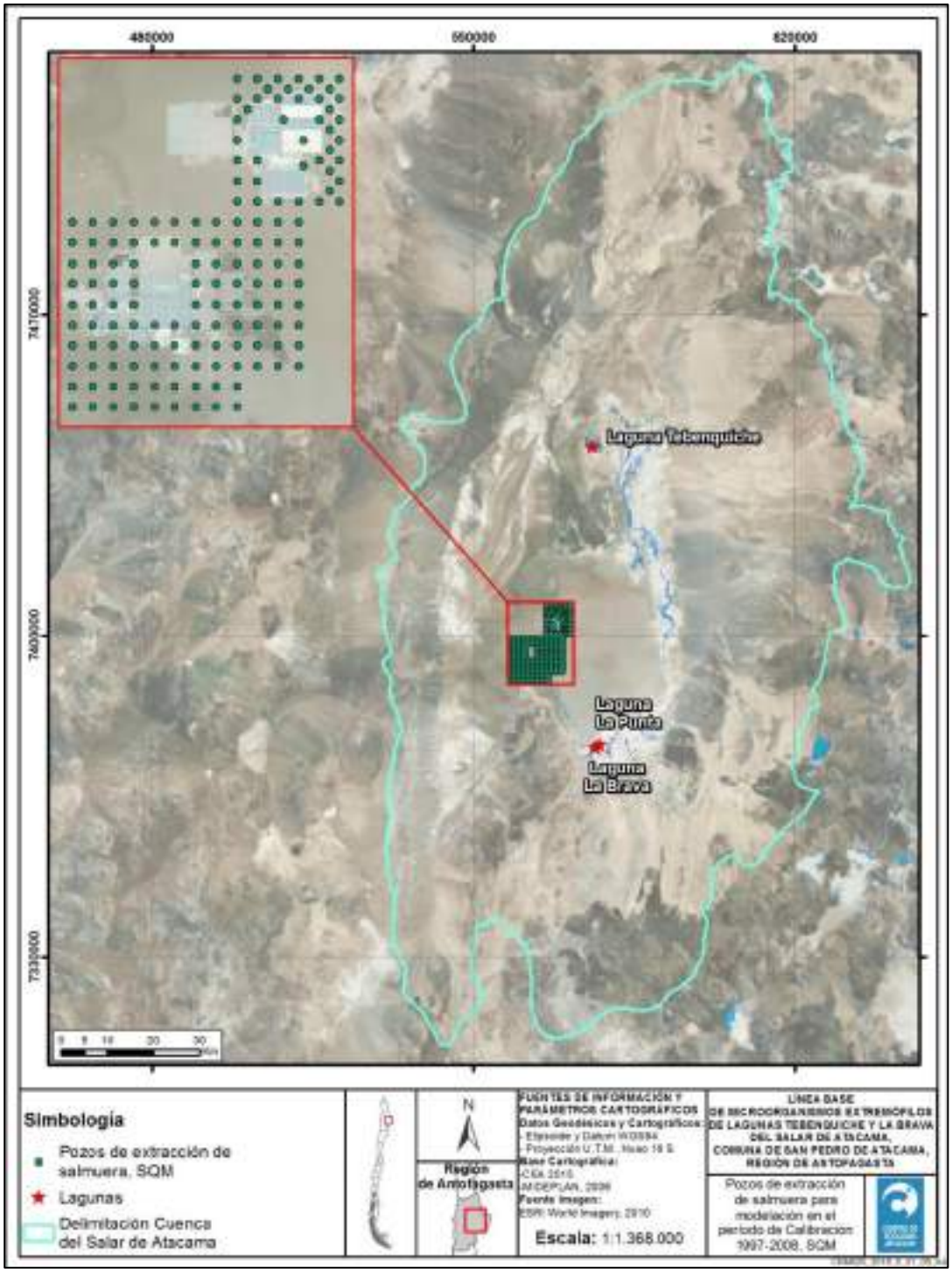


Figura 3.10 Localización de pozos de extracción de salmuera para modelación en el periodo de calibración 1997-2008, SQM. *Fuente: Elaboración propia.*

Folio008472

Las siguientes coordenadas corresponden a los pozos de extracción de SQM, que fueron utilizados en la modelación en el periodo de validación 2009-2014 (Tabla 3.11).

Tabla 3.11 Coordenadas UTM pozos de extracción de salmuera de SQM utilizados en la modelación numérica en el período de validación 2009-2014. *Fuente: Adenda 5, Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama".*

Pozo	Este	Norte	Pozo	Este	Norte	Pozo	Este	Norte	Pozo	Este	Norte
SOP-1	566125,00	7406375,00	**SOP-41**	571125,00	7401375,00	**MOP-38**	557875,00	7394875,00	**MOP-78**	562375,00	7390375,00
SOP-2	566125,00	7404375,00	**SOP-42**	571125,00	7400375,00	**MOP-39**	559375,00	7394875,00	**MOP-79**	563875,00	7390375,00
SOP-3	566125,00	7403375,00	**SOP-43**	571125,00	7406375,00	**MOP-40**	560875,00	7394875,00	**MOP-80**	565375,00	7390375,00
SOP-4	566125,00	7402375,00	**MOP-1**	554875,00	7399375,00	**MOP-41**	563875,00	7394875,00	**MOP-81**	550375,00	7388875,00
SOP-5	566125,00	7401375,00	**MOP-2**	556375,00	7399375,00	**MOP-42**	565375,00	7394875,00	**MOP-82**	551875,00	7388875,00
SOP-6	566125,00	7400375,00	**MOP-3**	557875,00	7399375,00	**MOP-43**	566875,00	7394875,00	**MOP-83**	553375,00	7388875,00
SOP-7	566125,00	7405375,00	**MOP-4**	559375,00	7399375,00	**MOP-44**	568375,00	7394875,00	**MOP-84**	554875,00	7388875,00
SOP-8	566625,00	7404875,00	**MOP-5**	560875,00	7399375,00	**MOP-45**	569875,00	7394875,00	**MOP-85**	556375,00	7388875,00
SOP-9	567125,00	7406375,00	**MOP-6**	562375,00	7399375,00	**MOP-46**	550375,00	7393375,00	**MOP-86**	557875,00	7388875,00
SOP-10	567125,00	7401375,00	**MOP-7**	563875,00	7399375,00	**MOP-47**	551875,00	7393375,00	**MOP-87**	559375,00	7388875,00
SOP-11	567125,00	7400375,00	**MOP-8**	565375,00	7399375,00	**MOP-48**	553375,00	7393375,00	**MOP-88**	550375,00	7387375,00
SOP-12	567125,00	7405375,00	**MOP-9**	566875,00	7399375,00	**MOP-49**	554875,00	7393375,00	**MOP-89**	551875,00	7387375,00
SOP-13	567125,00	7402375,00	**MOP-10**	568375,00	7399375,00	**MOP-50**	556375,00	7393375,00	**MOP-90**	553375,00	7387375,00
SOP-14	567625,00	7405875,00	**MOP-11**	569875,00	7399375,00	**MOP-51**	557875,00	7393375,00	**MOP-91**	554875,00	7387375,00
SOP-15	568125,00	7406375,00	**MOP-12**	571375,00	7399375,00	**MOP-52**	559375,00	7393375,00	**MOP-92**	556375,00	7387375,00
SOP-16	568125,00	7400375,00	**MOP-13**	553375,00	7397875,00	**MOP-53**	560875,00	7393375,00	**MOP-93**	557875,00	7387375,00
SOP-17	568125,00	7405375,00	**MOP-14**	554875,00	7397875,00	**MOP-54**	562375,00	7393375,00	**MOP-94**	559375,00	7387375,00
SOP-18	568375,00	7404375,00	**MOP-15**	556375,00	7397875,00	**MOP-55**	563875,00	7393375,00	**MOP-95**	550375,00	7385875,00
SOP-19	568625,00	7405875,00	**MOP-16**	557875,00	7397875,00	**MOP-56**	565375,00	7393375,00	**MOP-96**	551875,00	7385875,00
SOP-20	569125,00	7405375,00	**MOP-17**	559375,00	7397875,00	**MOP-57**	566875,00	7393375,00	**MOP-97**	553375,00	7385875,00
SOP-21	569125,00	7406375,00	**MOP-18**	560875,00	7397875,00	**MOP-58**	568375,00	7393375,00	**MOP-98**	554875,00	7385875,00
SOP-22	569125,00	7400375,00	**MOP-19**	563875,00	7397875,00	**MOP-59**	550375,00	7391875,00	**MOP-99**	556375,00	7385875,00
SOP-23	569375,00	7402125,00	**MOP-20**	565375,00	7397875,00	**MOP-60**	551875,00	7391875,00	**MOP-100**	550375,00	7384375,00
SOP-24	569375,00	7403375,00	**MOP-21**	566875,00	7397875,00	**MOP-61**	553375,00	7391875,00	**MOP-101**	551875,00	7384375,00
SOP-25	569625,00	7405875,00	**MOP-22**	568375,00	7397875,00	**MOP-62**	554875,00	7391875,00	**MOP-102**	553375,00	7384375,00
SOP-26	570125,00	7405375,00	**MOP-23**	569875,00	7397875,00	**MOP-63**	556375,00	7391875,00	**MOP-103**	550375,00	7382875,00
SOP-27	570125,00	7404375,00	**MOP-24**	553375,00	7396375,00	**MOP-64**	557875,00	7391875,00	**MOP-104**	551875,00	7382875,00
SOP-28	570125,00	7402375,00	**MOP-25**	554875,00	7396375,00	**MOP-65**	559375,00	7391875,00	**MOP-105**	553375,00	7382875,00
SOP-29	570125,00	7400375,00	**MOP-26**	556375,00	7396375,00	**MOP-66**	560875,00	7391875,00	**MOP-106**	550375,00	7381375,00
SOP-30	570125,00	7406375,00	**MOP-27**	557875,00	7396375,00	**MOP-67**	562375,00	7391875,00	**MOP-107**	551875,00	7381375,00
SOP-31	570625,00	7404875,00	**MOP-28**	559375,00	7396375,00	**MOP-68**	563875,00	7391875,00	**MOP-108**	553375,00	7381375,00
SOP-32	570625,00	7400875,00	**MOP-29**	560875,00	7396375,00	**MOP-69**	565375,00	7391875,00			
SOP-33	570625,00	7405875,00	**MOP-30**	563875,00	7396375,00	**MOP-70**	550375,00	7390375,00			
SOP-34	570625,00	7401875,00	**MOP-31**	565375,00	7396375,00	**MOP-71**	551875,00	7390375,00			
SOP-35	570625,00	7403875,00	**MOP-32**	566875,00	7396375,00	**MOP-72**	553375,00	7390375,00			
SOP-36	570625,00	7402875,00	**MOP-33**	568375,00	7396375,00	**MOP-73**	554875,00	7390375,00			
SOP-37	571125,00	7405375,00	**MOP-34**	569875,00	7396375,00	**MOP-74**	556375,00	7390375,00			
SOP-38	571125,00	7404375,00	**MOP-35**	553375,00	7394875,00	**MOP-75**	557875,00	7390375,00			
SOP-39	571125,00	7403375,00	**MOP-36**	554875,00	7394875,00	**MOP-76**	559375,00	7390375,00			
SOP-40	571125,00	7402375,00	**MOP-37**	556375,00	7394875,00	**MOP-77**	560875,00	7390375,00			

En la Figura 3.11 se muestra una cartografía con los pozos de extracción de salmuera para modelación en el periodo de validación 2009-2014 de la minera SQM.

Folio008473

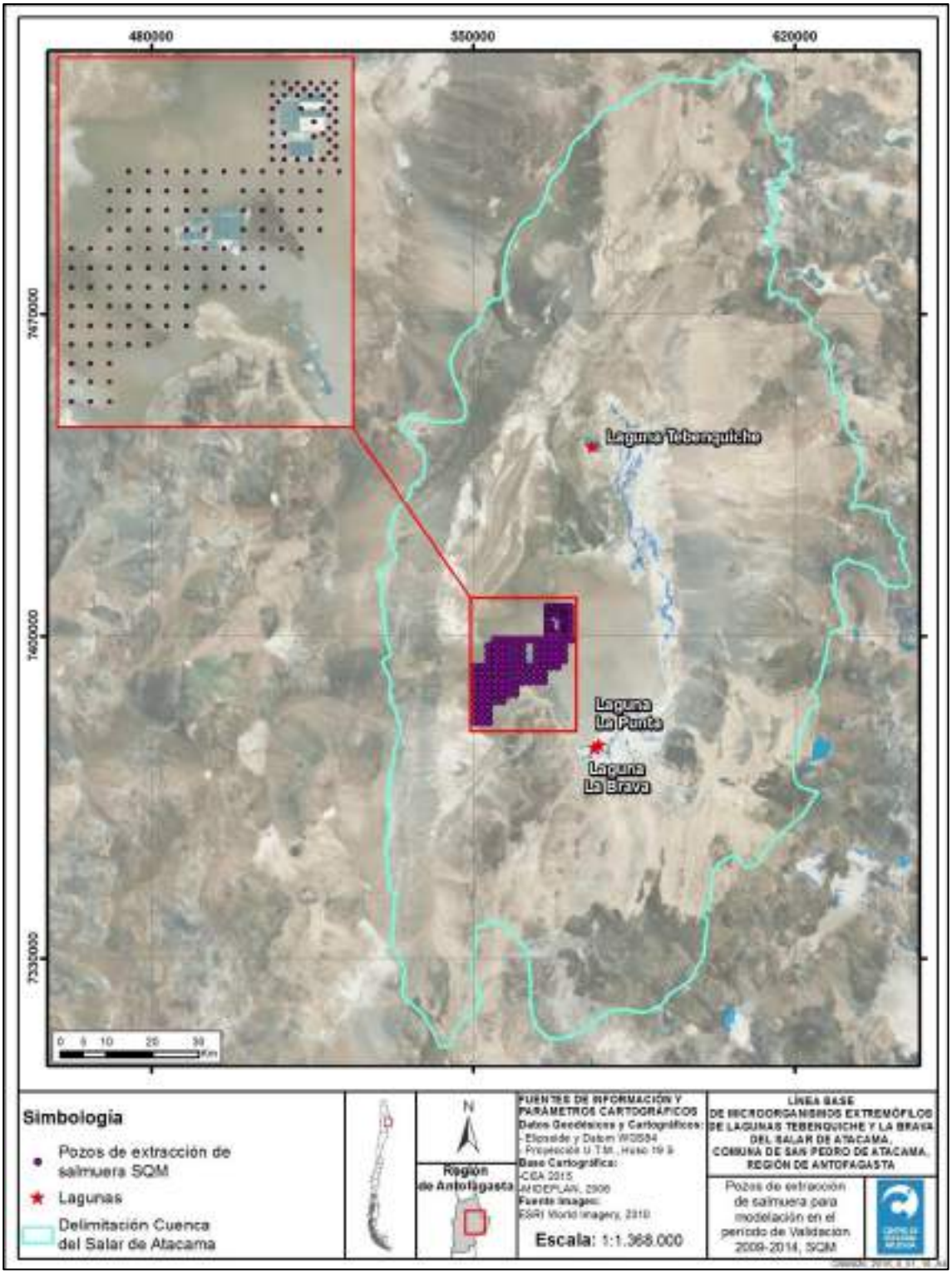


Figura 3.11 Localización de pozos de extracción de salmuera para modelación en el periodo de validación 2009-2014, SQM. *Fuente: Elaboración Propia.*

Finalmente, las siguientes coordenadas corresponden a los pozos de extracción de SQM, que fueron utilizados en la modelación en el periodo de simulación (Tabla 3.12).

Tabla 3.12 Coordenadas UTM pozos de extracción de salmuera de SQM utilizados en la modelación numérica en el período de simulación. *Fuente: Adenda 5, Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama".*

Pozo	Este	Norte	Pozo	Este	Norte	Pozo	Este	Norte	Pozo	Este	Norte
SOP-1	560125,00	7405875,00	SOP-41	561125,00	7399875,00	MOP-38	550125,00	7390875,00	MOP-78	551125,00	7384875,00
SOP-2	561125,00	7405875,00	SOP-42	562125,00	7399875,00	MOP-39	551125,00	7390875,00	MOP-79	552125,00	7384875,00
SOP-3	562125,00	7405875,00	SOP-43	563125,00	7399875,00	MOP-40	552125,00	7390875,00	MOP-80	553125,00	7384875,00
SOP-4	560125,00	7404875,00	MOP-1	552625,00	7398875,00	MOP-41	553125,00	7390875,00	MOP-81	554125,00	7384875,00
SOP-5	561125,00	7404875,00	MOP-2	553625,00	7398875,00	MOP-42	554125,00	7390875,00	MOP-82	555125,00	7384875,00
SOP-6	562125,00	7404875,00	MOP-3	554625,00	7398875,00	MOP-43	555125,00	7390875,00	MOP-83	556125,00	7384875,00
SOP-7	558125,00	7403875,00	MOP-4	555625,00	7398875,00	MOP-44	556125,00	7390875,00	MOP-84	550125,00	7383875,00
SOP-8	559125,00	7403875,00	MOP-5	552625,00	7397875,00	MOP-45	550125,00	7389875,00	MOP-85	551125,00	7383875,00
SOP-9	560125,00	7403875,00	MOP-6	553625,00	7397875,00	MOP-46	551125,00	7389875,00	MOP-86	552125,00	7383875,00
SOP-10	561125,00	7403875,00	MOP-7	554625,00	7397875,00	MOP-47	552125,00	7389875,00	MOP-87	553125,00	7383875,00
SOP-11	562125,00	7403875,00	MOP-8	552625,00	7396875,00	MOP-48	553125,00	7389875,00	MOP-88	554125,00	7383875,00
SOP-12	563125,00	7403875,00	MOP-9	553625,00	7396875,00	MOP-49	554125,00	7389875,00	MOP-89	550125,00	7382875,00
SOP-13	558125,00	7402875,00	MOP-10	554625,00	7396875,00	MOP-50	555125,00	7389875,00	MOP-90	551125,00	7382875,00
SOP-14	559125,00	7402875,00	MOP-11	555625,00	7396875,00	MOP-51	550125,00	7388875,00	MOP-91	552125,00	7382875,00
SOP-15	560125,00	7402875,00	MOP-12	552625,00	7395875,00	MOP-52	551125,00	7388875,00	MOP-92	553125,00	7382875,00
SOP-16	561125,00	7402875,00	MOP-13	553625,00	7395875,00	MOP-53	552125,00	7388875,00	MOP-93	554125,00	7382875,00
SOP-17	562125,00	7402875,00	MOP-14	554625,00	7395875,00	MOP-54	553125,00	7388875,00	MOP-94	550125,00	7381875,00
SOP-18	555125,00	7401875,00	MOP-15	552625,00	7394875,00	MOP-55	554125,00	7388875,00	MOP-95	551125,00	7381875,00
SOP-19	556125,00	7401875,00	MOP-16	553625,00	7394875,00	MOP-56	555125,00	7388875,00	MOP-96	552125,00	7381875,00
SOP-20	557125,00	7401875,00	MOP-17	554625,00	7394875,00	MOP-57	556125,00	7388875,00	MOP-97	553125,00	7381875,00
SOP-21	558125,00	7401875,00	MOP-18	555625,00	7394875,00	MOP-58	550125,00	7387875,00	MOP-98	554125,00	7381875,00
SOP-22	559125,00	7401875,00	MOP-19	550125,00	7393875,00	MOP-59	551125,00	7387875,00	MOP-99	550125,00	7380875,00
SOP-23	560125,00	7401875,00	MOP-20	551125,00	7393875,00	MOP-60	552125,00	7387875,00	MOP-100	551125,00	7380875,00
SOP-24	561125,00	7401875,00	MOP-21	552125,00	7393875,00	MOP-61	553125,00	7387875,00	MOP-101	552125,00	7380875,00
SOP-25	562125,00	7401875,00	MOP-22	553125,00	7393875,00	MOP-62	554125,00	7387875,00	MOP-102	553125,00	7380875,00
SOP-26	563125,00	7401875,00	MOP-23	554125,00	7393875,00	MOP-63	555125,00	7387875,00	MOP-103	554125,00	7380875,00
SOP-27	555125,00	7400875,00	MOP-24	555125,00	7393875,00	MOP-64	550125,00	7386875,00	MOP-104	550125,00	7379875,00
SOP-28	556125,00	7400875,00	MOP-25	550125,00	7392875,00	MOP-65	551125,00	7386875,00	MOP-105	551125,00	7379875,00
SOP-29	557125,00	7400875,00	MOP-26	551125,00	7392875,00	MOP-66	552125,00	7386875,00	MOP-106	552125,00	7379875,00
SOP-30	558125,00	7400875,00	MOP-27	552125,00	7392875,00	MOP-67	553125,00	7386875,00	MOP-107	553125,00	7379875,00
SOP-31	559125,00	7400875,00	MOP-28	553125,00	7392875,00	MOP-68	554125,00	7386875,00	MOP-108	554125,00	7379875,00
SOP-32	560125,00	7400875,00	MOP-29	554125,00	7392875,00	MOP-69	555125,00	7386875,00			
SOP-33	561125,00	7400875,00	MOP-30	555125,00	7392875,00	MOP-70	556125,00	7386875,00			
SOP-34	562125,00	7400875,00	MOP-31	556125,00	7392875,00	MOP-71	550125,00	7385875,00			
SOP-35	555125,00	7399875,00	MOP-32	550125,00	7391875,00	MOP-72	551125,00	7385875,00			
SOP-36	556125,00	7399875,00	MOP-33	551125,00	7391875,00	MOP-73	552125,00	7385875,00			
SOP-37	557125,00	7399875,00	MOP-34	552125,00	7391875,00	MOP-74	553125,00	7385875,00			
SOP-38	558125,00	7399875,00	MOP-35	553125,00	7391875,00	MOP-75	554125,00	7385875,00			
SOP-39	559125,00	7399875,00	MOP-36	554125,00	7391875,00	MOP-76	555125,00	7385875,00			
SOP-40	560125,00	7399875,00	MOP-37	555125,00	7391875,00	MOP-77	550125,00	7384875,00			

En la Figura 3.12 se muestra una cartografía con los pozos de extracción de salmuera para modelación en el periodo de la minera SQM.

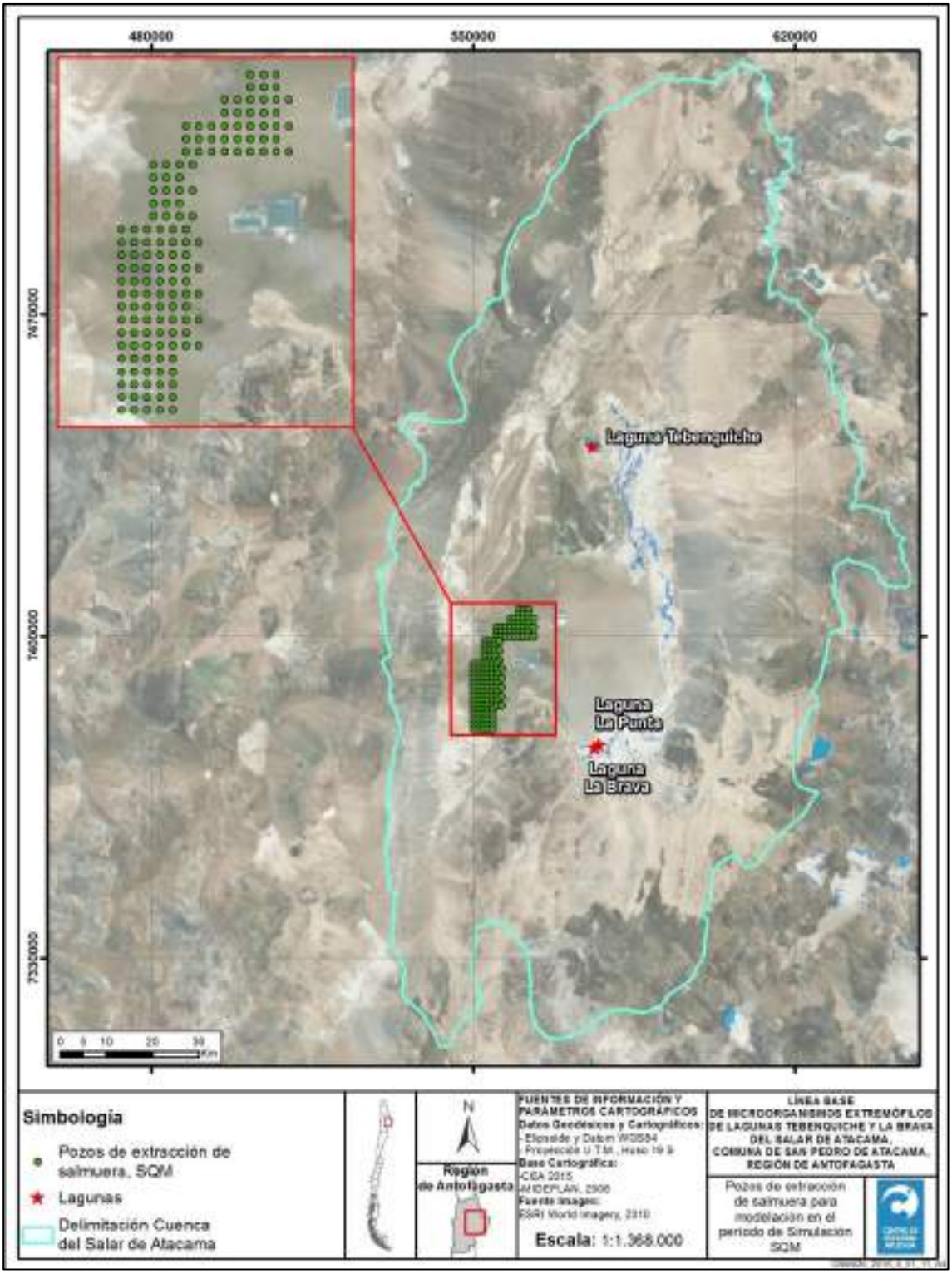


Figura 3.12 Localización de pozos de extracción de salmuera para modelación en el periodo de simulación, SQM. *Fuente: Elaboración Propia.*

3.1.3.4 Concesiones Mineras

El resultado de la metodología presentada en el acápite 2.1.3.4 permitió determinar la presencia de 1.647 concesiones mineras de explotación correspondiente al Código Minero de 1983, 25 concesiones mineras de explotación del Código Minero de 1932 y 649 concesiones mineras de exploración, todas emplazadas dentro de la Cuenca del Salar de Atacama (Figura 3.13).

En el Anexo 1626.1, Carpeta Concesiones Mineras se adjunta información referente a las concesiones mineras de exploración y explotación dentro de la Cuenca del Salar de Atacama.

En el Anexo 6.5, Carpeta Geodatabase se incorporan las cubiertas utilizadas en la elaboración de las cartografías referentes a las Concesiones Mineras.

Folio008477

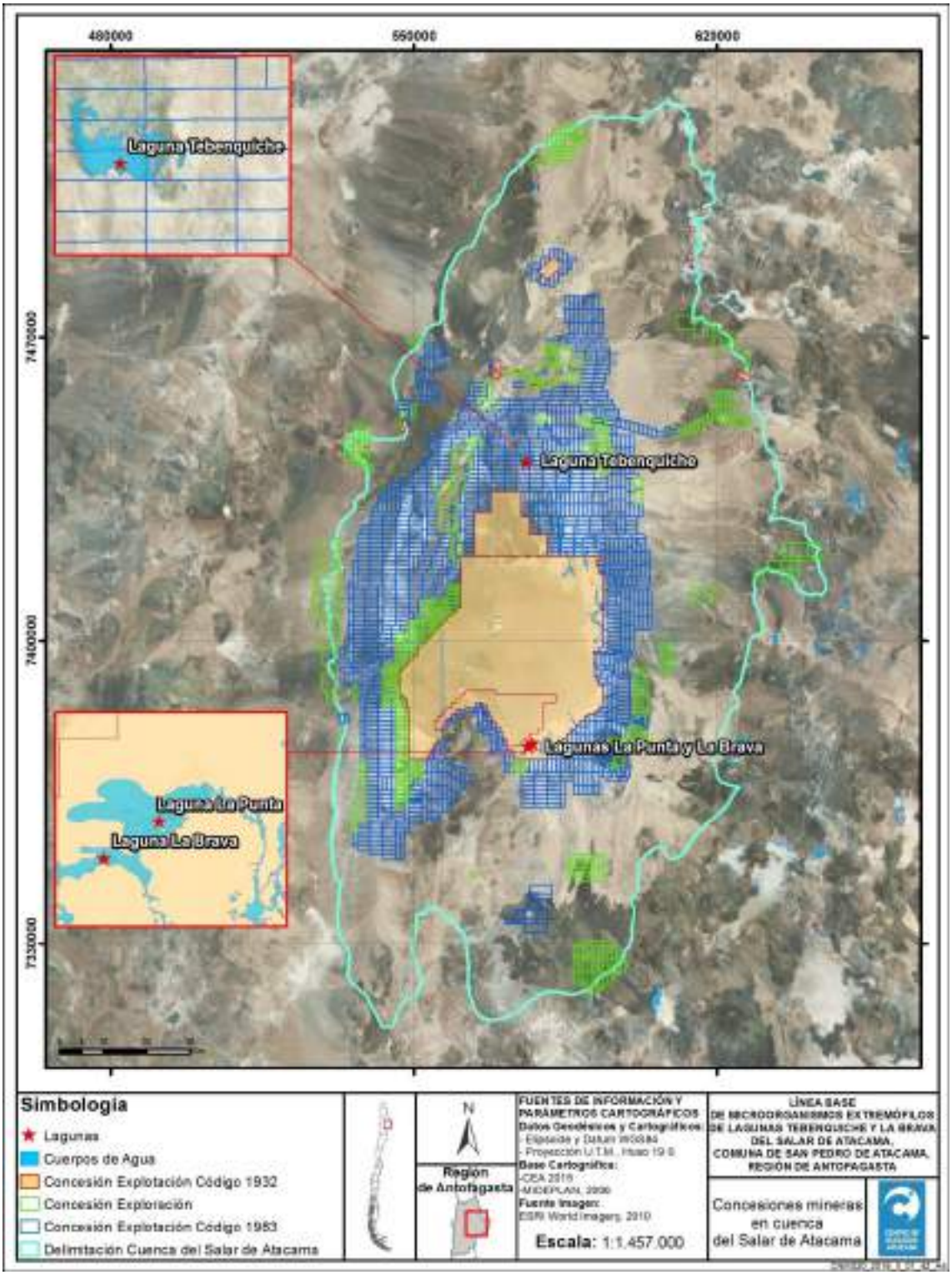


Figura 3.13 Concesiones Mineras de Exploración y Explotación emplazadas en la Cuenca del Salar de Atacama. *Fuente: Elaboración propia con datos de IDE-Chile.*

Folio008478

3.2 Descripción ambiental de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava del Salar de Atacama.

3.2.1 Etapa 1: Revisión Bibliográfica

En este capítulo se presentan la sistematización de la información recopilada para la descripción ambiental de las lagunas en estudio.

3.2.1.1 Clima y Meteorología

Se expone a continuación la caracterización climática y meteorológica del área del proyecto. Ésta se basa en la revisión de los antecedentes bibliográficos disponibles y de registros obtenidos de estaciones meteorológicas presente en las proximidades del área de estudio.

3.2.1.1.1 Clima

El clima del área de estudio corresponde al tipo climático Desértico Marginal de Altura (Kottek M et al., 2006), el cual se presenta entre los 2.000 y 3.000 m de altura. Este clima se caracteriza por un régimen de precipitaciones escasas y se manifiesta en precipitaciones estivales y también de tipo ciclónico, las que se registran principalmente en el periodo estival y en mucho menor medida en el invierno. Las precipitaciones invernales abundantes ocurren con intervalos de varios años, y se relacionan con inviernos pluviométricamente rigurosos. Las precipitaciones estivales se originan por la formación de nubosidad cumuliforme durante la tarde cuando el calentamiento del suelo favorece el desarrollo de movimientos ascendentes, ocasionando el llamado invierno Altiplánico.

De acuerdo a la clasificación climática de Kôppen, el Salar de Atacama se encuentra dentro del clima Árido muy frío (BMk), que se caracteriza por presentar temperatura media anual y media mensual del mes más cálido, inferior a 18ºC, como también existe una alta oscilación térmica y una muy baja humedad relativa.

3.2.1.1.2 Meteorología

Los datos que se presentan a continuación fueron obtenidos de dos estaciones meteorológicas administradas por la DGA y emplazados en la Cuenca del Salar de Atacama. Una de las estaciones, denominada “Peine” (coordenadas 7.380.388 N y 596.045 E, Proyección UTM, Datum WGS-84), se ubica aproximadamente a 14 km de la laguna La Punta y La Brava. La estación Toconao Experimental (coordenadas 7.435.183 N y 602.573 E, Proyección UTM, Datum WGS-84), se ubica aproximadamente a 27 km de la laguna Tebenquiche. Ambas estaciones se consideraron para el análisis a fin de comparar el comportamiento de las variables climatológicas como temperatura y precipitaciones, en el área de estudio. La ubicación de las estaciones meteorológicas indicadas se presenta en la Figura 3.14.

Folio008479

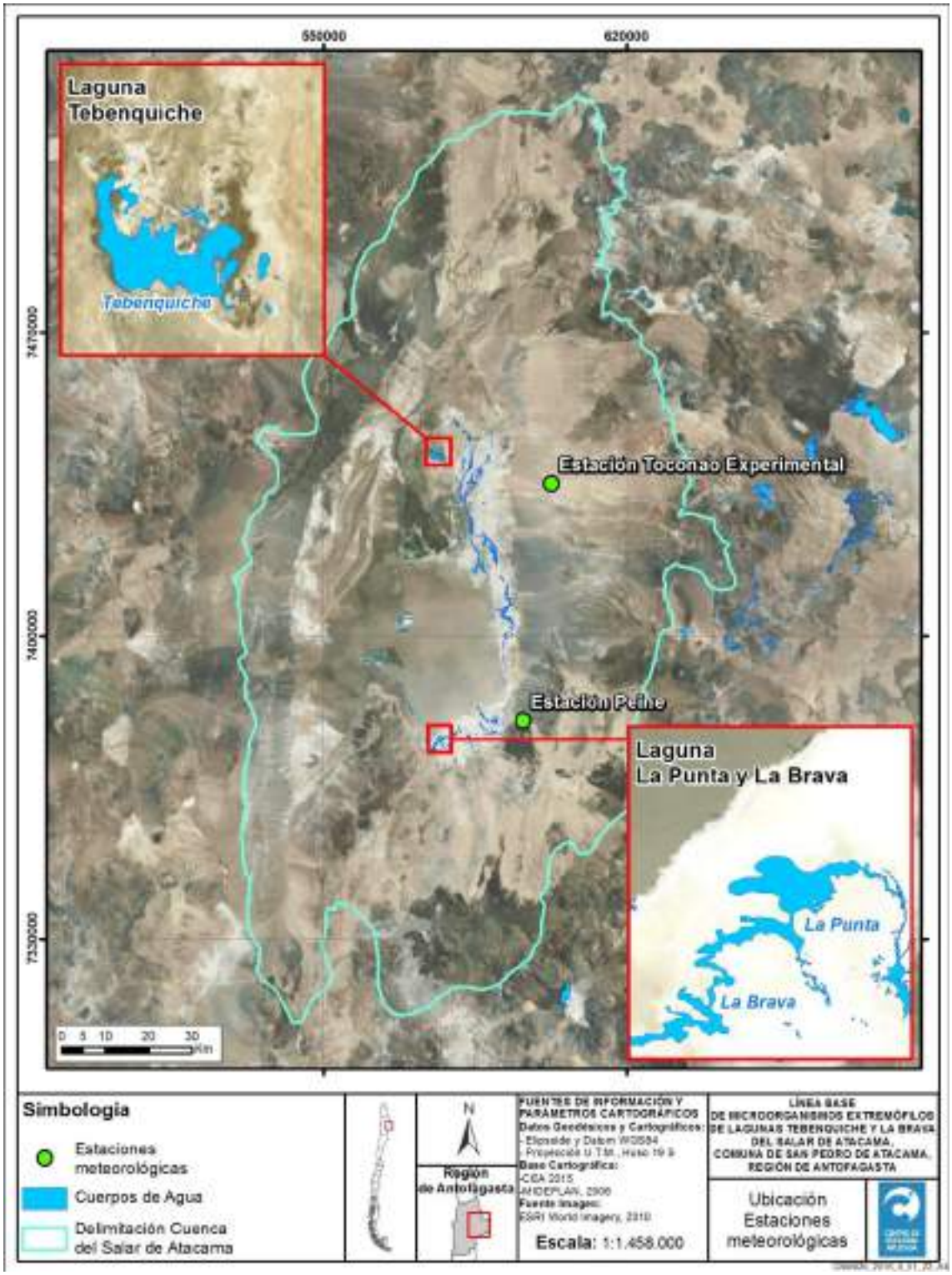


Figura 3.14 Ubicación de las estaciones meteorológicas Peine y Toconao Experimental. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.1.1.2.1 Temperatura

a) Estación Peine

Los datos registrados en el período desde enero del 2007 a mayo del 2016 en la estación Peine, indican una temperatura media anual de 16,7ºC. La temperatura máxima media mensual del mes más cálido, febrero, es de 22,6ºC, mientras que la temperatura mínima media mensual del mes más frío, julio, es de 9,8ºC (Tabla 3.13).

b) Estación Toconao Experimental

Los datos registrados en el período desde enero del 2000 a diciembre del 2008 en la estación Toconao Experimental, indica una temperatura media anual de 16,8ºC. La temperatura máxima media mensual del mes más cálido, diciembre, es de 23,0ºC, mientras que la temperatura mínima media mensual del mes más frio, julio, es de 10.0ºC (Tabla 3.13)

Tabla 3.13 Temperatura (ºC) mínima, máxima y promedio absoluto de las estaciones Peine y Toconao Experimental. Período 2007-2016 (Peine) y Período 2000-2008 (Toconao Experimental). *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

Mes	Estación Peine			Estación Toconao Experimental		
	Mínimo (ºC)	Máximo (ºC)	Promedio (ºC)	Mínimo (ºC)	Máximo (ºC)	Promedio (ºC)
Enero	20	21,8	21	17,7	21,6	19,7
Febrero	19,5	22,6	20,8	17,5	21,7	19,8
Marzo	18,1	21	19,7	16,4	20,6	19,1
Abril	15,6	20	17,6	14,5	18,8	17,2
Mayo	12,8	15,3	13,9	11,8	15,9	14,2
Junio	11,4	13,4	12,1	10,4	17,8	13,2
Julio	9,8	12,2	11,1	10	14,7	12,2
Agosto	12,3	14,5	13,3	12,6	18,9	14,7
Septiembre	14,7	16,5	15,6	11,8	18,4	15,4
Octubre	15,6	19,3	17,2	15,5	22,3	17,9
Noviembre	17,1	20,4	18,5	14,7	22,9	18,5
Diciembre	18,7	20,6	19,9	17	23	19,9

Los registros indican que el patrón de temperatura entre ambas estaciones es bastante similar, sin embargo, la estación Toconao Experimental, ubicada al norte de la cuenca del Salar de Atacama, registra una ligera menor oscilación térmica que la estación Peine (Figura 3.15).

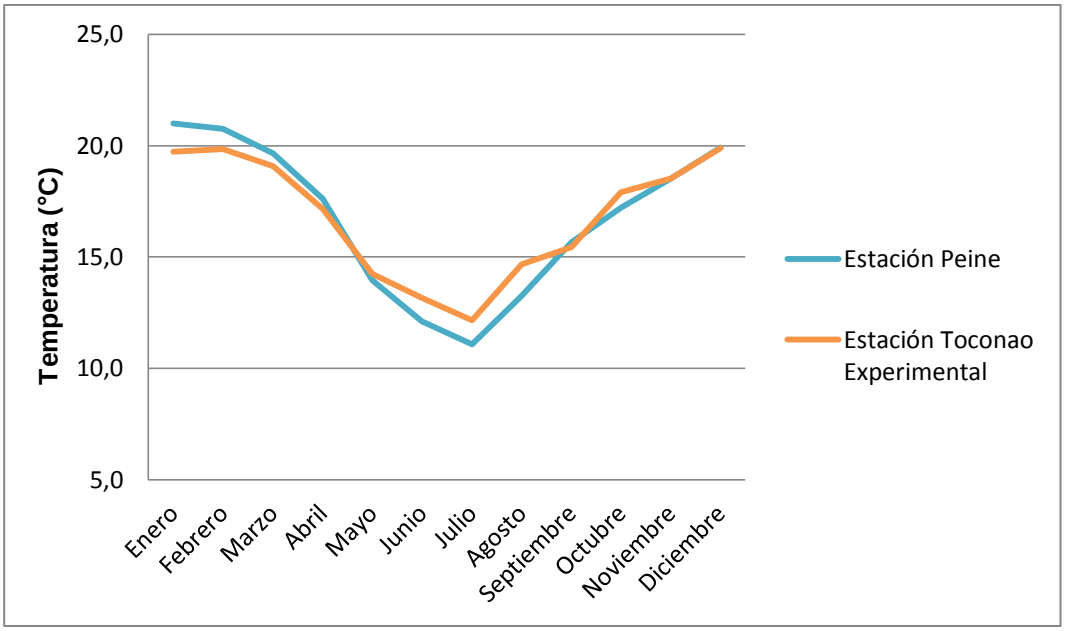


Figura 3.15 Temperatura promedio mensual de las estaciones Peine y Toconao Experimental. Período 2007-2016 (Peine) y Período 2000-2008 (Toconao Experimental). *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

3.2.1.1.2.2 Precipitaciones

a) Estación Peine

Los datos registrados en el período desde enero del 2007 a mayo del 2016 en la estación de Peine muestran una precipitación promedio anual de 17,3 mm. Las lluvias se concentran en verano, época en la que ocurre el fenómeno llamado invierno altiplánico, siendo febrero y marzo los meses más lluviosos con 6,45 y 5,85 mm, respectivamente. Los meses más secos corresponden a septiembre, octubre, noviembre y diciembre con 0,00 mm de precipitación (Tabla 3.14 y Figura 3.16).

b) Estación Toconao Experimental

Los datos registrados en el período desde enero del 2000 a diciembre del 2008 en la estación Toconao Experimental muestran una precipitación promedio anual de 24,12 mm. Al igual que en la estación meteorológica Peine, las lluvias se concentran en verano, época en la que ocurre el fenómeno llamado Invierno Altiplánico, siendo febrero y marzo los meses más lluviosos con 5,35 y 13,41 mm, respectivamente. Los meses más secos corresponden a octubre, noviembre y diciembre con 0,00 mm de precipitación (Tabla 3.14 y Figura 3.16).

Tabla 3.14 Precipitación media mensual de las estaciones Peine y Toconao Experimental. Período 2007-2016 (Peine) y Período 2000-2008 (Toconao Experimental). *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

Mes	Precipitación Media Mensual (mm)	
	Estación Peine (2007-2016)	Estación Toconao Experimental (2000-2008)
Enero	0,15	2,50
Febrero	6,45	5,35
Marzo	5,85	13,41
Abril	0,30	0,39
Mayo	1,95	1,28
Junio	1,38	0,33
Julio	0,22	0,30
Agosto	1,00	0,22
Septiembre	0,00	0,33
Octubre	0,00	0,00
Noviembre	0,00	0,00
Diciembre	0,00	0,00
Anual	17,30	24,12

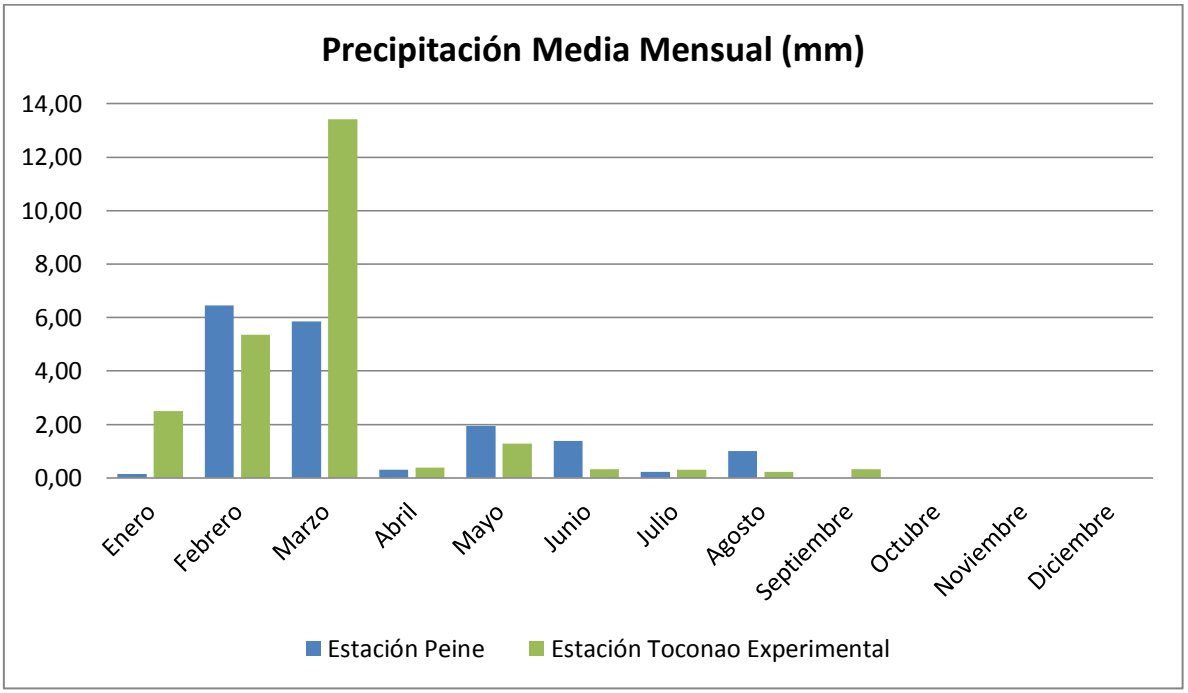


Figura 3.16 Precipitación media mensual de las estaciones Peine y Toconao Experimental. Período 2007-2016 (Peine) y Período 2000-2008 (Toconao Experimental). *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

Folio008483

La estación Peine, durante el período comprendido entre los años 2007 y mayo de 2016, el año más lluvioso fue el 2015, con 58,5 mm, mientras que los años más secos fueron 2007 y 2008 con 0,00 mm de agua caída (Tabla 3.15 y Figura 3.17)

Tabla 3.15 Precipitación anual en estación Peine. Período (enero) 2007- (mayo) 2016. *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

Estación Peine	
Año	**Precipitación (mm)**
2007	0,0
2008	0,0
2009	2,5
2010	2,0
2011	28,4
2012	38,0
2013	37,5
2014	3,5
2015	58,5
2016	0,0

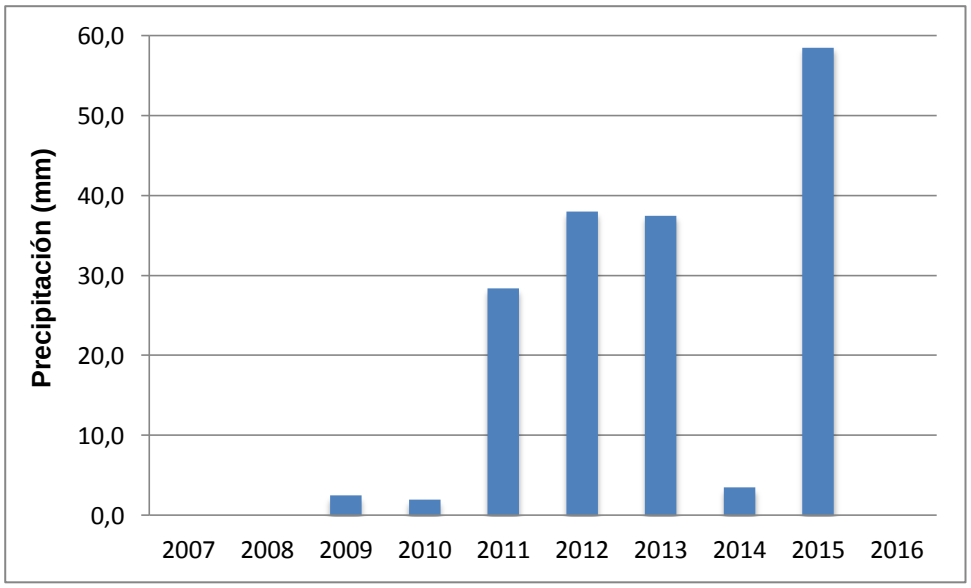


Figura 3.17 Precipitación anual en estación Peine. Período 2007-2016. *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

Por otra parte, en la estación Toconao Experimental, durante el periodo comprendido entre los años 2000 y 2008, el año más lluvioso fue el 2002, con 84,2 mm, mientras que los años más secos fueron 2006 y 2008 con 0,00 mm de agua caída (Tabla 3.16 y Figura 3.18).

Tabla 3.16 Precipitación anual en estación Toconao Experimental. Período 2000-2008. *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

Estación Toconao Experimental	
Año	**Precipitación (mm)**
2000	19,5
2001	71,0
2002	84,2
2003	31,7
2004	3,0
2005	6,5
2006	0,0
2007	9,0
2008	0,0

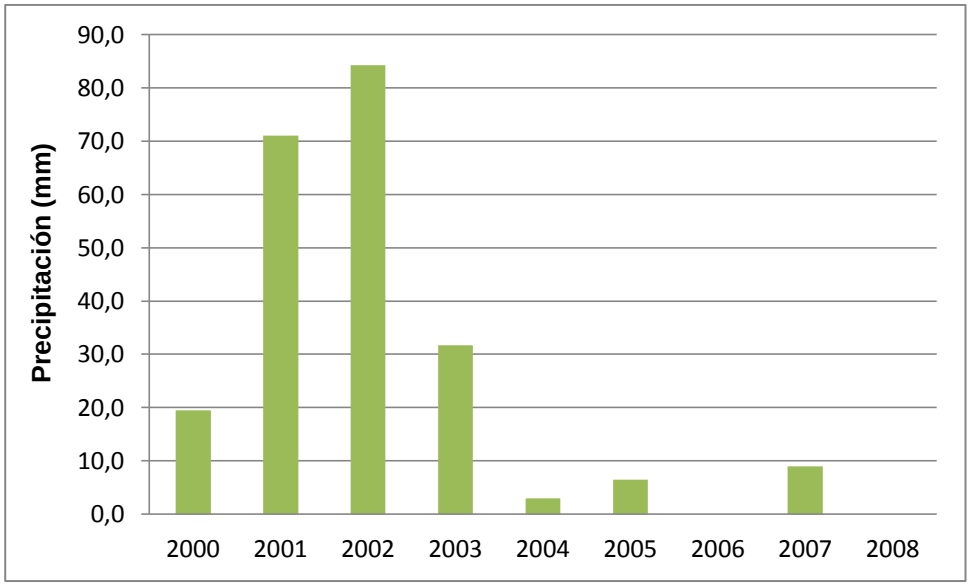


Figura 3.18 Precipitación anual en estación Toconao Experimental. Período 2000-2008. *Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.*

Los registros de ambas estaciones meteorológicas corroboran la escasez de precipitaciones que caracteriza el área de estudio, siendo febrero y marzo los meses más lluviosos en ambas estaciones (Figura 3.16).

3.2.1.1.2.3 Velocidad del viento

Los datos que se presentan a continuación fueron obtenidos de dos estaciones meteorológicas administradas por INIA y emplazados en la Cuenca del Salar de Atacama. Una de las estaciones, denominada “San Pedro de Atacama” (coordenadas 7.463.770 N y 580.648 E, Proyección UTM, Datum WGS-84), se ubica aproximadamente a 23 km de la laguna Tebenquiche. La estación Socaire (coordenadas 7.390.661 N y 613.252 E, Proyección UTM, Datum WGS-84), se ubica aproximadamente 39 km de las lagunas La Punta y La Brava, ambas estaciones se consideraron para el análisis a fin de comparar el

comportamiento de las variables meteorológicas como velocidad del viento, dirección del viento, humedad relativa y radiación solar en el área de estudio. La ubicación de estas estaciones meteorológicas se presenta en la Figura 3.19.

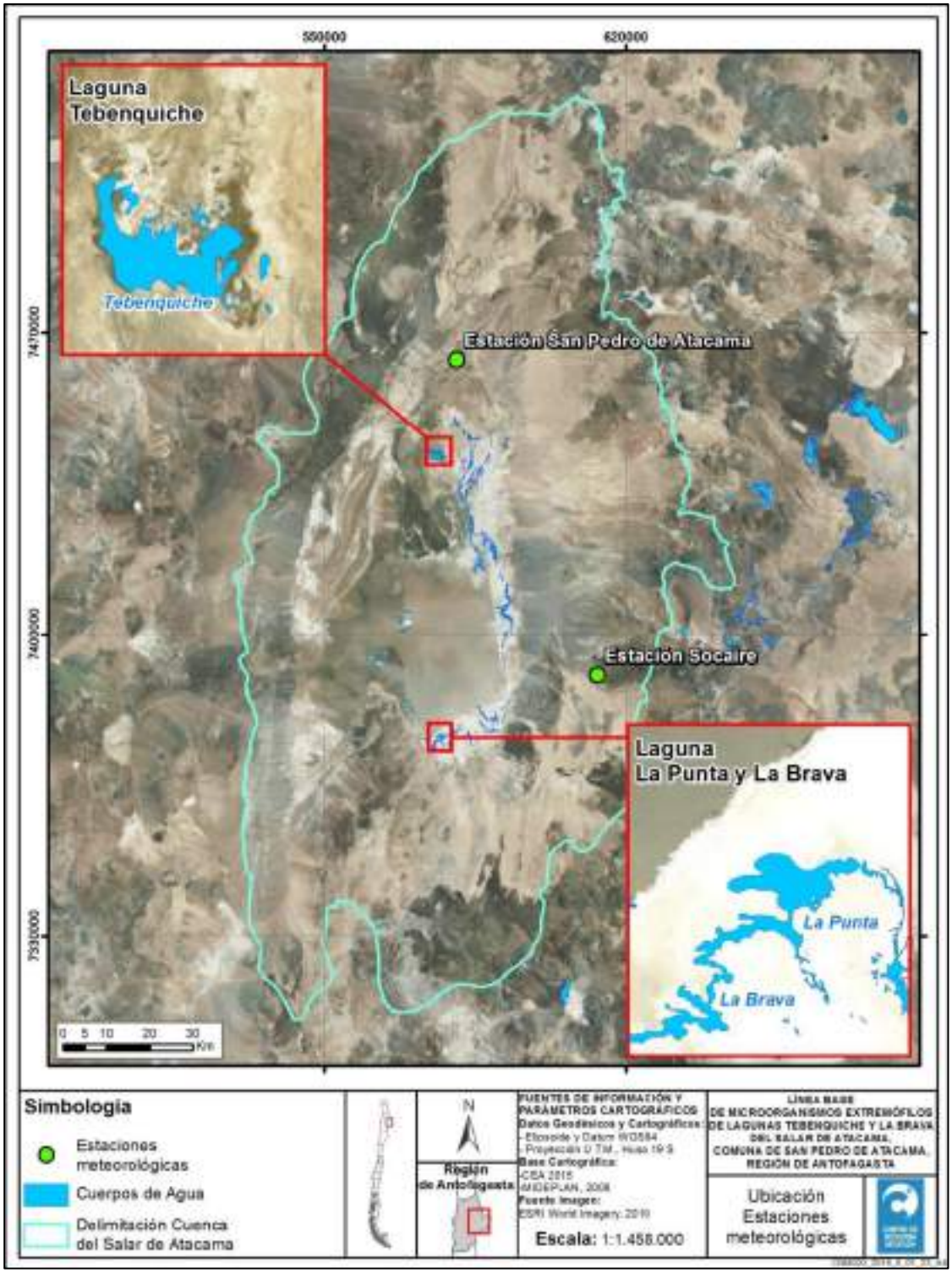


Figura 3.19 Ubicación de las estaciones meteorológicas de INIA, San Pedro de Atacama y Socaire. *Fuente: Elaboración propia.*

En la Tabla 3.17 se presentan los valores mínimos, máximos y promedio mensuales de la velocidad del viento registrado entre los períodos enero de 2011 y septiembre de 2016 en las estaciones San Pedro de Atacama y Socaire. En la estación San Pedro de Atacama las velocidades son más bajas en comparación a la estación Socaire, dado que esta última estación se encuentra más expuesta por lo que se observan magnitudes superiores. En la Figura 3.20 se muestra gráficamente el comportamiento del promedio mensual de la velocidad del viento en ambas estaciones durante el período que va desde enero de 2011 y septiembre de 2016.

Tabla 3.17 Valores mínimo, máximos y promedio mensual de la velocidad del viento (km/h), estaciones San Pedro de Atacama y Socaire, Enero 2011 – Septiembre 2016.
Fuente: Elaboración propia con datos de INIA.

Mes	Estación San Pedro de Atacama			Estación Socaire		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Enero	4,30	5,00	4,78	9,40	10,80	9,98
Febrero	4,00	4,70	4,45	7,90	9,70	8,88
Marzo	3,60	4,70	4,10	7,90	10,40	9,53
Abril	3,20	4,30	3,65	9,00	10,40	9,83
Mayo	2,20	4,00	3,07	9,40	10,80	9,85
Junio	2,50	4,00	3,30	9,40	11,20	10,50
Julio	2,90	4,70	3,80	9,70	11,50	10,72
Agosto	3,20	5,00	4,02	10,40	11,90	11,00
Septiembre	4,00	5,80	4,75	10,40	13,00	11,94
Octubre	3,60	5,80	4,98	10,80	13,00	11,98
Noviembre	4,30	6,10	4,90	10,80	13,30	11,60
Diciembre	4,70	5,40	4,96	10,10	11,90	10,72

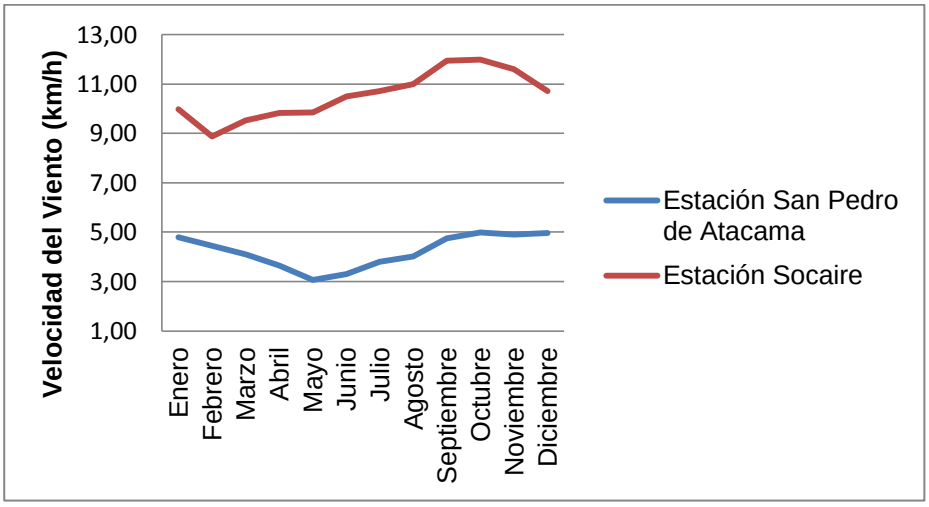


Figura 3.20 Velocidad promedio mensual del viento, estaciones San Pedro de Atacama y Socaire, Enero 2011 – Septiembre 2016. *Fuente: Elaboración propia con datos de INIA.*

Folio008487

3.2.1.1.2.4 Humedad Relativa

En la Tabla 3.18 se presentan los valores mínimos, máximos y promedio mensuales de la humedad relativa registrada entre los períodos enero de 2011 y septiembre de 2016 en las estaciones San Pedro de Atacama y Socaire. La humedad relativa mínima observada en la estación San Pedro de Atacama fue de 9,80% en el mes de septiembre, mientras que la máxima humedad relativa observada se presentó el mes de febrero con un 47,3% para el periodo 2011-2016. En la estación Socaire la humedad relativa mínima fue de 8.7% y la máxima de 53,9%, en los meses de septiembre y febrero, respectivamente, al igual que la estación San Pedro de Atacama. En cuanto a la humedad relativa promedio, en ambas estaciones los valores fluctuaron entre 12,4% y 40,3%.

En la Figura 3.21 se muestra gráficamente el comportamiento del promedio mensual de la humedad relativa en ambas estaciones durante el período enero de 2011 y septiembre de 2016.

Tabla 3.18 Valores mínimo, máximos y promedio mensual de humedad relativa (%), estaciones San Pedro de Atacama y Socaire, Enero 2011 – Septiembre 2016. *Fuente: Elaboración propia con datos de INIA.*

Mes	Estación San Pedro de Atacama			Estación Socaire		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Enero	19,90	35,50	26,63	21,90	41,00	28,87
Febrero	23,40	47,30	36,23	24,60	53,90	40,27
Marzo	24,80	43,20	30,30	25,10	45,60	31,47
Abril	15,90	29,70	23,27	13,80	30,30	22,97
Mayo	18,80	26,30	21,82	16,20	24,90	20,27
Junio	13,40	26,10	19,82	10,80	27,70	18,75
Julio	12,30	24,60	17,75	11,60	27,40	18,10
Agosto	11,50	16,00	13,63	11,80	17,80	15,10
Septiembre	9,80	14,90	12,35	8,70	18,20	13,42
Octubre	12,60	16,20	13,84	12,70	20,00	14,93
Noviembre	14,10	17,60	15,50	12,30	16,80	14,78
Diciembre	14,20	25,50	19,88	12,70	26,80	21,04

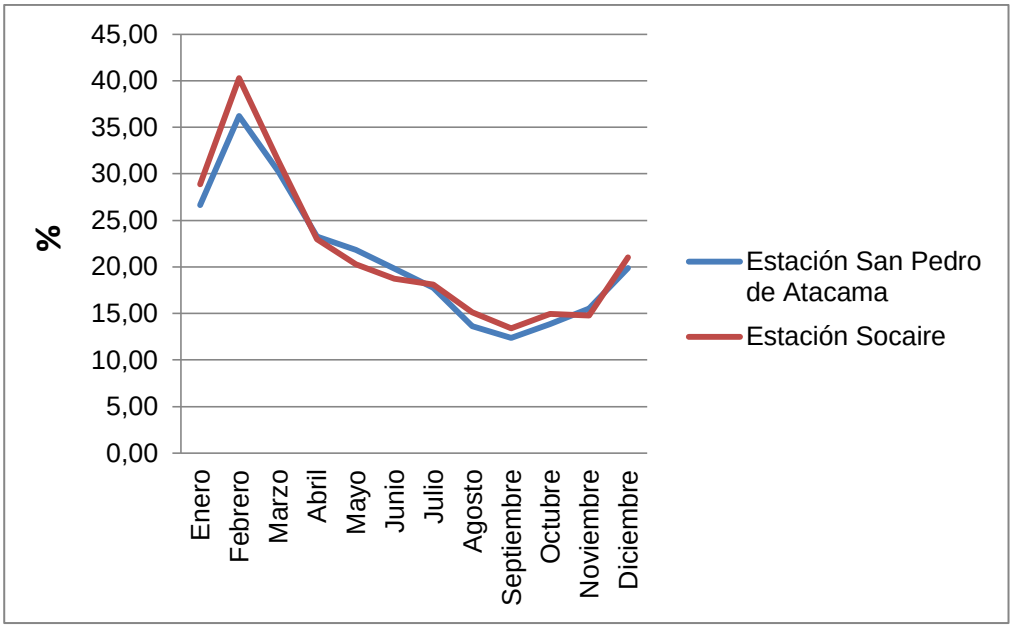


Figura 3.21 Humedad relativa, promedio mensual, estaciones San Pedro de Atacama y Socaire, Enero 2011 – Septiembre 2016. *Fuente: Elaboración propia con datos de INIA.*

3.2.1.2 Geología

En el Jurásico, la cuenca del Salar de Atacama, formó parte del borde Oriental del Geosinclinal Andino con depositación de evaporitas en su fase regresiva. Las capas jurásicas fueron plegadas y erosionadas formando una cuenca continental, sobre la cual se depositaron sedimentos clásticos del Cretácico, con algunas intercalaciones de evaporitas. Durante el Terciario y el Cuaternario Inferior continuaron los procesos de alzamiento y subsidencia, controlados principalmente por una tectónica de bloques.

Rocas sedimentarias clásticas y evaporitas del Terciaro Inferior, constituyen la Cordillera de la Sal, que corresponde a una estructura de domos y pliegues. Subyacen en discordancia angular y de erosión, flujos de ignimbritas con intercalaciones clásticas del Terciario Medio a Superior. Estos flujos provinieron del Este y en partes cruzaron un relieve positivo que coincidía parcialmente con la actual Cordillera de Domeyko. Depósitos lagunares de carbonatos de la parte Sur-Oeste del Salar están afectados, al igual que las ignimbritas, por fallas y flexuras de rumbo Norte. Depósitos lagunares y piedemonte del Cuaternario Inferior, que subyacen en discordancia de erosión a las ignimbritas, están cortadas por fallas normales con el último alzamiento de la Cordillera de la Sal.

Se ha establecido que depósitos aluviales recientes rodean al Salar y engranan con las evaporitas. La cuenca está limitada hacia el Este, en el borde occidental de la Puna de Atacama por una línea de centros volcánicos andesíticos y basálticos, de edad Cuaternaria a Reciente. La superficie actual del Salar está formada por depósitos clásticos y evaporitas, distribuidas estas últimas en una zonación relacionada con la solubilidad relativa de las sales y que donde el borde del Salar hacia su centro corresponden a limos salinos, eflorescencias y el “núcleo” salino central. Los ejes del plegamiento tienen dos direcciones principales: Noroeste a Noreste, afectando a unidades Paleozoicas y Triásicas, y Norte-Noreste afectando a rocas del Jurásico al Terciario.

Folio008489

En cuanto al Núcleo, su espesor promedio alcanza los 650 metros, con una profundidad máxima estimada de 1.400 metros y está impregnada por una salmuera intersticial muy rica en litio, potasio, magnesio y boro. En profundidad se pueden distinguir dos capas principales: una capa superior de potencia comprendida entre 15 y 30 metros, de mayor porosidad (alrededor de un 12%) y conductividad hidráulica, compuesta por sal con textura granulada; y una capa inferior de menor porosidad (alrededor de un 4%) y de mucho menor conductividad hidráulica, conformada por un 90% de halita cristalizada porosa.

Las formaciones geológicas presentes en el área de estudio se presentan en la Tabla 3.19 y Figura 3.22.

Tabla 3.19 Formaciones geológicas de la zona. *Fuente: Elaboración propia con datos de SERNAGEOMIN. Mapa Geológico de Chile: Versión Digital. Publicación Geológica Digitan, Nº 4, 2003.*

Formación Geológica	Era Geológica	Tipo
CP2	Carbonífero-Pérmico	Secuencias volcanosedimentarias
CP3	Carbonífero-Pérmico	Secuencias volcánicas
CPg	Carbonífero-Pérmico (328-235 Ma)	Rocas metamórficas
DC1	Devónico-Carbonífero	Secuencias sedimentarias
E2c	Eoceno	Secuencias volcanosedimentarias
EO1c	Eoceno-Oligoceno	Secuencias sedimentarias
JK1c	Jurásico Superior-Cretácico Inferior	Secuencias sedimentarias
Ks1c	Cretácico Superior	Secuencias sedimentarias
Ks2c	Cretácico Superior	Secuencias volcanosedimentarias
Ksg	Cretácico Superior (90-65 Ma)	Rocas metamórficas
KT1c	Cretácico Superior-Terciario Inferior	Secuencias sedimentarias
KT2	Cretácico Superior-Terciario Inferior	Secuencias volcanosedimentarias
KTg	Cretácico Superior-Terciario Inferior	Rocas metamórficas
M1c	Mioceno Inferior-Medio	Secuencias sedimentarias
M3i	Mioceno Inferior-Medio	Secuencias volcánicas
MP1c	Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias sedimentarias
MP1l	Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias sedimentarias
MQs	Mioceno-Cuaternario	Secuencias sedimentarias
Ms3i	Mioceno Superior	Secuencias volcánicas
Ms3t	Mioceno Superior	Secuencias volcánicas
OM1c	Oligoceno-Mioceno	Secuencias sedimentarias
OM2c	Oligoceno-Mioceno	Secuencias sedimentarias
OS1m	Ordovícico-Silúrico	Secuencias sedimentarias
OS3	Ordovícico-Silúrico	Secuencias volcánicas
OSg	Ordovícico-Silúrico (466-415 Ma)	Rocas metamórficas
P3i	Plioceno	Secuencias volcánicas

Formación Geológica	Era Geológica	Tipo
P3t	Plioceno	Secuencias volcánicas
PE1c	Paleoceno-Eoceno	Secuencias sedimentarias
PPl1c	Plioceno-Pleistoceno	Secuencias sedimentarias
PPl1l	Plioceno-Pleistoceno	Secuencias sedimentarias
PTrg	Pérmico-Triásico (270-205 Ma)	Rocas metamórficas
Q1g	Pleistoceno-Holoceno	Secuencias sedimentarias
Q3av	Cuaternario	Secuencias volcánicas
Q3i	Cuaternario	Secuencias volcánicas
Q3t	Cuaternario	Secuencias volcanosedimentarias
Qa	Pleistoceno-Holoceno	Secuencias sedimentarias
Qe	Pleistoceno-Holoceno	Secuencias sedimentarias
Tr2c	Triásico Medio-Superior	Secuencias volcanosedimentarias
TrJ3	Triásico-Jurásico Inferior	Secuencias volcánicas

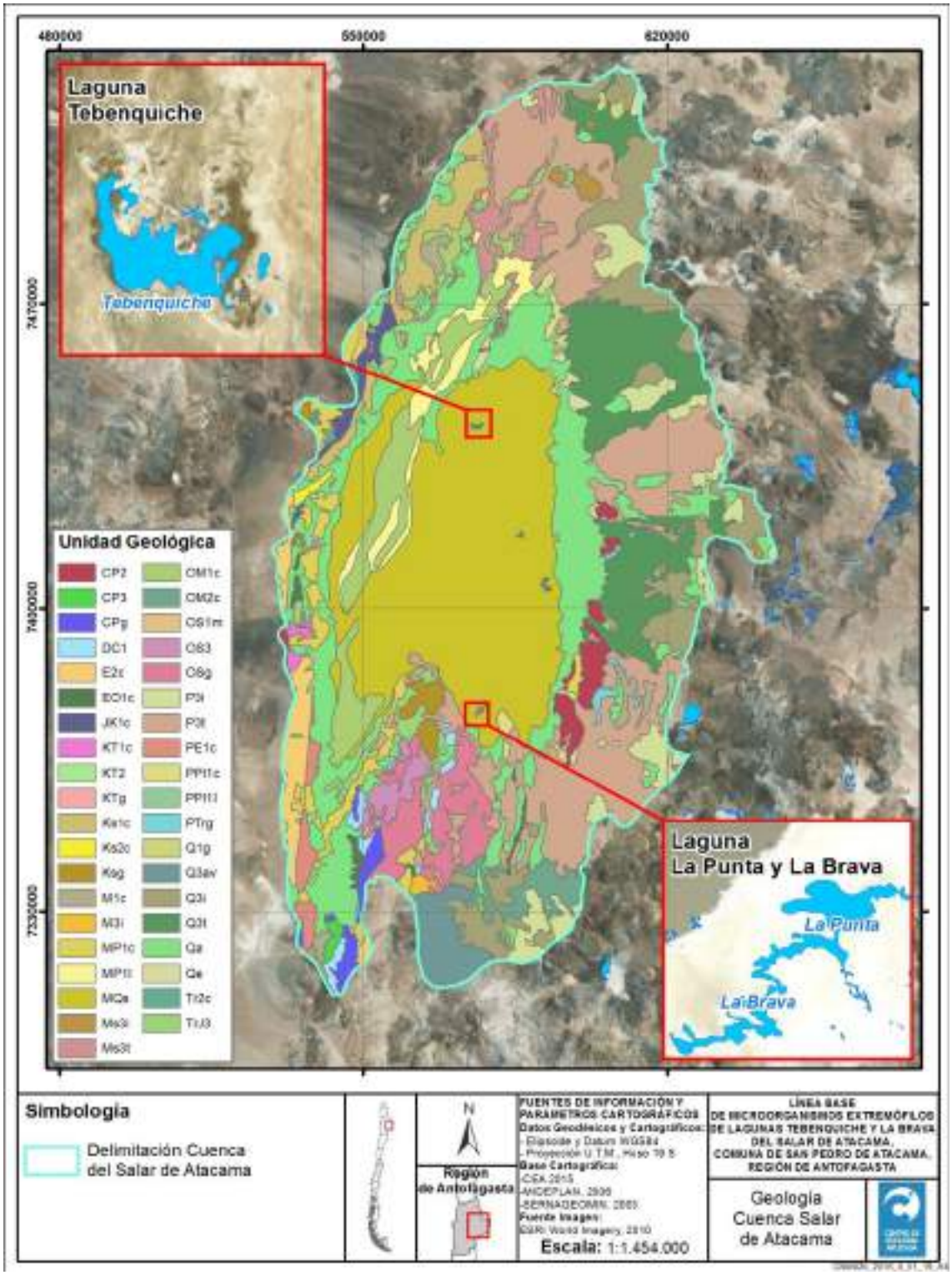


Figura 3.22 Mapa geológico de la zona de estudio. *Fuente: SERNAGEOMIN. Mapa Geológico de Chile: Versión Digital. Publicación Geológica Digitan, Nº 4, 2003.*

3.2.1.3 Calidad físico-química de agua y sedimentos

La descripción de las características físico-químicas del agua y sedimentos del área de estudio se basó en la información recopilada de acuerdo a lo indicado en el acápite 2.2.1. Para la caracterización, en el presente informe de avance, se presentan tablas de datos que contienen los valores mínimos y máximos de parámetros físico-químicos publicados en cada uno de los documentos. En la Tabla 3.20 se muestran los documentos que poseen información sobre las características físico-químicas de las lagunas La Brava, La Punta y Tebenquiche y el periodo o fecha de la toma de dichos datos.

Tabla 3.20 Documentos con información de calidad físico-química en el área de estudio.

Documento	Laguna	Fecha/periodo de los datos
Décimo informe anual de monitoreo ambiental EIA Lixiviación óxidos de cobre y aumento de la capacidad de tratamiento de mineral sulfurado (Minera Escondida)	La Brava La Punta	1998-2009
Anexo 2 Plan de manejo biótico EIA Modificaciones y mejoramiento del sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta (RockWood Lithium)	La Brava La Punta	2008-2015 (La Brava) 2013-2015 (La Punta)
Characterizacion of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile (Farias *et al.,* 2014)	Tebenquiche La Brava	2012
Distribution of prokaryotic genetic diversity un athalassohaline lakes of the Atacama Dester, Northern Chile (Demergasso *et al.,* 2004)	Tebenquiche	1999-2000
Novelty and spatio-temporal heterogeneity in the bacterial diversity of hypersaline Lake Tebenquiche (Salar de Atacama) (Demergasso *et al.,*2008)	Tebenquiche	1999-2000
Enrichment of arsenic transforming and resistant heterotrophic bacteria from sediments of two lakes in Northern Chile (Lara *et al.,* 2012)	Tebenquiche	2006
Diversity of *Bateroidetes* in high-altitude saline evaporitic basins in northern Chile (Dorador *et al.,* 2009).	Tebenquiche	2006

A continuación se muestran las tablas resumidas con los valores mínimo y máximo de cada parámetro en cada una de las lagunas del área de estudio. La Tabla 3.21 muestra los resultados de la caracterización físico-química de La Brava, la Tabla 3.22 expone los resultados de la laguna La Punta y finalmente la Tabla 3.23 muestra los resultados de la caracterización preliminar de la laguna Tebenquiche. Esta caracterización físico química sirve para establecer cuáles son las condiciones abióticas del agua a las que son capaces de mantenerse estos ecosistemas microbianos.

Folio008493

Las lagunas La Brava y La Punta (Tabla 3.21 y Tabla 3.22, respectivamente) presentan aguas donde los valores de pH varían desde neutros hasta moderadamente alcalinos en La Brava y desde moderadamente ácidos hasta moderadamente alcalinos en La Punta, según la clasificación de Hounslow (1995). Los rangos de temperatura registrados para estas lagunas son muy amplios, esto teniendo en cuenta que la mayoría de las mediciones de temperatura son realizadas diurnamente, por lo que lo rangos de temperatura a los que están expuestos estos organismos podrían ser incluso mayores a los reportados. Se destacan también los amplios rangos de oxígeno disuelto registrados, presentando en ocasiones concentraciones de este parámetro inferiores a 5 mg/L (valor considerado por la literatura como apto para la biota acuática) (Nodarse and Montalvo, 2010). Otra característica importante de este cuerpo de agua son las elevadas conductividades eléctricas y concentraciones de sólidos totales disueltos. Según la clasificación de salinidad de cuerpos de agua establecida en Davis et al., 2003, las aguas de la laguna La Brava son clasificadas desde salinas a hipersalinas de acuerdo a sus concentraciones de sólidos totales disueltos; mientras que las de la laguna La Punta son consideradas desde hiposalinas hasta salinas. Las concentraciones de carbonato cálcico que definen la dureza del agua en La Brava, hacen que se trate de aguas muy duras en general, es decir, con elevadas concentraciones de carbonato de calcio (Tabla 3.21).Otros parámetros importantes para los organismos acuáticos son los nutrientes. En este aspecto, el sistema de lagunas La Punta y La Brava, presenta amplios rangos de nutrientes tanto nitrogenados (amonio y nitrato) como fosforados (ortofosfato y fósforo total). Además, las concentraciones de nutrientes en este tipo de sistemas, son elevadas en comparación con otro tipo de sistemas acuáticos continentales, es decir, se trata de ecosistemas con un importante potencial productivo (Tabla 3.21,Tabla 3.22).

La composición iónica de las aguas de este sistema de lagunas es clorurada sódica, sin embargo, es importante destacar las elevadas concentraciones de iones mayoritarios (cloruro, sodio, potasio, magnesio, calcio, bicarbonato, carbonato, sulfato y sílice) en comparación con otros sistemas acuáticos interiores. Estos se presentan en general en mayores concentraciones en La Brava en comparación con La Punta (Tabla 3.21,Tabla 3.22).

Respecto de los elementos considerados traza en la mayor parte de los sistemas acuáticos, en La Brava, el litio, boro y arsénico son los más abundantes en las aguas de este sistema lagunar. Estos elementos son abundantes en estas dos lagunas debido a la geología del lugar (Tabla 3.21,Tabla 3.22).

Además es importante destacar un comportamiento estacional de algunos parámetros de calidad de agua reportados en el informe de monitoreo de Minera Escondida. Por ejemplo la temperatura presenta mayores valores en las campañas de verano en comparación con las campañas de invierno, lo que responde a las condiciones climáticas, con mayores temperaturas del aire durante los periodos estivales y menores durante los meses invernales. Contrariamente a la temperatura, el oxígeno disuelto presentó los mayores valores en general durante los inviernos, y menores durante los muestreos realizados en verano (Tabla 3.21,Tabla 3.22).

Espacialmente dentro de cada laguna, además se observa heterogeneidad en las características físico-químicas. Concretamente, el informe de monitoreo de Minera Escondida, refleja diferentes comportamientos históricos entre varios puntos de muestreo dentro de cada una de las lagunas, lo que refleja que dentro de cada cuerpo de agua existen comportamientos heterogéneos. Esto se observa principalmente para los

Folio008494

siguientes parámetros: conductividad eléctrica, dureza, alcalinidad, sólidos totales disueltos y suspendidos, ortofosfato y fósforo total, y los iones mayoritarios (calcio, sodio, potasio, magnesio, cloruro, bicarbonato y sulfato) (Tabla 3.21,Tabla 3.22).

Respecto de los sedimentos, lo más destacable son los valores de potencial redox negativos en ambas lagunas, lo que indica condiciones reductoras. Además, las concentraciones de materia orgánica son elevadas en comparación con las registradas en otros sistemas acuáticos continentales, en rangos entre 3,9 y 8,2 % en La Brava y 5,4 y 6,2% en La Punta (Tabla 3.21,Tabla 3.22).

Tabla 3.21 Rangos de parámetros físico-químicos del agua y sedimento de la laguna La Brava.

		La Brava		
Parámetro	**Unidad**	**Monitoreo Minera Escondida**	**EIA RockWood**	**Farías *et al* 2014**
		AGUA		
pH	-	7,36 - 8,39	7,77-8,22	7,90
Temperatura	ºC	3,1 - 32,4	6,8-26,3	24,60
Conductividad	mS/cm	21 - 187,6	49,0-149,5	107,30
Oxígeno disuelto	mg/L	3,59 - 14,39	2,69-7,87	3,75
Salinidad	g/L	-	22,7 - 24,9	-
Dureza	mg/L	158,61 - 27000	-	-
Alcalinidad	mgCaCO3/L	229 - 1200	387-806	-
Sólidos totales suspendidos	mg/L	6 - 594,4	93-243	-
Sólidos totales disueltos	mg/L	10285 - 241805	36.173-114.200	-
Turbidez	NTU	-	1,3-31,4	-
Aceites y grasas	mg/L	-	40,3-424	-
Color	Pt-Co	-	<2,0-43	-
Nitrato	µg/L	<LD - 8412,5	140-245	-
Amonio	µg/L	<LD - 874	52-268	-
Nitrito	µg/L	-	<0,2	-
Nitrógeno total	µg/L	53 - 16160	<2,0-43	-
Ortofosfato	µg/L	<LD - 5990	2.180-3.290	2490,00
Fósforo total	µg/L	350 - 9097	<50-3770	1700,00
Sodio	mg/L	2092,5 - 58327,26	13.324-36108	-
Potasio	mg/L	279 - 15328,6	5.159-6.544	-
Calcio	mg/L	81,2- 2032	134-770	812,00
Magnesio	mg/L	151 - 4612,5	911-2.844	2568,00
Cloruro	mg/L	6396,71 - 96735,87	21.710-58200	43057,00
Bicarbonato	mg/L	< LD - 1516	241-285	-
Carbonato	mg/L	< LD - 820,6	182-308	-
Sulfato	mg/L	480,39 - 15328	4.644-7.261	-
Sílice	mg/L	17,33 - 65	16,9-42,9	32,00
Clorofila a	mg/L	-	<0,001-0,004	-
Coliformes fecales	NMP/100mL	-	<1,8	-
Coliformes totales	NMP/100m	-	<1,8	-

Folio008495

La Brava				
Parámetro	**Unidad**	**Monitoreo Minera Escondida**	**EIA RockWood**	**Farías *et al* 2014**
AGUA				
	L			
DBO5	mg/L	-	1 - 3	-
Aluminio disuelto	mg/L	-	<0,073-0,088	-
Arsénico disuelto	mg/L	-	7,958-10,785	-
Bario disuelto	mg/L	-	0,835-1,01	-
Boro disuelto	mg/L	-	219,9-294,35	-
Cadmio disuelto	mg/L	-	<0,001	-
Cobalto disuelto	mg/L	-	0,003-0,008	-
Cobre disuelto	mg/L	-	0,00481-0,00841	-
Cromo disuelto	mg/L	-	0,015-0,025	-
Estaño disuelto	mg/L	-	<0,050	-
Hierro disuelto	mg/L	-	0,0043-0,0366	-
Litio disuelto	mg/L	-	301,5-414,4	-
Manganeso disuelto	mg/L	-	0,004-0,009	-
Mercurio disuelto	mg/L	-	<0,0003	-
Molibdeno disuelto	mg/L	-	0,015-0,146	-
Níquel disuelto	mg/L	-	<0,003	-
Plomo disuelto	mg/L	-	<0,008	-
Selenio disuelto	mg/L	-	<0,005	-
Plata disuelto	mg/L	-	<0,002	-
Zinc disuelto	mg/L	-	0,0050-0,0121	-
SEDIMENTO				
Carbono orgánico total	%	-	2,2-4,8	-
Fósforo total	mg/kg	-	<30-55	-
Materia orgánica	%	-	3,9-8,2	-
Nitrógeno total kjeldahl	mg/kg	-	1.596-3.890	-
Potencial redox	mV	-	-146,8- -61	-

Tabla 3.22 Rangos de parámetros físico-químicos de agua y sedimentos de la laguna La Punta

La Punta			
Parámetro	**Unidad**	**Monitoreo Minera Escondida**	**EIA RockWood**
AGUA			
pH	-	4,2 - 8,65	8,04-8,38
Temperatura	ºC	2,6 - 29,6	6,8-20,6
Conductividad	mS/cm	15,43 - 93,6	22,3-56,0
Oxígeno disuelto	mg/L	5,01 -11,38	3,03-9,72
Salinidad	g/L	-	24,0-36,3
Dureza	mg/L	407 – 8793,1	S.I.
AGUA			
Alcalinidad	mgCaCO3/L	223 - 771	268-519,2
Sólidos totales suspendidos	mg/L	2,75 - 171,83	21-44
Sólidos totales disueltos	mg/L	9654 - 73830	23.580-37.685
Turbidez	NTU	-	2,1-6,4

La Punta			
Parámetro	**Unidad**	**Monitoreo Minera Escondida**	**EIA RockWood**
Aceites y grasas	mg/L	-	<4-749
Color	Pt-Co	-	<2,0-36
Nitrato	µg/L	< LD - 5975	<46-240
Amonio	µg/L	< LD - 530	<10-78
Nitrito	µg/L	-	<0,2
Nitrógeno total	µg/L	50 - 4330	<0,1-2,15
Ortofosfato	µg/L	<LD - 5120	255-773
Fósforo total	µg/L	175 - 2510	<50-1480
Sodio	mg/L	1619,77 - 19360	7.515-15.040
Potasio	mg/L	126,43 - 3255	1.353-2.627
Calcio	mg/L	12,10 - 803	185-363
Magnesio	mg/L	148 - 2080	559-1239
Cloruro	mg/L	4239,69 - 38571,6	12.072-19.114
Bicarbonato	mg/L	58 - 965,8	296-311
Carbonato	mg/L	13,1 - 270,1	54-166
Sulfato	mg/L	157,26 - 5175,1	1.386-3.026
Sílice	mg/L	16,52 - 60,9	16,4-33,1
Clorofila a	mg/L	-	<0,00-0,0319
Coliformes fecales	NMP/100mL	-	<1,8-23
Coliformes totales	NMP/100mL	-	<1,8-23
DBO5	mg/L	-	3 - 6
Aluminio disuelto	mg/L	-	<0,073
Arsénico disuelto	mg/L	-	2,207-4,549
Bario disuelto	mg/L	-	1,05-1,17
Boro disuelto	mg/L	-	54,21-113,5
Cadmio disuelto	mg/L	-	<0,001
Cobalto disuelto	mg/L	-	0,007-0,023
Cobre disuelto	mg/L	-	<0,003-0,0037
Cromo disuelto	mg/L	-	0,014-0,026
Estaño disuelto	mg/L	-	<0,050
Hierro disuelto	mg/L	-	0,0063-0,0106
Litio disuelto	mg/L	-	114,1-154,0
Manganeso disuelto	mg/L	-	<0,004-0,020
Mercurio disuelto	mg/L	-	<0,0003
Molibdeno disuelto	mg/L	-	0,041-0,116
Níquel disuelto	mg/L	-	<0,003
Plomo disuelto	mg/L	-	<0,008
Selenio disuelto	mg/L	-	<0,005
Plata disuelto	mg/L	-	<0,002
Zinc disuelto	mg/L	-	0,0041-0,0063
SEDIMENTO			
Carbono orgánico total	%	-	3,1-3,6
Fósforo total	mg kg^{-1}	-	<30-53
SEDIMENTO			
Materia orgánica	%	-	5,4-6,2
Nitrógeno total kjeldahl	mg kg^{-1}	-	2247-6351
Potencial redox	mV	-	-161 - -133,6

Folio008497

La laguna Tebenquiche, ubicada al norte del Salar de Atacama, ha sido caracterizada principalmente de acuerdo a los análisis y mediciones físico-químicas realizadas en distintas publicaciones científicas (Tabla 3.23). Esto significa que no hay un seguimiento continuo de las condiciones físico-químicas de la laguna, es decir, solamente se dispone de datos puntuales.

Según los datos levantados por los diferentes autores, las aguas de la laguna Tebenquiche son desde neutras a moderadamente alcalinas, y con bajas concentraciones de oxígeno disuelto, cercanas o incluso inferiores a 5 mg/L. A pesar de que no hay una gran base de datos al respecto, los rangos de temperatura son amplios. Los valores de conductividad registrados han sido en todas las oportunidades superiores a 100mS/cm y según las concentraciones de sólidos totales disueltos, las aguas de esta laguna se podrían clasificar desde hiposalinas hasta hipersalinas (Davis et al., 2003) (Tabla 3.23).

Las concentraciones de nutrientes registradas por Farías et al., (2014) son en general elevadas en comparación con otros sistemas acuáticos continentales. La composición iónica es principalmente clorurada sódica y los elementos arsénico y boro se presentaron en elevadas concentraciones en esta laguna (Tabla 3.23).

Tabla 3.23 Rangos de parámetros físico-químicos de agua de la laguna Tebenquiche

Laguna Tebenquiche							
Parámetro	**Unidad**	**Demergasso *et al* 2004**	**Demergasso *et al* 2008**	**Farías *et al* 2014**	**Lara *et al* 2012**	**Albarracín *et al* 2015**	**Dorador *et al* 2009**
AGUA							
pH	-	8 - 8,4	7,1 -7,77	8,6	7,08	7,08	7,85
Salinidad	g/L	57 - 79	10,7 - 296	102	-	-	-
Temperatura	ºC	14 - 17	5,45 - 27,6	21,5	-	24,2	23,4
Oxígeno disuelto	mg/L	-	-	2,2	-	-	5,33
Conductividad	mS/cm	-	-	138,7	177,1	-	102,5
Dureza	mg/L	-	-	14,042	-	-	-
Sólidos totales disueltos	mg/L	-	-	-	113000	-	9500
Fósforo total	mg/L	-	-	1410	-	-	-
Ortofosfato	mg/L	-	-	740	-	-	-
Nitrógeno orgánico total	mg/L	-	-	513	-	-	-
Nitrito	mg/L	-	-	0,2	-	-	-
Nitrato	mg/L	-	-	2600	-	-	8860
Clorofila a	µg/L	0,59 - 0,87	0,025 - 0,333	2875	-	-	-
Bicarbonato	mg/L	-	-	-	-	-	328
Carbonato	mg/L	-	-	-	-	-	129
Calcio	mg/L	601,17	-	1164	-	-	490
Magnesio	mg/L	3111,04	-	2705	-	-	2114

Folio008498

Laguna Tebenquiche							
Parámetro	**Unidad**	**Demergasso *et al* 2004**	**Demergasso *et al* 2008**	**Farías *et al* 2014**	**Lara *et al* 2012**	**Albarracín *et al* 2015**	**Dorador *et al* 2009**
AGUA							
Potasio	mg/L	2267,22	-	5121	-	-	3790
Sodio	mg/L	48876,74	-	40640	-	-	30500
Sulfato	mg/L	22189,86	-	20388	16100	-	13100
Cloruro	mg/L	54699,35	-	64290	42000	-	12900
Sílice	mg/L	-	-	72,096	-	-	-
Arsénico	mg/L	13,48	-	2,3	1,11	1,11	1,2
Boro	mg/L	-	-	376,22	-	-	-
Materia orgánica	%	-	-	7,5	-	-	-
Carbono orgánico total	mg/L	-	-	44,5	-	-	-

En conclusión, las lagunas La Punta y La Brava, y la laguna Tebenquiche, se caracterizan por presentar condiciones físico-químicas particulares que determinan la presencia de estos organismos extremófilos. Estas características están determinadas por aguas duras, con valores elevados de conductividad y salinidad, incluso valores superiores a las registradas en el mar, concentraciones elevadas de iones mayoritarios y de elementos como arsénico, litio y boro. Además, los rangos de valores de temperatura, oxígeno y el resto de parámetros mencionados, son amplios, es decir, los microorganismos extremófilos pueden tolerar condiciones ampliamente cambiantes en el tiempo (años o estaciones) e incluso diarias.

3.2.1.4 Monitoreo hidrológico e hidrogeológico de Empresas Privadas

De acuerdo a la solicitud enviada a las empresas privadas sobres sus monitoreos hidrológicos e hidrogeológicos realizados en la Cuenca del Salar de Atacama, se obtuvo la siguiente información.

3.2.1.4.1 Compañía Minera Zaldívar SpA

Según la información entregada por la Compañía Minera Zaldívar SpA, ésta presenta 3 pozos de monitoreos subterráneos en la laguna La Brava con una frecuencia de monitoreo mensual (Figura 3.23) y (Tabla 3.24).

Tabla 3.24 Pozos de Monitoreo de Compañía Minera Zaldívar SpA. *Fuente: Elaboración propia con datos de Compañía Minera Zaldívar SpA.*

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	Parámetros	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
La Brava Punto A	7375492	576674	Altura Limnimétrica	Activa	Mensual
La Brava Punto B	7375471	576957	Altura Limnimétrica	Activa	Mensual
La Brava Punto C	7375221	577246	Altura Limnimétrica	Activa	Mensual

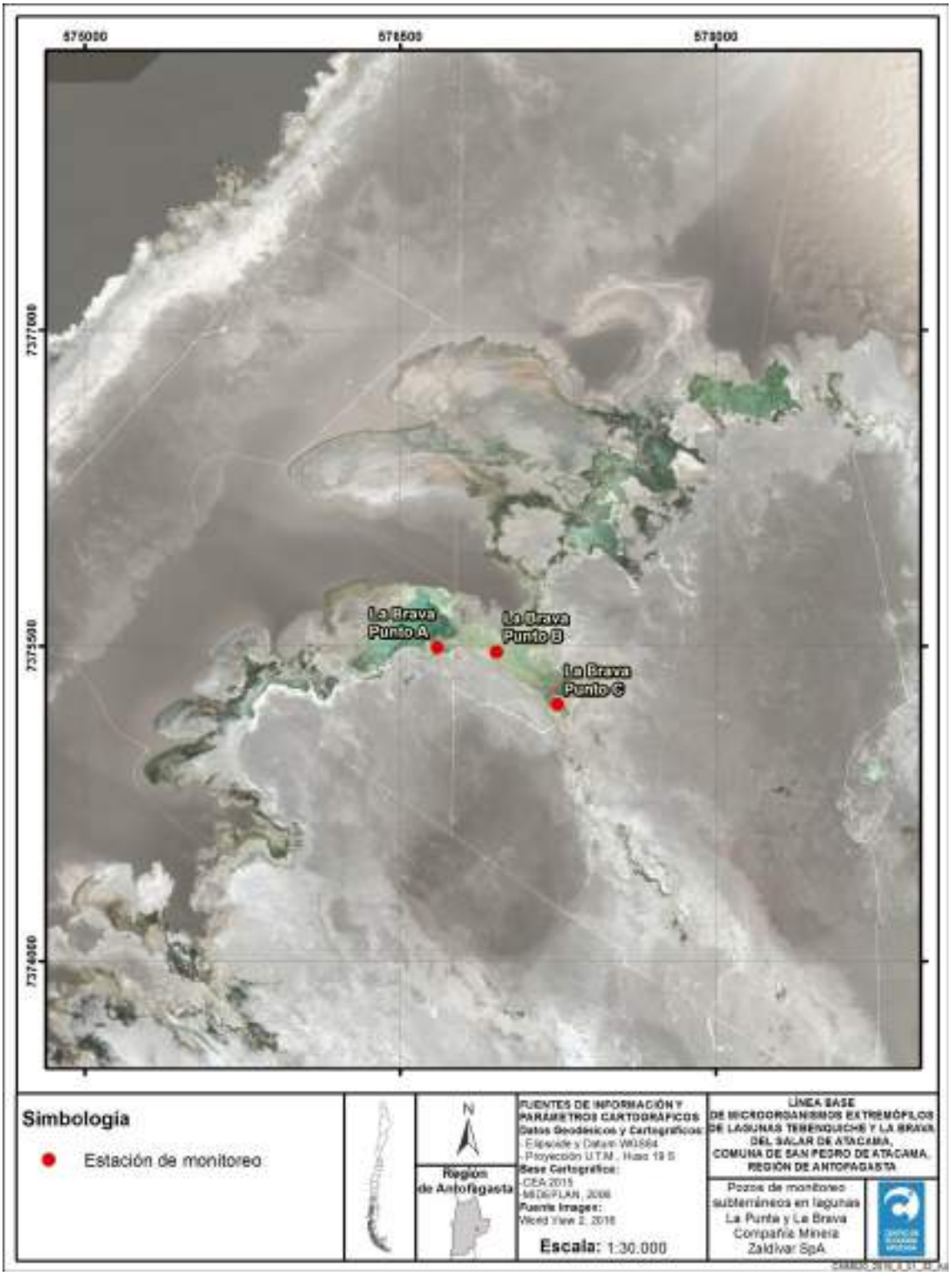


Figura 3.23 Estaciones de monitoreo de la Compañía Minera Zaldívar SpA en la laguna La Brava. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.1.4.2 SQM SALAR S.A.

Según la información entregada por SQM SALAR S.A., esta empresa presenta 216 pozos de monitoreos de aguas subterráneas en la Cuenca del Salar de Atacama (Figura 3.24Figura 3.23) y (Tabla 3.25).

Tabla 3.25 Pozos de Monitoreo de SQM SALAR S.A. *Fuente: Elaboración Propia con datos de SQM SALAR S.A.*

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	PARAMETRO	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
1027	7424644,59	589797,12	Nivel de pozo	Activa	Mensual
GD-01	7414650,92	584086,18	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-3	7418704,67	593727,56	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-4	7416184,62	588137,91	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-4	7416184,62	588137,91	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L1-5	7415017,4	584234,49	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-5	7415017,4	584234,49	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L2-4	7414608,96	591850,74	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-4	7414608,96	591850,74	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L2-9	7414388,91	586444,89	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L2-23	7415762,07	586243,78	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L7-3	7422583,15	591858,28	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-3	7422583,15	591858,28	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L7-4	7422857,86	588645,26	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P1-1	7414806,51	584113,59	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P1-2	7414914,37	584160,13	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P1-3	7415116,9	584260,37	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P1-4	7415196,07	584319,07	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P1-5	7415371,58	584435,04	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P1-6	7415521,19	584560	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P1-7	7415711,36	584675,85	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P2-1	7414518,19	586394,92	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P2-2	7414712,53	586329,18	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P2-3	7414892,18	586271,53	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P2-4	7415282,24	586212,91	Nivel de pozo	Activa	Continuo
P2-5	7415498,33	586219,67	Nivel de pozo	Activa	Continuo
2021	7414638,58	577629,34	Nivel de pozo	Activa	Continuo
RC-1	7418721,22	585672,47	Nivel de pozo	Activa	Mensual
RC-2	7418805,59	585187,57	Nivel de pozo	Activa	Mensual
RC-3	7418887,64	584687,97	Nivel de pozo	Activa	Mensual
RC-4	7418967,57	584201,52	Nivel de pozo	Activa	Mensual
RC-5	7419050,04	583700,89	Nivel de pozo	Activa	Mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	PARAMETRO	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
RC-6	7419628,14	583821,44	Nivel de pozo	Activa	Mensual
RC-7	7417529,14	583757,28	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-1	7421793,68	599847,36	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-2	7420524,99	596153,54	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-6	7416216,46	589607,28	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-6	7416216,46	589607,28	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L1-7	7416377,66	587729,78	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-8	7416079,59	584706,27	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-9	7417742,33	587632,21	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-10	7417519,37	587382,18	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-11	7417156,52	584692,92	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-12	7417177,42	584274,72	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-13	7416803,94	584879,54	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-14	7416826,93	584228,12	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-15	7418751,86	586572,23	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-16	7418741,73	586100,99	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L11-1	7441707,88	581776,79	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L11-2	7439199,35	581780,85	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L11-G1	7439198,28	582072,08	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-2	7416112,7	599286,65	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-3	7415774,08	596808,82	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-3	7415774,08	596808,82	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L2-5	7414004,44	588272,06	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-5	7414004,44	588272,06	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L2-7	7415628,87	593776,83	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-8	7416184,71	590828,17	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-10	7415103,77	587393,93	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-11	7412578,24	586094,56	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-12	7411424,44	584748,21	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-13	7412988,93	584841,1	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-14	7410995,84	581183,37	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-15	7414216,52	587447,08	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-17	7414013,15	584891,72	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-18	7416049,21	583665,36	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-19	7416047,04	583117,58	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-20	7414991,08	580892,43	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-21	7414623,11	587351,84	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-22	7416018,44	584095,06	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-24	7415372,73	585261,4	Nivel de pozo	Activa	Mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	PARAMETRO	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
L7-1	7426657,16	599732,77	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-2	7425182,29	597177,2	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-5	7420404,72	583851,59	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-6	7422551,97	595207,43	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-7	7422842,99	589093,5	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-10	7420010,68	586780,32	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-11	7419861,28	586521,82	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-12	7419493,44	583933,51	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-G1	7418821,78	585706,58	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-G1	7418821,78	585706,58	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L7-G2	7422647,34	588065,18	Nivel de pozo	Activa	Mensual
MULLAY-1	7422644,89	599919	Nivel de pozo	Activa	Mensual
MULLAY-1	7422644,89	599919	caudales mensuales	Activa	Mensual
Puente San Luis Aforo	7424269	584148,17	Nivel de pozo	Activa	Continuo
Puente San Luis Reglilla	7424262,51	584153,88	Nivel de pozo	Activa	Mensual
Puilar Reglilla	7422502,19	587940,75	Nivel de pozo	Activa	Continuo
Puilar Reglilla	7422502,19	587940,75	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
SOPM-7	7412045,65	583567,77	Nivel de pozo	Activa	Mensual
SOPM-7	7412045,65	583567,77	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
SOPM-13	7413064,81	583766,44	Nivel de pozo	Activa	Mensual
SOPM-14	7414053,45	583989,19	Nivel de pozo	Activa	Mensual
SOPM-14	7414053,45	583989,19	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L2-16	7415088,34	586220,87	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L3-3	7409496,34	594614,77	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L3-5	7409547,43	593776,02	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L3-9	7409573,46	591314,03	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L3-10	7409577,91	591215,47	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L3-11	7409581,8	591057,16	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L3-12	7409581,41	590857,32	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L3-13	7409571,53	590538,58	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L3-14	7409571,03	589772,73	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L4-3	7406265,01	596113,2	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L4-3	7406265,01	596113,2	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L4-8	7406127,78	593360,43	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L4-8	7406127,78	593360,43	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L4-9	7406144,43	592623,5	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L4-9	7406144,43	592623,5	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L4-10	7406115,11	592247,07	Nivel de pozo	Activa	Mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	PARAMETRO	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
L4-10	7406115,11	592247,07	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L4-11	7406056,46	590533,41	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L4-14	7406059,64	590068,6	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L4-15	7406063,31	589870,94	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L5-3	7403543,67	593971,42	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L5-3	7403543,67	593971,42	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L5-6	7404843,41	595818,48	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L5-8	7403503,25	594827,12	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L5-9	7403630,73	592139	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L5-10	7403629,28	591910,9	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L5-11	7403629,66	591830,74	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L5-12	7403639,73	591686,42	Nivel de pozo	Activa	Mensual
D-2	7403779,68	588662,62	Nivel de pozo	Activa	Mensual
GD-02	7403739,16	589933,79	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L13-1	7411009,38	594639,53	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L13-2	7410993,52	593833,9	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L13-3	7410998,36	593054,2	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L13-4	7410799,97	592412,37	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L13-5	7411029,6	591375,83	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L13-6	7411019,59	590625,64	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L13-7	7411028,93	589876,44	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L14-1	7407109,56	595569,21	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L14-2	7407113,03	594810,17	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L14-3	7407115,77	593698,94	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L14-4	7407155,28	592926,14	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L14-5	7407286,22	592186,92	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L14-6	7407328,43	591425,98	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L14-7	7407519,58	590655,99	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L3-2	7409615,43	598844,96	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L3-6	7409554,85	593121,38	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L3-7	7409604,1	592414,49	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L3-8	7409579,48	591523,73	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L4-4	7405733,37	594797,86	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L4-5	7406037,02	589607,69	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L4-6	7405467,67	585967,23	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L4-6	7405467,67	585967,23	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L4-7	7406037,97	593769,46	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L4-16	7406099,71	588869,96	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L5-1	7403308,44	600351,66	Nivel de pozo	Activa	Mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	PARAMETRO	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
L5-2	7403455,33	597045,65	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L5-4	7403702,59	589565,67	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L5-7	7403481,35	595448,97	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L5-14	7403675,64	591163,34	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L5-15	7403723,31	590791,18	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L5-G3 Reglilla	7403843,51	593160,26	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L3-4 (SOPM-8)	7408833,14	587551,7	Nivel de pozo	Activa	Mensual
SOPM-9	7403823,46	587169,69	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L4-12	7406056,63	590333,97	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L4-12	7406056,63	590333,97	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L4-13	7406057,99	590201,7	Nivel de pozo	Activa	Continuo
L5-13	7403659,85	591481,59	Nivel de pozo	Activa	Mensual
1024	7391600,13	589474,55	Nivel de pozo	Activa	Mensual
1028	7383997,75	584432,98	Nivel de pozo	Activa	Mensual
1028	7383997,75	584432,98	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
2018	7391893,05	578015,44	Nivel de pozo	Activa	Mensual
2037	7391949,15	583465,29	Nivel de pozo	Activa	Mensual
GD-03	7382384,73	586688,01	Nivel de pozo	Activa	Mensual
GD-04	7383853,99	586142,95	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-1	7380660,66	591440,07	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-1	7380660,66	591440,07	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L10-2	7382683,18	589534,38	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-3	7381276,01	585556,47	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-4	7381407,76	584907,77	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-4	7381407,76	584907,77	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L10-5	7382630,96	585257,67	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-6	7382951,64	586579,51	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-7	7382733,4	587591,24	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-8	7383323,18	587479,41	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-9	7383281,37	588859,8	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-10	7382729,91	588561,22	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-11	7386713,22	585193,01	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-12	7388772,89	584400,1	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-13	7382758,82	584610,14	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-14	7382944,9	582762,63	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-15	7383839,76	589152,94	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-16	7386333,41	590452,5	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L10-17	7388611,17	591616,7	Nivel de pozo	Activa	Mensual
Laguna Interna	7382021,41	586614,8	Altura Limnimétrica	Activa	Mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	PARAMETRO	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
Reglilla					
Laguna Interna Reglilla	7382021,41	586614,8	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
Laguna Salada Reglilla	7380706,65	587624,46	Altura Limnimétrica	Activa	Mensual
Laguna Salada Reglilla	7380706,65	587624,46	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
Laguna Saladita Reglilla	7381471,23	587023,02	Altura Limnimétrica	Activa	Mensual
Laguna Saladita Reglilla	7381471,23	587023,02	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L1-17	7418238,88	591453,18	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L1-17	7418238,88	591453,18	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L2-25	7414726,68	592439,51	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-25	7414726,68	592439,51	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L2-26	7414918,14	593786,54	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-26	7414918,14	593786,54	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L2-27	7412130,85	593470,53	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-27	7412130,85	593470,53	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L2-28	7412131,55	594586	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L2-28	7412131,55	594586	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L3-15	7409664,06	594922,47	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L3-15	7409664,06	594922,47	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L4-17	7405962,95	595169,37	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L4-17	7405962,95	595169,37	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L7-13	7422455,2	594116,42	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-13	7422455,2	594116,42	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L7-14	7422403,41	592286,51	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-14	7422403,41	592286,51	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L9-1	7396682,17	594862,35	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L9-1	7396682,17	594862,35	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L9-2	7396786,42	594486,72	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L9-2	7396786,42	594486,72	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L3-16	7409802,83	597731,31	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L3-16	7409802,83	597731,31	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L7-15	7422678,15	599594,22	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L7-15	7422678,15	599594,22	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
P2	7396430,11	596086,59	Nivel de pozo	Activa	Mensual
P2	7396430,11	596086,59	caudales medios mensuales	Activa	Mensual
P2	7396430,11	596086,59	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L12-1	7377872,51	573891,04	Nivel de pozo	Activa	Mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	PARAMETRO	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
L12-1	7377872,51	573891,04	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L12-2	7375144,82	578896,15	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L12-2	7375144,82	578896,15	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L12-3	7374917,35	576268,7	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L12-3	7374917,35	576268,7	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
L12-4	7372652,7	578423,07	Nivel de pozo	Activa	Mensual
L12-4	7372652,7	578423,07	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
Tilopozo Reglilla	7369363,76	577756,46	Nivel de pozo	Activa	Mensual
Tilopozo Reglilla	7369363,76	577756,46	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
1001	7392245,76	575189,8	Nivel de pozo	Activa	Mensual
1001	7392245,76	575189,8	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
1906	7418675,34	576809,17	Nivel de pozo	Activa	Mensual
1906	7418675,34	576809,17	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
2028	7410286,46	570639,5	Nivel de pozo	Activa	Mensual
2028	7410286,46	570639,5	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
2040	7390079,71	565600,1	Nivel de pozo	Activa	Mensual
2040	7390079,71	565600,1	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
E-101	7391636,43	564581,51	Nivel de pozo	Activa	Mensual
E-101	7391636,43	564581,51	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
E-324	7393056,03	563023,21	Nivel de pozo	Activa	Mensual
E-324	7393056,03	563023,21	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
EIA-5	7417291,46	573177,57	Nivel de pozo	Activa	Mensual
EIA-5	7417291,46	573177,57	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
M1-C	7389114,68	566253,54	Nivel de pozo	Activa	Mensual
M1-C	7389114,68	566253,54	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
M2-C	7389269,26	558734,48	Nivel de pozo	Activa	Mensual
M2-C	7389269,26	558734,48	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
M7	7393786,88	562662,52	Nivel de pozo	Activa	Mensual
M7	7393786,88	562662,52	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
Sample-4	7379370,3	553220,51	Nivel de pozo	Activa	Mensual
Sample-4	7379370,3	553220,51	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
SOPE-6	7402011,78	571691	Nivel de pozo	Activa	Mensual
SOPE-6	7402011,78	571691	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
SOPM-2	7404051,55	571302,23	Nivel de pozo	Activa	Mensual
SOPM-2	7404051,55	571302,23	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
SOPM-4	7409930,5	578577,31	Nivel de pozo	Activa	Mensual
SOPM-4	7409930,5	578577,31	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
SOPM-5	7405276,74	579550,51	Nivel de pozo	Activa	Mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	PARAMETRO	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
SOPM-5	7405276,74	579550,51	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
SOPM-10	7398886,22	586801,85	Nivel de pozo	Activa	Mensual
SOPM-10	7398886,22	586801,85	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
SOPM-11	7393742,61	586119,55	Nivel de pozo	Activa	Mensual
SOPM-11	7393742,61	586119,55	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
SOPM-12C	7394294,05	574439,39	Nivel de pozo	Activa	Mensual
SOPM-12C	7394294,05	574439,39	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
Zar-C-S	7387589,96	547921,52	Nivel de pozo	Activa	Mensual
Zar-C-S	7387589,96	547921,52	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
C4-B	7424698,44	579751,95	Nivel de pozo	Activa	Mensual
C4-B	7424698,44	579751,95	Fisicoquímico	Activa	Trimestral
Cuña 1	7417502,39	588591,76	Conductividad Eléctrica	Activa	Semestral
Cuña 2	7417900,83	589402,32	Conductividad Eléctrica	Activa	Semestral
Cuña 3	7420047,17	592879,01	Conductividad Eléctrica	Activa	Semestral
Cuña 4	7405987,03	594841,82	Conductividad Eléctrica	Activa	Semestral
Cuña 5	7406109,5	593361,94	Conductividad Eléctrica	Activa	Semestral
Cuña 6	7379240,9	591524,35	Conductividad Eléctrica	Activa	Semestral
Cuña 7	7382218,75	587722,59	Conductividad Eléctrica	Activa	Semestral

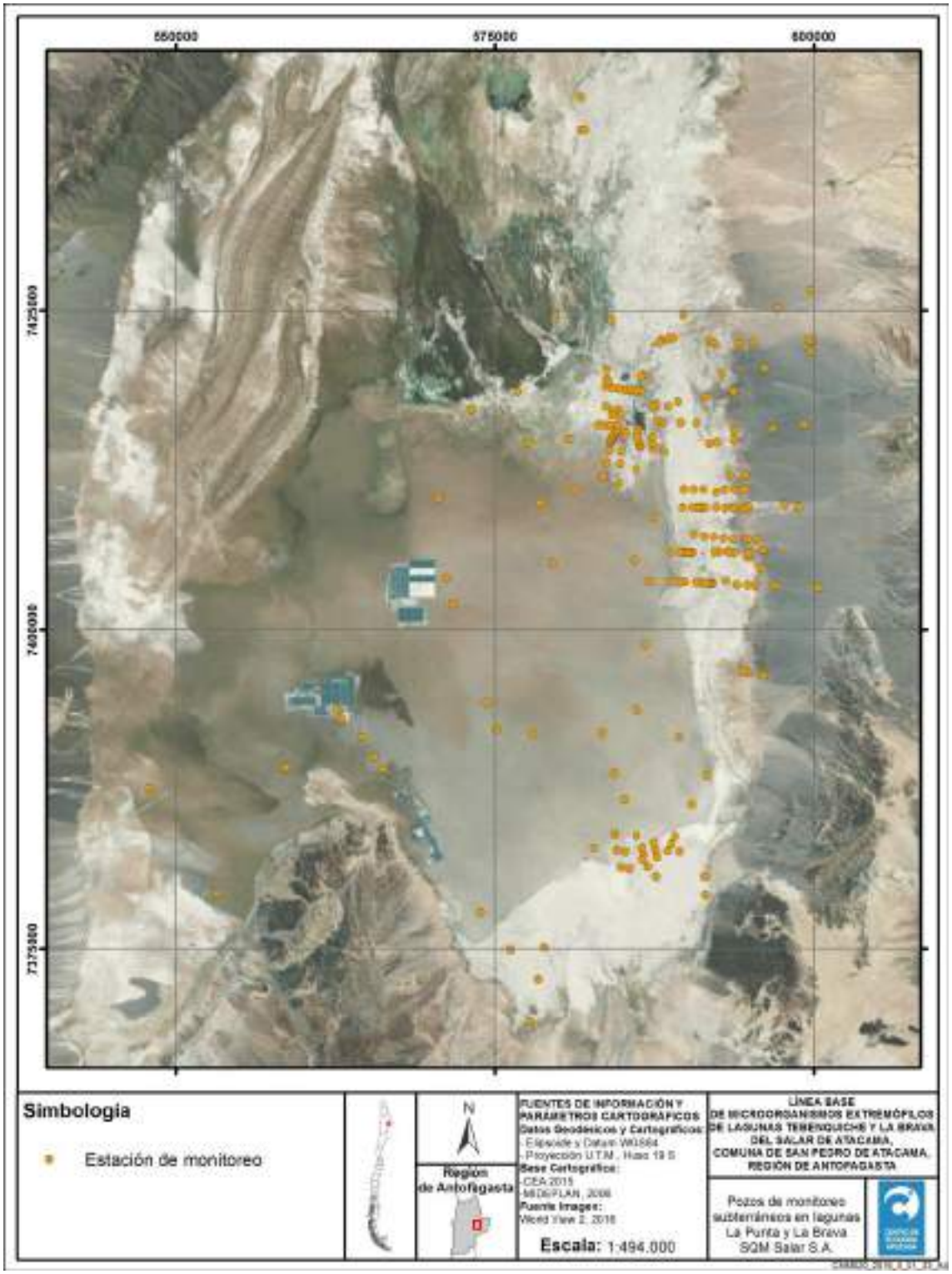


Figura 3.24 Estaciones de monitoreo de SQM SALAR S.A. en la Cuenca del Salar de Atacama. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.1.4.3 RockWood Lithium Limitada

Según la información entregada por RockWood Lithium Limitada., ésta presenta 137 pozos de monitoreo de agua subterránea en la Cuenca del Salar de Atacama (Figura 3.25, Figura 3.23) y (Tabla 3.26).

Tabla 3.26 Pozos de Monitoreo de RockWood Lithium Limitada. *Fuente: Elaboración propia con datos de RockWood Lithium Limitada.*

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	Parámetros	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
MP-01A	7376429	578647	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-01A	7376429	578647	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-01B	7376430	578650	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-01B	7376430	578650	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-01C	7376429	578646	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-01C	7376429	578646	Otros: Posición Interfase Salina	Activa	trimestral
MP-03A	7373947	577651	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-03A	7373947	577651	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-03B	7373947	577653	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-03B	7373947	577653	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-03C	7373947	577650	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-03C	7373947	577650	Otros: Posición Interfase Salina	Activa	trimestral
MP-04A	7369509	577716	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-04A	7369509	577716	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-04B	7369513	577717	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-04B	7369513	577717	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-04C	7369510	577713	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-04C	7369510	577713	Otros: Posición Interfase Salina	Activa	trimestral
MP-05A	7373356	572915	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-05A	7373356	572915	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-05B	7373356	572913	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-05B	7373356	572913	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-05C	7373355	572916	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-05C	7373355	572916	Otros: Posición Interfase Salina	Activa	trimestral
MP-06A	7372778	573298	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-06A	7372778	573298	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-06B	7372777	573296	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-06B	7372777	573296	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-06C	7372779	573299	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-06C	7372779	573299	Otros: Posición Interfase Salina	Activa	trimestral

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	Parámetros	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
MP-09A	7367342	578078	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-09A	7367342	578078	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MP-09C	7367342	578078	Nivel de pozo	Activa	mensual
MP-09C	7367342	578078	Otros: Posición Interfase Salina	Activa	trimestral
MP-08A	7380990	591092	Nivel de pozo	En construcción	mensual
MP-08A	7380990	591092	Fisicoquímico	En construcción	trimestral
MP-08C	7380990	591092	Nivel de pozo	En construcción	mensual
MP-08C	7380990	591092	Otros: Posición Interfase Salina	En construcción	trimestral
MP-07A	7375922	589498	Nivel de pozo	En construcción	mensual
MP-07A	7375922	589498	Fisicoquímico	En construcción	trimestral
MP-07C	7375922	589498	Nivel de pozo	En construcción	mensual
MP-07C	7375922	589498	Otros: Posición Interfase Salina	En construcción	trimestral
MPS-AA	7381053	587361	Nivel de pozo	Activa	mensual
MPS-AA	7381053	587361	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MPS-AB	7381056	587360	Nivel de pozo	Activa	mensual
MPS-AB	7381056	587360	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MPS-AC	7381052	587361	Nivel de pozo	Activa	mensual
MPS-AC	7381052	587361	Otros: Posición Interfase Salina	Activa	trimestral
MPS-CA	7382313	586725	Nivel de pozo	Activa	mensual
MPS-CB	7382312	586723	Nivel de pozo	Activa	mensual
MPS-CB	7382312	586723	Fisicoquímico	Activa	trimestral
MPS-CC	7382313	586726	Nivel de pozo	Activa	mensual
MPS-CC	7382313	586726	Otros: Posición Interfase Salina	Activa	trimestral
PP-01	7378506	591347	Nivel de pozo	Activa	mensual
PP-01	7378506	591347	Fisicoquímico	Activa	trimestral
PP-01	7378506	591347	Otros: Posición Interfase Salina	Activa	trimestral
PP-02	7375585	582502	Nivel de pozo	En construcció	mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	Parámetros	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
				n	
PP-02	7375585	582502	Fisicoquímico	En construcció n	trimestral
PP-02	7375585	582502	Otros: Posición Interfase Salina	En construcció n	trimestral
PP-03	7373884	586701	Nivel de pozo	Activa	mensual
PP-03	7373884	586701	Fisicoquímico	Activa	trimestral
PP-03	7373884	586701	Otros: Posición Interfase Salina	Activa	trimestral
MP-12A	7390790	596110	Nivel de pozo	En construcció n	mensual
MP-12A	7390790	596110	Fisicoquímico	En construcció n	trimestral
MP-12C	7390790	596110	Nivel de pozo	En construcció n	mensual
MP-12C	7390790	596110	Otros: Posición Interfase Salina	En construcció n	trimestral
BA-01	7375461	574964	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-02	7375003	575305	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-03	7374516	575594	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-04	7374776	576096	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-05	7375324	576373	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-06	7375626	576120	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-07	7376692	578406	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-08	7375887	577783	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-09	7376062	575545	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-10	7376317	576268	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-11	7376750	576254	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-12	7376759	576707	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-13	7376565	577081	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-14	7376029	576842	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-15	7375650	576968	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-16	7375405	577746	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-25	7374761	576424	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-27	7378336	580486	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-17	7382542	584997	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-18	7383610	585778	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-19	7382592	586321	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-20	7382250	587247	Nivel de pozo	Activa	mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	Parámetros	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
BA-21	7380905	587159	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-22	7380817	587837	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-23	7382108	586684	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-28	7380521	588525	Nivel de pozo	Activa	mensual
BA-30	7380007	589239	Nivel de pozo	Activa	mensual
Tucúcaro	7373199	572970	Nivel de pozo	Activa	mensual
Tucúcaro	7373199	572970	Volumen Bombeado	Activa	mensual
TIL-P03	7369729	577703	Nivel de pozo	Activa	mensual
TUC-P06	7373219	573171	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-2	7385213	573582	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-6	7376975	572422	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-10	7384280	567294	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-11	7386065	566728	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-12	7386218	566856	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-13	7385392	567451	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-14	7387299	563624	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-16	7385485	567641	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-17	7386853	565711	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-18	7386970	565732	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-26	7387956	564419	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-27	7388162	567043	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-28	7384505	568539	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-29	7383212	569513	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-30	7387985	563915	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-31	7388412	564860	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-32	7388580	564868	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-33	7386741	568710	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-34	7387167	568431	Nivel de pozo	Activa	mensual
S-1	7380179	570270	Nivel de pozo	Activa	mensual
S-2	7380563	570521	Nivel de pozo	Activa	mensual
S-3	7380949	570775	Nivel de pozo	Activa	mensual
S-4	7388860	575984	Nivel de pozo	Activa	mensual
First Well	7386604	567158	Nivel de pozo	Activa	mensual
Well IK	7387700	567801	Nivel de pozo	Activa	mensual
EXP-2	7388442	565861	Nivel de pozo	Activa	mensual
Sample-4A	7379373	553219	Nivel de pozo	Reconstrucción	mensual
CS-01	7383802	548130	Nivel de pozo	Activa	mensual
P-01	7384032	572834	Nivel de pozo	Activa	mensual
P-02	7376977	572433	Nivel de pozo	Activa	mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	Parámetros	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
P-03	7384212	579260	Nivel de pozo	Activa	mensual
P-04	7389005	571158	Nivel de pozo	Activa	mensual
P-05	7377780	576091	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-05B	7384044	576901	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-08A	7382424	582633	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-14B	7378721	573777	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-16B	7377001	575663	Nivel de pozo	Activa	mensual
ES-01	7407190	573315	Nivel de pozo	Por Construir	mensual
ES-02	7404200	579747	Nivel de pozo	Por Construir	mensual
ES-03	7403750	588716	Nivel de pozo	Por Construir	mensual
ES-04	7399234	577354	Nivel de pozo	Por Construir	mensual
ES-05	7398928	584854	Nivel de pozo	Por Construir	mensual
ES-06	7397093	575483	Nivel de pozo	Por Construir	mensual
ES-07	7394359	580122	Nivel de pozo	Por Construir	mensual
ES-08	7393521	586137	Nivel de pozo	Por Construir	mensual
ES-09	7391861	573027	Nivel de pozo	Activa	mensual
ES-10	7391666	577912	Nivel de pozo	Activa	mensual
ES-11	7388643	587314	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-02	7388773	580453	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-03	7386431	579257	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-04	7386398	584483	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-06	7382305	575215	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-07	7382873	581187	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-09	7383143	584651	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-10	7380256	573417	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-11	7381294	576927	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-13	7378596	571362	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-15	7380378	578762	Nivel de pozo	Activa	mensual
PN-18	7409908	578549	Nivel de pozo	Por Construir	mensual
PN-19	7409811	583463	Nivel de pozo	Por Construir	mensual
Zanja camino a Peine	7383905	588696	Nivel de pozo	Activa	mensual
CL-1	7384402,797	573049,246	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-15	7387452,965	563328,765	Volumen Bombeado	Activa	mensual

Código estación de monitoreo	Norte (WGS-84)	Este (WGS-84)	Parámetros	Estado operativo	Frecuencia monitoreo
CL-19	7386800,763	564577,063	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-20	7387063,05	564189,907	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-21	7385473,68	567620,918	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-22	7386202,872	566842,92	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-23	7384542,688	571140,677	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-24	7382264,082	570069,516	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-25	7385308	570215	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-27	7388162,154	567043,282	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-35	7386495,173	566322,609	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-37	7386693,107	565678,822	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-41	7381491,763	556150,998	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-45	7387481,764	571688,648	Volumen Bombeado	Activa	mensual
CL-9	7386683,68	564930,943	Volumen Bombeado	Activa	mensual

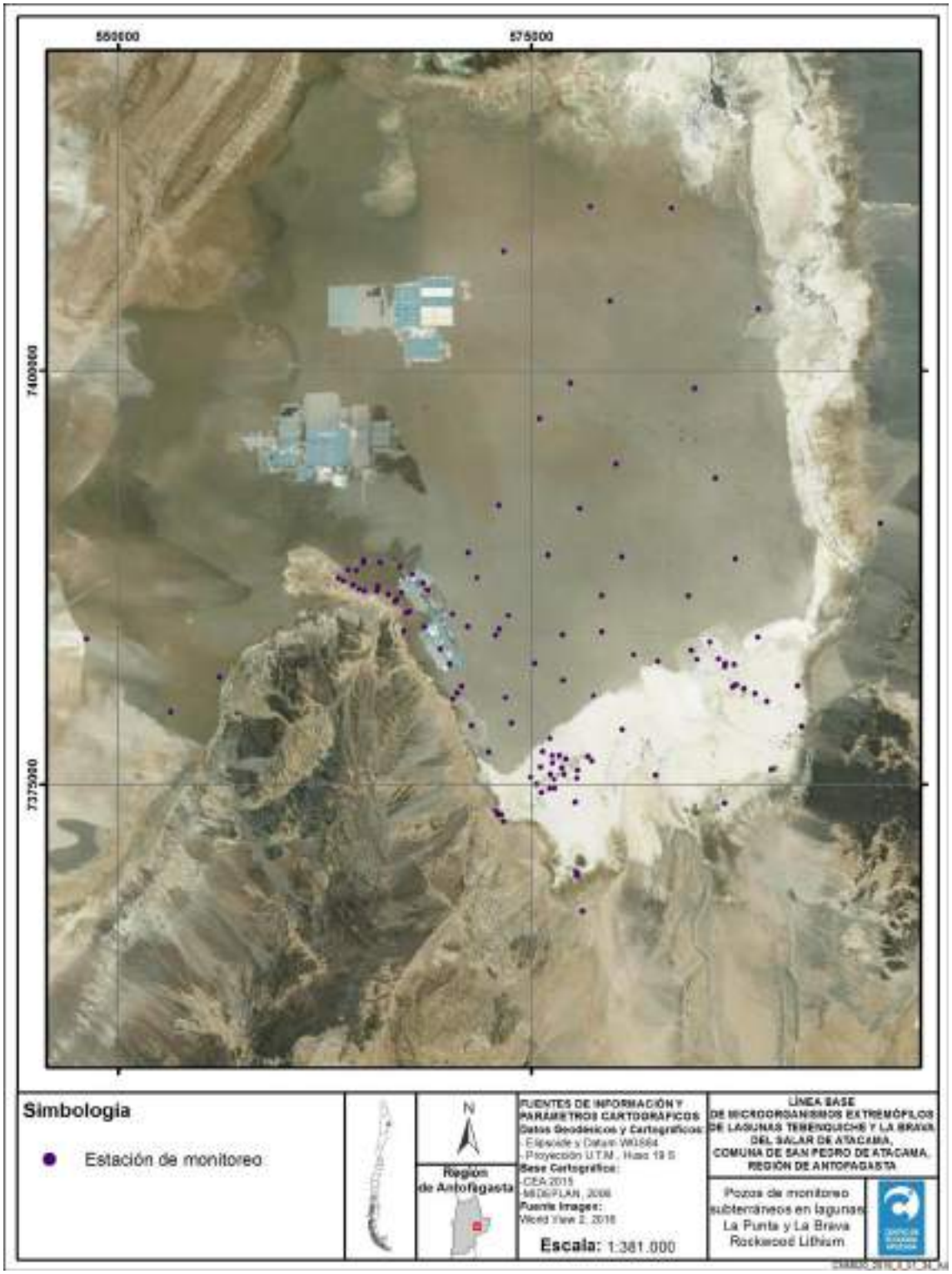


Figura 3.25 Estaciones de monitoreo de RockWood Lithium Limitada en la Cuenca del Salar de Atacama. *Fuente: Elaboración propia.*

En el Anexo 6.1 se adjuntan las planillas de registro de puntos de monitoreo hidrológico e hidrogeológico entregadas por las empresas a solicitud del Ministerio del Medio Ambiente.

Folio008516

3.2.1.4.4 Minera Escondida Limitada

Según la información obtenida del Anexo 1 de la Adenda 5 del Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Minera Escondida Limitada presenta 58 puntos de monitoreo en el acuífero de Negrillar-Monturaqui-Tilopozo (Figura 3.26).

Folio008517

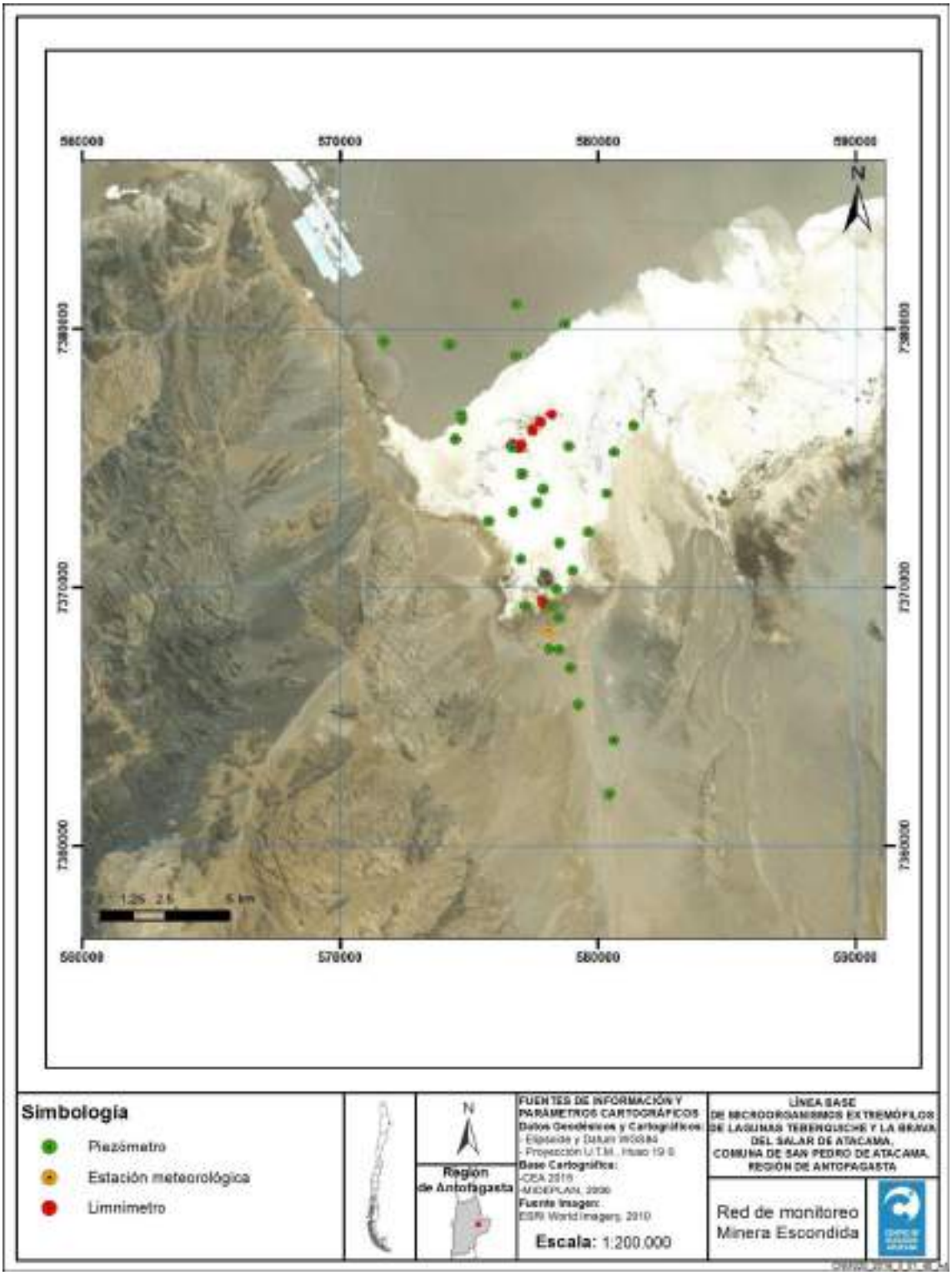


Figura 3.26 Puntos de monitoreo de Minera Escondida Limitada en la zona de Monturaqui. *Fuente: Elaboración propia con datos del Anexo 1 de la Adenda 5 del Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama.*

Folio008518

3.2.2 Etapa 2: Levantamiento de información en terreno

A continuación se presentan los resultados de calidad físico-química de agua y sedimentos analizados en el área de estudio que corresponde a la Laguna Tebenquiche y el sistema de lagunas La Brava- La Punta.

3.2.2.1 Calidad de agua

3.2.2.1.1 Temperatura

En la campaña de terreno realizada en primavera 2016, los valores de temperatura en el sistema de lagunas La Brava-La Punta, se presentaron entre 7,1 °C y 16,3 °C, mientras que en la laguna Tebenquiche, el rango de temperaturas registrado fue entre 29,2 °C y 30,6ºC. De acuerdo a los resultados registrados en la campaña de terreno realizada, en Tebenquiche se presentaron temperaturas superiores a las registradas para La Brava-La Punta (Figura 3.27).

Respecto de la comparación con la normativa referencial, las aguas de La Brava-La Punta y Tebenquiche se presentaron en su mayoría aptas para su uso recreativo con contacto directo (NCh1333 Of.78, 30ºC como valor límite). Solamente el punto de muestreo LT-03 presentó un valor superior al límite para este uso. El DS 143 no establece valores referenciales de temperatura del agua. En cuanto a la comparación con los antecedentes expuestos en el acápite 3.2.1.3 del presente informe, los valores registrados durante la campaña de terreno estuvieron dentro de los rangos registrados con anterioridad.

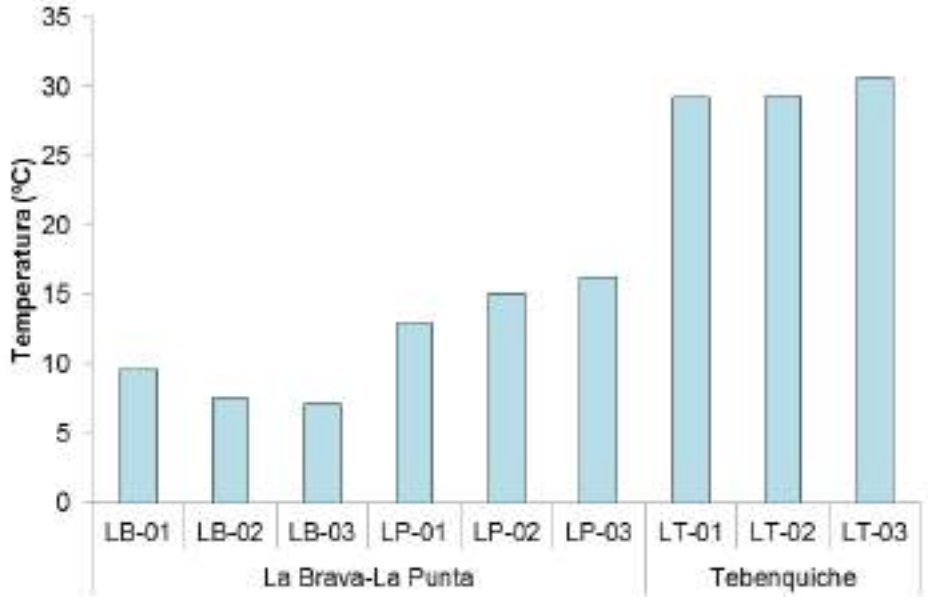


Figura 3.27 Temperatura registrada en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.2 Oxígeno disuelto

Las concentraciones de oxígeno disuelto en el sistema lagunar La Brava-La Punta se presentaron entre 6,90 mg/L y 7,84 mg/L, mientras que en la laguna Tebenquiche, las concentraciones fueron registradas entre 3,27 mg/L y 4,5 mg/L. Comparativamente, el sistema de La Brava-La Punta, registró mayores concentraciones de oxígeno que Tebenquiche (Figura 3.28).

A lo largo de todos los puntos de muestreo de La Brava-La Punta, las concentraciones de oxígeno disuelto se registraron aptas para la vida acuática de acuerdo a lo establecido en la NCh1333 Of.78 (>5mg/L). Sin embargo, en la laguna Tebenquiche, se presentaron valores inferiores a dicho límite mínimo para vida acuática. El DS 143 no establece valores de oxígeno disuelto para uso recreativo. En cuanto a la comparación con antecedentes tanto los valores registrados en La Brava-La Punta y Tebenquiche se presentaron dentro de los valores reportados tanto en literatura científica como informes técnicos (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

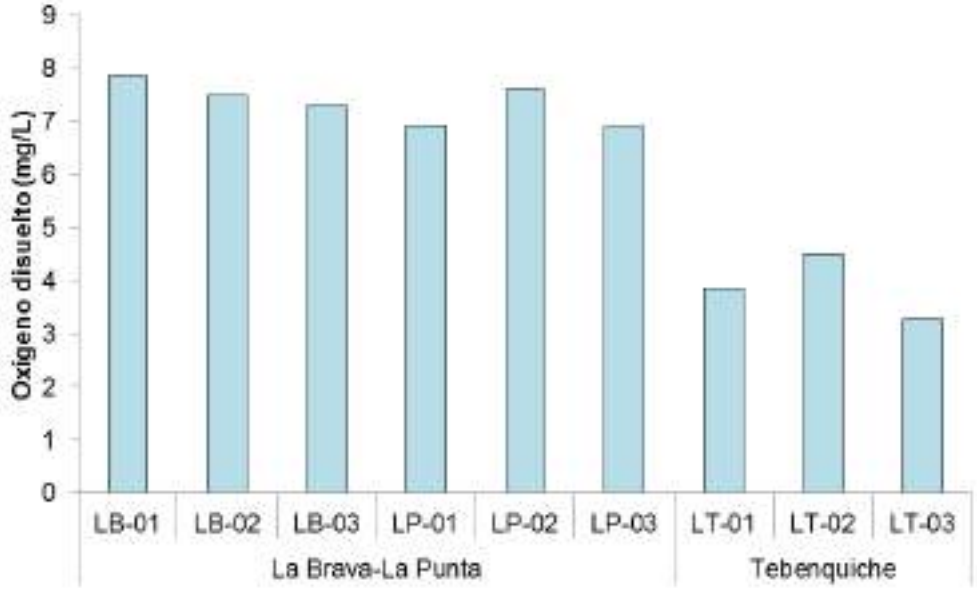


Figura 3.28 Oxígeno disuelto registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016.

3.2.2.1.3 Conductividad

Las conductividades registradas en La Brava-La Punta se presentaron entre 18,57 mS/cm y 39,3 mS/cm y en Tebenquiche los valores de conductividad fueron 233 mS/cm en los tres puntos muestreados. Comparativamente en la laguna Tebenquiche se registraron mayores conductividades que en La Brava-La Punta (Figura 3.29).

Los valores registrados en Tebenquiche, fueron superiores a los reportados en la bibliografía científica revisada. En el sistema La Brava-La Punta, en general los valores de conductividad se presentaron en dentro de los rangos reportados en la bibliografía tanto científica como técnica (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

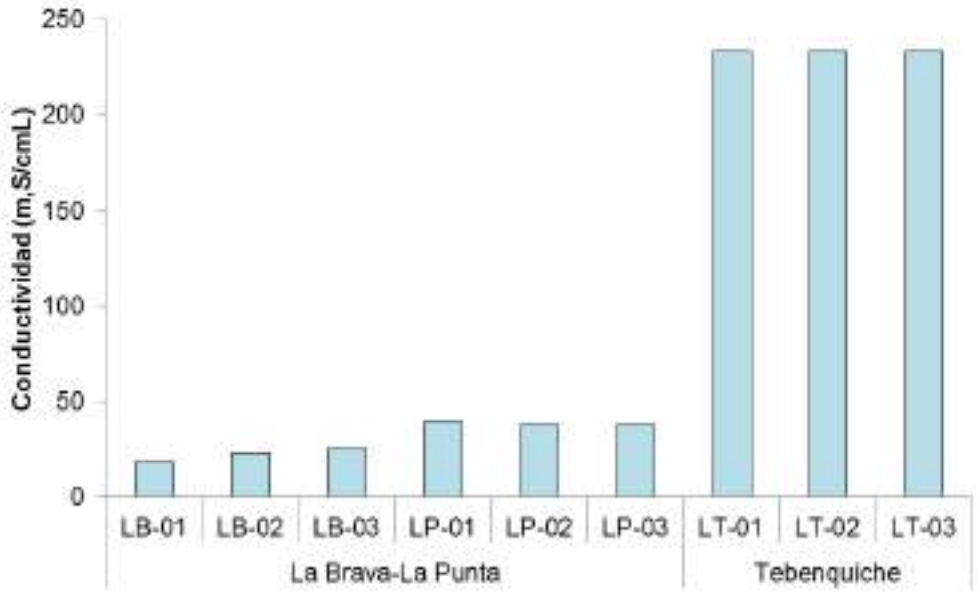


Figura 3.29 Conductividad registrada en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.4 Salinidad

Durante la campaña de terreno realizada en el presente proyecto, los valores de salinidad registrados en el sistema La Brava- La Punta, se presentaron en un rango comprendido entre 10,8 g/L y 24,4 g/L, mientras que en la laguna Tebenquiche se presentaron valores superiores al límite superior que es capaz de medir el equipo de medición (>70 g/L) (Figura 3.30).

Ninguna de las dos normas utilizadas de forma referencial, establecen valores límite de salinidad para uso del agua. En el sistema lagunar La Brava- La Punta, los resultados de la campaña realizada por CEA, se presentaron en general dentro de los rangos de antecedentes previos con algunas excepciones que presentaron valores inferiores. Para Tebenquiche, no se dispone de valores de salinidad previos (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

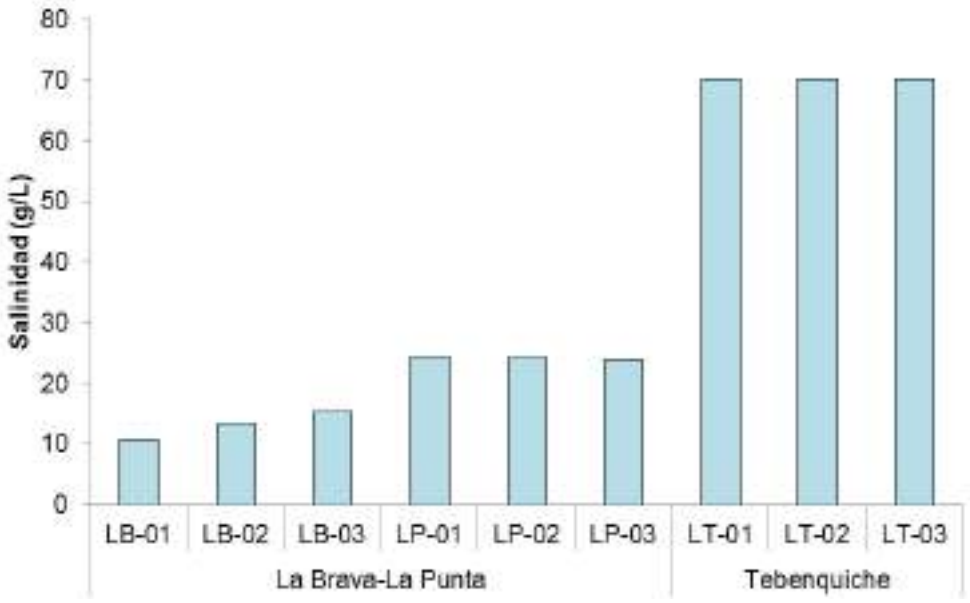


Figura 3.30 Salinidad registrada en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.5 pH

Durante la campaña realizada por CEA, el pH registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta presentó un mínimo de 8,43 unidades y un máximo de 8,79 unidades, mientras que en Tebenquiche se registraron por lo general valores menores de pH, entre 7,70 unidades y 7,75 unidades. En La Brava-La Punta, las aguas fueron, por tanto, moderadamente alcalinas, mientras que en Tebenquiche se clasificaron como neutras según la clasificación establecida por Hounslow (1995) (Figura 3.31).

Respecto de los usos del agua, en la laguna Tebenquiche se presentaron aguas con valores de pH aptas para uso recreativo con contacto directo, riego y vida acuática, mientras que en La Brava-La Punta, solamente para riego y vida acuática (NCh1333 Of.78. En cuanto a la comparación con los valores del DS 143, las aguas de Tebenquiche se presentaron en su totalidad aptas para recreación con contacto directo, mientras que las de La Brava-La Punta en general superaron dicho límite (6,0-8,5 unidades). Los valores de pH en general se presentaron dentro de los rangos de antecedentes previos a excepción de valores puntuales en La Brava-La Punta (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

Folio008522

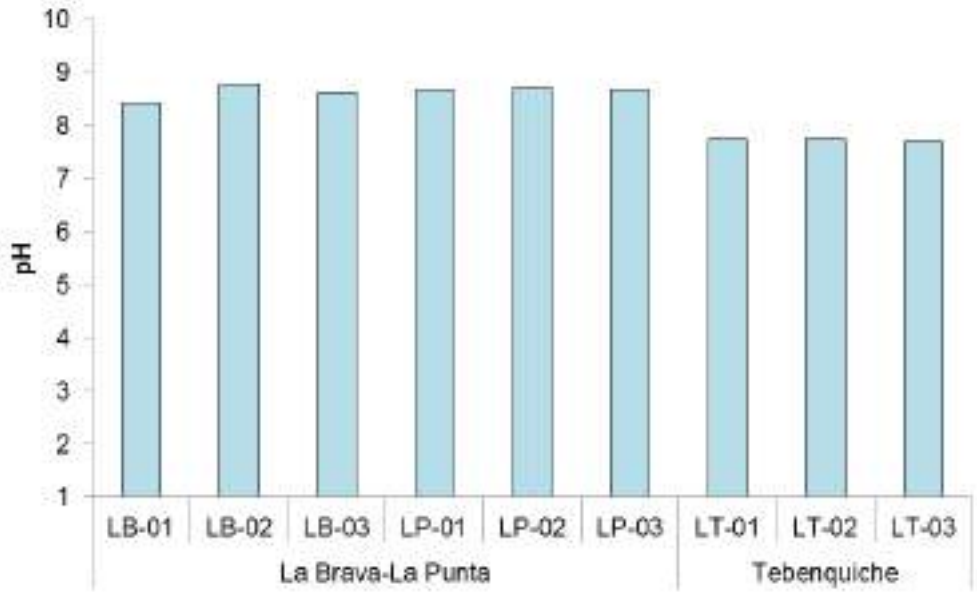


Figura 3.31 pH registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.6 Alcalinidad

Los valores de alcalinidad registrados por CEA se presentaron en un rango entre 315 mg$CaCO_3$/L y 459 mg$CaCO_3$/L, mientras que en la laguna Tebenquiche se presentaron valores entre 700 mg$CaCO_3$/L y 844 mg$CaCO_3$/L. Comparativamente, los valores de alcalinidad fueron superiores en la laguna Tebenquiche con respecto al sistema lagunar La Brava-La Punta (Figura 3.32).

De acuerdo al límite referencial, los valores de alcalinidad en ambos sistemas fueron aptos para vida acuática (NCh1333 Of.78 >20 mg$CaCO_3$/L). El DS 143 no establece valores de alcalinidad para aguas aptas para recreación con contacto directo. Los valores de alcalinidad además se presentaron dentro de los rangos de los antecedentes previos de información técnica, mientras que de Tebenquiche no se dispone de antecedentes de este parámetro (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

Folio008523

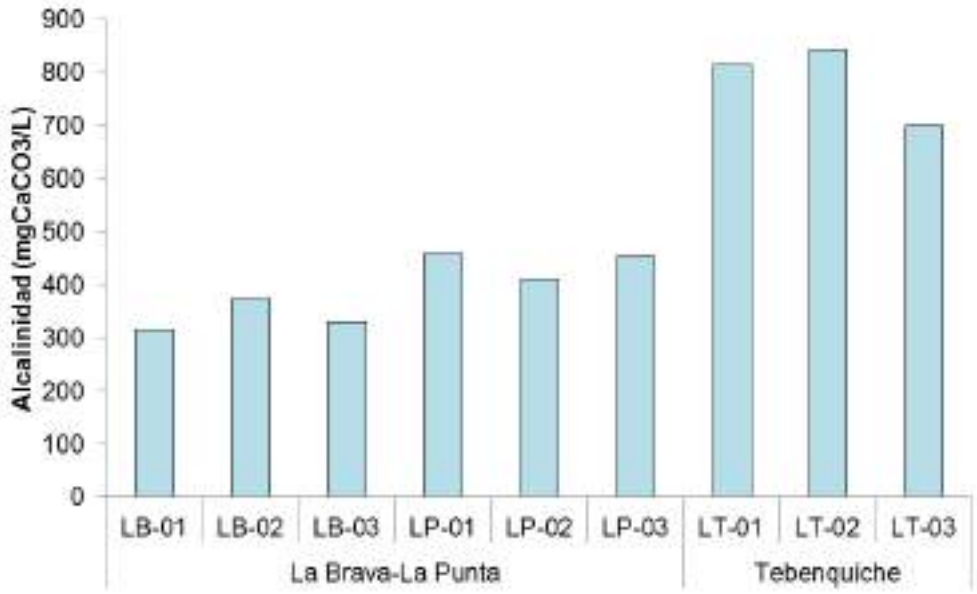


Figura 3.32 Alcalinidad registrada en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.7 Sólidos totales disueltos

En el sistema de lagunas La Brava-La Punta, los valores de sólidos totales disueltos fueron registrados entre 12200 mg/L y 26250 mg/L, mientras que en Tebenquiche fluctuaron entre 340000 mg/L y 346880 mg /L. La laguna Tebenquiche presentó mayores concentraciones de este parámetro en comparación con La Brava-La Punta (Figura 3.33).

En ambos sistemas, las concentraciones de sólidos totales disueltos fueron superiores al límite establecido para aguas que pueden ser usadas para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos (>5000 mg/L). El DS 143 no establece valores de sólidos totales disueltos límite para recreación con contacto directo. En general, los valores en La Brava-La Punta se presentaron dentro de los rangos de antecedentes previos, mientras que los valores registrados por CEA en Tebenquiche fueron superiores a los reportados en la bibliografía científica (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

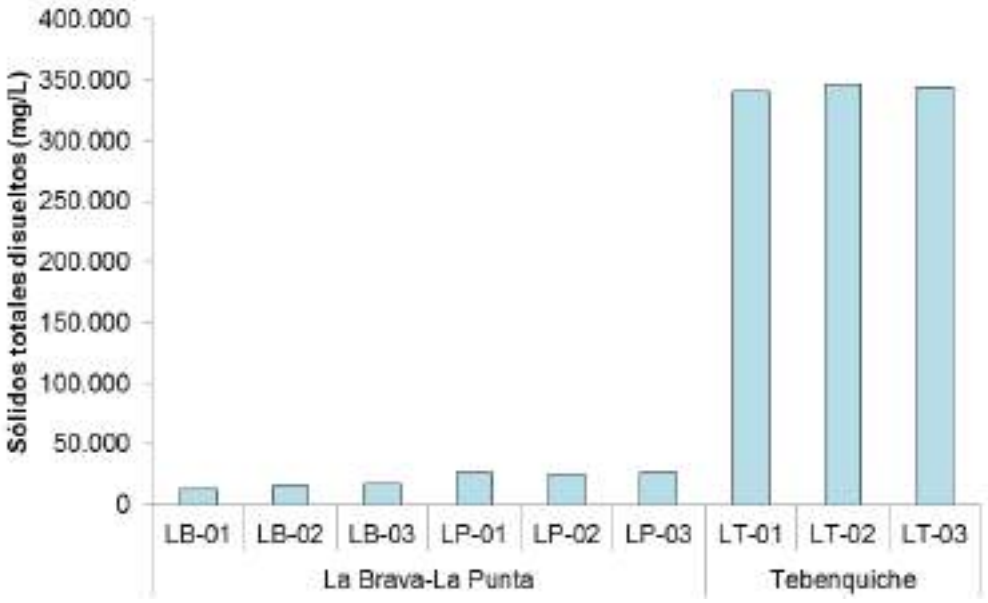


Figura 3.33 Sólidos totales disueltos registrados en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.8 Sólidos totales suspendidos

Las concentraciones de sólidos totales suspendidos en La Brava-La Punta, se presentaron entre 6,91 mg/L y 30,94 mg/L, mientras que en la laguna Tebenquiche se presentaron entre 119,02 mg/L y 195,5 mg /L. Comparativamente, en Tebenquiche se registraron mayores concentraciones de este parámetro que en La Brava-La Punta (Figura 3.34).

Ninguna de las dos normas referenciales (NCh1333 Of.78 ni DS 143) establece valores de sólidos totales suspendidos para los usos aplicables. Respecto de la comparación con antecedentes, en La Brava- La Punta, los resultados de la campaña de primavera se presentaron dentro del rango de antecedentes previos. Para Tebenquiche no se dispone de información previa para este parámetro (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

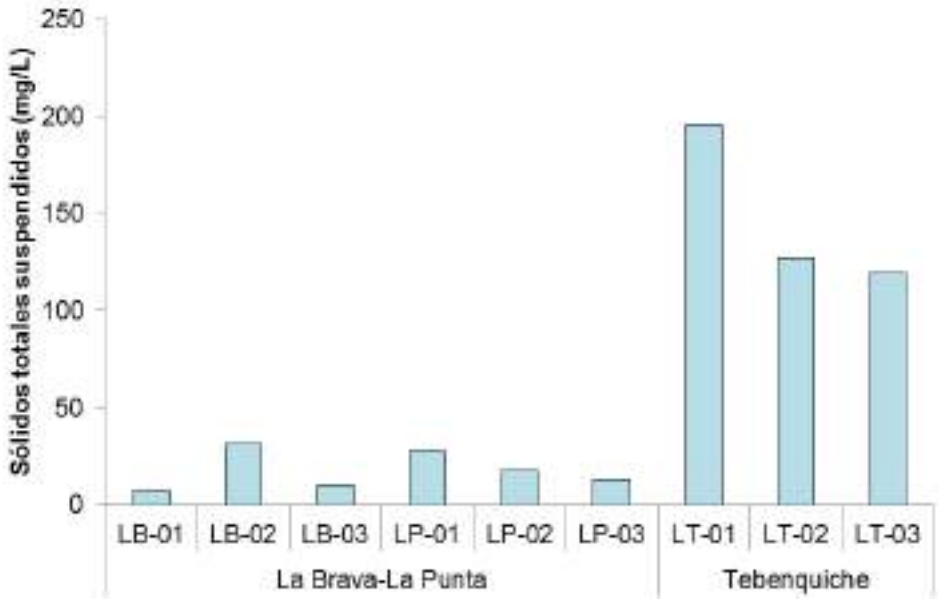


Figura 3.34 Sólidos totales suspendidos registrados en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.9 Turbidez

Durante la campaña de muestreo de primavera 2016, los valores de turbidez en el sistema lagunar La Brava-La Punta, fueron entre 2,82 NTU y 5,29 NTU, mientras que en Tebenquiche se presentaron valores entre 2,76 NTU y 4,55 NTU. Entre los dos sistemas no se presentaron mayores concentraciones en uno que en otro, entre ambos fueron relativamente similares (Figura 3.35).

Respecto de la comparación con la NCh1333 Of.78 de forma referencial, en los dos sistemas se presentaron valores de turbidez aptas para uso recreativo con contacto directo (375 NTU). EL DS 143 no establece valores de este parámetro para uso recreativo con contacto directo. En La Brava-La Punta los valores registrados durante la campaña de primavera 2016 se registraron dentro de los rangos de antecedentes previos, mientras que para Tebenquiche no se dispone de información de turbidez previa (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

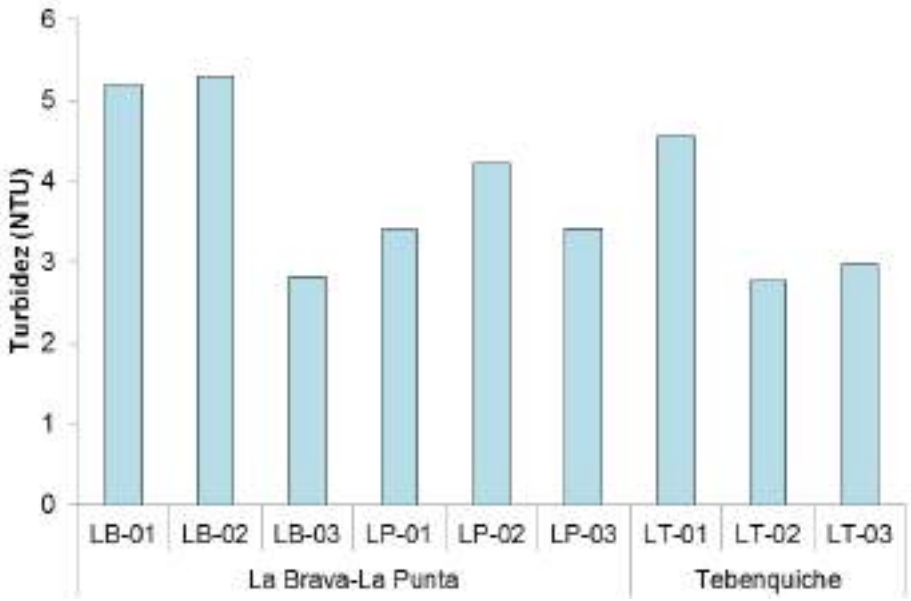


Figura 3.35 Turbidez registrada en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.10 Amonio

Las concentraciones de amonio registradas en el sistema La Brava-La Punta se presentaron entre 31 µg/L y 50 µg/L y en Tebenquiche entre 60 µg/L y 210 µg/L. En general en Tebenquiche se presentaron mayores concentraciones de amonio que en La Brava-La Punta (Figura 3.36).

Ninguna de las dos normas referenciales presenta valores de amonio para clasificar las aguas de acuerdo a los usos establecidos. En el sistema La Brava- La Punta, se presentaron valores de este nutrientes dentro de los rangos registrados en la literatura técnica previa, mientras que para Tebenquiche no se dispone de valores previos de amonio (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

Folio008527

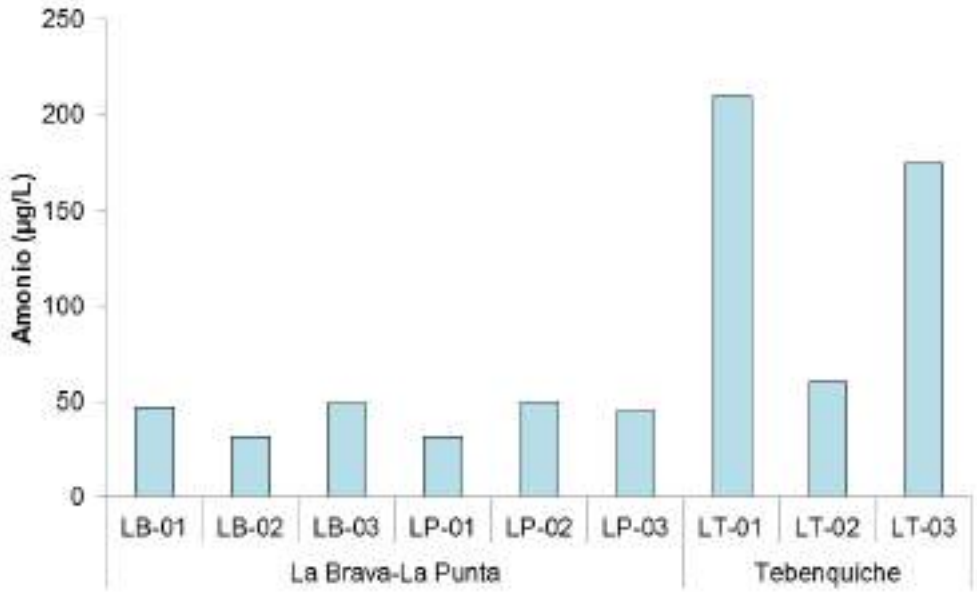


Figura 3.36 Amonio registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.11 Nitrato

Los valores de nitrato analizados durante la campaña de primavera 2016 por CEA, se presentaron entre 185 µg/L y 475 µg/L en el sistema La Brava-La Punta y entre 925 µg/L y 2375 µg/L en la laguna Tebenquiche. Nuevamente, las concentraciones de nitrato fueron superiores en Tebenquiche en comparación con La Brava-La Punta (Figura 3.37).

Ninguna de las dos referencias nacionales para distintos usos del agua establece valores de nitrato. En el sistema La Brava-La Punta, se presentaron en la campaña de primavera 2016, valores de nitrato dentro de los rangos de antecedentes previos (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

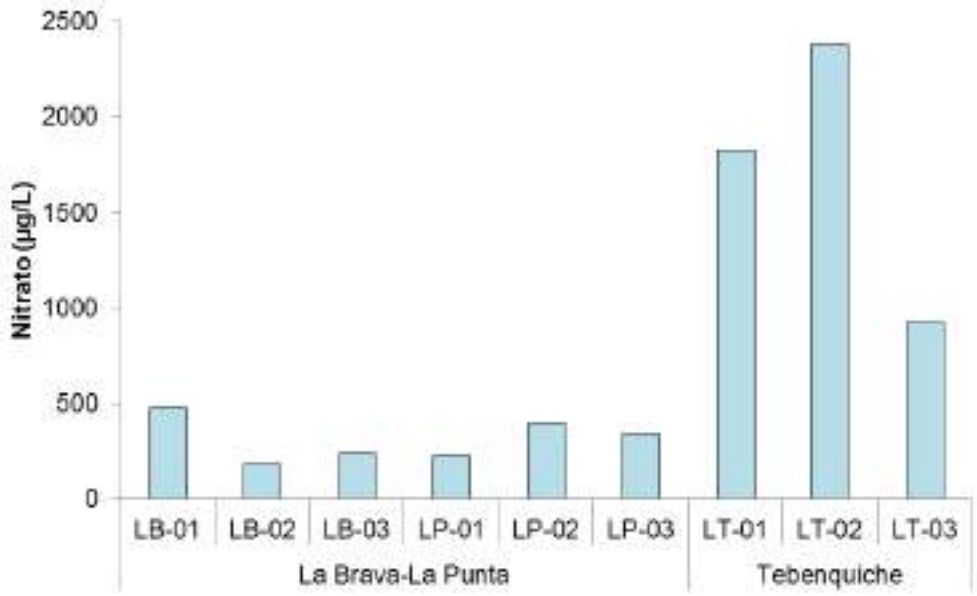


Figura 3.37 Nitrato registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.12 Nitrito

Las concentraciones de nitrito registradas en la campaña de primavera 2016 se presentaron entre 0,445 µg/L y 2,986 µg/L en La Brava-La Punta y entre 0,922 µg/L y 2,042 µg/L. Comparativamente entre sistemas, se presentaron concentraciones de nitrito similares a excepción del punto LB-01 que presentó concentraciones superiores al resto (Figura 3.38).

Ninguna de las dos referencias nacionales para distintos usos del agua establece valores de nitrato. En cuanto a la comparación con registros previos de nitrito, solamente se cuenta con los registrados por RockWood, los cuales, fueron inferiores a los registrados para el sistema La Brava-La Punta. En el caso de Tebenquiche, loa valores analizados por CEA en primavera 2016 fueron superiores a los antecedentes previos (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

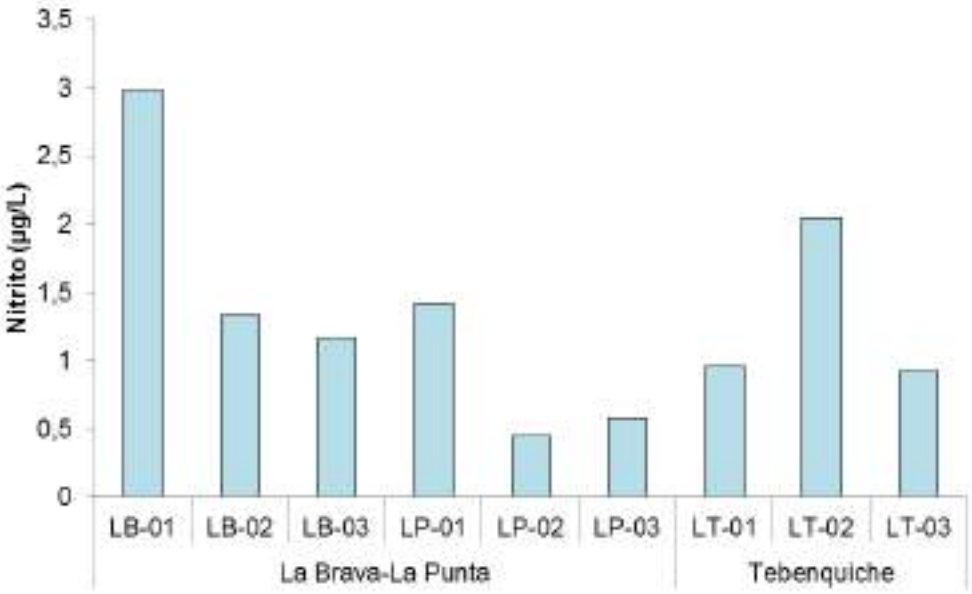


Figura 3.38 Nitrito registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.13 Nitrógeno Kjeldahl

Durante la campaña de primavera 2016 realizada por CEA, se presentaron valores de 0,5 mg/L de nitrógeno Kjeldahl en todos los puntos de muestreo del sistema La Brava-La Punta, mientras que en Tebenquiche, los valores de este parámetro se presentaron entre 0,4 mg/L y 0,5 mg/L. En general, entre ambos sistemas se presentaron valores de nitrógeno Kjeldahl similares (Figura 3.39).

Ninguna de las dos normas referenciales ni la NCh1333 Of.78 ni el DS 143, presentaron valores límite de nitrógeno Kjeldahl. Los antecedentes previos tanto técnicos como bibliográficos no disponen de valores de este parámetro (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

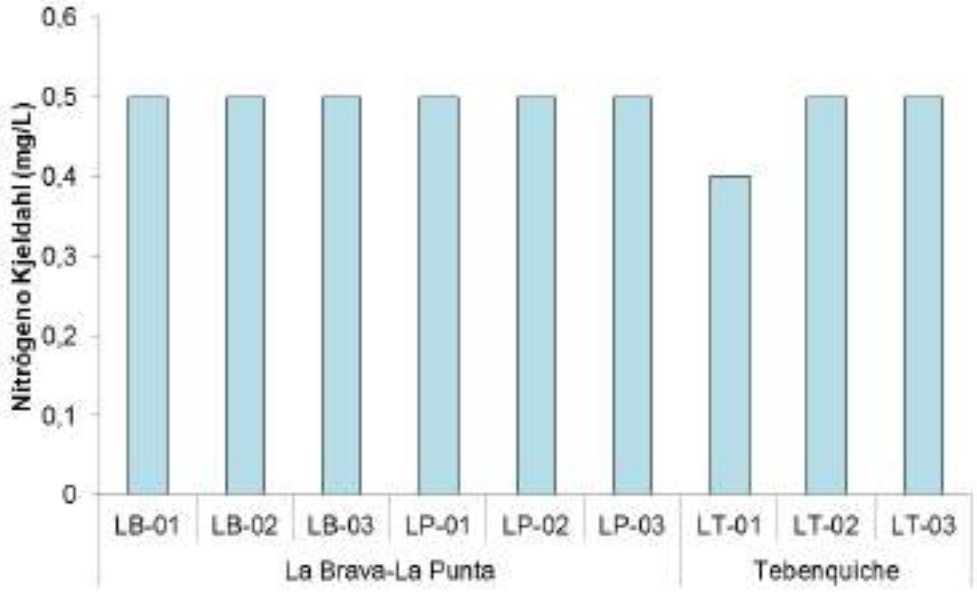


Figura 3.39 Nitrógeno Kjeldahl registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.14 Nitrógeno total

Las concentraciones de nitrógeno total en el sistema La Brava-La Punta, se presentaron entre 0,8 mg/L y 1,1 mg/L y entre 1 mg/L y 1,1 mg/L en la laguna Tebenquiche. Comparativamente, entre ambos sistemas, Tebenquiche presentó concentraciones levemente superiores a las registradas en La Brava-La Punta (Figura 3.40).

Ni la NCh1333 Of.78 ni el DS143 establecen valores referenciales de nitrógeno total para los distintos usos del agua. En La Brava-La Punta se presentaron valores de nitrógeno total dentro de los rangos de antecedentes previos, mientras que para Tebenquiche no se dispone de antecedentes bibliográficos o técnicos de nitrógeno total (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

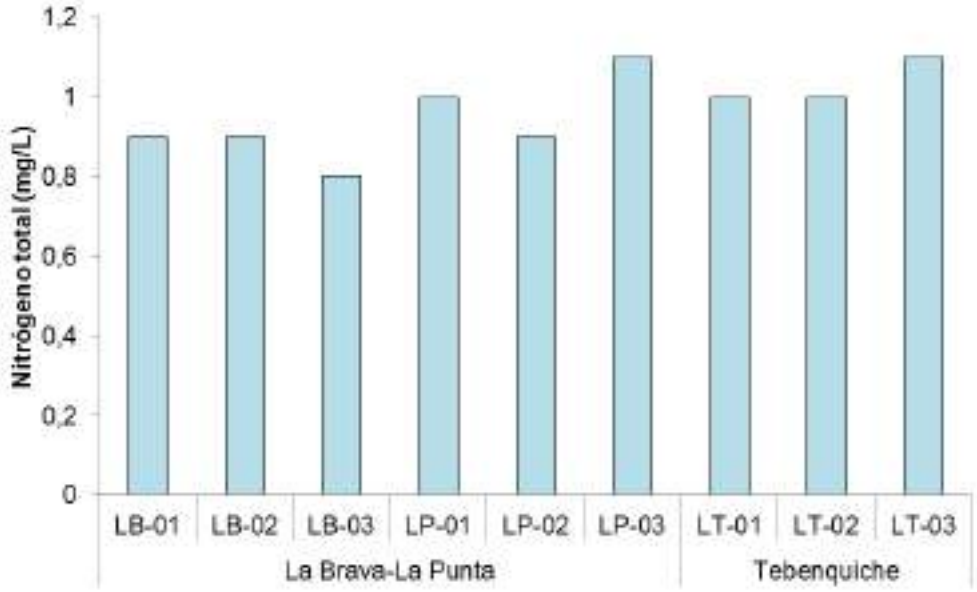


Figura 3.40 Nitrógeno total registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.15 Arsénico total

En La Brava-La Punta, las concentraciones de arsénico total se presentaron entre 1,21 mg/L y 2,85 mg/L, y en la laguna Tebenquiche se presentaron entre 1,95 mg/L y 4,23 mg /L. Entre los dos sistemas, en Tebenquiche se presentaron en general concentraciones de arsénico superiores a las registradas en La Brava-La Punta (Figura 3.41).

En ambos sistemas, los niveles de arsénico fueron superiores a los límites establecidos en las normas de referencia, NCh1333 Of.78 para uso en riego (0,1 mg/L), y en el DS 143 para uso recreativo con contacto directo (0,11 mg/L). Para La Brava-La Punta no se dispone de datos de antecedentes de arsénico en su fracción total, solamente en la fracción disuelta, pero para Tebenquiche, durante la campaña de primavera 2016, se presentaron valores en general superiores a los reportados anteriormente en la literatura científica (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

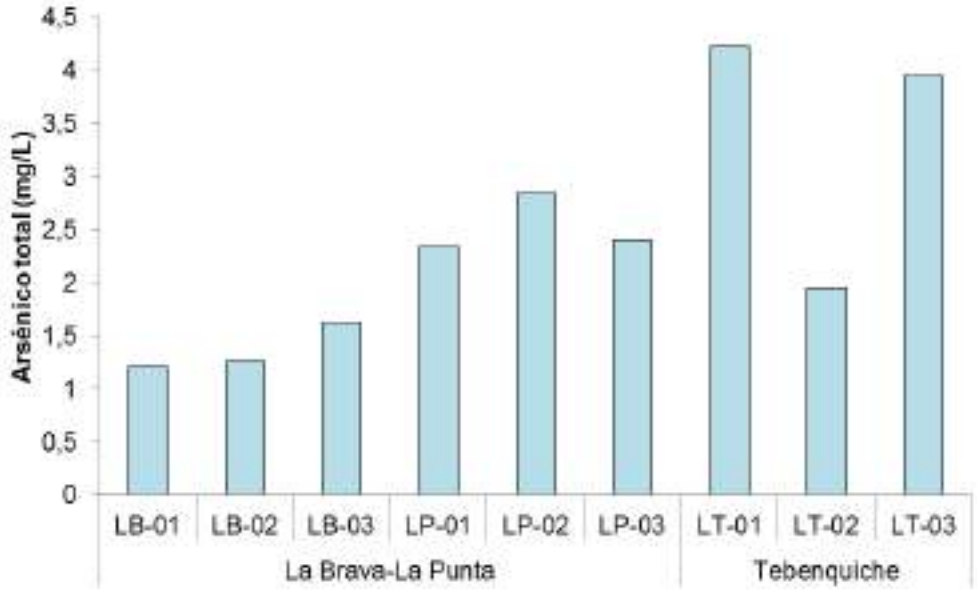


Figura 3.41 Arsénico disuelto registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.16 Bicarbonato

Las concentraciones de bicarbonato registradas por CEA, se presentaron entre 263 mg/L y 335 mg/L en el sistema La Brava-La Punta, mientras que en la laguna Tebenquiche se presentaron valores de bicarbonato entre 853 mg/L y 1029 mg/L. En Tebenquiche las concentraciones de bicarbonato fueron superiores a las registradas en el sistema La Brava-La Punta (Figura 3.42).

Ninguna de las dos referencias utilizadas (NCh1333 Of.78 y DS 143 presentan valores de bicarbonato para los distintos usos del agua. En cuanto a la comparación con los antecedentes previos, en el sistema La Brava-La Punta se presentaron valores de bicarbonato dentro de los rangos reportados previamente, y en Tebenquiche, las concentraciones de bicarbonato fueron superiores en la campaña analizada por CEA respecto del único dato de que se dispone de bicarbonato en esta laguna (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

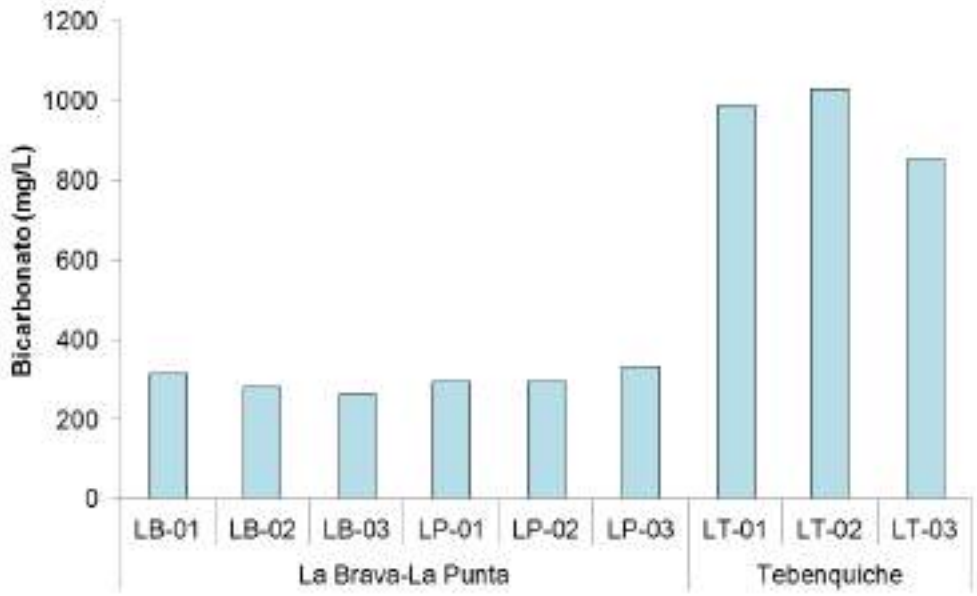


Figura 3.42 Bicarbonato registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.17 Calcio total

Durante la campaña de primavera de 2016, desarrollada por CEA, las concentraciones de calcio total se presentaron en La Brava-La Punta entre 195 mg/L y 355 mg/L, y en la laguna Tebenquiche se presentaron entre 335 mg/L y 415 mg/L. En rangos generales, la laguna Tebenquiche presentó concentraciones de calcio ligeramente superiores a las registradas en La Brava-La Punta (Figura 3.43).

Ni la NCh1333 Of.78 ni el DS 143 presenta límites referenciales de calcio para los distintos usos del agua. En el sistema La Brava-La Punta, los valores de calcio registrados en primavera 2016 se encontraron dentro de los rangos de antecedentes previos mientras que en Tebenquiche durante la campaña de primavera, los resultados analizados por CEA fueron ligeramente inferiores a los reportados por la literatura científica, siendo estos datos relativamente escasos (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

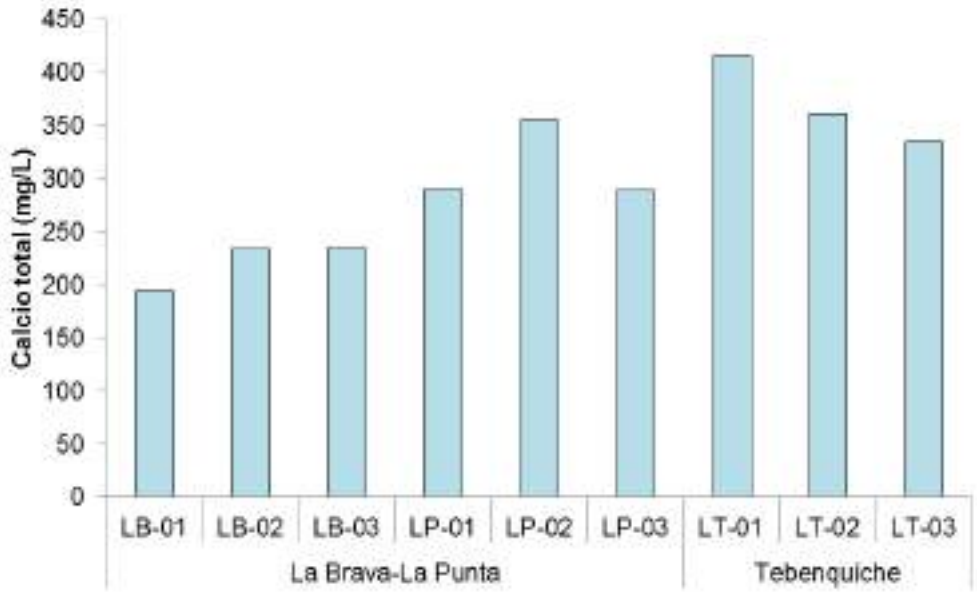


Figura 3.43 Calcio total registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.18 Carbonato

Durante la campaña de primavera 2016, las concentraciones de carbonato se presentaron entre 34 mg/L y 130 mg/L en el sistema La Brava-La Punta y en la laguna Tebenquiche, las concentraciones de carbonato fueron inferiores al límite de detección (<5 mg/L, en el gráfico se representó como el valor del límite mismo). En La Brava-La Punta, las concentraciones de carbonato fueron superiores a las registradas en la laguna Tebenquiche (Figura 3.44).

Ninguna de las dos referencias ambientales para definir los usos del agua (NCh1333 Of.78 ni el DS 143), establecen valores límite para carbonato. En el sistema La Brava-La Punta, se presentaron concentraciones en primavera dentro de los rangos de las concentraciones reportadas en los antecedentes técnicos, mientras que en la laguna Tebenquiche, durante la campaña de primavera, se presentaron valores inferiores al único valor reportado en la literatura científica (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

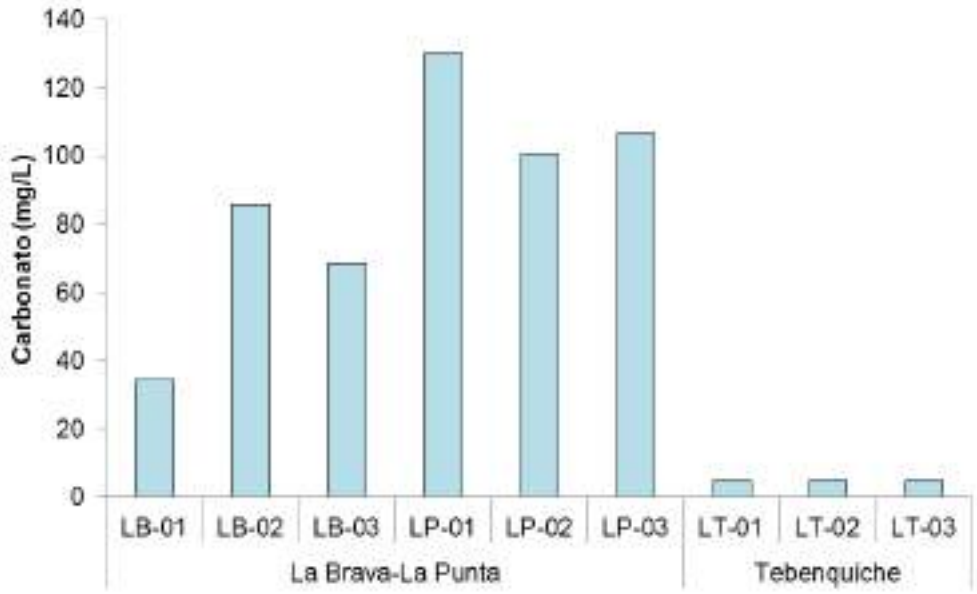


Figura 3.44 Carbonato registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.1.19 Sílice

Durante la campaña de primavera 2016 realizada por CEA, en La Brava-La Punta, se presentaron concentraciones de sílice entre 90 mg/L y 108 mg/L, y en la laguna Tebenquiche se presentaron valores entre 23 mg/L y 49 mg/L. En general, en La Brava-La Punta, las concentraciones de sílice fueron superiores a las encontradas en la laguna Tebenquiche (Figura 3.45).

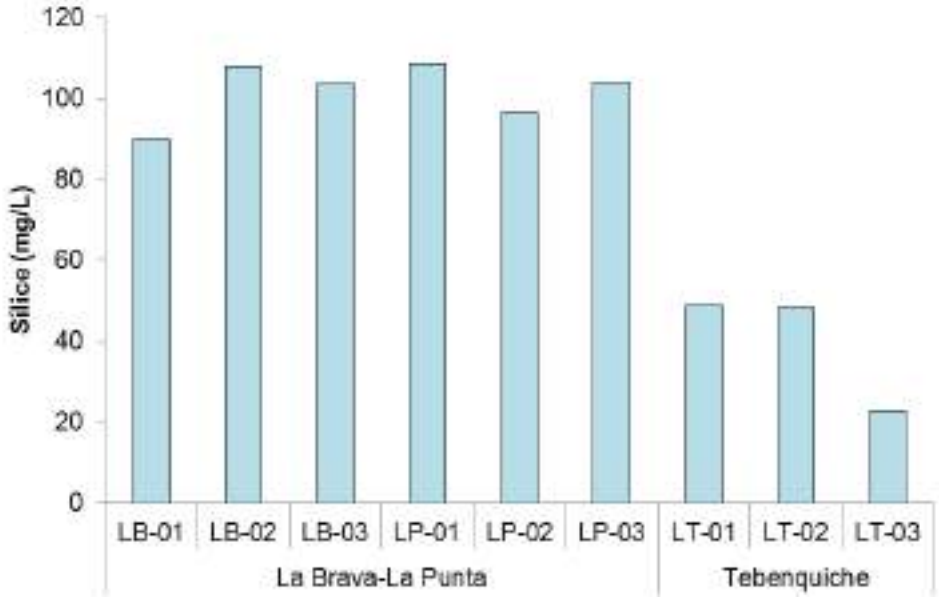


Figura 3.45 Sílice registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

Folio008536

3.2.2.2 Calidad química de sedimentos

A continuación se describen los resultados de calidad físico-química de sedimentos de la campaña de primavera 2016 en los sistemas La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Es necesario mencionar que las dos referencias normativas nacionales, solamente establecen valores límite para el uso del agua y no para los sedimentos, por tanto, los siguientes parámetros no serán comparados con normativa ambiental.

3.2.2.2.1 Potencial Redox

Los valores de potencial redox registrados en los sedimentos tanto de La Brava-La Punta como de la laguna Tebenquiche fueron en su totalidad negativos. En el sistema La Brava-La Punta, los valores de este parámetro se presentaron entre -166 mV y -28 mV, mientras que en la laguna Tebenquiche se presentaron valores comprendidos entre -144 mV y -43 mV (Figura 3.46).

En cuanto a la comparación con valores de potencial redox medidos en los sedimentos de La Brava-La Punta, durante esta campaña de primavera, se presentaron algunos valores fuera de dichos rangos. Sin embargo, es necesario destacar que solamente se dispone de datos en el EIA de RockWood, los cuales solamente corresponden a una campaña de muestreo. Para la laguna Tebenquiche no se dispone de datos previos de potencial redox en sedimentos (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

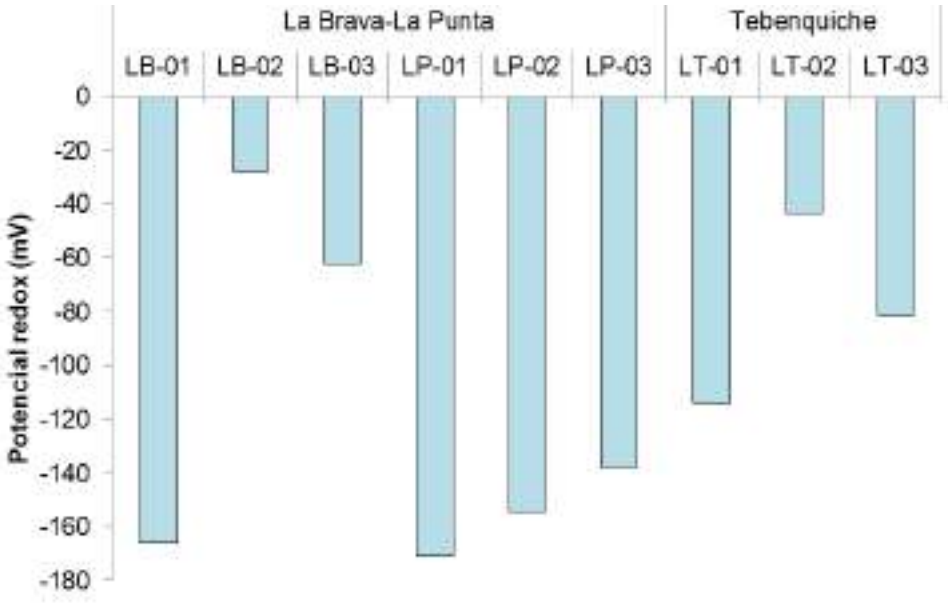


Figura 3.46 Potencial redox en sedimentos, registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.2.2 Fósforo total

Las concentraciones de fósforo total analizadas en los sedimentos se presentaron entre 44 mg/kg y 111 mg/kg en el sistema La Brava-La Punta y entre 64 mg/kg y 169 mg/kg en la laguna Tebenquiche. Comparativamente, Tebenquiche presentó concentraciones de fósforo total en sedimentos en general ligeramente más elevadas que La Brava-La Punta (Figura 3.47).

Folio008537

En La Brava-La Punta, se presentaron en general concentraciones superiores a los rangos registrados en estudios previos. El único antecedente con valores de fósforo total en sedimentos es el EIA de Rockwood, con una única campaña de muestreo en sedimentos. Para la laguna Tebenquiche no se dispone de datos previos de fósforo total en sedimentos (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

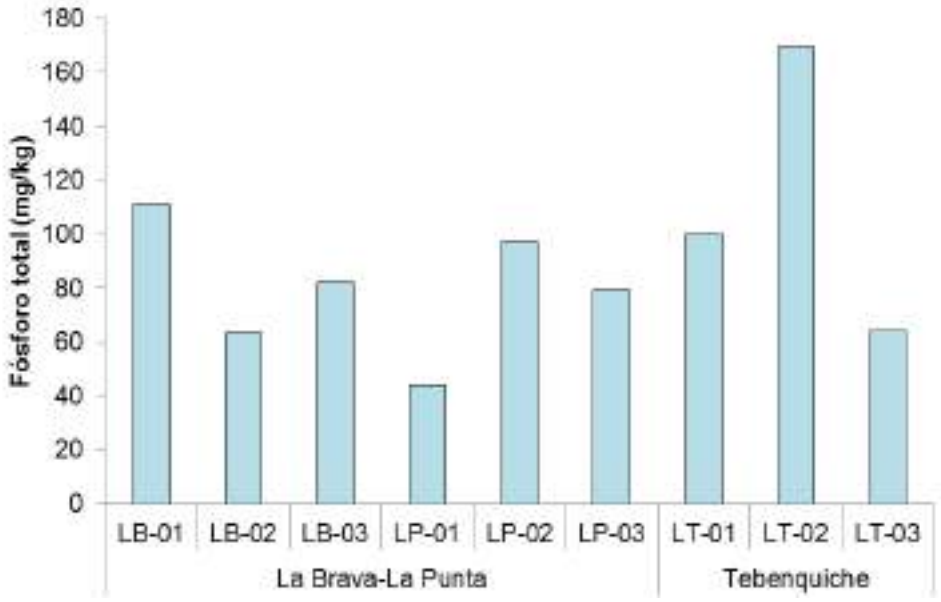


Figura 3.47 Fósforo total en sedimentos, registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.2.2.2.3 Nitrógeno Kjeldahl

Las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl en sedimentos durante la campaña de primavera 2016 se presentaron entre 46 mg/kg y 5311 mg/kg en La Brava-La Punta y entre 1394 mg/kg y 5543 mg/kg. En ambos sistemas se presentó una importante heterogeneidad en cuanto a las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl (Figura 3.48).

Respecto de la comparación con antecedentes previos de este parámetro, en La Brava-La Punta, se presentaron algunos valores inferiores al rango previo, aunque se debe tener en cuenta que solamente en el informe del EIA de RockWood se reportan resultados de nitrógeno Kjeldahl. Para la laguna Tebenquiche no se dispone de antecedentes de nitrógeno Kjeldahl en sedimentos (acápite 3.2.1.3 del presente informe).

Folio008538

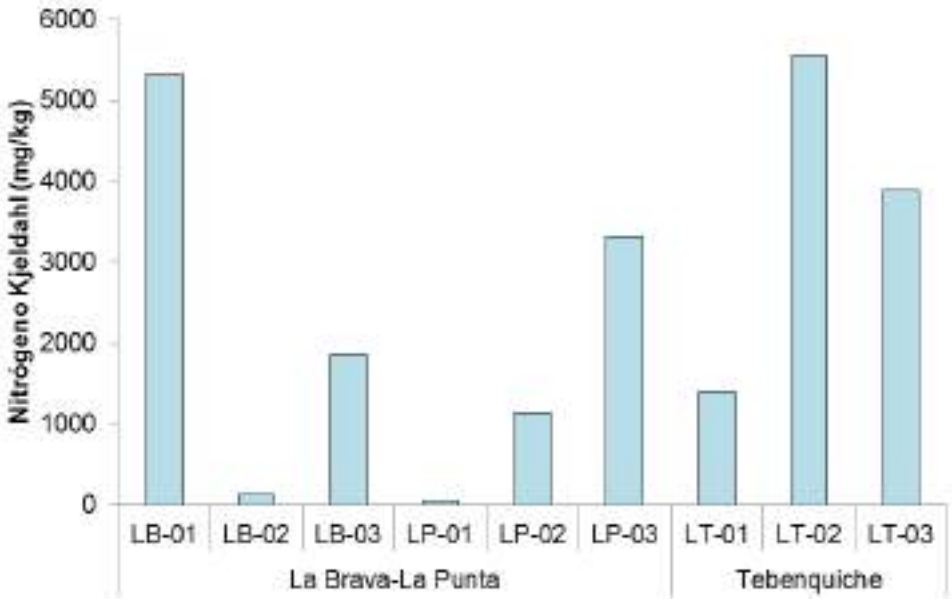


Figura 3.48 Nitrógeno Kjeldahl en sedimentos, registrado en el sistema lagunar La Brava-La Punta y la laguna Tebenquiche. Primavera 2016. *Fuente: Elaboración propia.*

3.3 Línea Base de microorganismos extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava.

En este capítulo se presentan los resultados de la línea base de microorganismos extremófilos de la laguna Tebenquiche y La Punta y La Brava.

Los ambientes extremos son definidos como hábitats que experimentan una exposición estable o fluctuante a uno o más factores del entorno, tales como, salinidad, osmolaridad, desecación, radiación UV, presión barométrica, pH, temperatura. Los microorganismos que colonizan los ambientes extremos son llamados extremófilos, y este grupo incluye representantes de los tres dominios (Bacteria, Archaea, y Eukarya); éstos son categorizados dentro de subgrupos de acuerdo a características específicas de sus ambientes, esto es, psicrofílicos, termófilos, halófilos, alcalófilos, acidófilos (Seufferheld et al., 2008).

Los Ecosistemas Microbianos Extremos Asociados a Minerales (EMEAM) son asociaciones de bacterias, Cianobacterias y Haloarqueas que se asocian, influyen o inducen la precipitación de minerales en lagunas, fuentes hidrotermales, fumarolas de volcanes y salares de la Puna. Incluyen tapetes microbianos, microbialitos (estromatolitos, oncolitos y leiolitos), biopelículas y endoevaporitas. Los EMAM pueden presentarse de diferentes formas:

- ***Biofilms:***

Están formados por una película de microorganismos adheridos a una superficie que produce productos orgánicos incluyendo el exopolisacárido, puede precipitar sales y acumular por adhesión, sustratos inorgánicos como arena y polvo (Figura 3.49A).

Folio008539

- ***Tapetes Microbianos:***

Son una estructura más compleja en la que divide las actividades metabólicas en forma estratificada en función de la disponibilidad de luz y O2. Los tapetes son comunidades microbianas multilaminadas, multidimensionalmente reticulados que incorporan detritus, minerales y materiales geoquímicos asociados incluyendo cristales. Cuando los tapetes microbianos empiezan a precipitar minerales como consecuencia de la actividad orgánica tenemos un microbialitos (Figura 3.49B).

- ***Microbialitos:***

Los microbialitos son depósitos que se forman como resultado de comunidades bentónicas que atrapan sedimentos detríticos y/o forman núcleos de precipitación mineral. La formación de microbialitos resulta de interacciones geoquímicas combinadas con litificación mediada por exopolímeros dominantes del tapete microbiano (Dupraz C et al., 2009) (Figura 3.49C). De acuerdo con la forma en que precipitan los minerales, los microbialitos pueden formar leiolitos, trombolitos o estromatolitos. A su vez los microbialitos pueden formar oncolitos que poseen una forma redondeada (como pelotas) producto del constante movimiento.

- ***Estromatolitos:***

Son estructuras laminadas sedimentarias de origen biológico que se forman por la unión, atrapado y cementación de partículas sedimentarias y son producidas por lo general por organismos fotótrofos productores de tapetes microbianos (Dupraz C & Visscher P, 2005). Los estromatolitos primitivos representan el mayor componente del registro fósil durante miles de millones de años, apareciendo por primera vez hace 3.500 millones de años. En la era del Precámbrico, los ambientes primitivos de la Tierra eran muy hostiles para albergar vida como la que conocemos hoy en día y los estromatolitos pudieron dominar la superficie de la tierra sin competencia. Fueron los grandes generadores de O_2 a lo largo de millones de años transformando el planeta en una ambiente con O_2 (planeta azul) y creando la capa de ozono. Su abundancia disminuyó drásticamente en el Fanerozoico (542 millones de años atrás) como consecuencia de la aparición de los eucariotas (Bertrand et al., 1994).

- ***Evaporitas:***

Son rocas sedimentarias que se forman por cristalización de sales disueltas en lagos y mares costeros donde un proceso de evaporación y precipitación rápida produce la precipitación de yeso como cristales de selenita (Babel, 2004). Asociados a estos minerales de yeso y halita habitan comunidades de microorganismos que se protegen de las condiciones adversas de los salares. La capacidad higroscópica que tiene el yeso y la capacidad de filtrar la radiación UV, crea un microambiente protegido del estrés osmótico de las variaciones de temperatura, y de los altos niveles de radiación UV; lo que lleva a los microorganismos a aprovechar este refugio a pocos milímetros debajo de la superficie de las rocas. La distribución de estas comunidades se da de la misma forma que en los tapetes y microbialitos: en forma estratificada de función del acceso a la luz y al O_2. Tal estilo de vida ofrece suficiente cantidad de nutrientes, humedad y protección para la supervivencia (Stivalleta N et al., 2011) y a estas comunidades se las llama endoevaporitas, que se pueden nombrar vulgarmente como ¨bioevaporitas¨ (Figura 3.49D).

Figura 3.49 Tipos de EMEAM encontrados en las lagunas bajo estudio. A) Biofilms B) Tapete microbiano C) Microbialitos D) Evaporitas. *Fuente: Elaboración propia.*

3.3.1 Condiciones Generales de las lagunas estudiadas

3.3.1.1 Laguna Tebenquiche

La laguna Tebenquiche ubicada al Norte del Salar de Atacama presenta diversos ecosistemas microbianos, tales como, biofilms, tapetes microbianos, fitomicrobialitos y evaporitas, siendo esta unidad la que predomina en la laguna (Figura 3.50).

Estos ecosistemas son sometidos a variaciones debido al cambio estacional del régimen hídrico. Su composición presenta una sucesión que comienza con los *biofilms*, una película continua que cubre la laguna somera, cuando los biofilms forman una estructura más compleja que divide las actividades metabólicas en forma estratificada tenemos un tapete microbiano. Los *tapetes microbianos* que se "inflan como globos" debido a la acumulación de gases, producto de la actividad orgánica que se da en la región inferior. A medida que aumenta la salinidad, se precipita el yeso y halita en estas estructuras, formando domos que presentan una clara estratificación de comunidades microbianas, cuando los tapetes microbianos empiezan a precipitar minerales como consecuencia de la actividad orgánica tenemos un microbialito. La formación de los *microbialitos* resulta de interacciones geoquímicas combinadas con litificación mediada por exopolímero de

Folio008541

cianobacterias dominantes del tapete microbiano. Los microbialitos poseen formas variadas que van desde domos sumergidos hasta estructuras con formas de "hongos". Los estudios de diversidad llevados a cabo con modernas tecnologías de pirosecuenciación indican la enorme diversidad microbiológica que albergan estas "rocas vivas". Por último existen las *evaporitas,* rocas sedimentarias que se forman por la cristalización de las sales disueltas en las lagunas.

Cabe señalar que si bien existen diversas comunidades de microorganismos extremófilos, como anteriormente se mencionó, la laguna Tebenquiche presenta un ambiente evaporítico predominante, el cual se caracteriza por que la evaporación supera el ritmo de aporte de agua, resultando en elevadas concentraciones de cationes y aniones, que son más altos que los ecosistemas oceánicos. Estas evaporitas están compuestas principalmente por yeso y halita (sal). Los microrganismos que habitan suelos salinos están expuestos a estrés osmótico entre otros, lo que los lleva a buscar refugio en las evaporitas.

Desde el punto de vista mineralógico, en esta laguna predomina la vía de las endoevaporitas de yeso. Estas estructuras se forman principalmente por procesos de precipitación y evaporación de aguas con alta conductividad. Los microorganismos habitan estas estructuras para refugiarse de la alta radiación, aprovechando de que el yeso mantiene la humedad.

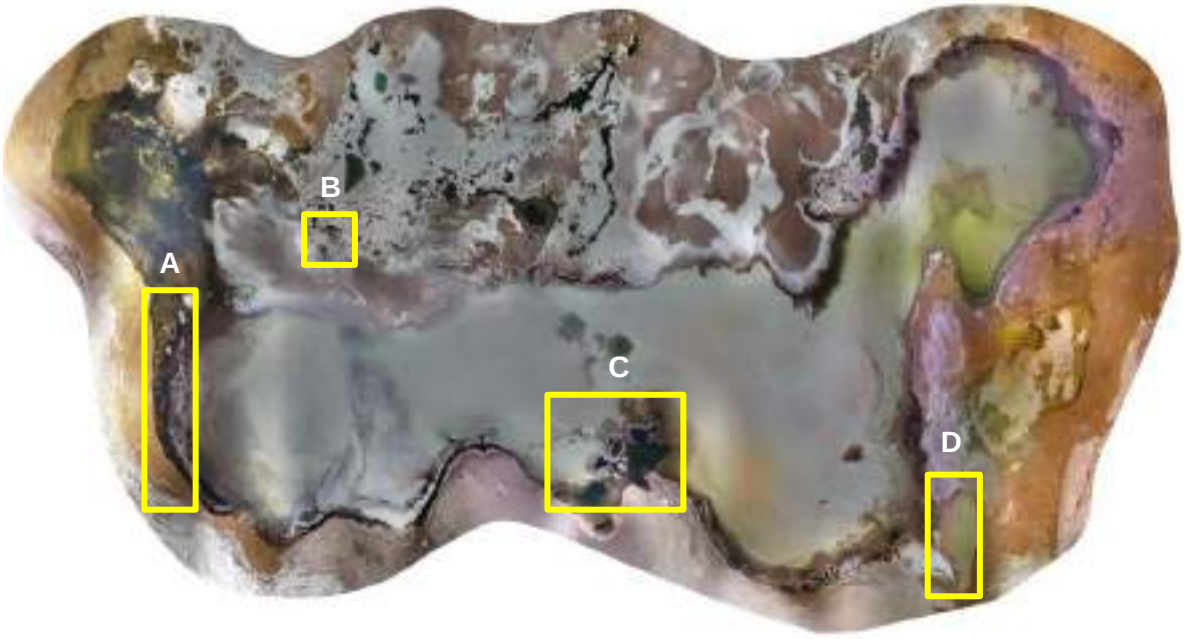


Figura 3.50 Laguna Tebenquiche y sus comunidades microbianas. A) Fitomicrobialitos, B) Biofilms, C) Evaporitas, D) Tapete Microbiano. *Fuente: Elaboración propia.*

Figura 3.51 Detalle a distintos niveles de las comunidades microbianas presentes en la Laguna Tebenquiche. *Fuente: Elaboración propia.*

Folio008543

3.3.1.1.1 Biodiversidad Microbiana

En esta laguna las comunidades predominantes son las evaporitas y en menor proporción los tapetes microbianos. Ambas comunidades presentan una diversidad microbiana importante, siendo los tapetes microbianos los que presentan una biodiversidad mayor, tal como se observa en la Figura 3.52 y Figura 3.53 (Farías ME et al., 2014).

En general, los tapetes microbianos poseen una predominancia de los phyla Bacteroidetes (39%) y Proteobacterias (21%) y en menor cantidad se detectaron los phyla Spirochaetes (9%), Firmicutes (3%), Verrucomicrobia (3%), Chloroflexi (3%) y Planctomycetes (2%), Sin Clasificación (9%) y Otros (14%) (Figura 3.52) (Farías ME et al., 2014).

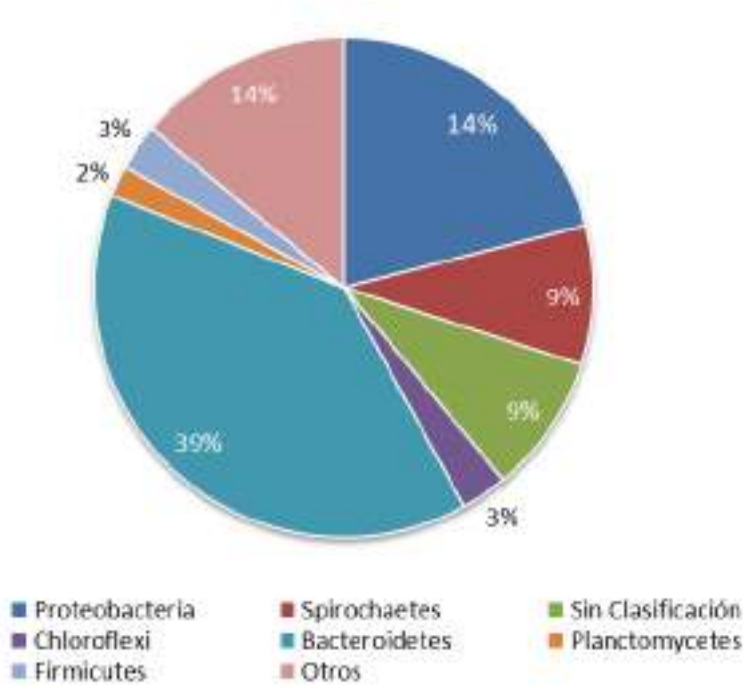


Figura 3.52 Biodiversidad microbiana de tapetes microbianos en la laguna Tebenquiche. *Elaboración propia con datos de Farías ME et al., 2014.*

Por otra parte, las evaporitas poseen una predominancia de los phyla Bacteroidetes (49%) y Proteobacterias (43%) y en menor cantidad otros phyla (5%) y Sin clasificación (3%) (Figura 3.53) (Farías ME et al., 2014).

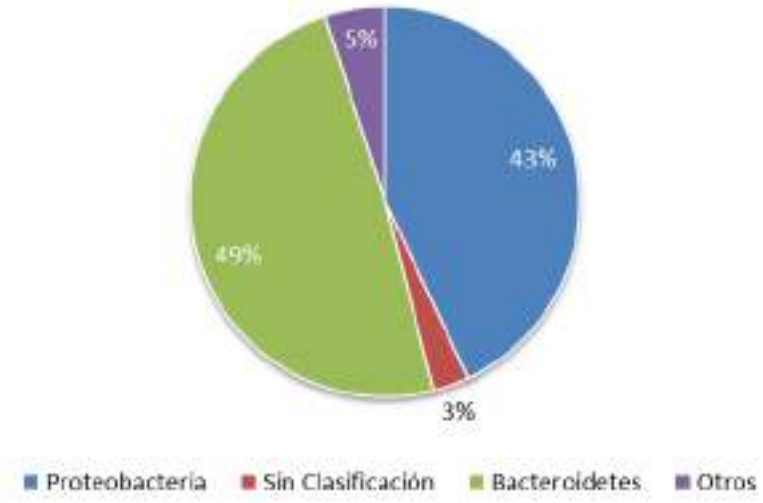


Figura 3.53 Biodiversidad microbiana de evaporitas en la laguna Tebenquiche.
Elaboración propia con datos de Farías ME et al., 2014.

3.3.1.2 Lagunas La Punta y La Brava

Las lagunas La Punta y La Brava ubicadas al Sur del Salar de Atacama presentan diversos ecosistemas microbianos, tales como, biofilms, tapetes microbianos y oncolitos, siendo esta unidad la que predomina en las lagunas (Figura 3.55).

Estos ecosistemas son sometidos a variaciones debido al cambio estacional del régimen hídrico. Las lagunas La Punta y La Brava presentan una predominancia en la formación microbiana llamada oncolitos, los *oncolitos* son microbialitos con forma redondeada (como pelotas) producto del constante movimiento (Figura 3.54). Luego en menor cantidad pero no menos importante se encuentran los *biofilms*, una película continua que cubre la laguna somera y los *tapetes microbiano* que se "inflan como globos" debido a la acumulación de gases, producto de la actividad orgánica que se da en la región inferior. A medida que aumenta la salinidad, se precipita el yeso y halita en estas estructuras, formando domos que presentan una clara estratificación de comunidades microbianas.

Figura 3.54 Oncolitos presentes en el sistema de lagunas La Punta y La Brava.

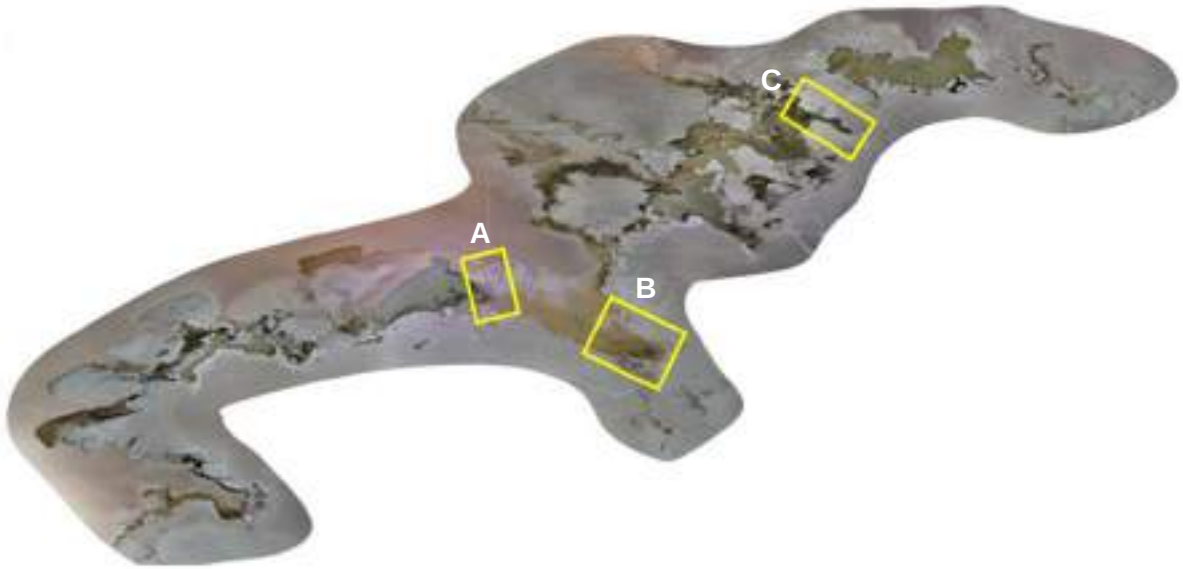


Figura 3.55 Lagunas La Punta y La Punta y sus comunidades microbianas. A) Tapetes Microbianos, B) Biofilms, C) Oncolitos. *Fuente: Elaboración propia.*

El sistema de lagunas La Punta y La Brava presenta un gradiente característico de salinidad que resulta de la entrada y evaporación del suelo y/o del agua superficial. A lo largo de los gradientes de salinidad, se desarrollan diferentes ecosistemas microbianos, a lo largo de la orilla de las lagunas, donde existe un elevado nivel de salinidad, se encuentran los tapetes microbianos. Mientras que los oncolitos se encuentran sumergidos en las lagunas donde prevalece una salinidad inferior (Farías ME et al., 2014).

Desde el punto de vista mineralógico, en estas lagunas predomina la vía de los microbialitos de carbonato de calcio, el cual se forma por la acción microbiana que mediante la fotosíntesis, inducen la precipitación de carbonato de calcio.

3.3.1.2.1 Biodiversidad Microbiana de la laguna La Brava

En la laguna La Brava, los oncolitos (microbialitos) son las comunidades predominantes y en menor proporción están los tapetes microbianos. Ambas comunidades presentan una diversidad microbiana importante, siendo los microbialitos (oncolitos) los que presentan una biodiversidad mayor, tal como se observa en las Figura 3.56 y Figura 3.57 (Farías ME et al., 2014).

En general, los tapetes microbianos poseen una predominancia de los phyla Proteobacterias (22%) y Thermi (18%) y en menor cantidad se detectaron los phyla Spirochaetes (12%), Sin Clasificación (12%), Otros (10%), Chloroflexi (8%), Verrucomicrobia (6%), Planctomycetes (6%) y Bacteroidetes (6%) (Figura 3.56) (Farías ME et al., 2014).

Folio008546

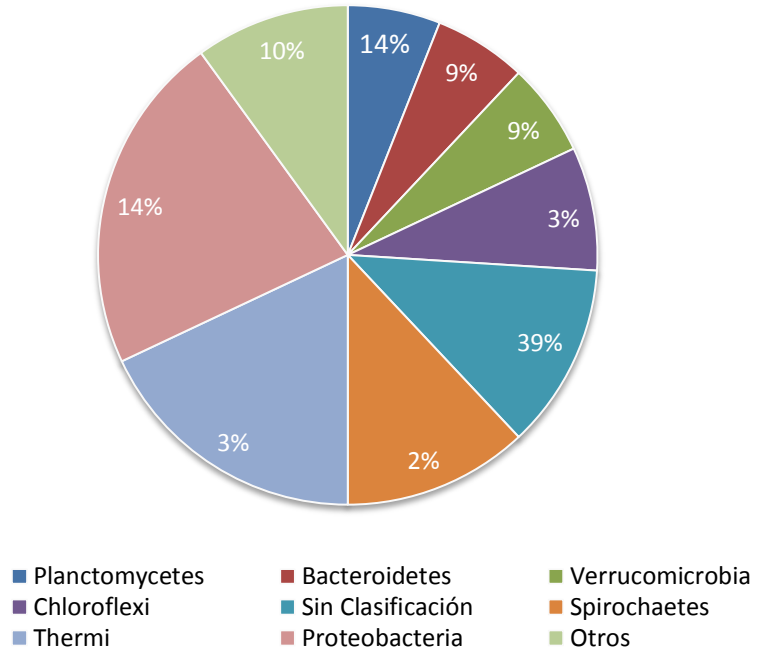


Figura 3.56 Biodiversidad microbiana de tapetes microbianos en la laguna La Brava.
Elaboración propia con datos de Farías ME et al., 2014.

Por otra parte, los microbialitos (oncolitos) poseen una predominancia del phyla Proteobacterias (42%) y en menor cantidad se detectaron los phyla Verrucomicrobia (13%), otros (11%), Chloroflexi (8%), Sin clasificación (7%), ZB2 (4%), Chlamydiae (4%), Bacteroidetes (4%), Thermi (4%), Planctomycetes (3%) (Figura 3.57) (Farías ME et al., 2014).

Folio008547

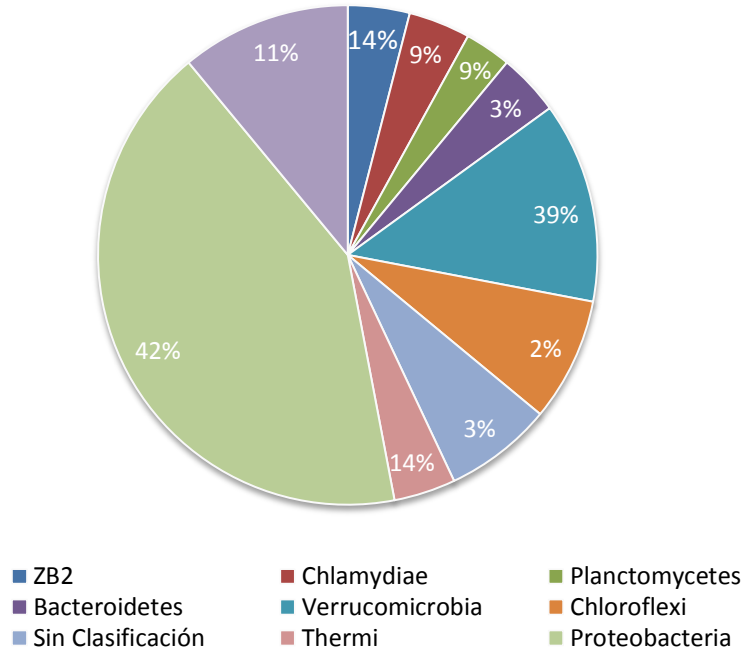


Figura 3.57 Biodiversidad microbiana de microbialitos (oncolitos) en la laguna La Brava. *Elaboración propia con datos de Farías ME et al., 2014.*

3.3.2 Caracterización de los estratos de las formaciones microbianas presentes en las lagunas bajo estudio.

Como se mencionó anteriormente, los sistemas microbianos de Tebenquiche presentan estructuras en formas de domos de yeso que se forman principalmente por evaporación, las cuales se conocen como evaporitas. En estas estructuras se desarrollan una enorme diversidad microbiana que se estratifica en función de la luz y el oxígeno en una forma similar a la estratificación que se da en los estromatolitos y tapetes microbianos.

La estratificación de las evaporitas consiste en una región superior capa clara (amarilla o blanca) donde se ubican bacterias resistentes a las radiaciones ultra violeta y que están en contacto con el agua, en la capa verde se suelen ubicar las comunidades que realizan fotosíntesis con O2 por lo general cianobacterias, diatomeas y bacterias heterótrofas aerobias que consumen lo que producen las bacterias autótrofas. Le sigue una capa rosa o púrpura donde se ubican las bacterias purpuras del azufre y purpuras no del azufre, que son organismos anaerobios o microaerófilos (requieren niveles de oxígeno menores a los que hay en la atmosfera) y están asociados a ambientes con presencia de Azufre (Figura 3.58).

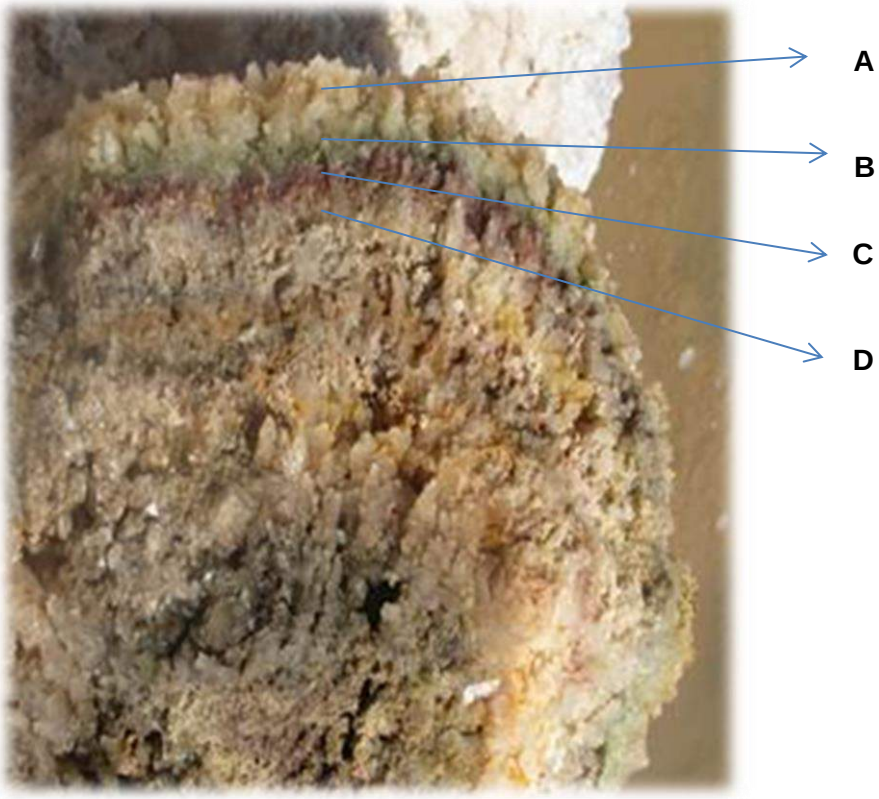


Figura 3.58 Corte Transversal de Evaporita presente en la laguna Tebenquiche. A) Capa Amarilla o Blanca, B) Capa Verde, C) Capa Púrpura o Rosada, D) Capa Marrón.

En general se observa una clara estratificación de la diversidad. En la capa superior (amarilla o blanca) se ubican una supremacía mayoritaria de Proteobacterias entre las que predominan las Delta Proteobacteria con presencia menor de Alfa y Gama. Le siguen en abundancia las Spirochaetas, los Firmicutes (Clostridia) y el grupo no cultivado Hyd24-12. Entre los órdenes de Delta Proteobacterias se observan bacterias reductoras de Sulfato: Syntrophobacterales. En la capa siguiente (verde) se observa una clara predominancia de Bacteroidetes (Sphingobacteria) y el grupo de las bacterias púrpuras no del Azufre del orden Rhodospirillales (Alfa Proteobacterias). La capa rosada o púrpura se encuentra dominada por diferentes grupos, observandose al Phylum Firmicutes (clase Clostridia) con el orden Natranaerobiales, un grupo de microorganismos típicos de ambiente extremos: termofílicos, alcalofilicos, halófilos, y Halanaerobiales. La capa Inferior (Marrón) tiene también una distribución de la diversidad donde no existe una predominancia clara y predominan los grupos no cultivados. De esta forma se observa el Phylum Firmicutes (Clase Clostridia Orden Natranaerobiales), una baja proporción de ordenes de Gama (orden Chromatiales) y Alfa Proteobacterias (orden Syntrophobacterales).

3.4 Descripción de los servicios ecosistémicos que proveen las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava y sus principales amenazas.

Los servicios ecosistémicos se definen como "los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas". Los humedales proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar humano, como pescado y fibras, abastecimiento y purificación de agua, regulación del clima, control de las inundaciones,

Folio008549

protección de costas, oportunidades de recreación y turismo, entre otros (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Según lo planteado por el International Water Management Institute (2014) y por Burkhard *et al*. (2009), los servicios ecosistémicos se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: servicios de provisión, servicios de regulación, servicios culturales y servicios de apoyo.

- Servicios de provisión: Estos servicios corresponden a la producción de bienes, tales como pescados y mariscos, madera y precursores de muchos productos industriales y farmacéuticos, pudiendo aportar de forma importante a la economía.

- Servicios de regulación: Corresponden a beneficios obtenidos de la regulación de procesos ecológicos, tales como la purificación del agua y la regulación del clima.

- Servicios culturales: Los humedales proporcionan importantes beneficios estéticos, educacionales, culturales y espirituales, así como una amplia gama de oportunidades para la recreación y el turismo.

- Servicios de apoyo: Estos servicios apoyan y son necesarios para la existencia de todos los demás servicios ecosistémicos, por lo que su preservación es fundamental. También se les llama servicios de hábitat.

Los diferentes tipos de servicios pueden estar estrechamente vinculados. Por ejemplo, los servicios de provisión pueden estar vinculados con los servicios culturales, donde las personas atribuyen valor espiritual a los productos que se obtienen de los humedales (IWMI, 2014).

La degradación y desaparición de humedales es más rápida que la experimentada por otros ecosistemas, por lo que es prioritario que al momento de tomar decisiones que afecten directa o indirectamente a los humedales se considere la gama completa de beneficios y valores que otorgan los diferentes servicios ecosistémicos de humedales (EM, 2005).

3.4.1 Servicios Culturales

3.4.1.1 Turismo Recreativo

Los ecosistemas naturales tienen un valor importante para el descanso, la relajación y recreación en general. A través de las cualidades estéticas y la variedad casi ilimitada de paisajes, el entorno natural ofrece muchas oportunidades para actividades recreativas, como caminar, senderismo, camping, pesca, natación y estudio de la naturaleza, entre otros (Groot et al., 2002).

La laguna Tebenquiche posee un alto grado de valoración natural, científica y cultural. Actualmente se encuentra administrado por la comunidad de Coyo, quienes frente al aumento de visitantes y con el propósito contribuir a la conservación y generar un turismo sustentable de este ecosistema implementaron senderos delimitados, áreas específicas de estacionamiento vehicular y caminos a miradores turísticos, no así en la laguna La Punta y La Brava, donde solo se desarrolla el Turismo Científico.

Folio008550

Figura 3.59 Nuevos senderos de acceso a la laguna Tebenquiche. *Fuente: Municipalidad de San Pedro de Atacama.*

Esta política de senderización implementada en el acuífero, es reacción directa frente a una de las amenazas identificadas en el acápite 2.1.3 que dice relación con la existencia de caminos irregulares de acceso al sistema. Los caminos irregulares pueden afectar el servicio de Turismo Recreativo debido a que impide llevar un seguimiento de la tasa de visitantes, y por lo tanto, tomar medidas tendientes que apunten a un turismo sustentable.

3.4.1.2 Turismo Científico

El turismo científico se puede definir como un segmento del turismo de intereses especiales, donde los productos se coordinan con el desarrollo de conocimientos científicos, generando oportunidades de apoyo para las investigaciones, así como transferencia de conocimientos al público no especialista. En este concepto se busca potenciar el desarrollo regional a través del complemento entre la ciencia y el turismo.

Considerando lo anterior, se realizó la búsqueda de evidencias (literatura, publicaciones científicas, noticias) que permitieran confirmar que en ambos sistemas se realiza turismo científico. Como resultado de lo anterior, se halló información referida a la presencia de microorganismos extremófilos en ambas lagunas, tanto en la laguna Tebenquiche como en la laguna La Punta y La Brava. (Figura 3.60, Figura 3.61).

La extracción de recursos hídricos (salmuera y agua dulce) que ejecutan las industrias mineras en el lugar, y la falta de una regulación severa para acceder al acuífero, afectarían indirectamente este servicio. Estas amenazas incidirían en la vulnerabilidad de los microorganismos que habitan en esta zona y que son el foco de las investigaciones e interés en este tipo de servicio ecosistémico.

La laguna Tebenquiche posee un alto interés científico, dada las características biológicas y químicas que en ella existe, dentro de la cuenca del salar de Atacama. Por mencionar algunas, a modo de ejemplo se muestran las siguientes publicaciones científicas y de difusión científica en la materia:

- Zúñiga, L. R., Campos, V., Pinochet, H., & Prado, B. (1991). A limnological reconnaissance of Lake Tebenquiche, Salar de Atacama, Chile. *Hydrobiologia*, *210*(1-2), 19-24.

- Demergasso, C., Escudero, L., Casamayor, E. O., Chong, G., Balagué, V., & Pedrós-Alió, C. (2008). Novelty and spatio–temporal heterogeneity in the bacterial diversity of hypersaline Lake Tebenquiche (Salar de Atacama).*Extremophiles*, *12*(4), 491-504.

- Lizama, C., Monteoliva-Sánchez, M., Suárez-García, A., Roselló-Mora, R., Aguilera, M., Campos, V., & Ramos-Cormenzana, A. (2002). Halorubrum tebenquichense sp. nov., a novel halophilic archaeon isolated from the Atacama Saltern, Chile. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, *52*(1), 149-155.

- Prado, B., Lizama, C., Aguilera, M., Ramos-Cormenzana, A., Fuentes, S., Campos, V., & Monteoliva-Sánchez, M. (2006). Chromohalobacter nigrandesensis sp. nov., a moderately halophilic, Gram-negative bacterium isolated from Lake Tebenquiche on the Atacama Saltern, Chile. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, *56*(3), 647-651.

El estudio de los humedales para enfrentar el **cambio climático**

2 MIL

2013

Figura 3.60 Reportaje en diario El Mercurio de Calama sobre la importancia de los humedales altoandinos, agosto 2016. *Fuente: El Mercurio de Calama.*

Figura 3.61 Taller de educación ambiental al aire libre realizado en la laguna Tebenquiche, octubre 2016. *Fuente: Sitio web del Gobierno de Chile.*

3.4.2 Servicios de Apoyo o Soporte

Este servicio, por ser un servicio de apoyo (o hábitat), es necesario para la existencia de los demás servicios ecosistémicos.

3.4.2.1 Biodiversidad

Dentro de la cuenca del salar de Atacama, tanto la laguna Tebenquiche como el sistema de lagunas La Punta y La Brava poseen una biodiversidad de microorganismos extremófilos, similares a las condiciones extremas del planeta en tiempos primitivos.

En el marco de la actividad en educación ambiental, referida anteriormente, la Dra. María Eugenia Farías, (colaboradora experta del CEA) señaló que: *"la investigación ha permitido reportar en el Salar de Atacama "ecosistemas muy antiguos que se llaman tapetes microbianos y microbialitos (rocas vivientes). Es decir, se trata de los fósiles más antiguos del planeta; están hace 3.400 millones de años, crearon la capa de ozono y cuando el planeta no tenía oxígeno, captaron dióxido de carbono y liberaron oxígeno. Es decir, prepararon la Tierra para la vida. Estos se encuentran vivos aquí en el Salar de Atacama, las condiciones extremas de alcalinidad, salinidad, alta radiación ultravioleta, recrean las condiciones de la Tierra primitiva, entonces lo que aquí tenemos es una ventana hacia el pasado".*

Folio008553

La extracción de recursos hídricos que existe en la zona, afectaría en forma directa la biodiversidad de las lagunas de este servicio, ya que alteran algunos aspectos clave para la subsistencia de los organismos, como son los niveles freáticos de los acuíferos y los parámetros físico-químicos de los mismos.

3.4.3 Percepción de los actores locales

3.4.3.1 Reunión con la Comunidades locales

Los principales resultados de las reuniones con la Comunidades locales fueron las siguientes:

- **Comunidad de Peine**

- Servicios de Soporte: reconocen la biodiversidad de las lagunas como de alto valor y expresan su interés en protegerlas.

- Servicios Culturales: reconocen las lagunas como áreas con valor cultural ancestral. Además de reconocer su potencial para el turismo, incluyendo el sector de Tilopozo.

- Amenazas: Identifican dentro de las principales amenazas: i) extracción de agua superficial y subterránea, ii) habilitación de caminos para acceder a las lagunas, iii) implementación de señaléticas para demarcar sitios de monitoreo, iv) presencia de residuos sólidos.

En conclusión existe interés en proteger las lagunas, pero no conocen con precisión los alcances de las diferentes figuras de protección legal.

- **Comunidad de Coyo:**

- Servicios de Soporte: reconocen la biodiversidad de la laguna como de alto valor, y expresan su interés en protegerla bajo la figura de Santuario de la Naturaleza. Extendiendo incluso su iniciativa a Reserva de la Biosfera a escala del Salar.

- Servicios Culturales: reconocen la laguna como de alto valor turístico, están implementando una iniciativa de medicina ancestral y un centro de extensión científico con vocación para el turismo de baja intensidad. Aspectos culturales como las estancias, zonas de pastoreo y recolección de huevos de flamencos en la laguna.

- Amenazas: identifican dentro de las principales amenazas: i) extracción de agua subterránea y superficial, ii) crecimiento de San Pedro de Atacama, iii) turismo intensivo y iv) actividades de la minera no metálica, en particular su emplazamiento.

En conclusión existe interés en proteger la laguna, pero señalan que deben alcanzar acuerdos formales con la Comunidad Indígena de Solor para llevar a cabo la iniciativa de protección de la laguna.

3.4.3.2 Taller Participativo

Los talleres participativos permitieron verificar los servicios ecosistémicos antes mencionados e incorporar nuevas amenazas al sistema.

- **Comunidad de Coyo:**

- Servicios de Apoyo o Soporte: La biodiversidad de la laguna Tebenquiche como de alto valor, y expresan su interés en protegerla bajo la figura de Santuario de la Naturaleza, extendiendo incluso su iniciativa a Reserva de la Biosfera a escala del Salar.

- Servicios Culturales: Reconocen la laguna Tebenquiche como de alto valor turístico, están implementando una iniciativa de medicina ancestral y un centro de extensión científico con vocación para el turismo de baja intensidad. Generación de productos biotecnológicos. Aspectos culturales como las estancias, zonas de pastoreo, recolección de huevos de flamencos en la laguna, presencia y avistamiento de aves endémicas, y el relato de historias asociadas a Tebenquiche.

- Amenazas: Identifican dentro de las principales amenazas: i) Extracción de agua subterránea y superficial, ii) Crecimiento de San Pedro de Atacama, iii) Turismo intensivo, iv) Actividades de la minera no metálica, en particular su emplazamiento. Asimismo, la comunidad agregó nuevas amenazas: i) Control de población de perros asilvestrados y burros, ii) Quemas de pastizales; iii) Polvo en suspensión, iv) Producción de aguas servidas desde San Pedro de Atacama, v) Depósitos de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas de San Pedro de Atacama.

Figura 3.62 Taller Participativo con la Comunidad de Coyo. *Fuente: Elaboración propia.*

- **Comunidad de Peine:**

- Servicios de Soporte: reconocen la biodiversidad de las lagunas como de alto valor y expresan su interés en protegerlas.

- Servicios Culturales: reconocen las lagunas como áreas con valor cultural ancestral. Además de reconocer su potencial para el turismo, incluyendo el sector de Tilopozo.

- Amenazas: Identifican dentro de las principales amenazas: i) extracción de agua superficial y subterránea, ii) habilitación de caminos para acceder a las lagunas, iii) implementación de señaléticas para demarcar sitios de monitoreo, iv) presencia de residuos sólidos.

Adicionalmente, la Comunidad de Peine señala que en el sector de Tilopozo, zona vecina de las lagunas La Punta y La Brava, sus aguas son reutilizadas para el tratamiento del reumatismo y existe actividad ganadera.

Figura 3.63 Taller participativo con la Comunidad de Peine. *Fuente: Elaboración propia.*

Folio008556

3.4.4 Mecanismos para enfrentar las principales amenazas.

En la Tabla 3.27 se indican los principales mecanismos para enfrentar las amenazas.

Tabla 3.27 Mecanismos para enfrentar las principales amenazas. *Fuente: Elaboración propia.*

Nº	Amenazas	Mecanismos para enfrentarlas
1	Extracción de Agua	Planes de Contingencia
		Plan de Alerta Temprana del Titular
		Plan de Monitoreo
2	Accesos No controlados	Eliminar caminos informales
		Implementar un camino formal
3	Extracción de Salmuera	Planes de Contingencia
		Plan de Alerta Temprana del Titular
		Plan de Monitoreo
4	Polvo en Suspensión	Estabilización de los caminos con productos estabilizadores
		Limitación de la velocidad
5	Turismo Intensivo	Comunidades deben definir un plan de manejo
		Inscripción previa antes de visitar el lugar
		Definir capacidad de carga

3.5 Análisis cartográfico de las comunidades de microorganismos extremófilos en las lagunas Tebenquiche y La Brava y sus amenazas.

Los ecosistemas de aguas hipersalina, principalmente las lagunas presente en la Puna del Desierto de Atacama, son esenciales para la supervivencia de los microorganismos extremófilos, comunidades microbianas que predominaron en el planeta hace 3.500 millones de años atrás y donde en pocos lugares en el planeta se han descubiertos estos microorganismos.

3.5.1 Cartografía de las principales amenazas

Como se mencionó en el acápite 3.1.3, las principales amenazas detectadas para el área de estudio fueron las siguientes:

a) Extracción de Agua:

Se determinaron 88 derechos de agua subterráneos en la comuna de San Pedro de Atacama. De este universo, 70 derechos de agua (79,6%) se encontraron dentro de la cuenca del Salar con orientación este, noreste y sureste con respecto a la localización de las lagunas.

Para la laguna Tebenquiche, los pozos de extracción de agua más cercanos corresponden a los de la Minera Spencer S.A. (15 kilómetros), mientras que para las lagunas La Punta y La Brava, estos se localizan a 5 y 8 kilómetros aproximadamente, cuyos titulares son RockWood Lithium y Compañía Minera Zaldívar SpA, respectivamente.

Esta amenaza es trascendental, ya que, las empresas que operan en la cuenca del Salar de Atacama extraen aguas subterráneas en el sector, complejizando la disponibilidad del recurso en la Región, y es que la cuenca del Salar de Atacama constituye un complejo sistema interconectado de escurrimiento de aguas superficiales y subterráneas que alimentan vegas, bofedales, lagunas y salares, y representa la base de equilibrio de una profunda red de drenaje acuífero que da vida a oasis como Peine, Coyo, Toconao y Socaire, y otros poblados que ancestralmente han habitado este territorio.

b) Accesos No Controlados:

Visitar las lagunas mediante caminos informales es una amenaza que puede afectar en forma permanente numerosas zonas de la Comuna de San Pedro de Atacama, dañando de forma significativa la riqueza arqueológica y patrimonial de esta zona única.

c) Extracción de Salmuera:

Se determinaron la existencia de 28 pozos de extracción de salmuera perteneciente a la minera RockWood Lithium. Cabe señalar que SQM Salar S.A. también posee pozos de extracción pero no fue posible precisar las coordenadas exactas de estos pozos, dado que el titular no lo incluye en sus informes de monitoreo u otra instancia de conocimiento público.

Folio008558

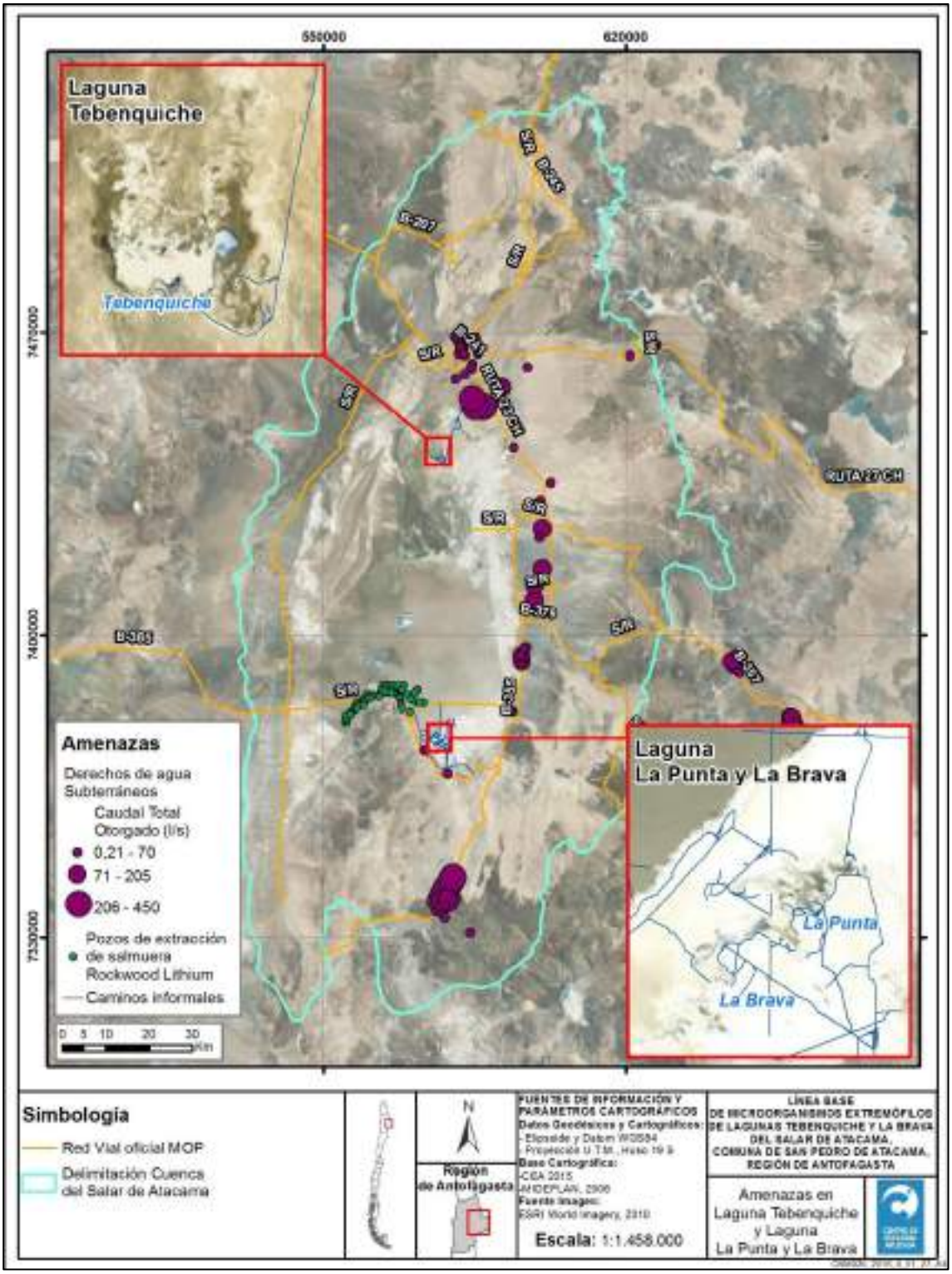


Figura 3.64 Principales amenazas presentes en el área de estudio. *Fuente: Elaboración propia.*

3.5.2 Cartografía de las comunidades microbianas

De acuerdo a las técnicas de teledetección a partir de una imagen área con RPAS, se detectó en la laguna Tebenquiche diversas formaciones microbianas, entre ellas, tapetes microbianos, fitomicrobialitos y endoevaporitas (Figura 3.65)

Según la Figura 3.65, la laguna presenta dos zonas bien demarcadas, zona oeste y este, donde predomina en mayor proporción los fitomicrobialitos y tapetes microbianos, respectivamente. En la zona norte y sur de la laguna existe una distribución heterogénea donde podemos encontrar en mayor proporción endo-evaporitas, tapetes microbianos y fitomicrobialitos. La zona central posee una concentración de sal producto de la evaporación del agua.

Por otra parte, las técnicas de teledetección a partir de una imagen área con RPAS, detectaron en el sistema lagunar La Punta y La Brava las siguientes formaciones microbianas, biofilms, tapetes microbianos, oncolitos y biofilms (Figura 3.66).

Según la Figura 3.66, el sistema lagunar La Punta y La Brava presenta un distribución heterogénea de las formaciones microbianas, donde los oncolitos son los ecosistemas predominante, seguido de los tapetes microbianos y biofilms.

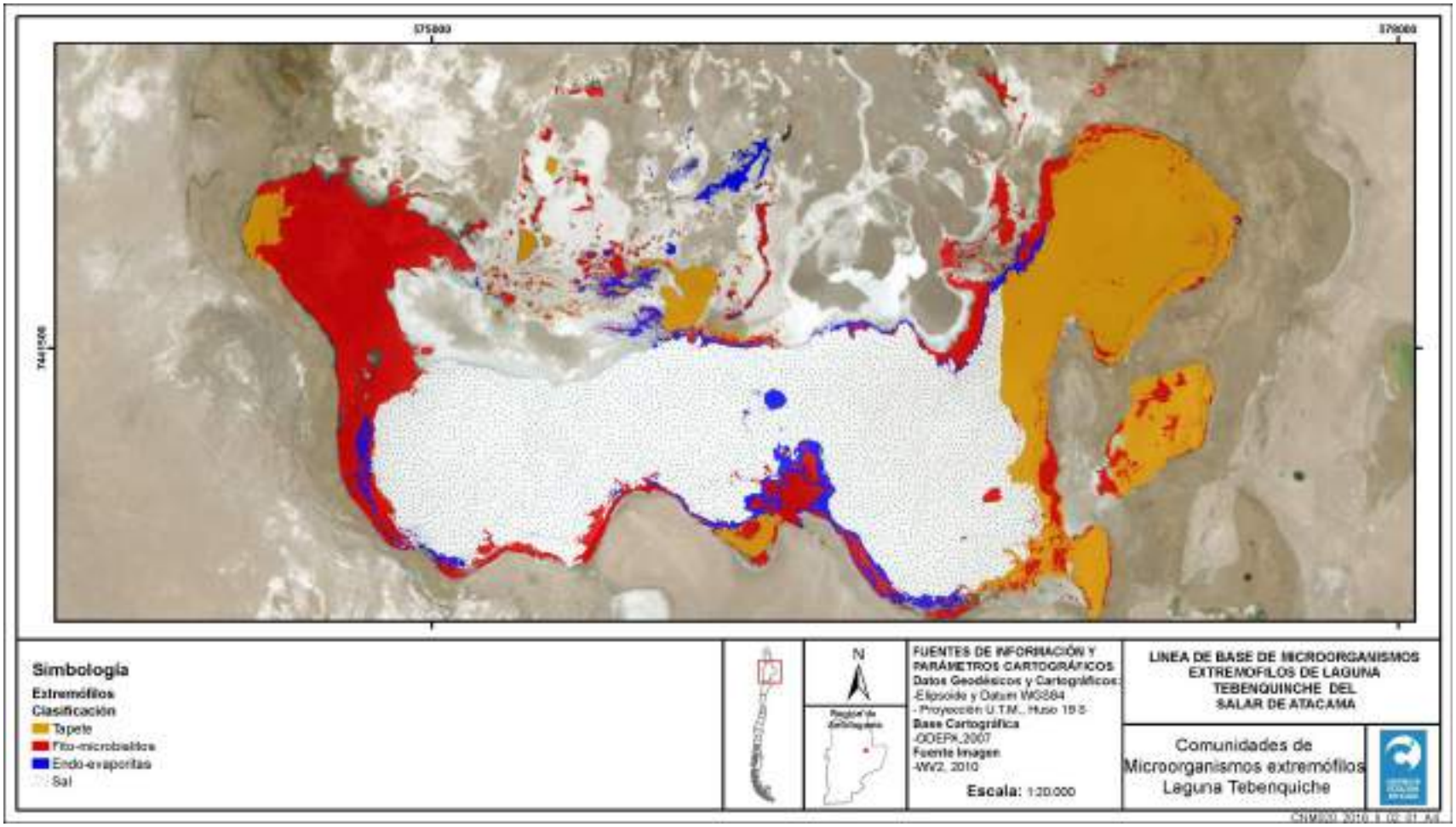


Figura 3.65 Comunidades microbianas presente en la laguna Tebenquiche. *Fuente: Elaboración propia con datos levantados en terreno.*

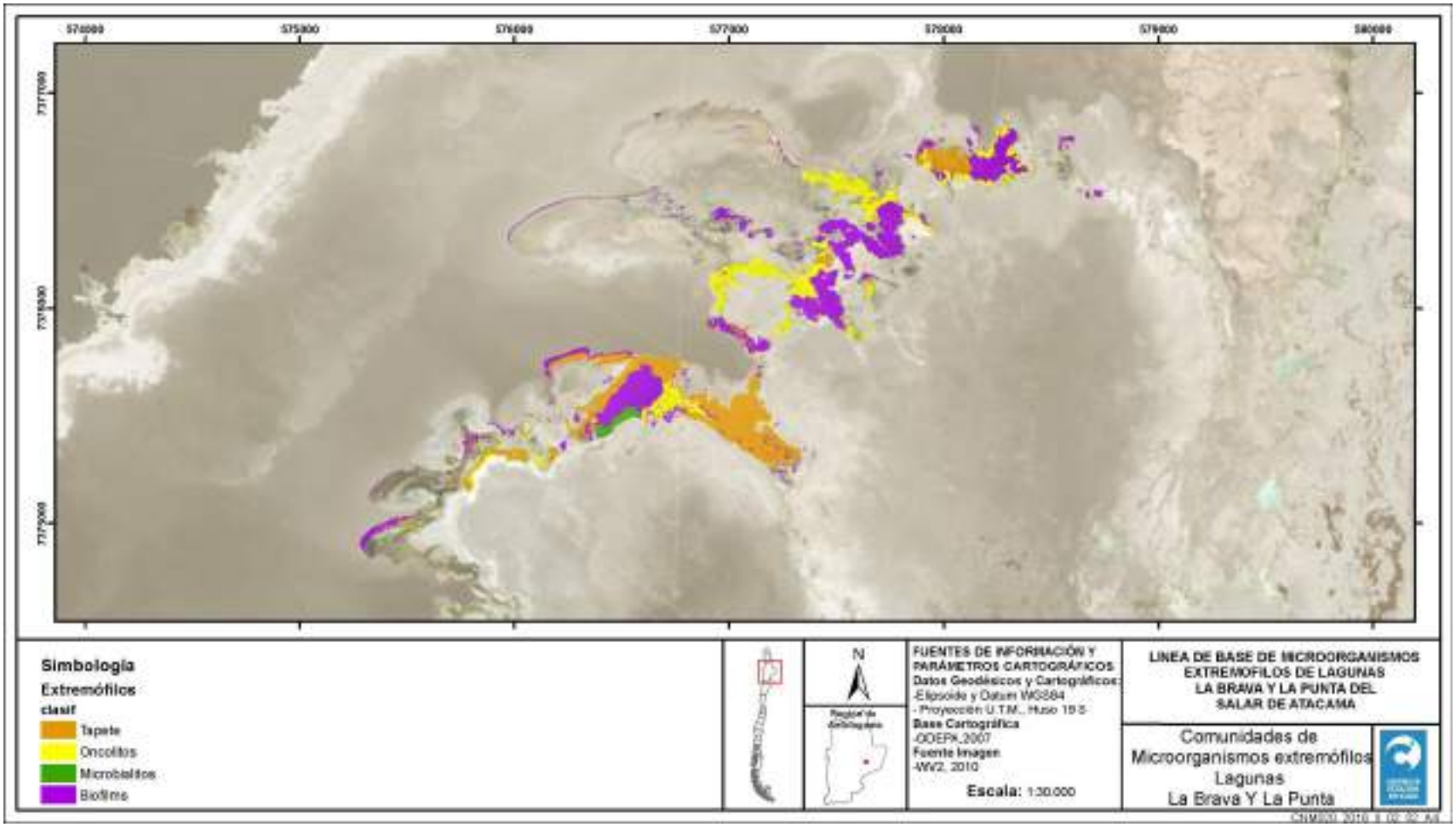


Figura 3.66 Comunidades microbianas presentes en el sistema lagunar La Punta y La Brava. *Fuente: Elaboración propia con datos levantados en terreno.*

Folio008562

3.6 Difusión de los resultados a nivel regional y local

En este capítulo se presentan los resultados de la difusión de los resultados a nivel regional y local del estudio "Línea Base de Microorganismos Extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava del Salar de Atacama, Comuna de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta.

3.6.1 Taller de Difusión Final

El jueves 22 de Diciembre de 2016, se realizó el taller de difusión final en la ciudad de San Pedro de Atacama, en el cual participaron comunidades locales, docentes, servicios públicos y autoridades.

El Taller presentó los siguientes aspectos:

- Recopilación y sistematización de la información utilizada en el estudio.
- Resultados del catastro de ecosistemas extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava.
- Resultados del levantamiento de presiones y/o amenazas.
- Resultados del levantamiento de servicios ecosistémicos.

En el Anexo 6.4 se adjunta la presentación en Power Point expuesta en el Taller de Difusión Final.

3.6.2 Guías de Difusión

Se generaron 2 Guías de Difusión sobre los microorganismos extremófilos presentes en la laguna Tebenquiche y las lagunas La Punta y La Brava, 250 ejemplares fueron impresos para su difusión.

En el Anexo 6.4 se adjuntan las Guías de Difusión para cada laguna bajo estudio.

Folio008563

CAPITULO 4: CONCLUSIONES

Folio008564

4 CONCLUSIONES

4.1 Recopilación y Sistematización de la Información

De acuerdo a la información recopilada y sistematizada proveniente de publicaciones científicas, informes técnicos, proyectos aprobados del SEIA, se puede concluir que en la comuna de San Pedro de Atacama, existen 55 proyectos aprobados por el SEIA, donde los principales titulares (empresas) son SQM Salar S.A. y RockWood Lithium. Asimismo, se pudo identificar y recopilar 140 artículos científicos referente a microorganismos extremófilos, donde 18 artículos pertenecen a la laguna Tebenquiche y sólo 6 artículos a la laguna La Brava, mientras que sólo 2 artículos técnicos están relacionados directamente con el sistema lagunar La Punta y La Brava.

4.2 Descripción Ambiental de las lagunas bajo estudio

De acuerdo a los resultados de la caracterización física y química de la columna de agua proveniente de antecedentes técnicos y científicos y la campaña de muestreo realizada en primavera 2016, se puede concluir que las condiciones abióticas en las que se presentan estos organismos extremófilos corresponden a aguas principalmente desde neutras a moderadamente alcalinas. Los rangos de temperatura que son capaces de soportar son amplios con importantes diferencias de temperatura estacional e incluso diarias. Las aguas contienen elevadas cantidades de sales disueltas, es decir, presentan elevados valores de conductividad, salinidad y sólidos totales disueltos. Además estas características son dinámicas y heterogéneas en el espacio y el tiempo, habiéndose presentado aguas desde hiposalinas hasta hipersalinas en estos sistemas. No obstante por lo general, mayoritariamente se trata de condiciones de hipersalinidad. Además se trata de aguas duras con elevadas concentraciones de carbonato de calcio y altas concentraciones de nutrientes en comparación con otros ecosistemas acuáticos interiores. En el sistema de lagunas La Brava- La Punta, la composición iónica predominante de las aguas es clorurada sódica. En ambos sistemas, se presentan elevadas concentraciones de los elementos boro, litio y arsénico. En lo que respecta a los sedimentos en general las condiciones son reductoras.

La información de características físicas y químicas de la columna de agua y los sedimentos de los cuerpos de agua donde se presentan este tipo de ecosistemas es escasa para el caso de la laguna Tebenquiche en comparación con la información disponible para las lagunas La Brava y La Punta. Este documento aporta información actualizada puntual sobre las condiciones abióticas a las que estos organismos son capaces de crecer y desarrollarse. Comparativamente entre La Brava y La Punta y Tebenquiche, esta última presenta condiciones de mayor salinidad y compuestos disueltos.

En cuanto a los usos en general, las aguas no se consideran aptas para riego ni para recreación con contacto directo para algunos parámetros (principalmente sólidos totales disueltos y conductividad) con algunas excepciones como el pH, temperatura, alcalinidad y turbidez. Solamente respecto a estos parámetros las aguas de las lagunas consideradas son aptas para recreación con contacto directo.

4.3 Línea base de microorganismos extremófilos

De acuerdo al resultado de la línea base de microorganismos extremófilos de las lagunas Tebenquiche y La Punta y La Brava, se puede concluir que la laguna Tebenquiche

Folio008565

presenta 4 formaciones microbianas, entre las cuales se encuentran, *biofilms*, *tapetes microbianos*, *fitomicrobialitos* y *evaporitas*, siendo esta última formación la que predomina. En el sistema lagunar La Punta y La Brava, por otra parte, se presentan 3 formaciones microbianas, entre las cuales se encuentran, *biofilms*, *tapetes microbianos* y *oncolitos*, siendo esta última formación la que predomina en el sistema lagunar.

4.4 Descripción de los servicios ecosistémicos y sus principales amenazas

De acuerdo a los resultados obtenidos de las reuniones y talleres participativos realizados con las Comunidades de Coyo y Peine, como también de la información obtenida de la literatura, se puede concluir que los principales servicios ecosistémicos se encuentran agrupados en los servicios culturales y servicio de apoyo o soporte. La laguna Tebenquiche posee como servicio cultural el turismo recreativo y el turismo científico, mientras que el sistema lagunar La Punta y La Brava, sólo posee como servicio cultural el turismo científico. Otro servicio que presentan ambas lagunas, es la Biodiversidad, servicio de apoyo o soporte que mantiene en equilibrio las lagunas y sus microorganismos que habitan en ellas. Las principales amenazas detectadas en estos ecosistemas fueron i) Extracción de agua, ii) Accesos no controlados, iii) Extracción de salmuera.

Folio008566

CAPITULO 5: REFERENCIAS

5 REFERENCIAS

ALBARRACÍN V., DIB J., ORDOÑEZ O., FARÍAS ME. (2010). A Harsh life to indigenous proteobacteria at the Andean Mountains: Microbial Diversity and Resistance Mechanisms Towards Extreme Conditions. Proteobacteria: Phylogeny, Metabolic Diversity and Ecological Effects.

ALBARRACÍN V., KURTH D., ORDOÑEZ O., BELFORE C., LUCCINI E., SALUM G., PIACENTINI R., FARIAS. (2015). High-Up: A remote reservoir of microbial Extremophiles in Central Andean Wetlands. Frontiers in Microbiology. 6:1404.

ALBRRACÍN V., GARTNER W., FARIAS ME. (2016). Forged Under the Sun: Life and Art of Extremophile from Andean Lakes. Photochemistry and Photobiology, 92: 14-28.

ARRIAGADA, C., CONNOLD, P.R., ROPERCH, P. (2006). Salar de Atacama basin: A record of compressional tectonics in the central Andes since the mid-Cretaceous. Tectonics, 25, 19.

BABEL, M. (2004). Models for evaporite, selenite and gypsum microbialite deposition in ancient saline basins. Acta Geol Pol 54:219 – 249.

BERTRAND-SARFATI, J., MONTY, C. (1994). Phanerozoic Stromatolites II. Springer Netherlands. ISBN: 978-94-011-1124-9 (Online)

BURKHARD, B., KROLL, F., MÙLLER, F., WINDHORST, W. (2009). Landscapes capacities to provide ecosystem services – a concept for Land-Cover based assessments. Landscape Online 15, 1-22. DOI:10.3097.

BULL A., BUSARAKAM K., TRUJILLO M., RIESCO R., SANGAL V., P.VAN WEZEL G., GOODFELLOW M. (2016). Modestobacter *caceresii sp*. nov., novel actinobacteria with an insight into their adaptive mechanisms for survival in extreme hyper-arid Atacama Desert soils. Systematic and Applied Microbiology 39: 243-251.

DAVIS, J.A., McGUIRE, M., HALSE, S.A., HAMILTON, D., HORWITZ, P., McCOMB, A.J., FROEND, R.H., LYONS, M., SIM, L. (2003). What happens when you add salt: predincting impacts of secondary salinization on shallow aquatic ecosystems by using alternative states model. Australian Journal of Botany 51, 715-724.

DE GROOT, R., WILSON, M., BOUMANS, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, *41*(3), 393-408.

DEMERGASSO C., CASAMAYOR E., CHONG G., GALLEGUILLOS P., ESCUDERO L., PEDROS-ALIO C. (2004). Distribution of prokaryotic genetic diversity in athalassohaline lakes of the Atacama Desert, Northern Chile. FEMS Microbiology Ecology 48: 57-69.

DEMERGASSO C., GALLEGUILLOS P., ESCUDERO L., ZEPEDA V., CASTILLO D., CASAMAYOR E. (2005). Molecular characterization of microbial populations in a low-grade copper ore bioleaching test heap. Hydrometallurgy, 80: 241-253.

DEMERGASSO C., ESCUDERO L., CASAMAYOR E., CHONG G., BALAGUÉ V., PEDRÓS-ALIÓ C. (2008). Novelty and spatio-temporal heterogeneity in the bacterial diversity of hypersaline Lake Tebenquiche (Salar de Atacama). Extremophiles, 12: 491-504.

DEMERGASSO C., DORADOR C., MENESES D., BLAMEY J., CABROL N., ESCUDERO L., CHONG G. (2010). Prokaryotic diversity patterns in high-altitude ecosystems of the Chilean Altiplano. Journal of Geophysical Research, Vol. 115.

DEMERGASSO C., PARRO V., DIEGO-CASTILLA G., MORENO-PAZ M., BLANCO Y., CRUZ-GIL P., RODRIGUEZ-MANFREDI J., FERNÁNDEZ-REMOLAR D., GÓMEZ F., GÓMEZ M., RIVAS L., ECHEVERRÍA A., URTUVIA V., RUIZ-BERMEJO M., GARCÍA-VILLADANGOS M., POSTIGO M., SÁNCHEZ-ROMÁN M., CHONG-DIAZ G, GOMEZ-ELVIRA J. (2011). A microbial Oasis in the hypersaline Atacama Subsurface Discovered

by a life Detector Chip: Implications for the Searsh for Life on Mars. Astrobiology, Vol. 11, number 10.

DEMERGASSO C., DAVIS-BELMAR C.S., GALLARDO I., RAUTENBACH G. (2012). Effects of organic extractant LIX 84IC, pH and temperature changes on bioleaching microorganisms during SX treatment. Hydrometallurgy, 129-130.

DIRECCIÓN DE VIALIDAD. (2016). Red Vial Chile MOP Shape.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). (1991). Catastro General de usuarios de aguas de los cauces afluentes al Salar de Atacama. Informe final. Tomo 1 - 4.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Salar de Atacama.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA) (2016). Derechos de aprovechamiento de aguas registrados.

DORADOR C., BUSEKOW A., VILA I., IMHOFF J., WITZEL K-P. (2008). Molecular analysis of enrichment cultures of ammonia oxidizers from the Salar de Huasco, a high altitud saline wetland in northern Chile. Extremophiles, 12: 405-414.

DORADOR, C., MENESES, D., URTUVIA, V., DEMERGASSO, C., VILA, I., WITZEL, K-P., IMHOFF, J. F., (2009). Diversity of *Bateroidetes* in high-altitude saline evaporitic basins in northern Chile. Journal of Geophysical research, 114 G00D05, doi:10.1029/2008JG000837.

DORADOR C., VILA I., REMONSELLEZ F., IMHOFF J., WITZEL K-P. (2010). Unique clusters of Archaea in Salar de Huasco, an athalassohaline evaporitic basin of the Chilean Altiplano. FEMS Microbiol Ecol, 73: 291-302.

DORADOR C., BARAHONA S., REMONSELLEZ F. (2013). Identification and characterization of a psychrotolerant *Acidithiobacillus* strain from Chilean Altiplano. Advanced Materials Research Vol. 825, 74-78.

DORADOR C., SCOTT S., OYANEDEL JP., TOBAR I., HENGST M., MAYA G., HARROD C., VILA I. (2015). Microbial diversity and trophic components of two high altitude wetlands of the Chilean Altiplano. Gayana, 79: 45-56.

DUPRAZ, C., REID, R.P., BRAISSANT, O., DECHO, A.W., NORMAN, R.S., VISSCHER, P.T., (2009). Processes of carbonate precipitation in modern microbial mats. Earth-Science Rev 96:141–162. doi: 10.1016/j.earscirev.2008.10.005

DUPRAZ, C., VISSCHER, P.T., (2005). Microbial lithification in marine stromatolites and hypersaline mats. Trends Microbiol 13:429–438. doi: 10.1016/j.tim.2005.07.008

EDRA (1999). Evaluación hidrogeológica del acuífero del sector norte del Salar de Atacama. Riochilex S.A.

EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO (2005). Los ecosistemas y el bienestar humano: humedales y agua. Informe de Síntesis. World Resources Institute, Washington, DC.

FARIAS ME., RASCOVAN N., TONEATTI D., ALBARRACÍN V., FLORES M., POIRÉ D., COLLAVINO M., AGUILAR O., VAZQUEZ M., POLERECKY L. 2013. The Discovery of Stromatolites Developing at 3570 m above Sea Level in a High-Altitude Volcanic Lake Socompa, Argentinean Andes. PLoS ONE 8(1).

FARIAS ME., CONTRERAS M., RASUK M., KURTH D., FLORES M., POIRÉ D., NOVOA F., VISSCHER P. 2014. Characterization of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile. Extremophiles, 18: 311-329.

HOUNSLOW, A. (1995). Water quality data analysis and interpretation. Lewis Publishers. United States of America.

INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE (IWMI) (2014). Wetland and people. Colombo, 32p. doi:10.5337/2014.202.

KAMPF, S., TYLER, S., ORTIZ, C., MUÑOZ, J., ADKINS, P. (2005). Evaporation and land Surface energy Budget at the Salar de Atacama, Northern Chile. Journal of Hydrology, 310: 236-252.

LARA, J., GONZALEZ, L., FERRERO, M., DÍAZ, G., PEDRÓS-ALIÓ, C., DEMERGASSO, C. (2012). Enrichment of arsenic transforming and resistant heterotrophic bacteria from sediments of two salt lakes in Northern Chile. Extremophiles, 16: 523-538.

LIZAMA, C., MONTEOLIVA-SANCHEZ, M., SUÁREZ-GARCÍA, A., ROSELLÓ-MORA, R., AGUILERA, M., CAMPOS, V., RAMOS-CORMENZANA, A. (2002). *Halorubrum tebenquichense sp.* nov., a novel halophilic archaeon isolated from the Atacama Saltern, Chile. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 52, 149-155.

LYNCH R., KING A., FARIAS ME., SOWELL P., VITRY C., SCHMIDT S. 2012. The potential for microbial life in the highest-elevation (> 6000 m.a.s.l.) mineral soils of the Atacama region. Journal of Geophysical Research, Vol. 117.

MINERA ESCONDIDA & CEA Ltda. (2010). Décimo informe de monitoreo ambiental EIA Lixiviación de óxidos de cobre y aumento de la capacidad de tratamiento de mineral sulfurado.

NODARSE, I.C. & MONTALVO, S. **(2010)**. Agua calidad y contaminación. Desde un enfoque Químico Ambiental.

PRADO, B., LIZAMA, C., AGUILERA, M., RAMOS-CORMENZANA, A., FUENTES, S., CAMPOS, V., MONTEOLIVA-SANCHEZ, M. (2006). *Chromohalobacter nigrandesensis sp.* nov., a moderately halophilic, Gram-negative bacterium isolated from Lake Tebenquiche on the Atcama Saltern, Chile. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 56, 647-651.

KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B., RUBEL, F. (2006). World map of the Kôppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 15, No. 3, 259-263.

RASUK M., KURTH D., FLORES M., CONTRERAS M., NOVOA F., POIRE D., FARIAS ME. 2014. Microbial Characterization of microbial ecosystems associated to evaporites domes of Gypsum in Salar de Llamara in Atacama Desert. Microb Ecol.

RASUK M., FERNÁNDEZ A., KURTH D., CONTRERAS M., NOVOA F., POIRÉ D., FARÍAS ME. (2015). Bacterial Diversity in Microbial Mats and Sediments from the Atacama Desert. Microb Ecol.

RISACHER, F., ALONSO H. & SALAZAR, C. (1999a). Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Volumen I: Síntesis. Convenio de Cooperación DGA – UCN – IRD (S.I.T. Nº 51), 89 pp.

RISACHER, F., ALONSO, H., SALAZAR, C. (1999b). Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Volumen III: Estudio de Cuencas de la II Región. Convenio de Cooperación DGA – UCN – IRD (S.I.T. Nº 51), 299 pp.

RODRÍGUEZ, E. (ED.) (2005). Flamencos alto andinos Phoenicopterus andinus (Philippi, 1854), Phoenicopterus jamesi (Sclater, 1886) y Phoenicopterus chilensis (Molina, 1782), en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile, 91 pp.

ROCKWOOD LITHIUM & SGA S.A. (2015a). Estudio de Impacto Ambiental (EIA), Proyecto modificaciones y mejoramiento del Sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama. Adenda 5.

ROCKWOOD LITHIUM & SGA S.A. (2015b). Estudio de Impacto Ambiental (EIA), Proyecto modificaciones y mejoramiento del Sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama. Adenda 5, Anexo 2 – Plan de manejo biótico.

SALAS, J., GUIMERÀ, J., CORNELLÀ, O., GUZMÁN, E., TORE, C., VON IGEL, W., MORENO, R. (2010). Hidrogeología del sistema lagunar del margen este del Salar de Atacama (Chile). Boletín Geológico y Minero, 121(4): 357-372.3.

Folio008570

SERNATUR (2015). Plan de Acción Región de Antofagasta, Sector Turismo. 2014-2018.

SEUFFERHELD, M.J., ALVAREZ, H.M., FARÍAS, M.E. (2008). Role of polyphosphates in microbial adaptation to extreme environments. Appl Environ Microbiol 74:5867–74. doi: 10.1128/AEM.00501-08

STIVALETTA N., LÓPEZ-GARCÍA P., BOIHEM L., MILLIE D., BARBIERI R. (2010). Biomarkers of Endolithic Communities within Gypsum Crusts (Southerns Tunisia). Geomicrobiology Journal, 27: 101-110.

STIVALETTA, N., BARBIERI, R., CEVENINI, F., LÓPEZ-GARCÍA, P. (2011). Physicochemical Conditions and Microbial Diversity Associated with the Evaporite Deposits in the Laguna de la Piedra (Salar de Atacama, Chile). Geomicrobiol J 28:83–95. doi: 10.1080/01490451003653102

ZUÑIGA, L., CAMPOS, V., PINOCHET, H., PRADO B. (1991). A limnological reconnaissance of Lake Tebenquiche, Salar de Atacama, Chile. Hydrobiologia 210: 19-24.

Folio008571

CAPITULO 6: ANEXOS

6 ANEXOS

6.1 Recopilación y sistematización de la información

Presenta información recopilada. En digital, se encuentra la siguiente información:

- *Carpeta de SEIA*, da cuenta de la recopilación de todos los proyectos disponibles en la página web del Servicio de Evaluación Ambiental, ubicados dentro del área de estudio.
- *Carpeta Bibliografía Extremófilos,* da cuenta de la recopilación de artículos científicos referente a los microorganismos extremófilos.
- *Carpeta Fichas Bibliográficas,* da cuenta de las fichas bibliográficas realizadas para cada artículo leído.
- *Carpeta Planillas Hidrológicas,* da cuenta de las planillas hidrológicas entregadas por las empresas Compañía Minera Zaldívar SpA, SQM SALAR S.A. y RockWood Lithium Limitada.
- *Carpeta Concesiones Mineras,* da cuenta de las concesiones mineras de exploración y explotación emplazadas en la Cuenca del Salar de Atacama.

6.2 Línea Base de microorganismos extremófilos

Presenta los resultados de la línea base de los microorganismos extremófilos presente en las lagunas Tebenquiche y la Punta y La Brava.

- Carpeta de Imágenes de alta resolución, da cuenta de las imágenes de alta resolución capturadas por el Dron DJI Modelo Phantom 4.
- Carpeta de Imágenes de Extremófilos, da cuenta de imágenes de microorganismos extremófilos obtenidas en la laguna Tebenquiche y en el sistema lagunar La Punta y La Brava.

6.3 Taller Participativo

- Carpeta Taller Participativo, da cuenta del acta del taller y la lista de participantes del taller participativo realizado en Coyo y Peine. Incluye fotos.

6.4 Difusión de los Resultados

- Carpeta Guía de Difusión, da cuenta de las Guías de Difusión para ambas lagunas.
- Carpeta de Taller de Difusión Final, da cuenta del acta del taller final y la lista de participantes. Incluye fotos y Power Point final.

6.5 Geodatabase

- Carpeta Antecedentes, contiene una tabla Excel con la clasificación de todos los shapes trabajados en el transcurso del proyecto.
- Carpeta Geodatabase, contiene en una geodatabase todas las cubiertas shape y ráster que fueron utilizados en el proyecto.
- Carpeta Imágenes, contiene los puntos de monitoreo de MEL obtenidos del Anexo1 de la Adenda 5.
- Carpeta Productos, corresponde a los mapas que se generaron a lo largo del proyecto.
- Carpeta Proyecto, contiene los proyectos para cada mapa generado.

Folio008573

7 GLOSARIO

- **Facies:** Agrupación de un conjunto de estratos en que se observan semejantes propiedades y características (litología, textura, geometría, color, estructuras, fósiles y edad).
- **Depocentro:** Zona de una cuenca sedimentaria en la que una determinada unidad estratigráfica alcanza máxima potencia.
- **Salar:** Sistema acuático de poca profundidad en cuyos sedimentos predominan sales, tales como: cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos, entre otros.
- **Amenazas:** Actividad humana que directa o indirectamente degrada uno o más objetos de conservación.
- **Presiones:** Acción humana que de forma inmediata degrada uno o más objetos de conservación
- **Servicios Ecosistémicos:** Beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas".
- **Servicios de provisión:** Servicios que corresponden a la producción de bienes, tales como pescados y mariscos, madera y precursores de muchos productos industriales y farmacéuticos, pudiendo aportar de forma importante a la economía.
- **Servicios de regulación:** Corresponden a beneficios obtenidos de la regulación de procesos ecológicos, tales como la purificación del agua y la regulación del clima.
- **Servicios culturales:** Servicios que proporcionan importantes beneficios estéticos, educacionales, culturales y espirituales, así como una amplia gama de oportunidades para la recreación y el turismo.
- **Servicios de apoyo:** Servicios que apoyan y son necesarios para la existencia de todos los demás servicios ecosistémicos, por lo que su preservación es fundamental.
- **ADN**: *Acido Desoxirribonucleico*, proteína compleja que se encuentra en el núcleo de las células y es responsable de contener toda la información genética de un ser vivo.
- **Atmósfera**: Capa gaseosa que envuelve el planeta, de aproximadamente 10.000 km de espesor, compuesta de diversos gases, entre ellos oxígeno (O_2), hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2) y otros. En ella se producen todos los fenómenos climáticos y meteorológicos que afectan el planeta.
- **Atmósfera oxidante**: Una atmósfera oxidante es una atmósfera que contiene oxígeno libre (O_2) y en la que hay otros compuestos en un estado oxidado.
- **Atmósfera reductora**: Es una atmósfera sin cantidades significativas de oxígeno libre (O_2) y otros gases o vapores oxidantes, evitando de este modo la oxidación. Presenta cantidades importantes de compuestos con hidrógeno (H) como amonio o metano, capaces de reducir otras moléculas.
- **Capa de ozono**: zona de la atmósfera, denominada estratósfera, que contiene una concentración relativamente alta de ozono (O_3). Esta capa se ubica entre los 15 y los 50 km de altitud. Una de sus funciones conocidas es que absorbe entre el 97 y 99% de la radiación UV proveniente del espacio.
- **Carbonato de Calcio**: Compuesto químico, de fórmula $CaCO_3$. Este compuesto mineral está presente mayoritariamente en el mineral denominado Calcita la que se forma por cristalización directa de disoluciones diluidas.
- **Cianobacterias**: Bacterias capaces de realizar fotosíntesis oxigénica. También se les denomina oxifotobacterias.

- **Clorofila:** Compuesto orgánico, formado por moléculas que contienen átomos de carbono, hidrógeno, nitrógeno y magnesio, fundamental para el proceso de fotosíntesis.
- **Cuenca endorreica**: Cuenca cerrada que retiene el agua en su interior, no permitiendo su salida a otros cuerpos de agua vecinos (ríos u océanos), aunque convergiendo en lagos interiores u otros humedales, permanentes o estacionales, que se equilibran en su tamaño por la evaporación directa del agua.
- **Evaporación**: Proceso físico que corresponde al paso de una substancia desde el estado líquido al gaseoso.
- **Evapotranspiración**: Corresponde al agua que vuelve a la atmósfera luego de ser evaporada desde una superficie de suelo y transpirada por las plantas que crecen sobre ella.
- **Exopolisacárido**: Polímero orgánico (hidrato de carbono) que está compuesto por una extensa sucesión de monosacáridos, unidos entre sí mediante enlaces glucosídicos. Se caracteriza por manifestarse en forma de capa exterior de las paredes de las células de las bacterias formando un limo.
- **Extremófilos**: Organismo, frecuentemente un microorganismo, que vive en condiciones ambientales extremas.
- **Fotosíntesis**: Proceso fotoquímico, en virtud del cual los organismos con clorofila, capturan energía en forma de luz y la transforman en energía química, liberando O_2 en el proceso.
- **Humedales**: Según Ramsar, corresponde a las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”
- **Litósfera**: Capa exterior de la tierra, de profundidad que fluctúa entre los 10 y los 50 km, constituida principalmente por silicatos, e integrada por la corteza y parte del manto.
- **Magma**: Masa de rocas fundidas que se encuentra en las capas profundas de la Tierra a muy elevada temperatura y presión, la cual emerge a la superficie mediante un volcán.
- **Manto:** Capa de rocas situada bajo la corteza terrestre que la separa del núcleo del planeta.
- **Nanómetro:** Corresponde a la milmillonésima parte de un metro ($1x10^{-9}$ m). Se designa como nm**.**
- **Ozono**: Forma alotrópica del oxígeno (que posee diferente estructura), estable en ciertas condiciones de presión y temperatura. Es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno
- **Período Cámbrico**: Primer período de la era Paleozoica, que abarca desde los 542 a los 488 millones de años atrás. Este período produjo el estallido de vida más intenso sobre la tierra, en términos de diversidad.
- **Puna Andina**: Término derivado del quechua usado para denominar el terreno elevado, o meseta altiplánica que se caracteriza por tener un clima frío, con gran oscilación térmica entre el día y la noche, bajo nivel de precipitaciones, poco nivel de oxígeno en el aire por la altura, y una presión atmosférica baja.
- **Radiación UV**: Corresponde a un tipo de energía emitida por el sol y que forma parte del espectro de luz. La radiación UV-A corresponde a aquella comprendida entre los 320 y 400 nanómetros y la radiación UV-B, cuya longitud de onda fluctúa entre los 280 y 320 nanómetros.

- **Ramsar:** Tratado intergubernamental sobre conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Su nombre oficial como tratado es *Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*.
- **Salar**: Un Salar es un lago superficial, asociado normalmente a una cuenca endorreica, en cuyos sedimentos dominan las sales (cloruros, sulfatos, nitratos, boratos, etc.). Las sales precipitan por la fuerte evaporación, que a largo plazo siempre es mayor que la alimentación o entrada de las aguas en la cuenca.
- **Vegetación halófila**: Vegetación característica de suelos salinos que tiene como característica que toleran diferentes grados de salinidad en el suelo. Se encuentra frecuentemente en zonas costeras bajas, y en lagunas saladas interiores.

ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD REGIÓN DE ANTOFAGASTA

FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL FNDR
CÓDIGO BIP 30065576- 0

INFORME FINAL
OASIS DE CALAMA

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales

Julio 2008

Institución responsable

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, CEA

Representante legal: Patricia Möller Doepking

Equipo de trabajo

Andres Muñoz Pedreros
Médico Veterinario
Magíster en Ecología
Doctor en Ciencias Ambientales

Claudia Gil Cordero
Médico Veterinario.
Magíster en Ecología

Patricia Möller Doepking
Bióloga Marina
Doctora en Ciencias Marinas y Limnológicas (c)

Patricio Contreras Bravo
Biólogo en Gestión de Recursos Naturales

M. Carolina Gónzalez Olave
Bióloga en Gestión de Recursos Naturales

Luis Faundez Yancas
Ingeniero Agrónomo
Magíster Planificación y Gestión Ambiental (c)

Enrique Hauenstein Barra
Biólogo
Magíster en Botánica

Patricio Rutherford Yobánolo
Ingeniero Forestal
Magíster en Recursos Hídricos

Cristián Jaramillo Delgado
Profesor de Estado

Jorge Pantoja Pinilla
Técnico Agrícola
Profesor de Estado

Marcia Egert Laporte
Antropóloga

Moira Barrientos Aros
Licenciada en Antropología

Viviana Solivelles Ulloa
Geógrafo

Kraus Contreras Cortés
Licenciado en Ciencias Ecológicas
Ecólogo Marino mención Impacto Ambiental

Consultores

José Yáñez Valenzuela
Licenciado en Biología.
Eq. Magíster en Ciencias

Herman Núñez Cepeda
Licenciado en Biología.
Eq. Magíster en Ciencias

Jaime Rau Acuña
Biólogo
Magíster en Ecología
Doctor en Biología

Asistentes de terreno y gabinete

Jorge Vega Codd
Biólogo en Gestión de Recursos Naturales (e)

Rocío Sanhueza Caba
Bióloga en Gestión de Recursos Naturales
Magíster en Producción Manejo y
Conservación de Recursos Naturales (e)

Pamela Sánchez Pérez
Profesora de Ciencias Naturales
Magíster en Ecología

Javier Vásquez
Ingeniero Forestal

Secretaria
Paola Ávila Montecinos

ÍNDICE

CAPÍTULO I TÉRMINOS DEL ESTUDIO 10
1. Justificación del estudio 10
2. Objetivos 12
2.1. Objetivos generales 12
2.2. Objetivos específicos 12
2.3. Resultados esperados 12
3. Flujo metodológico 13
4. Estructura del Informe 14
CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 17
1. Ubicación y acceso 17
1.1. Ubicación 17
1.2 Descripción del acceso 19
2. Clima 19
3. Hidrología 20
4. Geomorfología y geología 21
5. Suelo 26
CAPÍTULO III BIODIVERSIDAD 28
FLORA Y VEGETACIÓN 28
1. Introducción 28
2. Metodología 29
2.1. Flora 30
2.2. Fitosociología 30
3. Resultados y discusión 32
3.1. Flora 32
3.2. Fitosociología 36
4. Conclusiones 40
FAUNA 41
1. Metodología 41
2. Análisis de la información de la fauna de vertebrados 44
3. Resultados y discusión 45
3.1. Estructura comunitaria de la fauna silvestre 45
3.2. Micromamiferos 46

3.3. Aves 48
3.4. Herpetofauna 53
3.5. Síntesis de la fauna registrada por estación de muestreo 54
4. Conclusiones 55
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD 58
1. Biodiversidad, conceptos y mediciones 58
1.1. Concepto de biodiversidad 58
1.2. Medición de la biodiversidad 58
1.3. Selección de métodos 60
1.4. Procedimiento de análisis de la biodiversidad 61
2. Análisis de la diversidad vegetacional 62
2.1. Diversidad y endemismo vegetacional de la Región de Antofagasta 62
2.2. Diversidad vegetacional del valle de Quillagua 62
2.3. Diversidad vegetacional del Oasis de Calama 64
2.4. Diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama 66
2.5. Diversidad vegetacional en Laguna Lejía 67
2.6. Diversidad vegetacional en Alrededores del Volcán Licancabur 69
2.7. Diversidad vegetacional en los Géisers del Tatio 72
2.8. Diversidad vegetacional en las cinco áreas de estudio 75
3. Análisis de la diversidad faunística 81
3.1. Diversidad de anfibios 81
3.2. Diversidad de reptiles 85
3.3. Diversidad de aves 92
3.4. Diversidad de mamíferos 107
CAPÍTULO V CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD 129
1. Procedimientos 129
2. Identificación de los ambientes a evaluar 129
3. Endemismos 136
3.1. Endemismos en las áreas por ambiente 138
3.2. Endemismos por áreas de estudio 143
4. Estados de conservación 144
4.1. Legislación vigente 144
4.2. Estado de conservación por áreas de estudio 147
4.3. Estado de conservación en cinco áreas de estudio 157
4.4. Conclusiones 161

5. Objetos de conservación 164
5.1. Definición de los objetos naturales de conservación 164
5.2. Estimación del valor de importancia 166
5.3. Objetos de conservación 168
5.4. Objetos de conservación en las cinco áreas 180
5.5. Consideraciones finales 181
CAPÍTULO VI ESTUDIO DE PAISAJE 184
1. Introducción 184
2. Metodología 184
2.1 Registro de imágenes 184
2.2 Definición y asignación de unidades homogéneas de paisaje 184
2.3 Análisis de la calidad visual del paisaje 185
2.4 Análisis de la fragilidad visual del paisaje 186
2.5 Capacidad de uso según características de calidad y fragilidad del paisaje. 187
3. Resultados 187
3.1 Definición de unidades homogéneas de paisaje 187
3.2 Unidades homogéneas de paisaje 187
3.3 Calidad visual del paisaje 189
3.4 Fragilidad visual del paisaje 193
3.5 Capacidad de uso del paisaje 193
4. Conclusiones 195
CAPÍTULO VII USOS Y PROTECCIÓN 197
USOS Y AMENAZAS 197
1. Introducción 197
2. Amenazas sobre el Oasis de Calama 198
2.1. Marco teórico y conceptual 198
2.2. Un ecosistema perturbado 198
2.3. Perturbaciones asimiladas como impactos ambientales 199
2.4. Sitio funcional y objetos de conservación 199
3. Amenazas al objeto de conservación 200
4. Metodología 200
4.1. Descripción de las técnicas utilizadas 200
4.2. Mapas conceptuales 203
4.3. Caracterización y valoración de los impactos ambientales 203
4.4. Objetos naturales de conservación 205

4.5. Medidas de mitigación 206
4.6. Determinación de parámetros significativos y plan de monitoreo 206
5. Resultados 206
5.1. Actores entrevistados 206
5.2. Usos 208
5.3. Amenazas registradas 209
5.4. Clasificación de Perturbaciones/Impactos 215
5.5. Mapa conceptual 216
5.6. Valoración de las perturbaciones ambientales 218
5.7. Ponderación de las amenazas 232
5.8. Objetos naturales de conservación y su grado de amenaza 234
5.9. Cartografía de síntesis de amenazas 236
6. Conclusiones 237
ANÁLISIS JURÍDICO E INSTITUCIONAL 238
1. Introducción 238
2. Metodología 239
2.1. Revisión bibliográfica 239
2.2. Análisis y selección 240
2.3. Cartografía 240
3. Resultados 240
3.1. Normas constitucionales 240
3.2. Normas legales 241
3.3. Normas reglamentarias 249
3.4. Análisis de la aplicabilidad de la legislación seleccionada 255
3.5. Expresión cartográfica 268
3.6. Competencias institucionales 298
4. Conclusiones 309
CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN 311
1. Introducción 311
2. Área de estudio 311
3. Metodología 312
4. Resultados 315
CAPÍTULO IX PLANES DE MANEJO 324
1. Objetivos estrategicos 324
2. Programas de manejo 324

Folio008583

3. Programas de manejo específicos 325
3.1. Programa de protección y recuperación de ecosistemas representativos 325
3.2. Programa de manejo sustentable de agroecosistemas 326
3.3. Programa de investigación 326
3.4. Programa de educación e interpretación ambiental 327
3.5. Programa de comunicación y recreación 328
3.6. Programa de monitoreo socio ambiental 329
4. Horizonte temporal y nivel de urgencia 330
CAPÍTULO X ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN 333
1. Introducción 333
2. Productos contenidos 333
2.1. Síntesis patrimonial del Oasis de Calama 333
2.2. Portal web 333
2.3. Álbum fotográfico digital 335
2.4. Video promocional 335
2.5. Cartillas educativas 335
3. Propuesta educativa 337
3.1. Introducción 337
3.2. Educación formal 338
3.3. Sugerencia de aprendizajes esperados, contenidos e indicadores a trabajar 339
3.4. Educación no formal 340
CAPÍTULO XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 342
1. Sitio prioritario Oasis de Calama 342
2. Recomendaciones finales 345
3. Propuesta de protección legal 345
LITERATURA CITADA Y CONSULTADA 356
ANEXOS 373

CAPÍTULO I
TÉRMINOS DEL ESTUDIO

CAPÍTULO I TÉRMINOS DEL ESTUDIO

1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La creciente preocupación mundial por la pérdida progresiva de los ambientes naturales y la fuerte presión antrópica de estos hábitats está provocando graves problemas ambientales a nivel global, los que se traducen en el deterioro y degradación de los diversos ecosistemas y de las especies que en ellos se desarrollan. Es por ello, que durante las últimas décadas se han firmado diversos convenios internacionales que buscan movilizar a los países para enfrentar esta difícil situación. En ese marco de acción, nuestro país, el año 1994, ratificó el Convenio sobre Diversidad Biológica, firmado en el año 1992, impulsando la elaboración de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, con sus respectivas Estrategias Regionales, las que constituyen un instrumento orientador de todas las acciones tendientes a la protección y conservación del patrimonio natural del territorio nacional. Durante el año 2002, mediante un proceso participativo, que involucró a diversos actores regionales y expertos, se elaboró la Estrategia Regional de Biodiversidad (ERB), que se inició con la confección un diagnóstico de la situación de la biodiversidad de la región, permitiendo identificar 14 sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en la región de Antofagasta (Fig. 1-1).

La región de Antofagasta posee ecosistemas únicos con una alta diversidad de especies de flora y de fauna con una distribución biogeográfica definida por dos franjas longitudinales, asociadas a los ecosistemas de ambientes marino-costeros y a la zona altoandina, además, de la cuenca del río Loa.

Desde la elaboración de la ERB, se han realizado diversos estudios que han permitido tener una visión general de la situación de la biodiversidad de los sitios asociados principalmente en los ambientes marino-costeros, pero existe un vacío de información hacia otros sitios asociados a la zona altoandina, que debe explorarse con el propósito de tener una base ambiental que permita conocer los requerimientos de manejo de estos ambientes de alta vulnerabilidad y con un alto valor ecológico y patrimonial. Asimismo, es importante contar con información de línea de base para los sitios que conforman la cuenca del río Loa, permitiendo con ello disponer de información sistematizada que sirva de aporte al Manejo Integrado de Cuencas, uno de los principales desafíos que se debe abordar en el mediano plazo.

En este estudio consideraremos los sitios prioritarios: Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Laguna Lejía, Valle de Quillagua y Oasis de Calama, los que fueron seleccionados en función de la importancia que reviste la zona altoandina como ecosistema regional, el cual alberga una gran diversidad de especies de fauna, especialmente avifauna y por constituir un hábitat particular donde se desarrollan formaciones vegetales que se encuentran poco representadas en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE); asimismo, por la importancia de los oasis que sustenta el río Loa en toda su extensión, formando parte de un dinámico corredor biológico de especies. Actualmente, las áreas protegidas de la región están representadas por dos unidades del SNASPE la Reserva Nacional Los Flamencos y el Parque Nacional Llullaillaco.

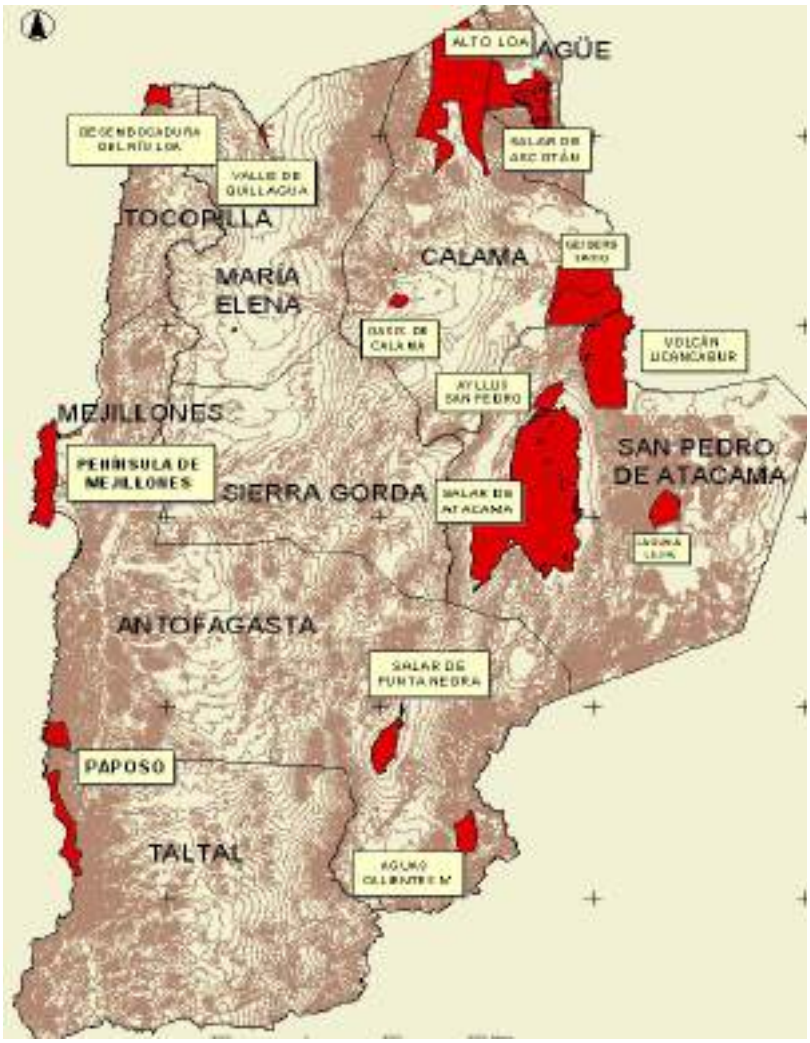


FIGURA 1-1. SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Los resultados de este estudio contribuirán a la labor que desarrolla el Comité Operativo Regional de Biodiversidad, ya que constituirá una importante herramienta de trabajo, que por el tipo de información y los productos esperados, permitirán avanzar en la gestión de los sitios prioritarios para la conservación del patrimonio natural de la región. Asimismo, actores regionales como son Municipios, el Consejo Regional, entre otros, serán potenciales usuarios de la información, permitiendo con ello orientar las decisiones de inversión y ordenamiento territorial de la región. Por otra parte, es importante destacar que la comunidad escolar y universitaria también se verá beneficiada por el desarrollo de este estudio, toda vez que éste sirva de referente e insumo de información para las diversas actividades académicas que realizan los estudiantes, especialmente aquellos vinculados a las ciencias naturales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos generales

Levantamiento de información sobre la diversidad biológica, en cinco sitios prioritarios de la Estrategia Regional de Biodiversidad de la Región de Antofagasta, identificando uno o más instrumentos legales de protección, para cada uno de los sitios, así como también elaborar una propuesta de manejo de cada sitio, según corresponda.

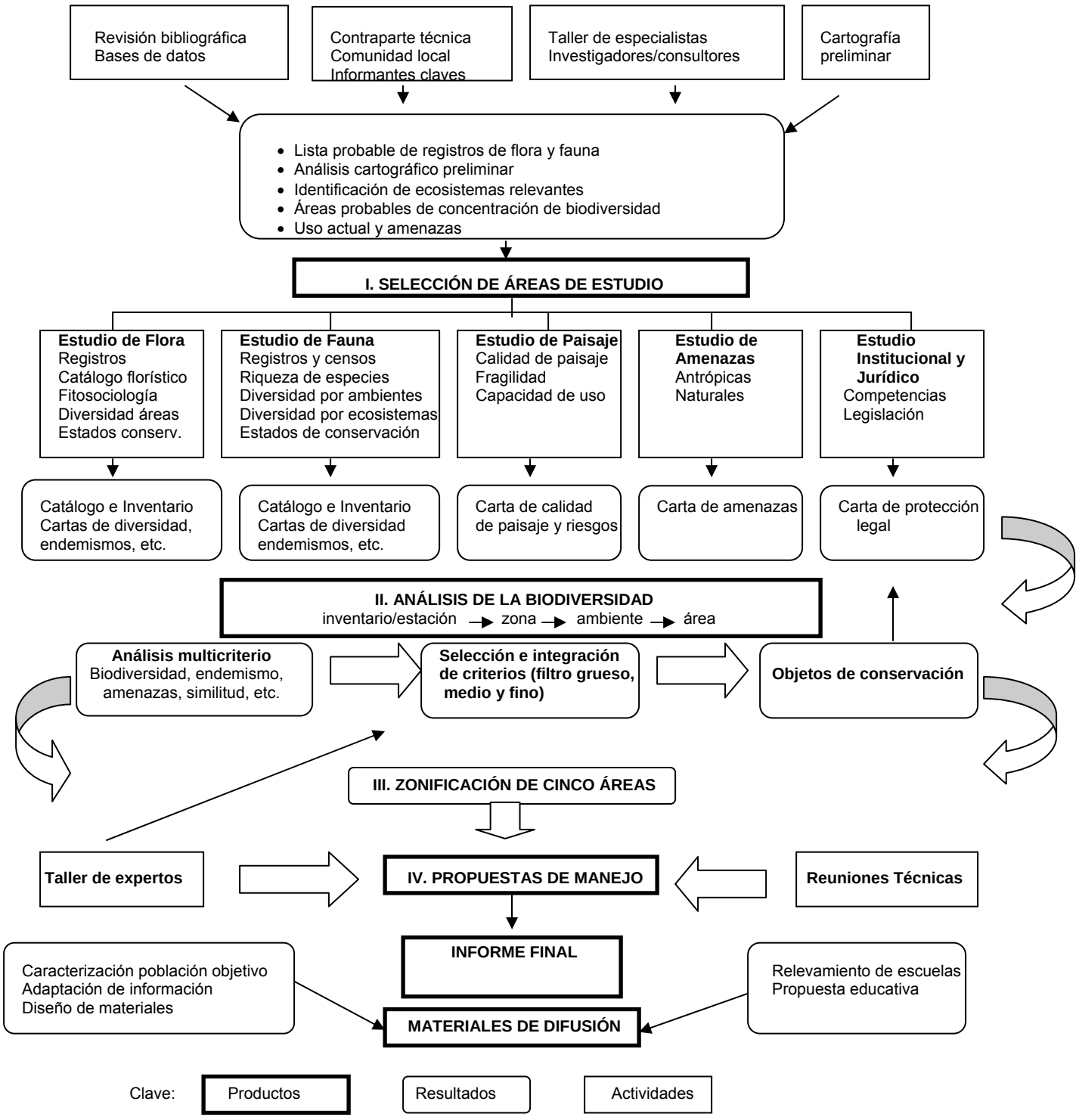
2.2. Objetivos específicos

- Levantar, actualizar y recopilar información de flora, fauna y uso de los sitios Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Laguna Lejía, Valle de Quillagua y Oasis de Calama.
- Identificar y delimitar áreas prioritarias de conservación de los sitios de interés.
- Elaborar una propuesta de manejo para cada uno de los sitios de interés.
- Identificar instrumentos legales de protección para cada uno de los sitios de estudio.
- Elaborar un informe justificativo para la aplicación de propuestas de protección legal.
- Diseñar materiales de difusión de la información obtenida por el estudio.

2.3. Resultados esperados

- Un estudio de la diversidad de cada área de estudio
- Un análisis de la diversidad identificada
- Una identificación, localización y delimitación de las áreas para la conservación de la diversidad biológica de cada uno de los sitios de interés
- Una determinación de los objetos de conservación
- Un estudio del paisaje
- Un análisis de los usos y amenazas a la biodiversidad, incluyendo un análisis de medio institucional y jurídico, la identificación de instrumentos de protección legal para cada uno de los sitios evaluados
- Una propuesta de manejo para cada una de las áreas identificadas
- Coberturas de información de flora y fauna, áreas de interés para la conservación en formato SHAPE (Arc View 3.2) para ser incorporada al Sistema de Información Ambiental Regional SIAR
- Cartografía de análisis y de síntesis en formato de imagen y coberturas shape
- Material de difusión y educativo (propuesta educativa, cartillas, página web, base de imágenes digitales, diaporama en Power Point)

3. FLUJO METODOLÓGICO



4. ESTRUCTURA DEL INFORME

En el Capítulo I se presentan los términos y propósitos de este estudio, con su justificación y objetivos. Se reseñan los resultados a obtener y el procedimiento metodológico a seguir para el logro de los objetivos que se pretende abordar.

En el Capítulo II se entrega una caracterización general del área de estudio, para situar al lector en las particularidades del área y el contexto ambiental en que está inserta.

El Capítulo III describe el procedimiento metodológico seguido para abordar el estudio de biodiversidad planteado en los objetivos del estudio. Es importante señalar, que previo a las campañas de terreno se efectúa una exhaustiva revisión bibliográfica y de antecedentes disponibles ya sea de publicaciones científicas, libros, informes, etc. cuyo propósito es orientar la investigación de terreno que se realizará posteriormente. Toda esta base de conocimiento reunida se complementa con la información de las prospecciones y se integra para su análisis posterior. En este capítulo se entregan por separado los procedimientos seguidos y los resultados de los componentes de flora y fauna para el sitio prioritario Oasis de Calama. Primero se presenta la metodología aplicada en terreno como los procedimientos de gabinete para su procesamiento, y luego los resultados de la campaña de terreno. Para la flora se entrega como resultado el inventario de cada lugar y las tablas fitosociológicas que indican el valor de importancia de cada especie presente y permiten diferenciar las comunidades vegetacionales presentes en el área de estudio a partir de los datos recogidos en terreno. Se entrega el catálogo de especies florísticas que incluye, además de los datos obtenidos de este estudio, todos los registros obtenidos de la literatura por investigaciones previas. Por lo tanto las diferencias en el número de especies entre ambos productos se deben a la inclusión de datos bibliográficos en el catálogo. Para el caso de la fauna se entregan los resultados de las campañas de terreno agrupados por taxones (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Con los datos de los censos realizados en micromamíferos y aves se determinan índices de biodiversidad como riqueza de especies y abundancias relativas. Se construye además el catálogo de la fauna presente en el área de estudio con los datos recogidos, que incluyen además los avistamientos durante las campañas y datos bibliográficos previos. La diferencia en el número de especies entre los censos y los registros se explica porque durante el estudio se registran individuos de varios taxones fuera del censo. En algunos casos se incluye información proporcionada por informantes claves, lo que se señala en la tabla correspondiente. Se concluye con una síntesis de la diversidad presente en cada una de las estaciones de muestreo del sitio Oasis de Calama.

El Capítulo IV señala las formas de medir la biodiversidad, definiendo conceptos relevantes como diversidad alfa, beta y gamma, y se presenta un análisis comparativo de los resultados de la biodiversidad de los cinco sitios prioritarios para la conservación contemplados en este estudio: Valle de Quillagua, Oasis de Calama, Alrededores del Volcán Licancabur, Laguna Lejía y Geisers del Tatio, de manera de entregar una visión global del valor de la biodiversidad a nivel regional, a la vez que se determina el valor relativo de la biodiversidad en cada sitio en particular. A partir de los datos censales, en el caso de fauna, y del inventario, en el caso de la flora, se calcularon los índices de biodiversidad propuestos en la metodología, así como dendrogramas de similitudes para flora y fauna por separado, y para cada estación de muestreo en cada una de las áreas en estudio. Luego se realizó una comparación de las cinco áreas de estudio, utilizando esta vez todos los datos disponibles (registros previos bibliográficos producto de la exhaustiva revisión bibliográfica y registros de las campañas de terreno) tanto para flora como para fauna.

En el Capítulo V se realiza un proceso de síntesis que incluye el análisis de la riqueza de especies, endemismos presentes y estados de conservación de las especies presentes en las áreas de estudio. Para esto se reorganizó la información disponible, definiendo ahora ambientes y ecosistemas relevantes a evaluar, (algunos de éstos pueden encontrarse en más de un sitio prioritario). Este procedimiento y la definición de los objetos de conservación para cada sitio se validaron en un taller de especialistas. Según los distintos niveles de biodiversidad se trabajó con especies, filtro fino, asignándoles valor jerárquico a las especies de flora y fauna presentes en las cinco áreas de estudio según parámetros como estado de conservación, endemismo, y valor como especie emblemática. Los ambientes, filtro medio, se jerarquizaron de manera similar.

El Capítulo VI presenta los resultados del estudio de paisaje, en que se identifican las principales unidades de paisaje presentes en el sitio prioritario Oasis de Calama y su calidad paisajística, determinada a través una valoración realizada por un panel de evaluadores, sobre las fotografías de cada unidad de paisaje. Además, para cada unidad se determina la fragilidad visual, que da cuenta de la capacidad del paisaje para absorber impactos visuales; y la capacidad de uso, que determina, los usos adecuados del paisaje de acuerdo a sus características.

El Capítulo VII, sobre usos y protección, se disgrega en dos componentes. En el primero se describen los principales usos ejercidos sobre los recursos naturales del sitio prioritario Oasis de Calama, los que se contextualizan a la realidad del sitio como espacio rural y a los usos históricos y se analizan las presiones a las cuales está sometido, mediante un análisis de amenazas a la conservación de la biodiversidad en el contexto actual, focalizando sobre los distintos componentes del ecosistema como sobre las funciones. En el componente de protección se describen los instrumentos legales vigentes y que dan protección a los sistemas naturales presentes, o algunos de sus componentes, así como la institucionalidad que tiene ingerencia en el sitio prioritario Oasis de Calama.

El Capítulo VIII describe el procedimiento utilizado para obtener las prioridades de conservación dentro de cada uno de los sitios de estudio. Este procedimiento, estandarizado por las metodologías de muestreo, valoración y zonificación, permite establecer comparaciones entre los sitios. La metodología propone un análisis de prioridad utilizando valores de protección, amenaza y valoración de los recursos, mediante el uso de capas geográficas sistematizadas a priori a partir de la información multidisciplinaria colectada en terreno.

En el Capítulo IX se desarrollan planes de manejo enfocados a la conservación de la biodiversidad del sitio y se disgregan en planes de acción donde se definen los lineamientos, directrices, actividades, normas y requerimientos de cada componente de manejo del área objetivo. Se definen los objetivos estratégicos que orientan estos planes de conservación, en base a la protección de los ecosistemas representativos, la investigación, la educación y difusión de los mismos, así como un seguimiento y monitoreo de los programas que se implementen.

En el Capítulo X se entregan las propuestas de difusión y educación ambiental basados en una estrategia de difusión orientada a distintos actores locales y que se sustenta en diversos productos educativos y de divulgación que contiene la síntesis de las investigaciones realizada en el sitio y los aspectos más relevantes encontrados. Se incluye una propuesta educativa para ser incorporada por los establecimientos educacionales que aborda los aspectos patrimoniales con pertinencia local, con sugerencias para su implementación posterior.

Finalmente en los Capítulos XI y XII, se entregan las principales conclusiones y recomendaciones del presente estudio y la literatura citada y consultada, respectivamente.

CAPÍTULO II
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. UBICACIÓN Y ACCESO

1.1. Ubicación

El sitio prioritario Oasis de Calama, se ubica a 215 km de la ciudad de Antofagasta, en la región de Antofagasta, provincia del Loa, comuna de Calama. Con una superficie de 45,7 km^2 se emplaza en el macizo andino de la precordillera de la región de Antofagasta. Calama o Kara-Ama, significa en lengua kunza “refugio de aguas”, y durante siglos fue un pequeño villorrio incrustado en el desierto más grande del planeta. Presenta un paisaje conformado por un gran plano que asciende hacia la cordillera de Domeyko, interrumpido por algunos “cerros islas” desprendidos de la cordillera de la Costa y recorrido por quebradas asociadas a cursos de agua, siendo la más importante la quebrada del río Loa. El Oasis de Calama se sitúa a una altura de 2.250 msm, y sus coordenadas geográficas son 507792E y 7516719N.

FIGURA 2-1. VISTA GENERAL DE OASIS DE CALAMA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE IMAGEN SATELITAL GOOGLE EARTH.

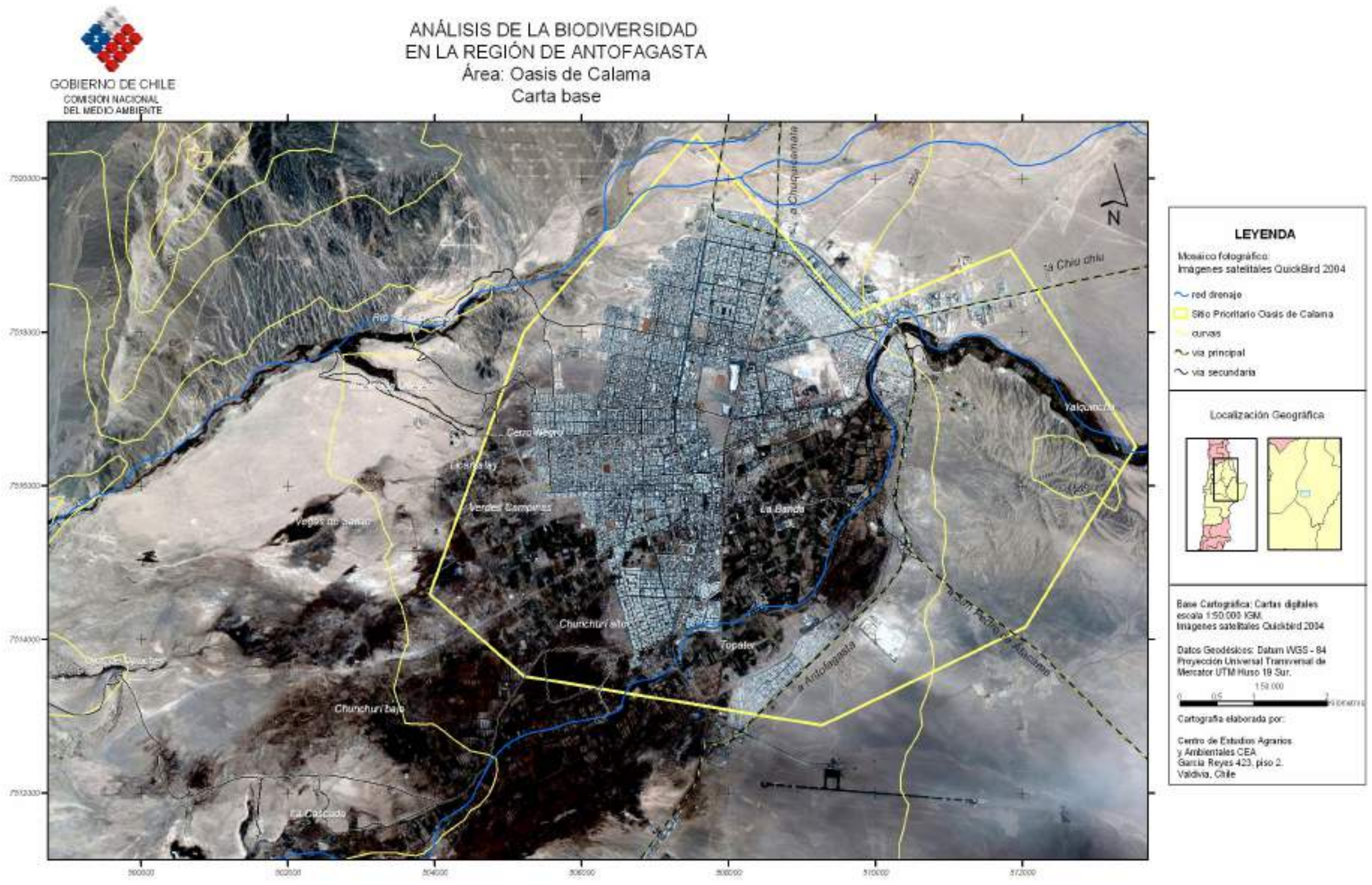


FIGURA 2-2. CARTA DE UBICACIÓN SITIO PRIORITARIO OASIS DE CALAMA.

1.2 Descripción del acceso

Se accede desde el sur por la Ruta 5 que llega a la ciudad de Antofagasta, para luego continuar por la ruta 25, recorriendo 215 km hasta la ciudad de Calama. Llegando a la ciudad de Calama es posible observar la envergadura del oasis, en donde la ciudad abarca sólo una porción de éste. En torno al río Loa se observan campos de cultivo que aún persisten en medio de la ciudad, y otros muy extensos que se encuentran en sectores más apartados, como en la zona de Chunchuri por ejemplo. Además se observan gran cantidad de árboles y una variada vegetación ornamental. Las quebradas concentran abundante vegetación propia de éste ambiente, lo que impresiona en un entorno desértico.

2. CLIMA

La región de Antofagasta se ubica en una zona correspondiente al clima desértico, según la clasificación de Köppen. Las condiciones climáticas en esta región son de una marcada aridez y escasez de agua. Esta situación, unida a la escasa vegetación existente, define un paisaje natural conocido como el Desierto de Atacama. El Oasis de Calama, presenta un clima según diCastri (1968) de Zona del Desierto Interior, que corresponde a la zona de planicie interior entre las cordilleras de la Costa y de los Andes (1.100 a 2.500 msm), casi sin precipitaciones anuales, las que sólo alcanzan los 4,4 mm, registrándose precipitaciones de 1,2 mm durante el mes de Julio y durante los meses enero y febrero, alrededor de 0,7 mm mensuales, producto del invierno altiplánico. La temperatura promedio anual en el Oasis de Calama alcanza a los 12.5ºC, con temperaturas medias mensuales que fluctúan entre los 8,8ºC y los 15,4ºC, correspondientes a los meses de julio y enero respectivamente. Las mayores temperaturas se registran en verano principalmente en los meses de diciembre y febrero, mientras que las menores se registran en los meses de invierno, entre julio y agosto (Figura 2-3).

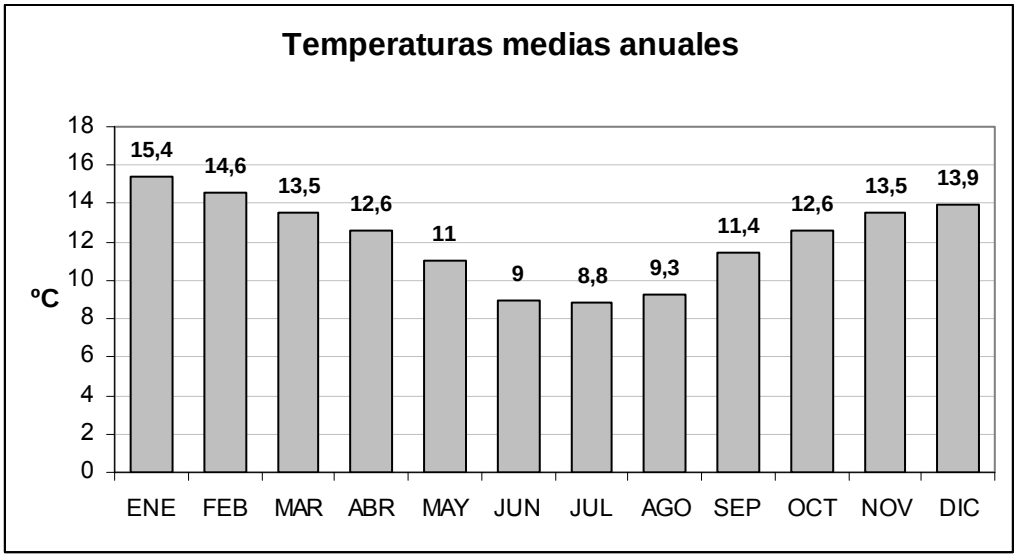


FIGURA 2-3. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN EL OASIS DE CALAMA. FUENTE: (CADE – IDEPE 2001).

El grado de aridez puede cuantificarse a través del déficit hídrico que es de 2.600 mm/año alrededor de Calama (Trevizan et al. 2001). Este déficit hídrico se ve expresado en la precipitación anual promedio que no sobrepasa los 4 mm, y que corresponde a un día de lluvia (DGA 1987).

3. HIDROLOGÍA

La subcuenca de Calama, perteneciente a la extensa cuenca del Loa, en que está inserto el Oasis de Calama, presenta una longitud de 20 km y un ancho máximo de 10 km. Sus límites son por el oeste el cerro La Cruz y cerro Negro, por el norte el yacimiento de Chuquicamata, y al este el cerro Cobrizo, Loma Negra y cerro Calama. El río Loa ingresa al Oasis con un caudal promedio de 1.230 l/s, y como consecuencia del uso agrícola se reduce aguas abajo a 400 l/s (Trevizan et al. 2001). El agua que proviene de la cordillera presenta problemas de alta salinidad y alto contenido de minerales debido a que en su recorrido entra en contacto con suelos mineralizados de origen volcánico, encontrándose en alta concentración: sulfato de cromo, arsénico y boro, además el aporte del río Salado aumenta su salinidad.

Calama se abastece de agua potable a través de las aguas del río Loa y el río Toconce, al igual que las zonas pobladas o industriales de la Pampa Salitrera, específicamente las oficinas de Pedro de Valdivia, María Elena y Coya Sur. Las captaciones son tres, y corresponden a la captación Lequena a 3.313 msm, la de Quinchamale a 3.054 msm y la de Toconce a 3.367 msm. (CADE – IDEPE 2001).

El río Loa

El río Loa, con una superficie total aproximada de 33.570 km^2, es el de mayor longitud del país, abarcando una distancia de 440 km. A pesar de su extensa hoya, los recursos hídricos provienen de la cuenca alta, que corresponde alrededor del 20% de esta superficie (Niemeyer & Cereceda, 1984). Es la única cuenca exorreica que forma parte de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, que logra llevar recursos hídricos desde la cordillera andina hasta el océano Pacífico.

Desde una perspectiva ecosistémica, es importante destacar la importancia del río Loa como un verdadero corredor biológico de especies, sustentando el desarrollo de procesos de intercambio energético en la cadena trófica asociada a esta cuenca. En este sentido, el río Loa constituye un elemento de gran relevancia para el desarrollo de la flora y fauna de las Regiones de Tarapacá y Antofagasta teniendo presente que este río se encuentra inserto en un ambiente de extrema aridez (uno de los desiertos más áridos del planeta). La cuenca del río Loa es una de fuentes de abastecimiento para producir agua potable para las principales ciudades de la región: Calama, Tocopilla, Mejillones y Antofagasta por medio de varias captaciones con un caudal total de 1.400 l/s. Estas captaciones son realizadas en el río Loa (sector de Lequena y Quinchamale) con un caudal de 850 l/s, en el río San Pedro de Inacaliri con un caudal de 50 l/s y en el río Toconce con un caudal de 490 l/s.

En la cuenca se han ubicado una serie de actividades mineras de gran envergadura e importancia económica, que aprovechan el recurso hídrico y los terrenos adyacentes a la cuenca del río Loa. Cabe señalar, que mediante Resolución Nº 197 de fecha 24 de enero del 2000, la Dirección General de Aguas declara el agotamiento del río Loa y sus afluentes en la

Región de Antofagasta, basándose en una solicitud de la Comunidad Atacameña San Francisco Chiu-Chiu. Por lo tanto, a contar de esta fecha no podrán concederse nuevos derechos de aprovechamientos consuntivos permanentes en el río Loa y sus afluentes.

El 15 de Febrero de 2006, se publica el texto del anteproyecto de normas de calidad secundarias para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Loa. El presente anteproyecto de norma secundaria de calidad tiene como objeto constituirse en un instrumento básico para el desarrollo sustentable de la cuenca hidrográfica, al establecer las condiciones en que el agua puede considerarse libre de contaminación. De esta manera, se busca prevenir el deterioro ambiental, recuperar, proteger y conservar la biodiversidad acuática y la calidad básica de las aguas continentales superficiales del río Loa y sus afluentes. Las normas secundarias de calidad que se proponen, se construyeron sobre la base de la calidad actual, calidad natural, usos actuales y usos potenciales de las aguas del río Loa.

El río Loa y sus afluentes principales tienen actualmente una calidad ambiental condicionada, en gran medida, por las características mineralógicas del suelo y subsuelo por donde escurren las aguas y también por la creciente presión antrópica sobre el recurso hídrico, lo que lleva a que el objetivo primordial sea su conservación. El régimen hídrico del Loa se caracteriza por fuertes crecidas en verano. En su paso por Calama, el río Loa carece del “cajón” que lo caracteriza como un gran tajo en el desierto y corre prácticamente a la altura de la ciudad. Actualmente, como consecuencia de su escaso caudal, no compromete zonas de riesgo de inundación que puedan afectar al área urbana (PRC 2004). Entre su nacimiento y Calama, el río Loa recibe aportes acuíferos tanto de aguas subterráneas como de superficie, con los siguientes volúmenes promedio aproximados (CADE-IDEPE 2001):

- entre Lequena y el río San Pedro: 600 a 1.700 lts/seg (subterráneo)
- río San Pedro: 75 lts/seg (subterráneo)
- entre San Pedro y embalse Conchi : 200 lts/seg (subterráneo)
- río Salado : 650 lts/seg (3)
- en el sector del cerro Angostura: 670 lts/seg (subterráneo)

4. GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA

El Oasis de Calama se encuentra emplazado en el macizo andino de la precordillera, la cual une los extremos de la depresión intermedia y la cordillera de los Andes. Este macizo asciende lentamente desde los 1.600 a los 3.000 msm. En el Oasis de Calama, se interrumpe la cordillera de Domeyko, la cual se inicia a la altura de Copiapó, y corresponde a un cordón desmembrado paralelo a la cordillera de los Andes que rodea el curso superior del río Loa por el norte. Esta cordillera alcanza en esta zona los 3.500 msm, no es gran receptora de nieve, aporta escasa humedad hacia el llano central y está compuesta de núcleos de rocas basales antiguas o preterciarias. La morfología de esta unidad es tubuliforme y dilatada con relieves volcánicos sobre impuestos. En estos relieves se distinguen formas terciarias y cuaternarias, señalando que las primeras corresponden a coladas de lava riolíticas las que aparecen por debajo de centros cuaternarios volcánicos tomando en el sector forma de abanicos. Más al sur estas rocas aparecen en prologados sectores del río Loa con abundantes sedimentos en superficies. La morfología del Oasis de Calama destaca por el origen que corresponde a corridas de barro sucesivas.

El Oasis de Calama se caracteriza por la presencia rocas ígneas, sedimentarias, y metamórficas cuyas edades van del Paleozoico al cuaternario. Las primeras rocas son las más antiguas y las de menor extensión en el oasis conformando las unidades que constituyen la roca fundamental.

En esta unidad se encuentra el Oasis de Calama, que es el resultado de la téctonica norte-sur, que originó un largo y angosto graben, y de los procesos morfoclimáticos del terciario superior y cuaternario que proporcionaron un relleno formado casi exclusivamente por corrientes barro sucesivas. La pampa es una llanura relativamente plana, elongada en sentido norte-sur y con una extensión de 15 km de largo y cuatro kilómetros de ancho en cuyo extremo sur se encuentra Calama con a 2.370 msm (Trevizan et al. 2001).

Morfología

La morfología de esta unidad es tabuliforme y dilatada con relieves volcánicos sobreimpuestos. En estos relieves se distinguen formas terciarias y cuaternarias, señalando que las primeras corresponden principalmente a coladas de lavas riolíticas, las que aparecen por debajo de los centros volcánicos cuaternarios, tomando en el sector forma de abanico. Más al sur, estas rocas aparecen en prolongados sectores del río Loa con abundantes sedimentos en superficie (DGA 2004). En el Oasis de Calama es posible distinguir las siguientes unidades:

a) Superficies de erosión y acumulación. Es posible observar este proceso en los cerros adyacentes a la quebrada San Salvador, sierras de San Lorenzo, cerros de Quetena, entre otros, los que continúan hacia el oeste, hasta la confluencia de los ríos San Salvador y Loa.

b) Terraza de formación el Loa. Es una unidad de gran extensión y con una pendiente media de 1,3%. Corresponde a la depositación sedimentaria lacustre de limos y arcillas pardo-rojizas, las que se observan en el primer estrato, en el segundo se observan gravas y arenas, y en la parte superior del perfil, calizas lacustres.

c) Quebrada del río Loa. Corresponde a una unidad de disección que afecta a la terraza de la Formación El Loa, en que el río excava en forma de U, con un fondo plano y paredes verticales de gravas y calizas. El valle del río Loa en general alcanza un ancho muy reducido en comparación con el valle del río San Salvador.

d) Conos de deyección. Son depósitos aluviales formados por corrientes de barro que se acumularon por la ocurrencia de grandes aluviones provocados por lluvias torrenciales, los cuales se encuentran confinados a los cerros circundantes. Esta superficie presenta pendientes de 4 a 3%.

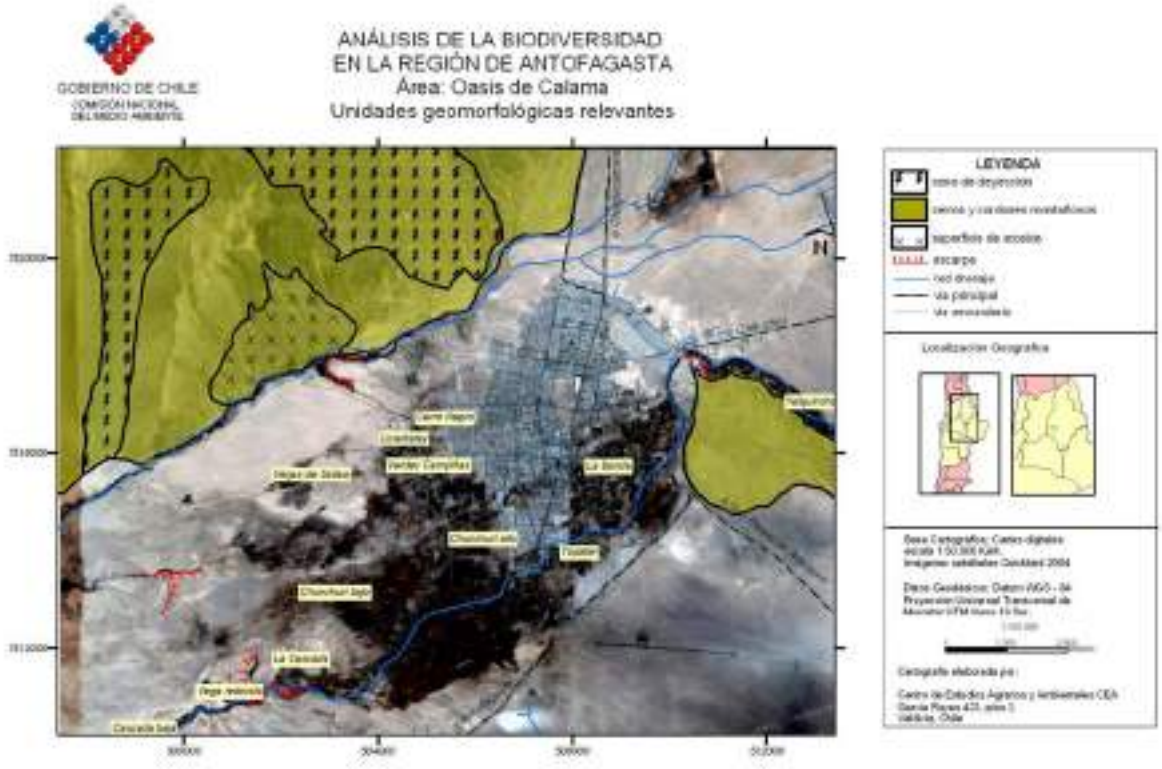


FIGURA 2-4. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS RELEVANTES EN EL ÁREA OASIS DE CALAMA Y TOPONIMIA LOCAL.

Pendiente, elevación y exposición

En el área del Oasis de Calama, el terreno se observa dominado por las pendientes entre 0 y 25%, en base a las curvas de nivel disponibles para el área, las cuales se encuentran descritas cada 100 m (Fig. 2-5). El rango de pendientes dominante es observable en terreno en gran parte del área, obedeciendo a la condición de fondo de valle, formado por el paso del río Loa, y por la depresión entre los cordones montañosos del desierto de los Aluviones. Este cordón montañoso está representado por pendientes que oscilan entre los 25 y 50%, siendo las mayores pendientes observadas por sobre los 50% en las cotas más altas. Las curvas de nivel disponibles para caracterizar el área, no son suficientes para describir las pendientes que se observan en las quebradas formadas por el paso del río Loa, las que presentan la condición de taludes, formando profundos murallones que confinan el paso del río, y que tienen un origen provocado por la erosión fluvial. Se observa una terraza de gran extensión, interrumpida por la profundidad de las quebradas, que han sido ensanchadas en algunos sectores, por la acción erosiva y sedimentaria del agua, como es el caso de la quebrada San Salvador. Por otro lado, hacia el sector de quebrada Yalquincha, las pendientes de la quebrada son menos pronunciadas y el fondo de valle mas estrecho, condición que se repite en todo el curso del Loa hasta el sector del Mirador. En el caso de la quebrada Quetena, se observa un confinamiento del fondo de valle, delimitado por murallones que alcanzan una pendiente de casi 90%.

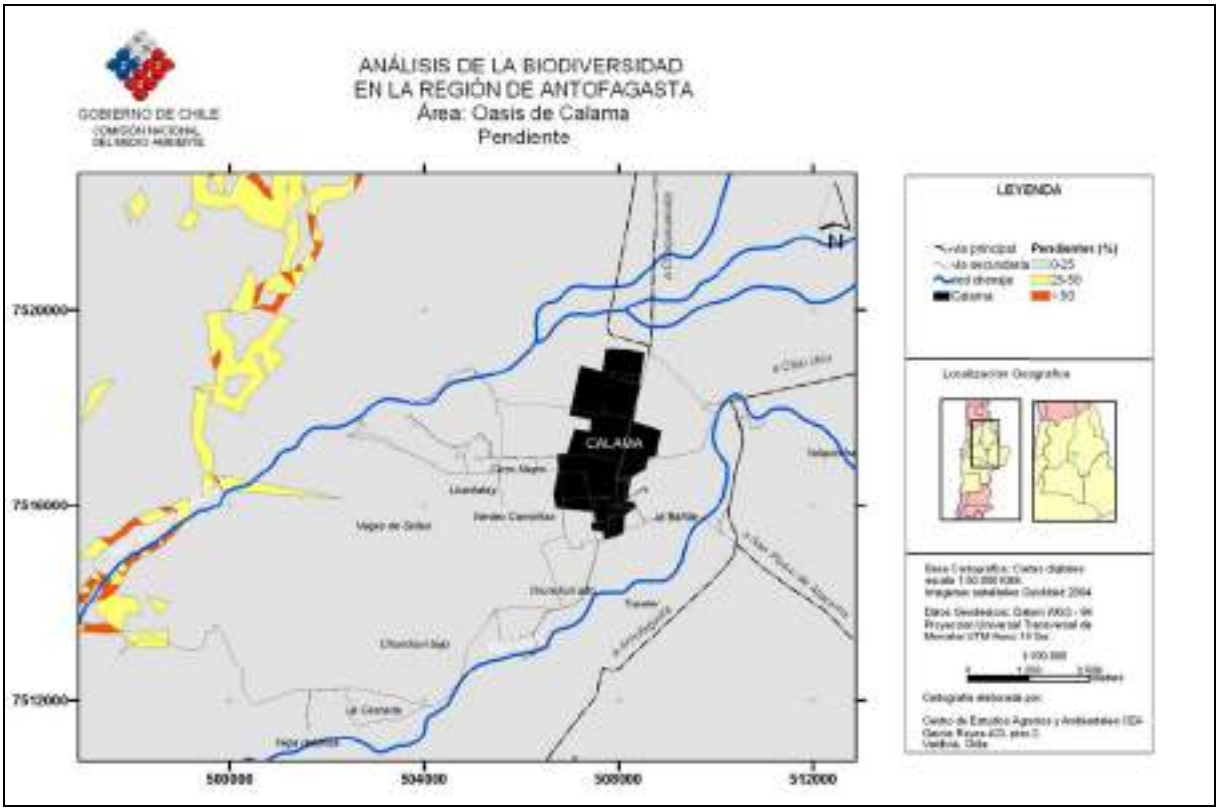


FIGURA 2-5. CARTA DE PENDIENTES PARA EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA.

Las mayores elevaciones en el área oscilan entre los 2600 y 2990 msm, de acuerdo a la información proporcionada por las curvas de nivel disponibles para el sector y al modelo de elevación digital (Fig. 2-6). Siendo una de las mayores elevaciones las correspondientes a la sierra de San Lorenzo (2.930 msm aprox.), cerro Negro (2.921 msm) y cerro Quetena (2.645 msm). Predominan en el área de Calama las altitudes entre los 2.200 y 2.600 msm, correspondiendo al sector de emplazamiento de la ciudad, la terraza que rodea el río Loa, y a los planos depositacionales.

De acuerdo al modelo de elevación digital, elaborado para el área, las laderas presentan en su mayoría exposición oeste (51.6%), siguiéndole las laderas de exposición sur (28,2%) (Fig. 2-7), mientras que los sectores planos corresponden al 4.8% del total de área. No se observa vegetación asociada a las laderas de los cerros, ésta se desarrolla en los planos y se encuentra relacionada con la humedad edáfica, por lo que este tipo de vegetación no puede clasificarse como zonal o intrazonal (Luebert & Pliscoff 2006). Las laderas de exposición sur muestran una superficie de erosión notoria, dado por las cicatrices de escorrentía, al igual que las laderas de exposición oeste. Entre las laderas de erosión se observan conos de deyección, los que muestran los arrastres y corridas de barro, ocasionados por grandes aluviones y fenómenos torrenciales.

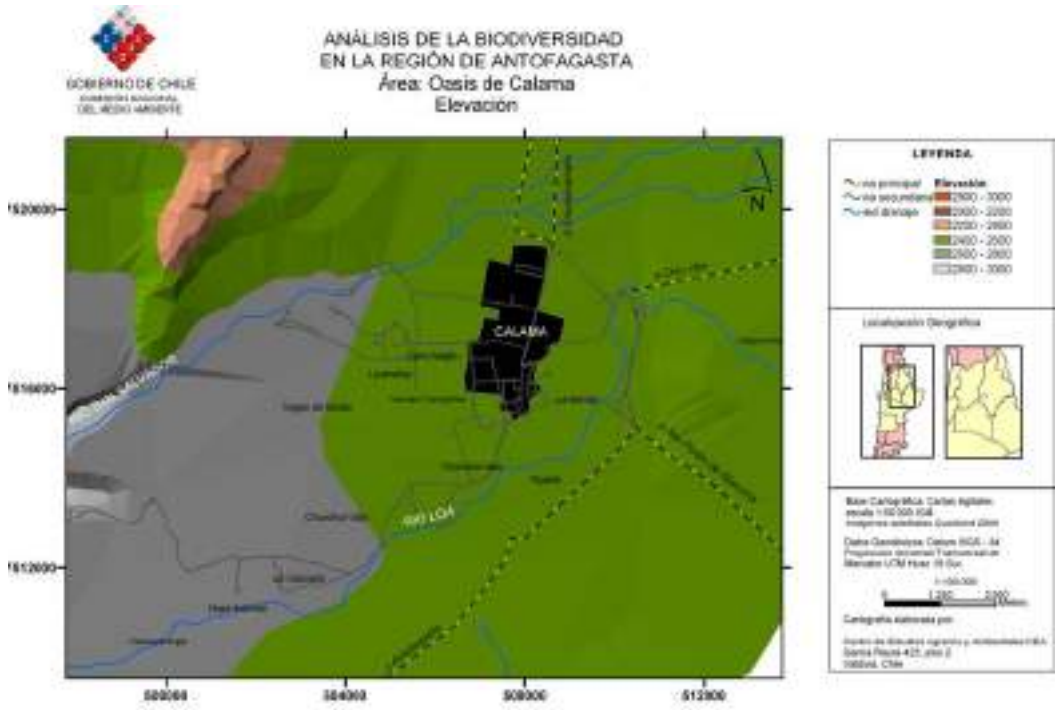


FIGURA 2-6. CARTA DE ELEVACIÓN PARA EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA.

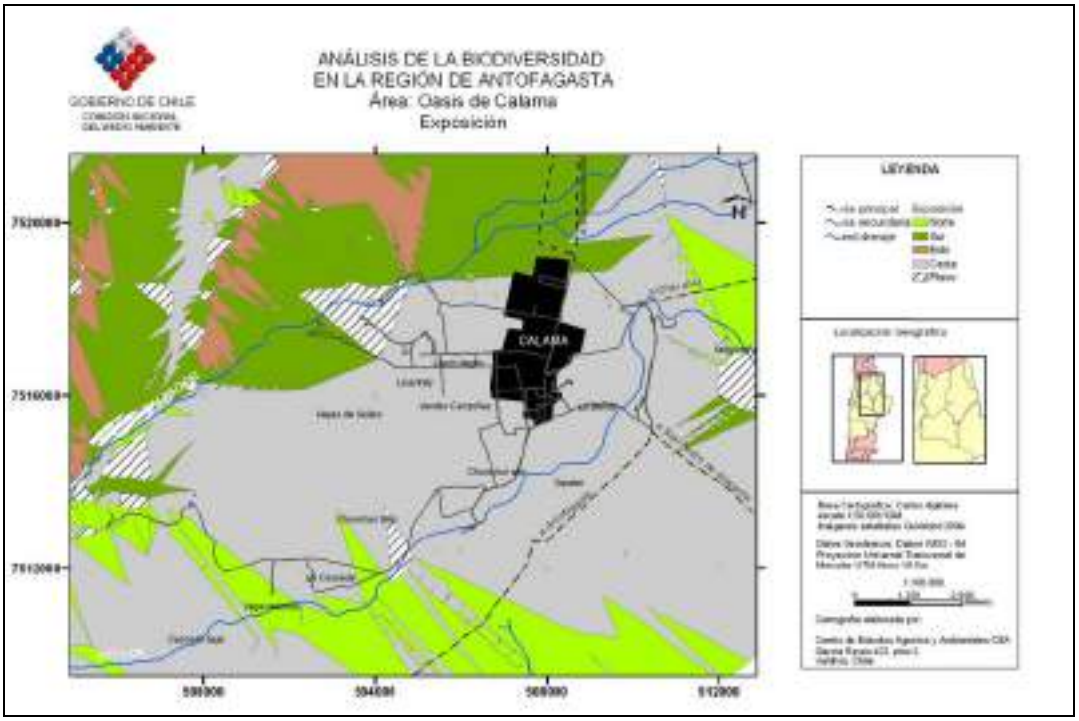


FIGURA 2-7. CARTA DE EXPOSICIÓN PARA EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA.

5. SUELO

En el área del Oasis de Calama, los suelos son poco evolucionados y se han gestado a partir de estratos arenosos correspondientes a los cauces de depositación de grandes conos de deyección de carácter aluvional, en parte sobre sedimentos más antiguos del río Loa. Esto último explica la presencia con profundidad de algunos de aquellos perfiles correspondientes a los mejores suelos, de estrato arcilloso. La calidad de los suelos decrecen hacia el Norte, encontrándose en el extremo Occidental, suelos turbosos con nivel freático alto, además de estas condicionantes, la presencia de sales en el perfil hacen que estos suelos sean difíciles de habilitar. En general estos suelos decrecen en su calidad agrícola a medida que se avanza hacia el Oeste y se alejan de los márgenes del río Loa. Se exceptúa de esto el sector de Cobija. En general, el grado de salinidad de los suelos de Calama alcanza valores más altos que los de las áreas de Chiu–Chiu y Lasana, debido a que el agua del río Loa aumenta su salinidad al recibir el aporte de aguas del río Salado (CADE – IDEPE 2001).

Uso suelo

El uso de tipo agrícola en la cuenca se concentra en las proximidades de la ciudad de Calama y en el sector de confluencia entre los ríos Loa y Salado. La superficie estimada a este tipo de uso comprende 3.279 hectáreas equivalentes al 1% de la superficie total de la cuenca. El tipo de agricultura existente en este sector es de tipo intensivo. Según los antecedentes existentes al año 1997 los principales cultivos en la comuna de Calama corresponden a forrajeras anuales–permanentes y a hortalizas. En tanto, la actividad pecuaria se ve centrada en la crianza de ganado ovino, caprino, bovino y porcino. En la misma zona del Oasis de Calama (sector nor-poniente), el nacimiento del río San Salvador sustenta principalmente cultivos de maíz para el consumo doméstico y cultivos de plantas forrajeras como la alfalfa, además de alguna crianza de ganado ovino (Trevizan et al. 2001).

CAPÍTULO III
BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO III BIODIVERSIDAD

FLORA Y VEGETACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El piso de vegetación en que se localiza la zona de Calama, corresponde al Desierto Tropical Interior con vegetación escasa que se distribuye en la pampa desértica en el interior de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, entre 200 y 2.000 m de altitud, con pisos bioclimáticos mesotropical ultrahiperárido y supratropical inferior hiperocéanico (Luebert & Pliscoff 2006), Esta zona se caracteriza por carecer casi completamente de vida vegetal, excepto en algunos sectores con presencia de napa subterránea salobre donde se observa un matorral halófilo dominado por *Tessaria absinthioides*. Las comunidades intrazonales que se presentan en esta zona son: *Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* (suelos halomórficos) y corresponden a la formación vegetacional de desierto interior de acuerdo a la clasificación de Gajardo (1995) (Figura 3-1).

FIGURA 3-1. FORMACIONES VEGETACIONALES EN LA REGION DE ANTOFAGASTA (SEGÚN GAJARDO 1995). SQUEO ET AL. (1998).

La vegetación del Oasis de Calama puede clasificarse en tres grandes áreas. La primera corresponde a las áreas cultivadas, en la que principalmente se encuentra alfalfa (*Medicago sativa*) y cortinas de árboles ya sean exóticos o nativos. La segunda área corresponde al humedal que se ubica en los márgenes contiguos al río Loa y cuya formación vegetal está constituida por juncáceas, helechos y arbustos adaptados a ambientes húmedos como *Baccharis* sp. Por último una tercera corresponde a formaciones vegetales xerófitas en distintos estados sucesionales de desarrollo o deterioro. En esta formación se encuentra el cachiyuyo

(*Atriplex atacamensis*), el chañar (*Prosopis alba*) y el tamarugo (*Prosopis tamarugo*) (Trevizan et al. 2001). La lista de especies vegetales para el Oasis de Calama se describe en la Tabla 3-1, entregando un total de 24 especies.

TABLA 3-1. FLORA ACUÁTICA Y TERRESTRE PRESENTE EN EL OASIS DE CALAMA. TREVIZAN ET AL. (2001).

ESPECIE	NOMBRE	ACUÁTICO	TERRESTRE
Schinus molle	pimiento boliviano		x
Baccharis petiolata	chilca negra		x
Heliotropium curassivicum	pasto vidrio		x
Caesalpina spinosa	tara		x
Atriplex atacamensis	cachichuyo		x
Tessaria absinthoides	brea		x
Medicago sativa	alfalfa		x
Prosopis alba	chañar		x
Prosopis chilensis	algarrobo		x
Juncus dombyanus	junco		x
Juncus acutus	junquillo		x
Calindrinia salsoloides	lukupa		x
Distichlis spicata	grama salada		x
Scirpu americanus	junco	x	
Ruppia maritima	gramínea filamentosa	x	
Pteridofitas	helechos		x
Erigeron seneciodes	escabiosa		x
Acacia macracantha	yaro	x	
Azolla sp.	helecho de agua	x	
Stygeocionium sp.	lama verde delgada	x	
Spirogira sp.	lama delgada azul verdosa	x	
Cladophora sp.	lama gruesa	x	
Poa sp.	coirón		x
Cortederia sp.	cola de zorro		x

2. METODOLOGÍA

La definición y nomenclatura de las unidades vegetacionales del Oasis de Calama se realizó de acuerdo a la propuesta de Gajardo (1995). Posteriormente se verificaron en terreno las unidades más relevantes identificadas en la cartografía base y en las imágenes satelitales; las que básicamente corresponden a comunidades de matorrales asociados a cursos de agua, praderas de grama salada y brea, y praderas de cultivo.

2.1. Flora

Entre los días 26 y 30 de septiembre de 2007, se realizaron colectas intensivas y se aplicaron relevamientos (inventarios) fitosociológicos. Cada especie se identificó, clasificó y determinó su origen fitogeográfico en base a literatura especializada, por ejemplo: Hoffmann (1978, 1991), Marticorena & Quezada (1985), Marticorena & Rodríguez (1995, 2001, 2003, 2005), Matthei (1995), Muñoz (1966) y Navas (1973, 1976, 1979). También se determinaron las formas de vida en base al esquema propuesto por Ellenberg & Mueller-Dombois (1966).

El grado de perturbación antrópica del lugar se determinó sobre la base de lo propuesto por Hauenstein et al. (1988), que consideran el origen fitogeográfico, es decir, la relación entre las especies nativas e introducidas, y las formas de vida (formas biológicas de Raunkiaer) como medidas de esta forma de perturbación; y la escala de evaluación propuesta por González (2000) que establece rangos definidos de alteración según el porcentaje de especies exóticas que contenga un área determinada (Tabla 3-2).

TABLA 3-2. ESCALA DE EVALUACIÓN VEGETACIONAL DEL GRADO DE INTERVENCION ANTROPICA SEGÚN ORIGEN FITOGEOGRAFICO (GONZÁLEZ 2000).

RANGO DE PORCENTAJES DE ESPECIES INTRODUCIDAS (%)	GRADO DE INTERVENCIÓN ANTRÓPICA
0-13	Sin intervención
14-20	Poco intervenido
21-30	Medianamente intervenido
31-100	Altamente intervenido

Como resultado de los procesos anteriores se obtuvo un inventario o **catálogo florístico** del área de estudio (Tabla 3-3) que contiene todos los elementos antes mencionados. Además de las especies registradas en este estudio, se incorporaron en el catálogo las mencionadas en el estudio previo de Trevizan et al. (2001).

2.2. Fitosociología

Se aplicaron 77 relevamientos (inventarios) fitosociológicos de 5x5 m de superficie cada uno, en ocho estaciones de muestreo, de acuerdo a la metodología fitosociológica europea (Braun-Blanquet 1964) y en superficies superiores al área mínima, explicitada en Steubing et al. (2001). Se consideró también la vegetación acuática y palustre de los humedales contenidos en el área de estudio. Las tablas fitosociológicas se procesaron de acuerdo a la metodología propuesta por Braun-Blanquet (op. cit.) y explicitada en Ramírez & Westermeier (1976). En las tablas fitosociológicas, los valores de cobertura de cada especie en cada inventario (parcela de 5x5) se expresan directamente en porcentaje, donde el signo + corresponde a pocos individuos con escasa cobertura y r a la presencia de un solo individuo con cobertura insignificante.

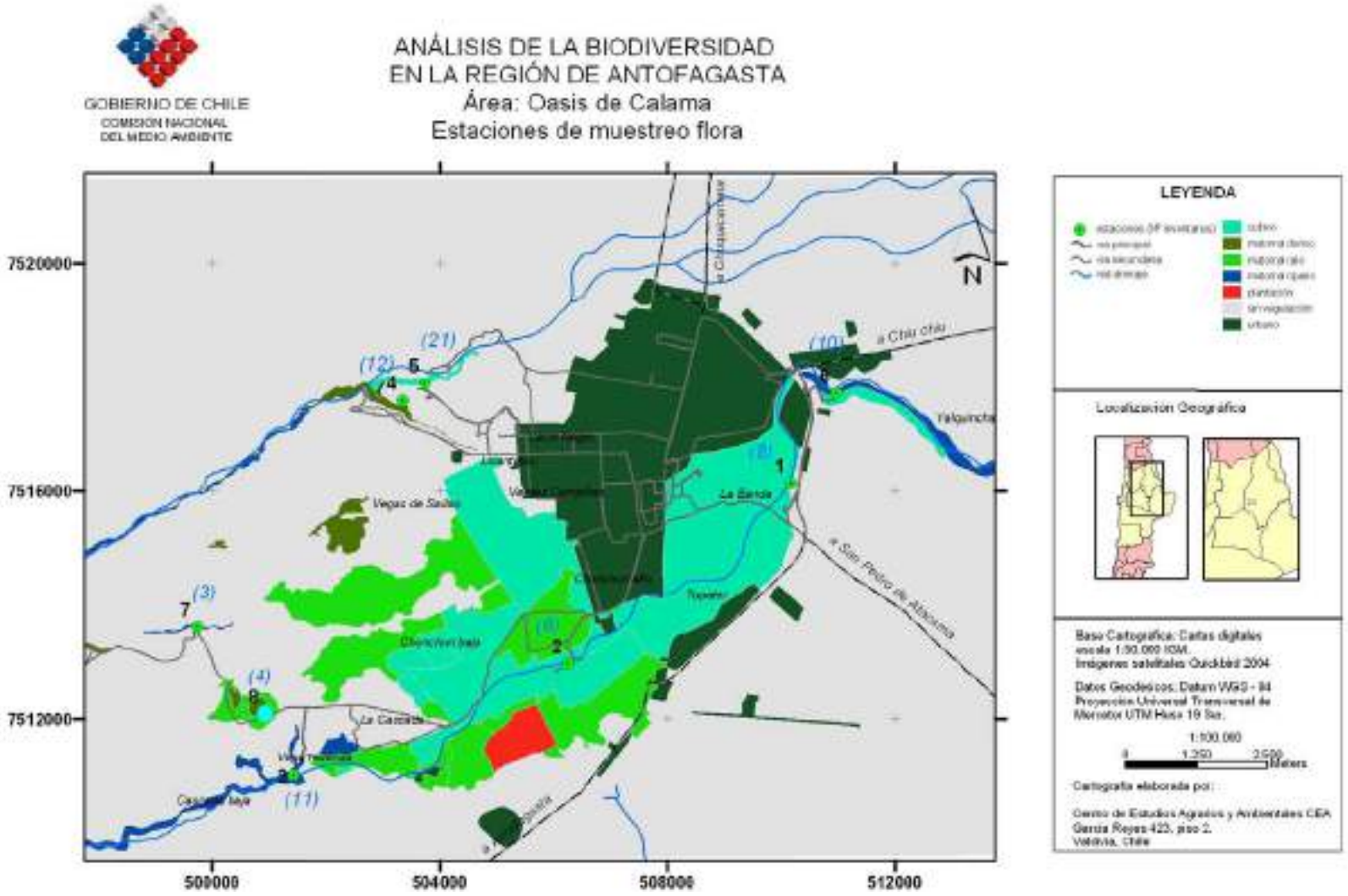


FIGURA 3-2. ESTACIONES DE MUESTREO FLORÍSTICO. COMUNA DE CALAMA, PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007.

Con esta información, se procede a anotar, a la derecha de la columna correspondiente al último inventario, los valores correspondientes a la cobertura total por cada especie (C) y su cobertura relativa (Cr) o porcentaje de la cobertura total de cada especie, usando como 100% la sumatoria de las coberturas. A continuación se anota la frecuencia de cada especie, es decir el número de inventarios en que ella está presente. Dicha frecuencia se indica en números absolutos (F) y en términos de frecuencia relativa (Fr), que indica el porcentaje de la frecuencia de cada especie, haciendo equivalente al 100% la sumatoria de las frecuencias. Las especies con escasa cobertura o con sólo un individuo de designan con los signos + y r, respectivamente. Estos signos serán reemplazados por el valor 1, durante el procesamiento de la información para el cálculo del Valor de Importancia. Éste se determina para cada especie por medio de la suma de las frecuencias y coberturas relativas (Wikum & Shanholtzer 1978), dando cuenta de la abundancia e importancia de cada especie en el lugar estudiado.

A partir de los relevamientos fitosociológicos se obtuvo una tabla con la caracterización de los sitios inventariados (Tabla 3-4) y una **tabla fitosociológica** (Tabla 3-5) construida a partir del valor de importancia (VI) obtenido por las especies presentes en el área, identificando de esta forma, las principales comunidades vegetales del área siguiendo los trabajos de Gajardo (1995), Tellier (2004) Teillier & Becerra (2003) y Luebert (2004).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Flora

Los resultados de flora están representados en la Tabla 3-3, en la que se caracterizan **37** especies, con sus nombres científicos y comunes, familia botánica, formas de vida y origen fitogeográfico. Estas 37 especies se distribuyen taxonómicamente en cinco Algas filamentosas (13,5%), un Pteridófito (2,7%), 18 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (48,6%) y 13 Monocotiledóneas (Liliopsida) (35,1%) (Fig. 3-3). Este número de especies es bastante inferior al registrado por Tiellier (2004) en la cuenca-media-alta del río Loa, donde describe 110 especies; o a las 90 especies reportadas por Arroyo et al. (1998) para el Parque Nacional Llullaillaco en los Andes de la Región de Antofagasta. Por otra parte, el catálogo de la flora vascular de la Región de Antofagasta, elaborado por Marticorena et al. (1998), reporta la existencia de 1.056 especies. La baja riqueza de especies del área estudiada es atribuible a la mayor superficie y diversidad de ambientes estudiados por los autores mencionados, sin embargo es superior a las 24 especies reportadas por Trevizan et al (2001), por lo que el presente estudio ha incorporado siete especies al catálogo existente de la flora del Oasis de Calama.

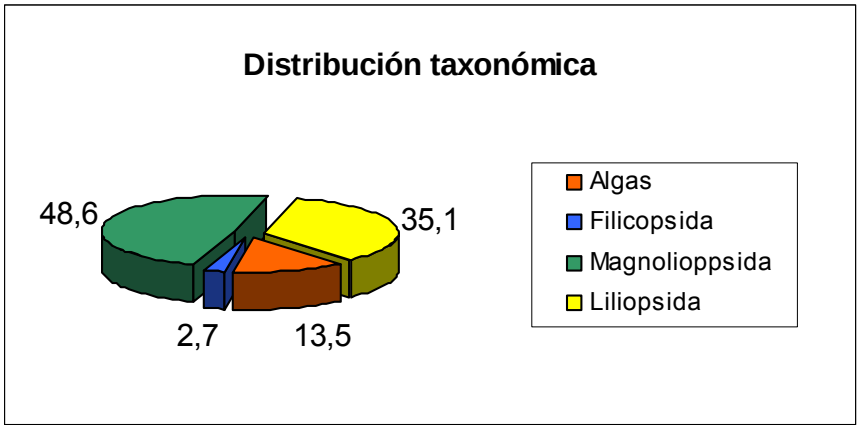


FIGURA 3-3. DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA DE LA FLORA DEL OASIS DE CALAMA.

El espectro biológico (Fig. 3-4) muestra la presencia de 15 criptófitos (40,5%), que reúne a hidrófitos y geófitos, nueve fanerófitos (24,3%), que incluye a árboles y arbustos, siete hemicriptófitos (18,9%), plantas herbáceas perennes, y seis terófitos (16,2%) que comprende las plantas anuales y bianuales.

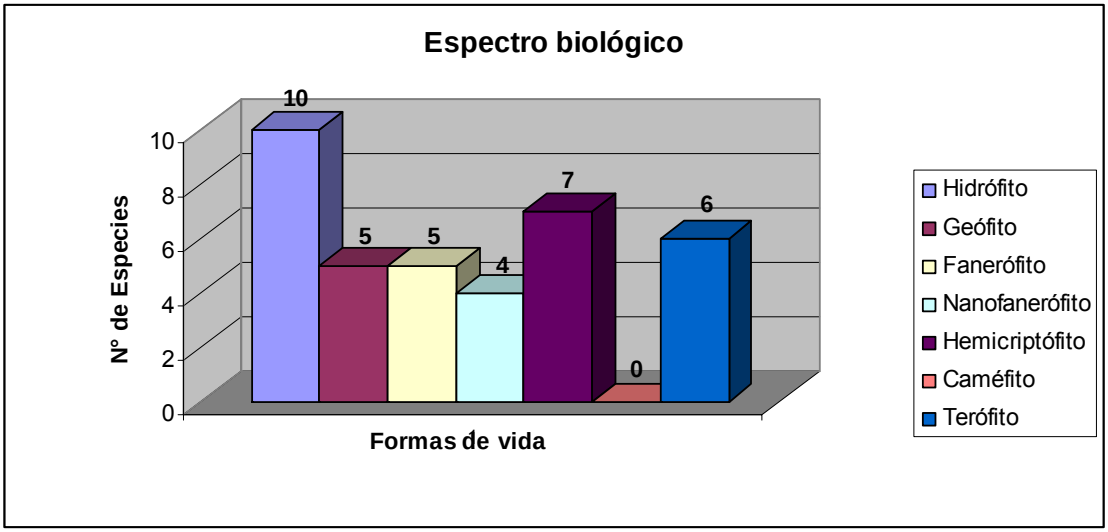


FIGURA 3-4. ESPECTRO BIOLÓGICO (FORMAS DE VIDA) DE LA FLORA DEL OASIS DE CALAMA.

La distribución de las formas de vida (Fig. 3-4) muestra la importancia de los criptófitos, fanerófitos y hemicriptófitos sobre el resto de las formas de vida, lo que está en concordancia con las condiciones climáticas del lugar, ya que los criptófitos, en este caso los geófitos, son plantas con órganos subterráneos perdurantes, que representan muy bien este tipo de clima árido, a lo que se suman los hidrófitos asociados a los cursos de agua del área; la presencia de fanerófitos indica niveles de pluviometría altos, lo que no corresponde al clima. Esto se explica

porque los árboles y arbustos presentes, especialmente del género *Prosopis*, presentan adaptaciones especiales a la sequía, como es el caso de raíces profundizantes, cierre estomático diurno, entre otros (Money & Kummerow 1971, Montenegro et al. 1979). Por su parte la presencia de hemicriptófitos indica más bien intervención antrópica, ya que esta forma de vida acompaña al hombre y corresponde a plantas que son capaces, por ejemplo, de soportar el pisoteo y ramoneo de los animales domésticos (Ramírez 1988).

El origen fitogeográfico muestra la presencia de 33 especies nativas (89,2%) y sólo cuatro introducidas (10,8%) (Fig. 3-5). De acuerdo a Hauenstein et al. (1988) esta distribución porcentual, en la que las plantas alóctonas no superan el 10%, indica un bajo grado de intervención antrópica, y de acuerdo a la escala de evaluación propuesta por González (2000) corresponde al límite de las categorías de “Sin Intervención” y “Poco intervenido”.

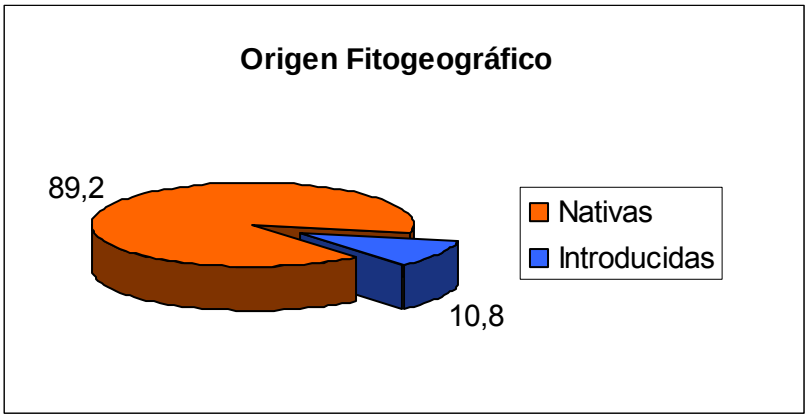


FIGURA 3-5. ORIGEN FITOGEOGRÁFICO DE LA FLORA DEL OASIS DE CALAMA.

Luebert (2004) señala que en general los signos de intervención humana en estas áreas, se reflejan en la modificación del sustrato para la construcción de terrazas de cultivo, así como en la presencia de especies introducidas con fines agrícolas y ambientales. Indica además, que la presencia de *Schinus molle* debe interpretarse como una introducción, ya que estos árboles eran plantados con fines ornamentales o para dar sombra a los animales. *Prosopis alba* y *P. chilensis* junto a otras como el yaro (*Acacia macracantha*), tienen un alto valor ecológico y en la alimentación del ganado, especialmente caprino y ovino, que consumen sus hojas y frutos (Felker 1981, Macaya 1999). También pueden generar otros productos importante como gomas (*A. macracantha*) que se pueden utilizar industrialmente para el cultivo de microalgas (Vera et al. 2004). Muchas de ellas tienen también un uso medicinal, como la brea (*Pluchea absinthioides*) que se utiliza para problemas estomacales, depurativa, cáncer a la próstata y reumatismo (Venegas & Cardozo 2006).

TABLA 3-3. CATÁLOGO FLORÍSTICO DEL OASIS DE CALAMA. (FV= FORMA DE VIDA, OF= ORIGEN FITOGEOGRÁFICO; HI= HIDRÓFITO, F= FANERÓFITO, Nf=NANOFANERÓFITO, Hc= HEMICRIPTÓFITO, Te= TERÓFITO, Ge= GEÓFITO; N= NATIVO, I= INTRODUCIDO, s.n.= SIN NOMBRE;).

ESPECIE	FAMILIA	NOMBRE VULGAR	F.V.	O.F
Algae				
Chara sp.	Characeae	candelabro	Hi	N
Cladophora sp.	Cladophoraceae	lama gruesa	Hi	N
Nostoc sp	Nostocaceae		Hi	N
Spirogyra sp.	Zygnemataceae	lama azul verdosa	Hi	N
Stygeoclonium sp.	Chaetophoraceae	lama verde delgada	Hi	N
Filicopsida				
Azolla filiculoides Lam.	Azollaceae	flor del pato	Hi	N
Magnolioppsida (Dicotyledoneae)				
Acacia macracantha Humb. & Bonpl.ex Willd.	Mimosaceae	yaro	F	N
Atriplex atacamensis Phil.	Chenopodiaceae	cachichuyo	Hc	N
Atriplex semibaccata R. Br.	Chenopodiaceae	s.n.	Te	I
Baccharis juncea (Cass.) Desf.	Asteraceae	s.n.	Nf	N
Baccharis petiolata DC.	Asteraceae	chilca	Nf	N
Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze	Caesalpiniaceae	tara	F	N
Chenopodium sp.	Chenopodiaceae	quinuilla	Te	N
*Cistanthe salsoloides (*Barnéoud) Carolin ex Hershk.	Portulacaceae	lukupa	Te	N
Erigeron senecioides Weed.	Asteraceae	escabiosa	Hc	N
Heliotropium curassavicum L.	Boraginaceae	pasto vidrio	Hc	N
Lythrum sp	Lythraceae	romerillo	Te	N
Medicago sativa L.	Fabaceae	alfalfa	Hc	I
Pluchea absinthioides (Hook. & Arn.) H.Rob. & Cuatrec.	Asteraceae	brea	Nf	N
Prosopis alba Griseb.	Mimosaceae	algarrobo blanco	F	N
Prosopis chilensis Stuntz	Mimosaceae	algarrobo	F	N
Senecio sp	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Solanum sp.	Solanaceae	s.n.	Nf	N
Schinus molle L.	Anacardiaceae	pimiento boliviano	F	N
Liliopsida (Monocotyledoneae)				
Cortaderia atacamensis (Phil.) Pilger	Poaceae	cola de zorro	Hc	N
Distichlis spicata (L.) Greene	Poaceae	grama salada	Ge	N
Juncus acutus L.	Juncaceae	junquillo	Ge	N
Juncus articus Willd.	Juncaceae	junquillo	Ge	N
Juncus dombeyanus J.Gay ex Laharpe	Juncaceae	junco	Ge	N
Myriophyllum quitense H.B.K.	Haloragaceae	llach'u	Hi	N
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.	Poaceae	carrizo	Hi	N
Poa sp.	Poaceae	coirón	Hc	N
Polypogon monspeliensis (L.) Desf.	Poaceae	cola de zorro	Te	I
Potamogeton strictus Phil. ENDEMICA	Potamogetonaceae		HI	N
Ruppia maritima L.	Ruppiaceae	pasto salado	Hi	N
Scirpus americanus Pers.	Cyperaceae	junco	Ge	N
Zea mays L.	Poaceae	maíz	Te	I
Total: 37 especies				

3.2. Fitosociología

En la Tabla 3-4 se presenta la caracterización resumida de las estaciones de muestreo y las comunidades de plantas determinadas, mientras que en la Tabla 3-5 los resultados fitosociológicos por estación de muestreo.

TABLA 3-4. ESTACIONES DE MUESTREO PARA FLORA Y VEGETACIÓN DEL OASIS DE CALAMA. (LOS NÚMEROS ENTRE PARÉNTESIS CORRESPONDEN AL NÚMERO DEL INVENTARIOS DE CADA ESTACIÓN DE MUESTREO, SE ENTREGAN LAS COORDENADAS DEL PRIMER Y ÚLTIMO INVENTARIO EN CADA ESTACIÓN).I= NÚMERO TOTAL DE INVENTARIOS EN CADA ESTACIÓN; N= CÓDIGO DE LA ESTACÓN DE MUESTREO.

N	ESTACIÓN DE MUESTREO	COORDENADAS (UTM) ESTE NORTE	FORMACIÓN VEGETAL Y COMUNIDADES DETECTADAS	I
CAL-1	PRADERA AGRÍCOLA	05110081 (1) 7515753 05110114 (8) 7515745	Cultivos 1.- mezcla de comunidades nativas sin diferenciación 2.- Cultivo de maíz 3.- Cultivo de alfalfa	8
CAL-2	LOA MEDIO	0506257 (1) 7512969 0506307 (8) 7512954	Matorral – humedal *1.- Pluchea absinthioides-Distichlis spicata* *2.- Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata*	8
CAL-3	MIRADOR	0501433 (1) 7511023 0501585 (11) 7511278	Matorral – humedal *1.- Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata* *2.- Baccharis juncea-Scirpus americanus*	11
CAL-4	QUEBRADA DE QUETENA	0503349 (1) 7517598 0503341 (12) 7517507	Matorral - humedal *1.- Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata* *2.- Baccharis juncea-Scirpus americanus*	12
CAL-5	RÍO SAN SALVADOR	0503733 (1) 7517885 0503837 (21) 7517968	Matorral. Campo de cultivo sin uso *1.- Pluchea absinthioides-Distichlis spicata* *2.- Baccharis juncea- Distichlis spicata* 3.- Distlichetum spicatae	21
CAL-6	YALQUINCHA	0510969 (1) 7517724 0510718 (10) 7517727	Matorral *1.- Pluchea absinthioides-Distichlis spicata* *2.- Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata*	10
CAL-7	OJO DE OPACHE	0499732 (1) 7513619 0499711 (3) 7513644	Matorral – humedal *1.- Baccharis juncea-Scirpus americanus*	3
CAL-8	CAMINO MIRADOR	0500923 (1) 7512089 0500894 (4) 7512032	Matorral *1.- Pluchea absinthioides-Distichlis spicata* *2.- Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata*	4

TABLA 3-5. TABLA FITOSOCIOLÓGICA POR ESTACIONES DE MUESTREO DEL OASIS DE CALAMA.
(CO= COBERTURA ABSOLUTA, CR= COBERTURA RELATIVA, F= FRECUENCIA ABSOLUTA, FR= FRECUENCIA RELATIVA, VI= VALOR DE IMPORTANCIA DE CADA ESPECIE).

SITIO 1: Pradera Agrícola	A		B			C							
ESPECIES / INVENTARIOS	8	1	2	3	7	4	5	6	CO	CR	F	FR	VI
Baccharis juncea	20	+				45			66	14	3	10.7	24.7
Pluchea absinthioides	5	+	25	+	+			20	53	11.2	6	21.4	32.6
Distichlis spicata	5	50			5		35	35	130	27.5	5	17.9	45.4
Atriplex atacamensis	45					15		30	90	19.1	3	10.7	29.8
Baccharis petiolata	25								25	5.3	1	3.6	8.9
Senecio sp.				+	+				2	0.4	2	7.1	7.5
Chenopodium sp.				+					1	0.2	1	3.6	3.8
Poa sp.						5			5	1.1	1	3.6	4.7
Zea mays			15	10	15				40	8.5	3	10.7	19.2
Medicago sativa						5	40	15	60	12.7	3	10.7	23.4
									472		28		

A= Mezcla comunidades nativas , B= Cultivo de maíz , C= Cultivo de alfalfa

SITIO 2: Loa medio	A					B							
ESPECIES / INVENTARIOS	1	2	3	6	8	4	5	7	CO	CR	F	FR	VI
Pluchea absinthioides	95			25	+	+	15	+	138	20.1	6	24	44.1
Distichlis spicata	+	50		15	60	+			127	18.5	5	20	38.5
Juncus articus		50	45	60	35	50			240	34.9	5	20	54.9
Scirpus americanus			+						1	0.2	1	4	4.2
Ruppia maritima			+						1	0.2	1	4	4.2
Stygeoclonium sp. (Alga)			+						1	0.2	1	4	4.2
Atriplex atacamensis						10	10	50	70	10.2	3	6	16.2
Baccharis petiolata						40	25		65	9.5	2	8	17.5
Cortaderia atacamensis							45		45	6.5	1	4	10.5
									688		25		

A= *Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*, B= *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata*

SITIO 3: Mirador	A					B									
ESPECIES / INVENTARIOS	1	2	3	4	6	5	7	8	9	10	11	CO	CR	F	FR	VI
Baccharis juncea	45	5	+		+							52	6.6	4	14.8	21.4
Pluchea absinthioides	+	+	90	5								97	12.2	4	14.8	27.0
Scirpus americanus	55	45	+		5							106	13.4	4	14.8	28.2
Atriplex atacamensis				95			+	20			25	141	17.8	4	14.8	32.6
Baccharis petiolata		50			5	100	40	60	75	15	50	395	49.8	8	29.6	79.4
Ruppia maritima					+							1	0.1	1	3.7	3.8
Chara sp.					+							1	0.1	1	3.7	3.8
Cortaderia atacamensis						+						1	0.1	1	3.7	3.8
												794		27		

A= *Baccharis juncea-Sirpus americanus*, B= *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata*

SITIO 4: Quebrada Quetena	A					B										
ESPECIES / INVENTARIOS	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	C0	CR	F	FR	VI
Atriplex atacamensis	25	45	80	30									180	15.7	4	12.1	27.8
Baccharis petiolata	70	55	+				5	5					136	11.8	5	15.2	27.0
Pluchea absinthioides			10	60	100	60	+	+					232	20.2	6	18.2	38.4
Baccharis juncea						20	50	80	30		5	10	195	17.0	6	18.2	35.2
Scirpus americanus						15	45	15	70	100	50	10	305	26.5	7	21.2	47.7
Polypogon monspeliensis											5	+	6	0.5	2	6.1	6.6
Atriplex semibaccata											15		15	1.3	1	3.0	4.3
Poa sp.											+		1	0.1	1	3.0	3.1
Cortaderia atacamensis												80	80	7.0	1	3.0	10.0
													1150		33		

A= *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata*, B= *Baccharis juncea-Sirpus americanus*

SITIO 5: Río San Salvador	A			B											C								
ESPECIES / INVENTARIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	17	19	20	21	12	13	14	15	16	CO	CR	F	FR	VI
Pluchea absinthioides	100	85	+																		186	10.5	3	7.9	18.4
Baccharis juncea	+	+	50	60	70	40	60	60	45	20	10	30	65	5	50						567	32	15	39.5	71.5
Distichlis spicata		10	20	10	20	30	20	35	40	50	70	70	30	85	30	100	100	100	100	100	1020	57.5	20	52.6	110.1
																					1773		38		

A= *Pluchea absinthioides-Distichlis spicata,* B= *Baccharis juncea- Distichlis spicata,*
C= *Distlichetum spicatae*

SITIO 6: Yalquincha	A		B												
ESPECIES / INVENTARIOS	4	1	2	3	6	7	8	9	10	5	CO	CR	F	FR	VI
Baccharis juncea	50	+									51	6.4	2	6.7	13.1
Pluchea absinthioides	40	40	45	25	45	10	+	+			162	20.2	8	26.7	46.9
Distichlis spicata		+			30	35	5	30	50		151	18.8	6	20	38.8
Juncus articus		10						+			11	1.4	2	6.7	8.1
Scirpus americanus		10						+			11	1.4	2	6.7	8.1
Atriplex atacamensis			55				40	+	50	50	196	24.4	5	16.7	41.1
Baccharis petiolata				50		55	40	25		50	220	27.4	5	16.7	41.1
											802		30		

A= *Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*, B= *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata*

SITIO 7: Ojo de Opache	A							
ESPECIES / INVENTARIOS	1	2	3	CO	CR	F	FR	VI
Baccharis juncea	90	5	40	135	45.3	3	27.3	72.6
Distichlis spicata	+			1	0.3	1	9.1	9.4
Scirpus americanus	+	45		46	15.4	2	18.2	33.6
Baccharis petiolata	5	50	5	60	20.1	3	27.3	47.4
Cortaderia atacamensis		+	55	56	18.8	2	18.2	37.0
				298		11		

A= *Baccharis juncea-Sirpus americanus*

SITIO 8: Camino Mirador	A		B						
ESPECIES / INVENTARIOS	3	1	2	4	CO	CR	F	FR	VI
Pluchea absinthioides	25	+	+		27	8.6	3	25	33.6
Distichlis spicata	45	5	35	10	95	30.4	4	33.3	63.7
Juncus articus			+		1	0.3	1	8.3	8.6
Atriplex atacamensis			5	75	80	25.6	2	16.7	42.3
Baccharis petiolata		50	60		110	35.1	2	16.7	51.8
					313		12		

A= *Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*, B= *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata*

Los resultados vegetacionales de la Tabla 3-5 muestran la presencia de **18** especies de plantas que componen al menos cinco comunidades vegetacionales: *Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*, *Baccharis juncea-Distichlis spicata*, *Distichletum spicatae*, *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata* y *Baccharis juncea-Scirpus americanus*. A lo anterior, se suman los cultivos de maíz y alfalfa que en la zona tienen bastante importancia.

Pluchea absinthioides-Distichlis spicata es una comunidad bastante transversal, ya que se registró claramente en 4 de los 8 sitios estudiados (San Salvador, Loa central, Yalquincha y camino Mirador); de acuerdo a Gajardo (1995) la presencia de la brea (*P. absinthioides*) representa un carácter ruderal, es decir, ligado al efecto de actividades antrópicas. En algunos sectores se presenta entremezclada con otras comunidades como la de ***Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata***, sobre todo en zonas que han sido cultivadas y que actualmente están sin uso, como por ejemplo el sitio Pradera agrícola, en el que se aprecia cómo las especies nativas y algunas introducidas están recolonizando el área. En algunas áreas de río San Salvador, el pasto salado (*Distichlis spicata*) se presenta con una cobertura de 100% constituyendo una comunidad pura, el *Distichletum spicatae*, indicando altos niveles salinos del suelo, condición que también indicaría *Atriplex atacamensis* (Luebert 2004), correspondiendo a la formación vegetacional de desierto interior (Gajardo 1994).

Baccharis juncea-Distichlis spicata **y** ***Baccharis juncea-Scirpus americanus*** son asociaciones con condiciones de mayor humedad, siendo la primera una variable de condiciones más salinas por la presencia del pasto salado. En estas comunidades en sectores de mucha humedad destacan especies hidrófilas como algas filamentosas (*Stygeoclonium* sp., *Chara* sp.) y *Ruppia maritima*. Se presentan en los siguientes sitios: río San Salvador, Quetena, Mirador y Ojo de Opache. Destaca también en algunos sectores de estos sitios la presencia significativa de *Cortaderia atacamensis*, lo que podría corresponder a la asociación descrita por Ackermann (2001) para los ríos Purifica y Aguas Blancas (Antofagasta). Probablemente está relacionada también con el *Cortaderietum jubatae* que comprende vegetación de cortaderas de sectores riparianos andinos de Ecuador, Perú y Bolivia (Galán de Mera et al. 2003).

Teillier (2004) realizó un estudio florístico y vegetacional de la cuenca media-alta del río Loa, determinando unidades vegetacionales como: matorral desértico, el tolar (marginal, intermedio,

de altura) y el pajonal altoandino, reuniendo estas unidades, desde el punto sintaxonómico, en las alianzas *Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae* (matorral desértico, tolares) y *Urbanio pappigerae-Stipion frigidae* (pajonal altoandino). La comunidad de *Atriplex atacamensis- Baccharis petiolata* pertenecería a la primera alianza. Por su parte, Navarro & Rivas-Martínez (2005) realizan un transecto vegetacional desde San Pedro de Atacama al volcán Licancabur, realizando una nueva propuesta de la sintaxonomía fitosociológica de las comunidades del área, coincidiendo en varias unidades con Teillier (2004). Desafortunadamente, ambos trabajos no mencionan las asociaciones aquí descritas, ya que trabajaron en altitudes mayores y no específicamente en el Oasis de Calama, por lo que, aunque presentan valiosos antecedentes para la región de Antofagasta, no son comparables en este estudio.

Al revisar en la Tabla 3-5 los Valores de Importancia, las especies que destacan con altos valores, es decir, que presentan mayores coberturas y frecuencias relativas en el área de estudio, son en orden decreciente las siguientes: *Distichlis spicata*, *Baccharis petiolata*, *Atriplex atacamensis*, *Pluchea absinthioides* y *Baccharis juncea*, cuyos valores de importancia promedios son 50,9; 39; 31,6; 34,4; y 39,7 respectivamente, lo que reafirma la importancia de estas especies en el área de estudio.

4. CONCLUSIONES

- El Catálogo de Calama comprende 37 especies de plantas (16 Dicotiledóneas, 10 Monocotiledóneas, 1 Pteridófito y cuatro algas, y las formas de vida dominantes son los criptófitos, fanerófitos y hemicriptófitos. El 87% de las especies son nativas y sólo el 13% introducidas, por lo que el grado de intervención humana determinado, corresponde al límite entre la categoría de “sin intervención” y “poco intervenido”.
- El inventario florístico consta de 18 especies de plantas, que componen cinco asociaciones vegetales.
- Vegetacionalmente se determinaron cinco asociaciones vegetales (*Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*, *Baccharis juncea-Distichlis spicata*, *Distichletum spicatae*, *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata* y *Baccharis juncea-Scirpus americanus*) y dos tipos de cultivos (Maíz y Alfalfa).La vegetación demuestra claramente, a través de la estructura florística de sus comunidades, las condiciones climáticas de sequía o de mayor humedad edáfica y salinidad.

FAUNA

1. METODOLOGÍA

Estaciones de Muestreo

Se estudiaron siete sectores estableciéndose en ellos las estaciones de muestreo en base a la superficie con presencia de vegetación y a la presencia de humedales ribereños. Las estaciones de muestreo, se seleccionaron en base a las unidades vegetacionales homogéneas, siendo éstas hábitat probable para la fauna. La lista y caracterización de las estaciones muestreadas se presentan en la Tabla 3-6 y Figura 3-6.

Las estaciones de muestreo para la fauna en general (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) fueron: Pradera Agrícola, Loa Medio, Mirador, Quebrada Quetena, Río San Salvador, Yalquincha y Ojo de Opache.

TABLA 3-6. ESTACIONES DE MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE. OASIS DE CALAMA. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007.

ESTACION	LOCALIDAD	ÁREA	COORDENADAS (UTM)	AMBIENTE	ACTIVIDADES
CAL-1	Calama	Pradera Agrícola	510041 E 7515790 N	Pradera Agrícola	Micromamíferos Herpetofauna Censos de aves
CAL-2	Calama	Loa Medio	506275 E 7512955 N	Matorral	Micromamíferos Herpetofauna Censos de aves
CAL-3	Calama	Mirador	501502 E 7511126 N	Matorral	Micromamíferos Herpetofauna Censos de aves
CAL-4	Calama	Quebrada Quetena	503333 E 7517448 N	Matorral	Micromamíferos Herpetofauna Censos de aves
CAL-5	Calama	Río San Salvador	503733 E 7517885 N	Matorral	Micromamíferos Herpetofauna Censos de aves
CAL-6	Calama	Yalquincha	510990 E 7517718 N	Matorral	Micromamíferos Herpetofauna Censos de aves
CAL-7	Calama	Ojo de Opache	499732 E 7513619 N	Matorral	Herpetofauna Censos de aves

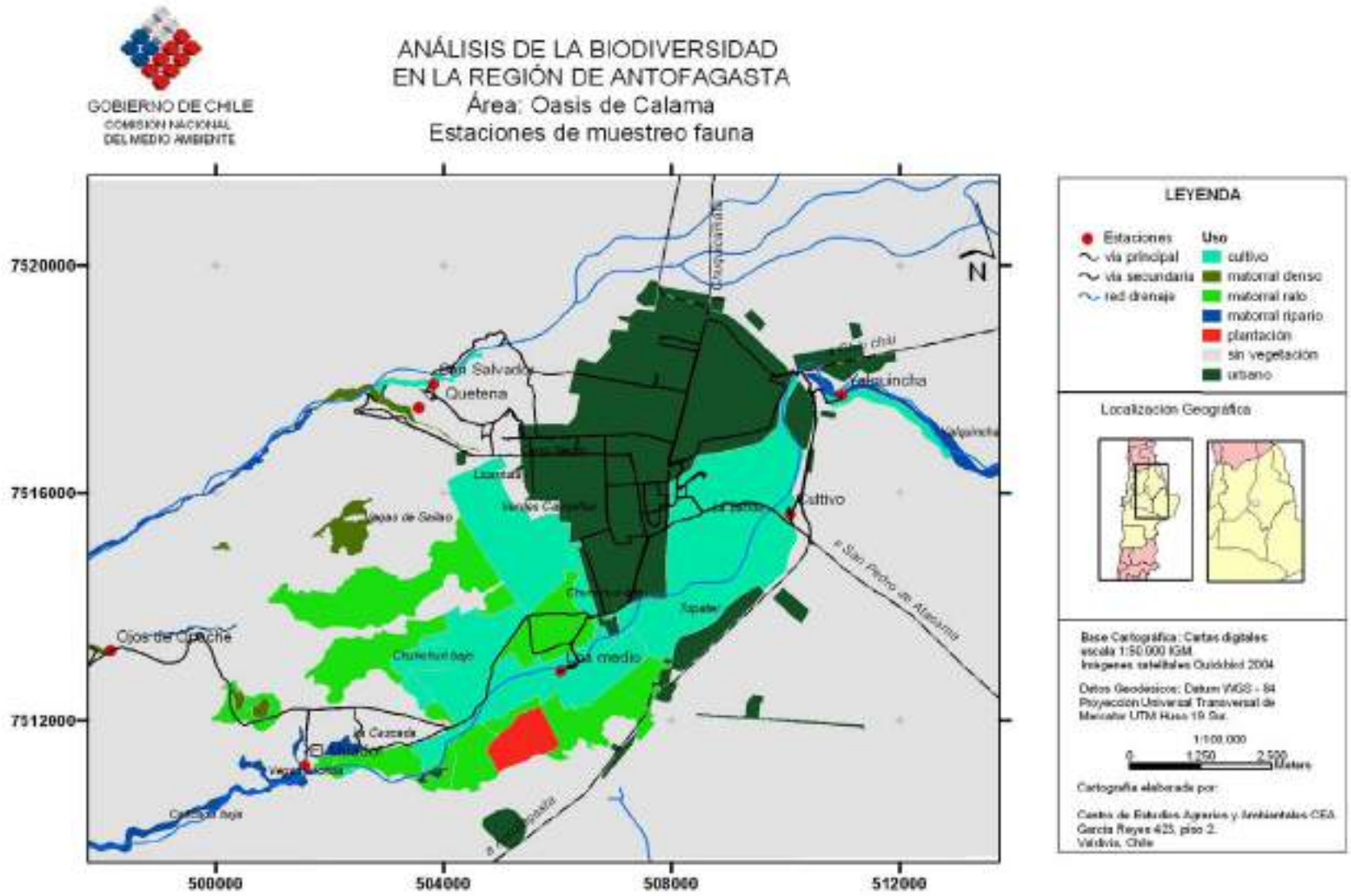


FIGURA 3-6. ESTACIONES DE MUESTREO FAUNA. COMUNA DE CALAMA, PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007.

Micromamíferos

En seis de las siete estaciones de muestreo seleccionadas (ver Tabla 3-5) se ubicó una grilla en donde se desplegaron 36 trampas Sherman medianas colapsables (23 x 7,5 x 9,0 cm) cebadas con avena machacada. Cada coordenada fue marcada y rotulada con una cinta de polietileno color naranja. En cada estación se efectuaron revisiones diarias durante cuatro noches, siguiendo la metodología propuesta por Muñoz-Pedreros (1992). Los animales capturados fueron identificados y posteriormente liberados, siguiendo los procedimientos de rutina de acuerdo a Muñoz-Pedreros & Yánez (2000). Se incluye además información proveniente del muestreo de micromamíferos de la séptima estación de muestreo, en el sector de Ojo de Opache, realizado por un investigador del Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, Dr. Jaime Rau, en 1998 (Rau et al. 1998), con el fin de complementar los datos del presente estudio.

Carnívoros

a) *Información preliminar*. Durante el período de muestreo se obtuvo información histórica de avistamientos y registros de la fauna presente en el área de estudio. La información recogida estuvo integrada por tres variables: a) especie registrada por informantes, b) bases de datos y c) observaciones adicionales.

b) *Estaciones de atracción olfativa*. Esta técnica se basa en provocar la visita a los transectos conformados por estaciones constituidas por un círculo de arena tamizada, de un metro de diámetro, en cuyo centro se dispone un atrayente olfativo, registrándose la presencia de los animales mediante la identificación de sus huellas (Linhart & Knowlton 1975, Rau et al. 1987). Se usó como atrayente olfativo orina líquida de lince americano (bobcat urine), que atrae a varias especies de carnívoros. El atrayente se presentó en una tableta de yeso porosa, que permite una volatilización constante de las moléculas odoríferas (Muñoz-Pedreros et al. 1995). Se instalaron 12 estaciones de atracción olfativa/noche, con una permanencia promedio de cuatro noches en cada estación.

c) Trampas Tomahawk

Se instalaron trampas Tomahawk para carnívoros en tres de las seis estaciones de trabajo (QUI-3, QUI-4 y QUI-6), que indicaban probabilidad de presencia de carnívoros. Las trampas fueron cebadas con jurel y revisadas diariamente.

d) Técnicas especiales para mamíferos

Adicionalmente se emplearon diferentes métodos, tales como la revisión de los hábitats de presencia probable, registro de huellas, fecas y avistamientos.

Aves

a) *Censos de avifauna diurna*. En cada estación (ver Tabla 3-6) se aplicó el método de transecto de ancho fijo (Bibby et al. 1992), de 500 m de largo y 50 m de ancho, a través de los cuales se establecieron estaciones de escucha/avistamiento cada 60 m. En estas estaciones se registraron el número de individuos observados y/o escuchados durante un período de entre 5 a 10 minutos (García 1982, Rozzi et al. 1996). Para la identificación se utilizaron binoculares de 8x40 y 8x50, guías de campo (Johnson 1965, Araya & Millie 1996) y grabaciones de canto (Egli 1985). Adicional a los censos, en cada estación de muestreo se consideró el avistamiento diario de especies durante el transcurso del día.

b) *Censos nocturnos de aves rapaces*. Se realizaron censos nocturnos de aves rapaces en las siete estaciones de muestreo seleccionadas. Este tipo de censo consiste en emitir vocalizaciones de aves rapaces nocturnas (Egli 1998) en una grabadora portátil, la cual se conecta a un megáfono. Desde las últimas horas del atardecer hasta la noche se emiten vocalizaciones de las especies en periodos de tres emisiones para luego esperar respuestas durante cinco a siete minutos. Las vocalizaciones emitidas durante este estudio correspondieron a las especies que por distribución son las más probables de registrar en el área de estudio.

Herpetofauna

Para la obtención de los registros de reptiles y anfibios, los lugares de recolección fueron en las estaciones de muestreo anteriormente descritas para mamíferos y aves. Para reptiles la colecta se realizó ubicando ambientes tales como piedras, árboles y otros. Para anfibios se utilizó el método de observación directa y el uso de redes entomológicas en ambientes acuáticos, especialmente al atardecer en que aumenta la actividad vocal de los anfibios por lo tanto aumentan las probabilidades de determinar su presencia en los distintos ambientes estudiados, especialmente en los bordes de río.

2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA FAUNA DE VERTEBRADOS

Inventarios. En base a los registros obtenidos se confeccionó un inventario faunístico, el que considera los registros obtenidos en terreno tanto de avistamientos como de censos, presentando en orden taxonómico las especies registradas para el área. La nomenclatura usada para la fauna de vertebrados siguió a Veloso & Navarro (1988), Núñez & Jaksic (1992), Araya et al. (1995), Araya & Millie (1996), Nowak (1999) y Muñoz-Pedreros & Yáñez (2000).

Información censal y análisis estadísticos. Con la información obtenida a través de los censos en terreno se elaboró un registro faunístico por estación de muestreo, luego se estableció la riqueza de especies (S) entendida como el número total de especies registradas y abundancia relativa (AB%), valor porcentual en relación al total según técnicas descritas en Muñoz-Pedreros (1992). Además se calculó la diversidad de especies (H') a través del Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (Pielou 1984, Krebs 1985) el cual es un índice de equidad que considera el valor de importancia de cada especie y expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, y la homogeneidad por medio del Índice de Equiparabilidad de Pielou (E) el cual mide la proporción de la diversidad observada (H') con relación a la diversidad esperada (H'max). Su valor se despliega de cero (0) a uno (1) de forma que uno corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Krebs 1985).

Similitud faunística entre hábitats

Se establecieron los registros de presencia de la fauna de vertebrados, para el caso de mamíferos, en las siete estaciones antes descritas al igual que para los grupos de aves y herpetofauna. Con los registros obtenidos en los censos se realizó el análisis de agrupamiento entre hábitats (Cluster Análisis) utilizando el índice de distancia promedio y el algoritmo de medias aritméticas no ponderadas de grupos pares (UPGMA) (Pielou 1984) del programa BioDiversity (McAleece 1998). El árbol de agrupamiento resultante permitió distinguir el grado de similitud de la fauna presente en cada estación, considerando todos los grupos faunísticos registrados en los principales hábitats muestreados. Este índice permite visualizar el grado de similitud en la composición faunística entre las estaciones muestreadas y comparar esta similitud respecto al total registrado para el territorio analizado, permitiendo establecer medidas de conservación en aquellas área que se presentan más pobres en riqueza específica o en áreas en donde se presenten especies con bajas abundancias poblacionales. (Véanse estos resultados en el Capítulo IV y V).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Estructura comunitaria de la fauna silvestre

Considerando todos los registros producto de los avistamientos y censos, se inventariaron un total de 39 especies de vertebrados (mamíferos, aves y reptiles) distribuidas en 31 géneros, 18 familias y nueve órdenes. En la Tabla 3-7 se presentan los registros en donde se aprecia la composición de la estructura comunitaria considerando todas las estaciones muestreadas. Del total de especies registradas (39) en este estudio 15,4% corresponden a mamíferos, el 79,5% al grupo de las aves y el 5,1% a reptiles.

TABLA 3-7. ESPECIES, GÉNEROS, FAMILIAS Y ORDENES DE LA FAUNA REGISTRADA EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. COMUNA DE CALAMA, 2007.

CLASE	TOTAL DE ESPECIES	TOTAL DE GÉNEROS	TOTAL DE FAMILIAS	TOTAL DE ORDENES
Mamíferos	6	4	2	1
Aves	31	25	16	7
Reptiles	2	2	1	1
Total	39	31	19	9

3.2. Micromamiferos

a) *Variación total de especies en las estaciones de muestreadas.* Se registraron un total de seis especies, de las cuales tres especies son nativas (*Abrothrix olivaceus, Phyllotis rupestris* y *Phyllotis magister*) y tres introducidas (*Rattus norvegicus, Rattus rattus* y *Mus musculus*), todas pertenecientes al Orden Rodentia. En la Tabla 3-7 se presenta el inventario de mamíferos registrados a través de los censos y avistamientos, en donde además se incluye el estatus. En la Tabla 3-8 se indican los mamíferos registrados en cada una de las estaciones de muestreo.

TABLA 3-8. INVENTARIO DE MAMÍFEROS REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES MUESTREADAS. COMUNA DE CALAMA, PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	ORIGEN
RODENTIA	CRICETIDAE	*Abrothrix olivaceus*	laucha olivácea	Nativo
RODENTIA	CRICETIDAE	*Phyllotis rupestris*	lauchón orejudo	Nativo
RODENTIA	CRICETIDAE	*Phyllotis magister*	lauchón orejudo grande	Nativo
RODENTIA	MURIDAE	*Rattus norvegicus*	guarén	Introducido
RODENTIA	MURIDAE	*Rattus rattus*	rata negra	Introducida
RODENTIA	MURIDAE	*Mus musculus*	laucha	Introducido

Los censos de micromamíferos indican que de un total de 1.008 trampas/noche se registraron cinco especies con una abundancia total de 273 ejemplares para un esfuerzo de captura del 27,1%. No se incluye el ejemplar de *P. rupestris* en los censos, ya que fue capturado en una zona cercana a la estación Mirador, en el que se colocaron 15 trampas Sherman por una noche, cuyos resultados se consideran como avistamientos. El registro de cada estación de muestreo se presentan en la Tabla 3-9. Respecto de los registros provenientes de las estaciones

olfativas/noche, el 100% de estas estaciones fueron activadas por perros (*Cannis familiaris*) que frecuentaban las áreas muestreadas, no registrándose huellas de especies nativas de ningún otro orden. En la Tabla 3-10 y Fig. 3-7 se presentan la frecuencia y proporción de especies registradas en cada estación de muestreo producto de los trampeos por cuatro noches.

TABLA 3-9. MAMIFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. COMUNA DE CALAMA, 2007. C= CENSO A= AVISTAMIENTO

ESPECIE	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache
Abrothrix olivaceus		C	C				
Phyllotis rupestris			A				
Phyllotis magister							C
Rattus norvegicus				C			C
Rattus rattus		C		C	C	C	C
Mus musculus	C	C	C	C	C	C	C
	1	3	3	3	2	2	4

.

TABLA 3-10. FRECUENCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA DE MAMIFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. OASIS DE CALAMA, 2007. CAL-1= PRADERA AGRÍCOLA; CAL-2= LOA MEDIO; CAL-3= MIRADOR; CAL-4= QUEBRADA QUETENA; CAL-5= SAN SALVADOR; CAL-6= YALQUINCHA; CAL-7= OJO DE OPACHE.

ESPECIE	CAL-1	AB (%)	CAL-2	AB (%)	CAL-3	AB (%)	CAL-4	AB (%)	CAL-5	AB (%)	CAL-6	AB (%)	CAL-7	AB (%)	Total	AB (%)
A. olivaceus			2	7,4	2	13,3							4	4,8	8	2,9
P. magister													18	21,7	18	6,6
R. norvegicus							1	1,2							1	0,4
R. rattus			3	11,1			1	1,2	2	4,4	1	8,3	2	2,4	9	3,3
M. musculus	6	100,0	22	81,5	13	86,7	83	97,6	43	95,6	11	91,7	59	71,1	237	86,8
	6		27		15		85		45		12		83		273	

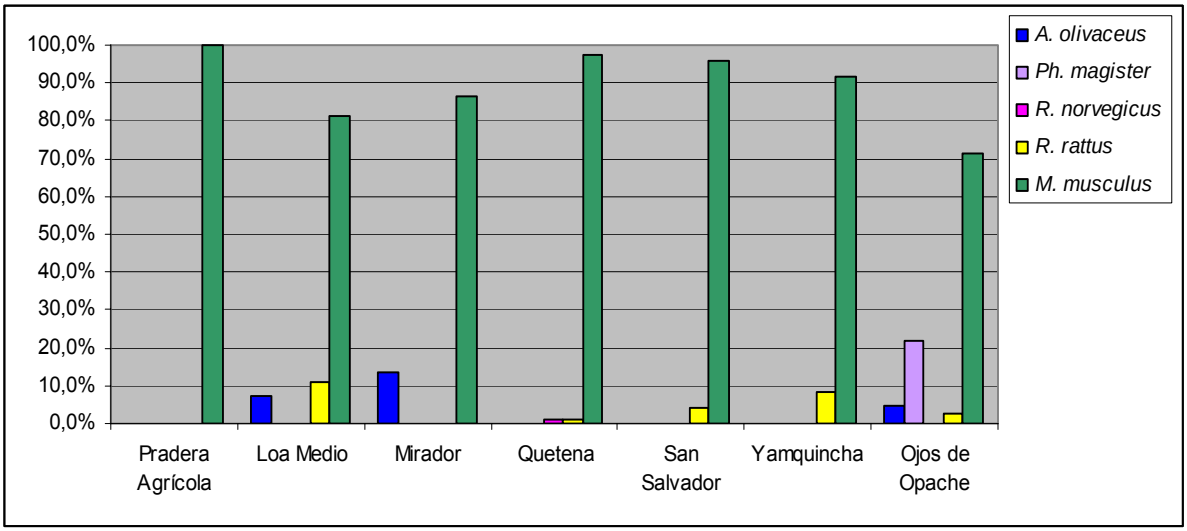


FIGURA 3-7. PROPORCIÓN DE MICROMAMÍFEROS REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. COMUNA DE CALAMA, PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007.

FIGURA 3-8. ALGUNOS MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL SITIO OASIS DE CALAMA. FOTOGRAFÍAS: CEA.

3.3. Aves

a) Variación total y entre estaciones de muestreo. Se inventariaron un total de 31 especies de aves (ver Tabla 3-11) de los Ordenes Ciconiformes (2), Anseriformes (3), Falconiformes (5), Gruiformes (2), Charadiformes (1), Columbiformes (3), Strigiformes (3) y Passeriformes (12) con una abundancia total de 164 individuos.

TABLA 3-11. INVENTARIO DE AVES REGISTRADAS EN EL OASIS DE CALAMA. 2007. EST= Estatus, R = Residente, I= Introducido.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	EST
CICONIFORMES	ARDEIDAE	*Egretta caerulea*	garza azul	R
CICONIFORMES	ARDEIDAE	*Nycticorax nycticorax*	huairavo	R
ANSERIFORMES	ANATIDAE	*Anas flavirostris*	pato jergón chico	R
ANSERIFORMES	ANATIDAE	*Anas georgica*	pato jergón grande	R
ANSERIFORMES	ANATIDAE	*Anas cyanoptera*	pato colorado	R
FALCONIFORMES	ACCIPITRIDAE	*Buteo polyosoma*	aguilucho	R
FALCONIFORMES	FALCONIDAE	*Phalcoboenus megalopterus*	carancho cordillerano	R
FALCONIFORMES	FALCONIDAE	*Falco sparverius*	cernícalo	R
FALCONIFORMES	FALCONIDAE	*Falco femoralis*	halcón perdiguero	R
FALCONIFORMES	FALCONIDAE	*Falco peregrinus*	halcón peregrino	R
GRUIFORMES	RALLIDAE	*Pardirallus sanguinolentus*	pidén	R
GRUIFORMES	RALLIDAE	*Fulica ardesiaca*	tagua andina	R
CHARADIFORMES	SCOLOPACIDAE	*Steganopus tricolor*	pollito de mar tricolor	R
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE	*Columba livia*	paloma	R
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE	*Zenaida meloda*	paloma de alas blancas	R
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE	*Zenaida auriculata*	tórtola	R
STRIGIFORMES	TYTONIDAE	*Tyto alba*	lechuza blanca	R
STRIGIFORMES	STRIGIDAE	*Bubo magellanicus*	tucúquere	R
STRIGIFORMES	STRIGIDAE	*Athene cunicularia*	pequén	R
PASSERIFORMES	FURNARIIDAE	*Upucerthia dumetaria*	bandurrilla	R
PASSERIFORMES	FURNARIIDAE	*Leptasthenura aegithaloides*	tijeral	R
PASSERIFORMES	FURNARIIDAE	*Phleocryptes melanops*	trabajador	R
PASSERIFORMES	TYRANNIDAE	*Agriornis montana*	mero gaucho	R
PASSERIFORMES	TYRANNIDAE	*Muscisaxicola maculirostris*	dormilona chica	R
PASSERIFORMES	TYRANNIDAE	*Muscisaxicola rufivertex*	dormilona de nuca rojiza	R
PASSERIFORMES	TYRANNIDAE	*Tachuris rubrigastra*	siete colores	R
PASSERIFORMES	HIRUNDINIDAE	*Pygochelidon cyanoleuca*	golondrina dorso negro	R
PASSERIFORMES	TROGLODYTIDAE	*Troglodytes aedon*	chercán	R
PASSERIFORMES	EMBERIZIDAE	*Zonotrichia capensis*	chincol	R
PASSERIFORMES	FRINGILLIDAE	*Phrygilus fruteceti*	yal	R
PASSERIFORMES	PASSERIDAE	*Passer domesticus*	gorrión	I

El total de especies por estación de muestreo se presenta en la Tabla 3-12. La mayor riqueza específica fue registrada en la estación Yalquincha (15), seguida de Mirador (14), Loa Medio (11) y Quebrada Quetena (10), mientras que las menores riquezas específicas fueron registradas en Ojo de Opache (8), Pradera Agrícola y San Salvador ambas con nueve especies.

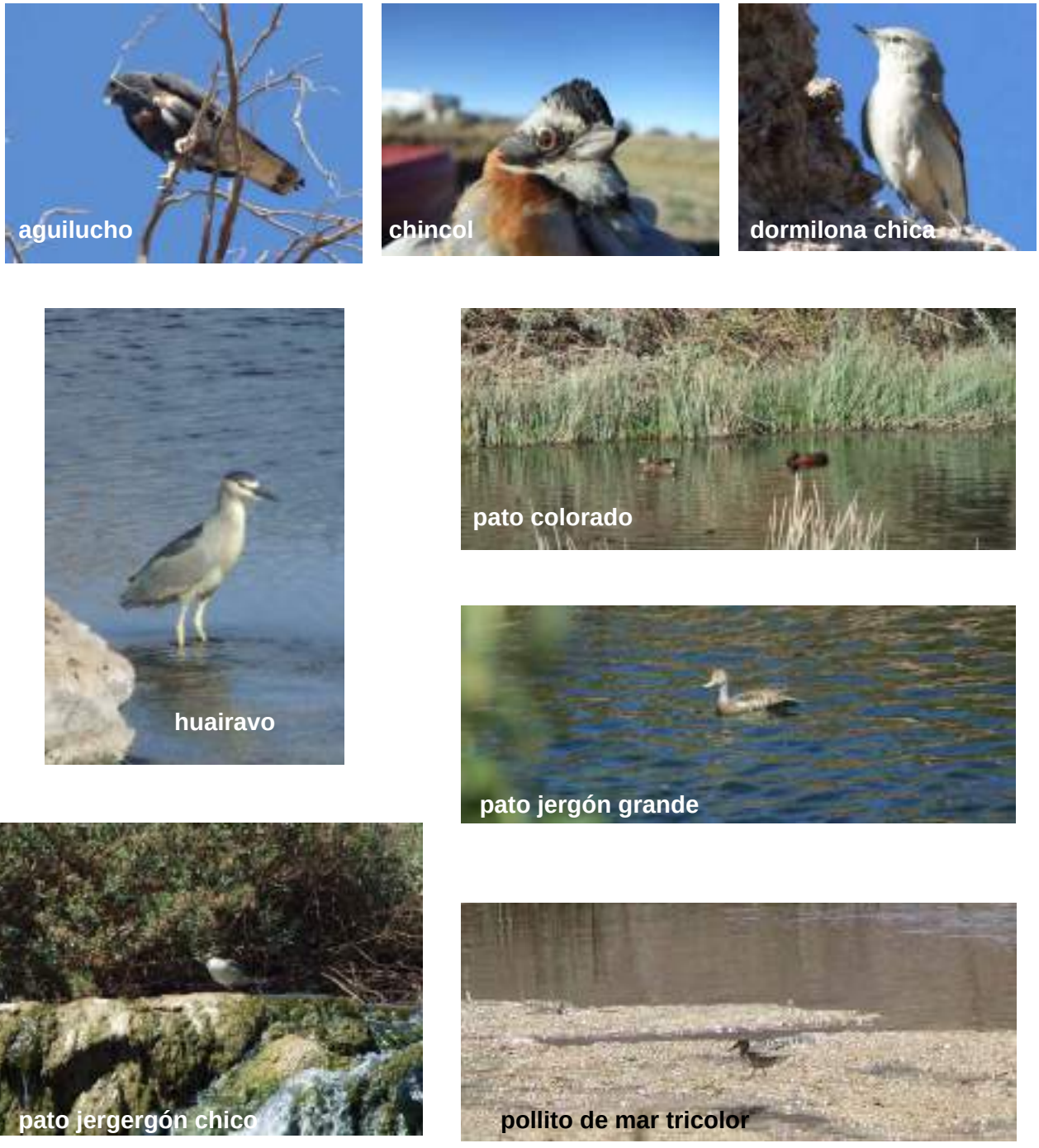


FIGURA 3-9. ALGUNAS AVES REGISTRADAS EN EL SITIO OASIS DE CALAMA. FOTOGRAFÍAS: CEA

TABLA 3-12. AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. OASIS DE CALAMA, PROVINCIA DE EL LOA; CAL-1= PRADERA AGRÍCOLA; CAL-2= LOA MEDIO; CAL-3= MIRADOR; CAL-4= QUEBRADA QUETENA; CAL-5= SAN SALVADOR; CAL-6= YALQUINCHA; CAL-7= OJO DE OPACHE.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	CAL-1	CAL-2	CAL-3	CAL-4	CAL-5	CAL-6	CAL-7
Egretta caerulea	garza azul			A			A	
Nycticorax nycticorax	huairavo	A	A	A			C	
Anas flavirostris	pato jergón chico		C	C			C	C
Anas georgica	pato jergón grande		C	C			C	C
Anas cyanoptera	pato colorado						C	
Buteo polyosoma	aguilucho		A	C	C	C		A
Phalcoboenus megalopterus	carancho cordillerano			A				A
Falco femoralis	halcón perdiguero	A						
Falco peregrinus	halcón peregrino	C	A					
Falco sparverius	cernícalo	A						
Pardirallus sanguinolentus	pidén							C
Fulica ardesiaca	tagua andina			A			A	C
Steganopus tricolor	pollito de mar tricolor					A	A	
Columba livia	paloma	C						
Zenaida meloda	paloma de alas blancas	C	A					
Zenaida auriculata	tórtola	C	C	A	C		C	
Tyto alba	lechuza			A				
Bubo magellanicus	tucúquere				A			
Athene cunicularia	pequén				A	A		
Upucerthia dumetaria	bandurrilla					C		
Leptasthenura aegithaloides	tijeral			C	A			
Phleocryptes melanops	trabajador						A	
Agriornis montana	mero gaucho	C						
Muscisaxicola maculirostris	dormilona chica			C		C		
Muscisaxicola rufivertex	dormilona de nuca rojiza				A	A		
Tachuris rubrigastra	siete colores						A	
Pygochelidon cyanoleuca	golondrina dorso negro		C	C	C		C	
Troglodytes aedon	chercán	C	C		C	C	C	
Zonotrichia capensis	chincol	C	C	C	C	C	C	C
Phrygilus fruteceti	yal			C			C	
Passer domesticus	gorrión		C		C	C	C	C
Total Especies = 31		9	11	14	10	9	15	8

Las mayores abundancias de individuos fueron registradas en Yalquincha (33), Ojo de Opache (26) y el Mirador (25). En la Fig. 3-8 se observan las proporciones por especie registrada en cada estación de muestreo. La variación de las abundancias relativas por especie y la variación de la riqueza específica en cada estación se presentan en la Tabla 3-13.

TABLA 3-13. AVIFAUNA CENSADA Y ABUNDANCIA RELATIVA PARA CADA ESPECIE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. OASIS DE CALAMA, 2007. CAL-1= PRADERA AGRÍCOLA; CAL-2= LOA MEDIO; CAL-3= MIRADOR; CAL-4= QUEBRADA QUETENA; CAL-5= SAN SALVADOR; CAL-6= YALQUINCHA; CAL-7= OJO DE OPACHE.

ESPECIE	CAL-1	AB %	CAL-2	AB %	CAL-3	AB %	CAL-4	AB %	CAL-5	AB %	CAL-6	AB %	CAL-7	AB %	Total	AB %
N. nycticorax											1	3,0			1	0,6
A. flavirostris			1	5,3	4	16,0					2	6,1	10	38,5	17	10,4
A. georgica			1	5,3	2	8,0					4	12,1	1	3,8	8	4,9
A. cyanoptera											4	12,1			4	2,4
B. polyosoma					2	8,0	1	4,5	1	5,3					4	2,4
F. peregrinus	1	5,0													1	0,6
P. sanguinolentus													3	11,5	3	1,8
F. ardesiaca													2	7,7	2	1,2
C. livia	4	20,0													4	2,4
Z. meloda	2	10,0													2	1,2
Z. auriculata	7	35,0	4	21,1			3	13,6			2	6,1			16	9,8
U. dumetaria									2	10,5					2	1,2
L. aegithaloides					2	8,0									2	1,2
A. montana	1	5,0													1	0,6
M. maculirostris					3	12,0			2	10,5					5	3,0
P. cyanoleuca			1	5,3	3	12,0	2	9,1			2	6,1			8	4,9
T. aedon	1	5,0	3	15,8			3	13,6	5	26,3	2	6,1			14	8,5
Z. capensis	4	20,0	6	31,6	4	16,0	6	27,3	5	26,3	4	12,1	6	23,1	35	21,3
P. fruteceti					5	20,0					6	18,2			11	6,7
P. domesticus			3	15,8			7	31,8	4	21,1	6	18,2	4	15,4	24	14,6
	20	100	19	100	25	100	22	100	19	100	33	100	26	100	164	100

b) Abundancia de avifauna. En la Fig. 3-8 se presentan las abundancias relativas registradas en cada estación de muestreo, en este contexto las mayores proporciones fueron en las estaciones Yalquincha (20,1%), Ojo de Opache (15,9%) y Mirador (15,2%).

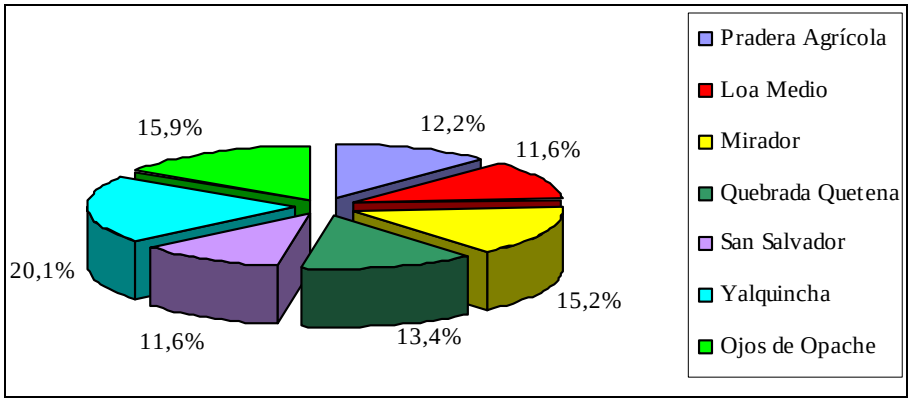


FIGURA 3-8. ABUNDANCIAS RELATIVAS DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. COMUNA DE CALAMA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007.

3.4. Herpetofauna

Para el caso de los reptiles se registraron un total de dos especies, distribuidas en dos Géneros pertenecientes a la Familias Tropiduridae del Orden Squamata. En la Tabla 3-14 se indica el inventario de las especies registradas producto de los registros y avistamientos durante el muestreo, se indica además el estatus. En la Tabla 3-15 se presenta el registro y abundancia por especies para cada estación estudiada. En relación al grupo de los anfibios, a pesar del esfuerzo de muestreo (registro visual, uso de redes, vocalizaciones, entre otras) no se registraron especies para este taxón.

TABLA 3-14. INVENTARIO REPTILES PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. OASIS DE CALAMA, 2007.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	ESTATUS
SQUAMATA	TROPIDURIDAE	*Liolaemus paulinae*	Lagartija de Paulina	Nativa
		Microlophus theriesiodes	Corredor de Tereza	Nativa

TABLA 3-15. REPTILES PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. OASIS DE CALAMA, 2007.

ESPECIE	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache	Total indiv.
Liolaemus paulinae						2		2
Microlophus theriesiodes	2		45	4	4			55
Total especies = 2	1	0	1	1	1	1	0	

Lagartija de Paulina

Corredor de Tereza

3.5. Síntesis de la fauna registrada por estación de muestreo

PRADERA AGRÍCOLA. Se registró sólo un mamífero *Mus musculus* (laucha), roedor introducido de la familia Muridae. Se capturaron seis individuos, con un esfuerzo de captura del 4,9% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se registraron un total de siete especies, con un total de 20 individuos, las mayores abundancias fueron para *Zenaida auriculata* (tórtola) con un 35,0%, en menor proporción se registraron *Columba livia* (paloma) y *Zonotrichia capensis* (chincol) ambas con un 20,0%. Respecto a los reptiles se registró sólo una especie *Microlophus theriesiodes* (corredor de Tereza) con dos individuos. No se registraron anfibios.

LOA MEDIO. Para el grupo de los mamíferos se registraron tres especies: *Abrothrix olivaceus* (lauchita olivácea) micromamíferos nativo y *Rattus rattus* (rata negra) y *M. musculus* (laucha), micromamíferos introducidos perteneciente a la familia Muridae del Orden Rodentia. Los registros en esta estación de muestreo fueron de dos, tres y 22 individuos respectivamente para un total de 27, con un esfuerzo de captura del 18,8% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se registraron un total de siete especies, con un total de 19 individuos, las mayores abundancias fueron para *Z. capensis* (chincol) con un 31,6%, en menor proporción se registraron a *Z. auriculata* (tórtola) con un 21,1%, *Troglodytes aedon* (chercán) y *Passer domesticus* (gorrión) ambas con un 15,8%. En esta estación no se registraron especies correspondientes a la herpetofauna (reptiles y anfibios) del área de estudio.

MIRADOR. Para el grupo de los mamíferos se registraron dos especies: *Abrothrix olivaceus* (lauchita olivácea) micromamíferos nativo y *M. musculus* (laucha) pertenecientes a la familia Muridae del Orden Rodentia. Los registros en esta estación de muestreo fueron de dos y 13 individuos respectivamente para un total de 15, con un esfuerzo de captura del 10,4% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se rgistraron un total de 14 especies, con un total de 25 individuos, las mayores abundancias fueron para *Phrygilus fruteceti* (yal) con un 20,0%, %, en menor proporción se registraron a *Anas flavirostris* (pato jergón chico) y *Z. capensis* (chincol) ambas con un 16,0%. En reptiles se registró sólo una especie *M. theriesiodes*, (corredor de Tereza) con 45 individuos. Para el taxón anfibios no se registraron especies.

QUEBRADA QUETENA. Para el grupo de los mamíferos se registraron tres especies: *Rattus norvegicus* (guarén) *R. rattus* (rata negra) *y M. musculus* (laucha), micromamíferos introducidos perteneciente a la familia Muridae del Orden Rodentia. Los registros en esta estación de muestreo fueron de un individuo para *R. norvegicus* y *R. rattus* y 83 individuos para M. musculus para un total de 85, con un esfuerzo de captura del 59,0% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se registraron un total de 10 especies, con un total de 22 individuos, las mayores abundancias fueron para *P. domesticus* (gorrión) con un 31,8%, %, en menor proporción se registraron a *Z. capensis* (chincol) con un 27,3%, *Z. auriculata* (tórtola) y *T. aedon* (chercán) ambas con un 13,6%. Se registró sólo una especie de reptil *M. theriesiodes* (corredor de Tereza) con cuatro individuos. No se registraron anfibios.

SAN SALVADOR. Para el grupo de los mamíferos se registraron dos especies: *R. rattus* (rata negra) y *M. musculus* (laucha), micromamíferos introducidos perteneciente a la familia Muridae del Orden Rodentia. Los registros en esta estación de muestreo fueron de dos y 43 individuos respectivamente para un total de 45, con un esfuerzo de captura del 31,2% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se registraron un total de nueve especies, con un total de 19 individuos, las mayores abundancias fueron para *Z. capensis* (chincol) y *T. aedon* (chercán) ambas con un 26,3% y *P. domesticus* (gorrión) con un 21,1%. Se registró sólo una especie de reptil *M. theriesiodes* (corredor de Tereza) con cuatro individuos. No se registraron anfibios.

YALQUINCHA. Para el grupo de los mamíferos se registraron dos especies: *R. rattus* (rata negra) y *M. musculus* (laucha), micromamíferos introducidos perteneciente a la familia Muridae del Orden Rodentia. Los registros en esta estación de muestreo fueron de un y 11 individuos respectivamente para un total de 12, con un esfuerzo de captura del 8,3% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se registraron un total de 15 especies, con un total de 33 individuos, las mayores abundancias fueron para *P. fruteceti* (yal) y *P. domesticus* (gorrión) ambas con un 18,2%, en menor proporción se registraron a Anas georgica (pato jergón grande) y *Anas cyanoptera* (pato colorado) ambas con un 12,1%. Se registró una especie de reptil *Liolaemus paulinae* (Lagartija de Paulina) con cuatro individuos. No se registraron anfibios.

OJO DE OPACHE. Para el grupo de los mamíferos se registraron cuatro especies: *Abrothrix olivaceus* (lauchita olivácea) y *Phyllotis magister* (lanchón orejudo grande) ambos micromamíferos nativos y *R. rattus* (rata negra) y *M. musculus* (laucha) ambos micromamíferos introducidos, todos pertenecientes a la familia Muridae del Orden Rodentia. Se registraron cuatro y 18 individuos para roedores nativos; dos y 59 individuos para los roedores introducidos, para un total de 83 ejemplares con un esfuerzo de captura del 57,6% para 144 trampas/noche. Para aves se registraron seis especies, con un total de 26 individuos, las mayores abundancias fueron para *A. flavirostris* (pato jergón chico) con un 38,5%, en menor proporción se registraron a *Z. capensis* (chincol) y *P. domesticus* (gorrión) con un 23,1% y 15,4% respectivamente. No se registraron reptiles ni anfibios.

4. CONCLUSIONES

- Se registraron 39 especies de vertebrados (mamíferos, aves y reptiles) distribuidas en 31 géneros, 18 familias y nueve órdenes, de ellas el 15,4% corresponden a mamíferos, el 79,5% al grupo de las aves y el 5,1% a reptiles.
- En mamíferos se registraron un total de seis especies, de las cuales tres son nativas (*Abrothrix olivaceus, Phyllotis rupestris* y *P. magister*) pertenecientes a la Familia Cricetidae y tres introducidas (*Rattus norvegicus, R. rattus* y *Mus musculus*), pertenecientes a la Familia Muridae, todas del Orden Rodentia. Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S) en mamíferos, considerando censos y avistamientos, fueron Ojo de Opache (4), y Loa medio, Mirador y Quebrada Quetena (3). La mayor proporción de las abundancias registradas fueron para el roedor introducido *M. musculus* (laucha) con un 86,8%. Le sigue en importancia el roedor nativo *P. magister* (lanchón orejudo grande) con un 6,6%.

- En aves se registraron 31 especies, de los Ordenes Ciconiformes (2), Anseriformes (3), Falconiformes (5), Gruiformes (2), Charadiformes (1), Columbiformes (3), Strigiformes (3) y Passeriformes (12) con una abundancia total de 164 individuos. Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S), considerando censos y avistamientos, fueron Yalquincha con 15 especies y Mirador con 14 especies. Las menores riquezas específicas fueron registradas en las estaciones Ojo de Opache con ocho especies, Pradera Agrícola y San Salvador ambas con nueve especies. Las mayores abundancias proporcionales por especie fueron para *Zonotrichia capensis* (chincol) con un 21,3%, *Passer domesticus* (gorrión) con un 14,6% y *Anas flavirostris* (pato jergón chico) con un 10,4% del total de individuos registrados.
- En reptiles se registraron dos especies, ambas pertenecientes al la Familia Tropiduridae del Orden Squamata. Para la Clase Amphibia no se registraron especies.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

En este capítulo se presenta un análisis comparativo de los resultados de la biodiversidad obtenidos en los cinco sitios prioritarios para la conservación contemplados en este estudio: Valle de Quillagua, Oasis de Calama, Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y Géisers del Tatio (en ese orden) de manera de entregar una visión global del valor de la biodiversidad a nivel regional a la vez que se determina el valor relativo de la biodiversidad en cada sitio en particular. A partir de los datos censales en el caso de fauna y del inventario en el caso de la flora, se calcularon los índices de biodiversidad propuestos en la metodología, así como dendrogramas de similitudes para flora y fauna por separado, para cada estación de muestreo. Este procedimiento se realizó en cada una de las áreas de estudio para luego realizar una comparación de los resultados de las cinco areas de estudio, utillzando esta vez todos los datos disponibles (registros previos bibliográficos, producto de la exhaustiva revisión bibliográfica y registros de las campañas de terreno) tanto para flora como para fauna.

1. BIODIVERSIDAD, CONCEPTOS Y MEDICIONES

1.1. Concepto de biodiversidad

La diversidad biológica o bidiversidad es la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, así como los complejos ecológicos de los que forman parte, lo que incluye diversidad dentro de las especies (intraespecífica), entre las especies (interespecífica) y de ecosistemas (UNEP 1992). De este modo la biodiversidad es el conjunto de genes, especies, ecosistemas y paisajes en un espacio determinado y en un momento dado, considerados en sus interacciones jerárquicas sucesivas (Di Castri 2003).

1.2. Medición de la biodiversidad

¿Cómo podemos comparar un área respecto a la otra?, ¿cuándo podemos aseverar que su biodiversidad es alta o baja? La única forma es midiéndola y para esto debemos seleccionar la escala que deseamos: genética, de especies o de comunidades.

Medición a nivel genético

A nivel genético encontramos la base sobre la que descansa toda la biodiversidad en las escalas superiores. Esta variación genética determina la forma en que una especie interactúa con su ambiente y con otras especies. Así esta variación se detecta, en la actualidad, a nivel molecular estudiando los cambios en la estructura del ADN o en forma indirecta en las proteínas que codifican genes específicos. También considerando la variación morfológica de caracteres cuantitativos y en la separación de esta variación en sus componentes genético y ambiental (véase Meffe & Carroll 1994, Moreno 2001).

Medición a nivel de especies

Esta escala es la más frecuentemente empleada y se separa en componentes alfa, beta y gamma. La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad homogénea determinada, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades presentes en un paisaje y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultado de la diversidad alfa y beta (Whittaker 1972, Moreno 2001). De este modo, si se desea conservar la biodiversidad a través de programas realistas, se deben conocer la biodiversidad en comunidades naturales y perturbadas por el hombre (diversidad alfa), su tasa de cambio entre diferentes comunidades (diversidad beta), y el aporte al nivel regional (diversidad gamma).

Medición de la diversidad alfa

Para medir la diversidad alfa existen dos opciones: (a) métodos sustentados en la riqueza de especies (cuantifican el número de especies presentes) y (b) métodos sustentados en la estructura (calculan la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie, como la abundancia relativa). Estos últimos pueden basarse en la dominancia (e.g., índice de Simpson) o en la equidad de la comunidad (e.g., índice de Shannon-Wiener). Calcular la diversidad alfa mediante el simple conteo de especies es una medida robusta y confiable, ya que es el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies en un hábitat determinado. Sin embargo vale la pena, cuando es posible, incorporar información sobe el valor de importancia de cada especie ya que medir la abundancia relativa permite identificar las especies de baja representatividad (poco abundantes), que son más sensibles a las perturbaciones humanas, y, por otro lado identifican un cambio en la diversidad (e.g., número de especies, distribución de la abundancia de especies o dominancia), indicando procesos negativos de pérdida de diversidad (Magurran 1998, Moreno 2001). Entonces, es importante tratar de cuantificar el número de especies y su representatividad.

Medición de la diversidad beta

Esta diversidad entre hábitats es el grado de reemplazo de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales, y está basada en proporciones o diferencias, las que se evalúan mediante índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (e.g., presencia/ausencia de especies) o cuantitativos (e.g., abundancia proporcional, densidad, cobertura). Existen varios índices de similitud/disimilitud, según si se calculan con datos cualitativos (e.g., coeficiente de similitud de Jaccard) o con datos cuantitativos (índice de Morisita-Horn).

Medición de la diversidad gamma

La diversidad gamma es la riqueza de especies de un grupo de hábitats (e.g., el altiplano) que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta). Cuando se dispone de pobre información en biodiversidad, como en Chile, apenas se cuenta con listas de especies de cada hábitat (diversidad alfa), pero rara vez de información completa de la diversidad beta, lo que imposibilita el cálculo de la diversidad gamma. Pero, si se dipone de ambas diversidades (alfa y beta)

existen índices que permiten calcularla sin dificultades (e.g., cálculos basados en la riqueza de especies, en el índice de Shannon y en el de Simpson), véase estos y otros métodos en Moreno (2001).

Medición a nivel de comunidades

La ecología del paisaje aborda escalas espaciales amplias y los efectos ecológicos del patrón espacial de las comunidades. Una comunidad es el conjunto de especies, de un área determinada en un tiempo dado, que interactúan entre sí. Por otro lado el paisaje puede definirse como un área terrestre heterogénea compuesta por un conjunto de comunidades que interactúan y se repiten de forma similar. Esta escala es muy interesante porque pretende conservar las especies junto a los procesos y hábitats, y porque considera la estructura de los paisajes (e.g., las relaciones espaciales entre los diferentes ecosistemas presentes), la función de los paisajes (e.g., flujos de energía, materiales y especies entre las comunidades) y el cambio del paisaje (e.g., alteración en la estructura y función a lo largo del tiempo). La biodiversidad a nivel de comunidades puede medirse de modo similar a la diversidad alfa de especies, es decir como la riqueza o la proporción de comunidades diferentes en un paisaje. Aquí también se puede aplicar el índice de Shannon-Wiener, donde p_i es la proporción relativa (área) de cada comunidad dentro del paisaje (Forman 1995, Farina 1998, Moreno 2001).

1.3. Selección de métodos

Ahora bien ¿cómo seleccionar un método adecuado? Esto dependerá de varios factores: por un lado del nivel de la biodiversidad que se va a estudiar, ya sea dentro de una comunidad (diversidad alfa), entre comunidades (diversidad beta) o en el conjunto de comunidades (diversidad gamma). Por otro lado, también depende del grupo de plantas o animales bajo estudio, en especial de la cantidad de información disponible (gran limitante en la mayoría de los ecosistemas chilenos). Por último, depende de las restricciones matemáticas que algunos métodos tienen (e.g., tipo de distribución de los datos).

Métodos seleccionados para la diversidad alfa

Para el área de estudio empleamos el nivel de especies, midiendo la diversidad alfa. En particular y, cuando dispusimos de datos cuantitativos y ajustados al método, empleamos un índice de abundancia proporcional, el índice de equidad de Shannon-Wiener (e.g., plantas vasculares, roedores, aves). Cuando no fue posible, por restricciones metodológicas, logísticas y/o de tiempo, empleamos métodos para estimar la diversidad alfa mediante el índice de riqueza de especie (S) (e.g., carnívoros, artiodáctilos, herpetofauna). Finalmente para proporcionar expresión cartográfica, se estandarizó la información al índice de riqueza de especies.

Métodos seleccionados para la diversidad beta

En este caso empleamos el índice de similitud de Jaccard que expresa el grado en que dos muestras (hábitats, ecosistemas, asociaciones o comunidades) son semejantes por las especies presentes en ellas.

Índice de similitud de Jaccard

$$I_j = \frac{a}{a+b-c}$$

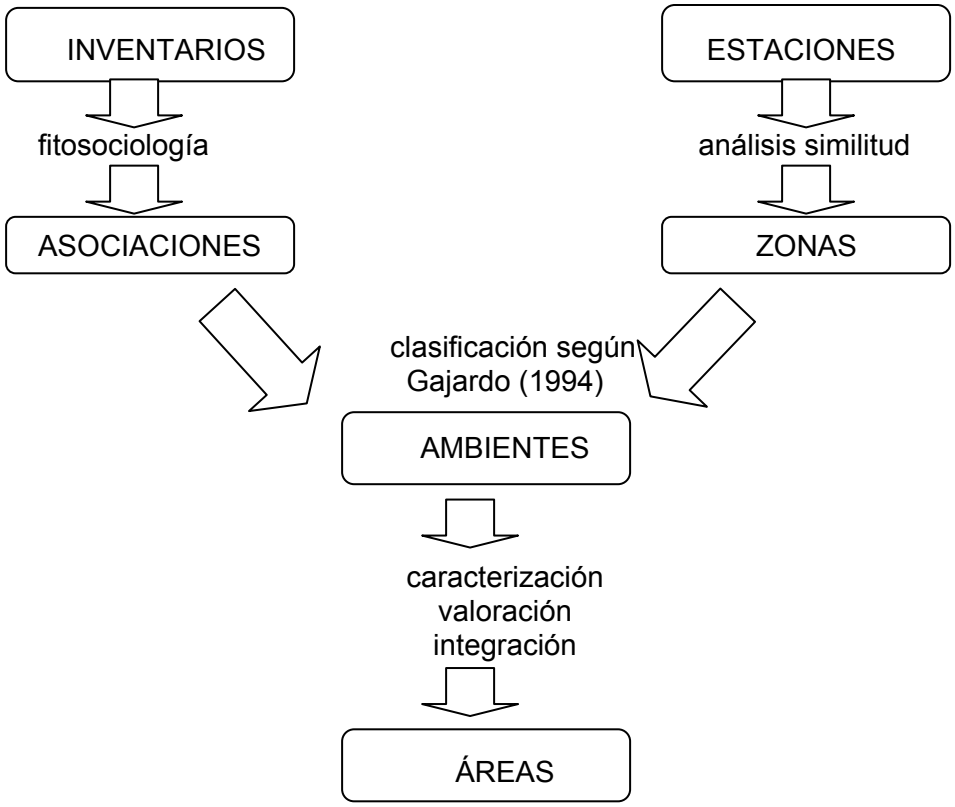
Donde

a= es el número de especies presentes en el sitio A
b= es el número de especies presentes en el sitio B
c= es el número de especies presentes en ambos sitios A y B

El valor fluctúa entre 0, cuando no existen especies compartidas entre ambos hábitats, hasta 1, cuando los hábitats comparados tienen la misma composición de especies.

1.4. Procedimiento de análisis de la biodiversidad

El siguiente diagrama señala el procedimiento seguido para realizar el análisis de la biodiversidad:



Primer paso. Se recogió la información de terreno directamente en inventarios, para la flora, y en estaciones de muestreo, para la fauna. Se estableció la riqueza de especie (S), índices de

equidad cuando fue viable (plantas, micromamíferos y aves), endemismos y estados de conservación. Los productos fueron: (a) para el caso de las plantas, mediante la fitosociología se determinaron las asociaciones vegetacionales y para los vertebrados mediante índices de similitud/disimilitud la zonas de análisis. El *segundo paso* analizó las asociaciones (vegetación) y zonas (vertebrados) y las reunió en ambientes, siguiendo a Gajardo (1994). Los productos fueron: (a) ambientes presentes, (b) caracterización y valoración de cada ambiente (vegetación y fauna). El *tercer paso* integró toda esta información para caracterizar las áreas, en las que se realiza los posteriores análisis del uso, amenazas, protección. Finalmente en estas áreas se territorializan la zonificación y propuestas de planes de manejo.

2. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD VEGETACIONAL

2.1. Diversidad y endemismo vegetacional de la Región de Antofagasta

Squeo et al. (1998) determinaron las áreas de máxima biodiversidad dentro de la región de Antofagasta. Emplearon 8.784 colectas contenidas en una base de datos (versión 1998) con colectas desde 1836. Usaron la clasificación vegetacional de Gajardo (1994) para el análisis territorial y determinaron que las áreas de mayor biodiversidad son la zona costera, seguida de las formaciones de prepuna y puna al norte de la región. Empleando la riqueza taxonómica y los endemismos de la flora, determinaron las variaciones en las áreas de biodiversidad. En el ámbito de especies representadas, en las unidades prepuneñas y puneñas se observa la tendencia a que la diversidad de especies y el endemismo decrecen en sentido norte-sur. Por otra parte, el catálogo de la flora vascular de la Región de Antofagasta, elaborado por Marticorena et al. (1998), documentan la existencia de 1.056 especies para la región de Antofagasta.

Cavieres et al. (2002), usando la misma base de datos que Simonetti & Veloso (2003), concluyen que dentro de la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismos, asociadas a la costa y a la cordillera de los Andes. Dentro de esta última, y al norte de la comuna de San Pedro de Atacama se propone una zona en la cual se deben desarrollar esfuerzos prioritarios de conservación dado su elevado nivel de endemismo. Este sector, presentaría un endemismo del 13,9% para Chile (especies no presentes en otro país) y 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). La presencia de especies endémicas también disminuye con la altura (Simonetti & Veloso 2003).

2.2. Diversidad vegetacional del valle de Quillagua

En el área de estudio se registraron 24 especies, cuatro Algas filamentosas (16,7%), un Pteridófito (4,2%), 13 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (54,2%) y seis Monocotiledóneas (Liliopsida) (25%), agrupadas en las siguientes comunidades vegetacionales: (a) ***Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*** con tres especies y dominadas por *Pluchea absinthioides* y *Distichlis spicata.* (b) ***Atriplex atacamensis-Distichlis spicata*****,** con cuatro especies, dominadas por *Atriplex atacamensis* y *Distichlis spicata*. (c) ***Baccharis juncea-Sirpus americanus,*** asociación con mayor humedad, con siete especies y dominancia de *Baccharis juncea* y *Sirpus americanus*, acompañada de *Distichlis spicata* y *Atripex atacamensis*. En esta

comunidad, en sectores de mucha humedad, destacan especies hidrófilas como el alga filamentosa *Stygeoclonium* sp y *Ruppia maritima*. (d) ***Baccharis juncea-Distichlis spicata***, con seis especies dominada por *Scirpus americanus, Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis.* Se agrega a estas comunidades un cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) con seis especies (Fig. 4-1).

FIGURA 4-1. COMUNIDADES VEGETACIONALES PRESENTES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

Los indices de diversidad calculados a partir de las 13 especies inventariadas (Tabla 4-1 y Figura 4-2) indican que la diversidad florística es baja, en general, y las comunidades comparten varias especies entre sí, sólo *Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* tiene una disimilitud mayor del 50%. El cultivo de alfalfa, tiene un número similar de especies y es claramente diferente en su composición al resto de las comunidades nativas. Así, el Valle de Quillagua no es un área de interés desde el punto de vista de la diversidad vegetal.

TABLA 4-1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007. Incluye sólo los inventarios censales.

Índices	*Baccharias/ Distichlis*	*Tessaria/ Distichlis*	*Baccharias/ Sirpus*	*Atriplex/ Distichlis*	Cultivo alfalfa	TOTAL QUILLAGUA
Riqueza de Especies (S)	6	3	7	4	6	13
Shannon H'	0,47	0,41	0,59	0,48	0,51	0,78
Shannon Hmax	0,78	0,48	0,85	0,60	0,78	1,11
Shannon J'	0,60	0,86	0,70	0,80	0,66	0,70

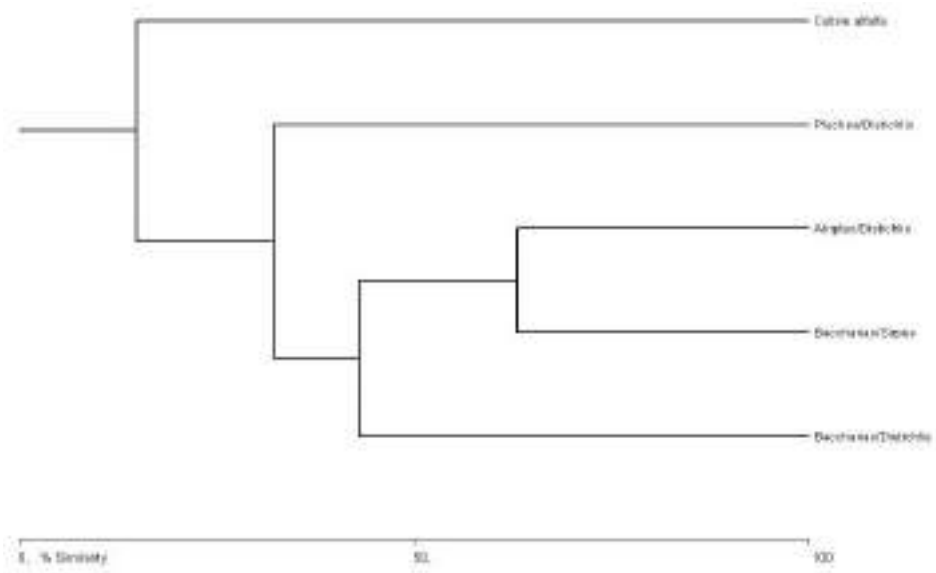


FIGURA 4-2. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

2.3. Diversidad vegetacional del Oasis de Calama

En esta área de estudio se registraron 37 especies distribuidas en cinco Algas filamentosas (13,5%), un Pteridófito (2,7%), 18 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (48,6%) y 13 Monocotiledóneas (Liliopsida) (35,1%). Estas especies se agrupan en cinco comunidades de plantas: (a) ***Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*** con 10 especies, dominado por *Pluchea absinthioides, Distichlis spicata* y *Juncus articus.* (b) ***Baccharis juncea-Distichlis spicata*** con dos especies, dominadas por *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*. (c) ***Distichletum spicatae,*** con una especie *Distichlis spicata,* (d) ***Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata***, con ocho especies y dominada por *Atriplex atacamensis, Baccharis petiolata,* acompañada de *Cortaderia atacamensis, Tessaria absinthioides, Juncus articus, Scirpus americanus* según los ambientes. (e) ***Baccharis juncea-Scirpus americanus***, con nueve especies, dominadas por *Baccharis juncea* y *Scirpus americanus.* A estas asociaciones se agregan cultivos de maíz y alfalfa.

El Mirador

Loa Medio

Yalquincha

Ojo de Opache

Pluchea absinthioides

Distichlis spicata

FIGURA 4-3. AMBIENTES Y DOS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

Los indices de diversidad calculados a partir de las 18 especies inventariadas (Tabla 4-2 y Figura 4-4) indican que, como en Quillagua, la diversidad florística no es alta, sin embargo presenta, en general, índices de equidad con comunidades que contienen especies bien representadas (sólida diversidad alfa). Es decir hay pocas especies que dominan la comunidad. Por otro lado si se examina el dendrograma de similitud, se verá que la mayoría de las comunidades son diferentes, es decir comparten pocas especies, lo que incrementa la diversidad beta (a diferencia de lo visto en el Valle de Quillagua). La diversidad es la esperada para este tipo de ambiente.

TABLA 4-2. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CINCO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007. Incluye sólo los inventarios censales.

Indices	*Atriplex/ Baccharis*	*Baccharis/ Scirpus*	*Baccharis/ Distichlis*	*Tessaria/ Distichlis*	*Distlichetum*	TOTAL CALAMA
Riqueza de Especies (S)	8	9	2	10	1	18
Shannon H'	0,62	0,74	0,30	0,58	0,01	0,85
Shannon Hmax	0,85	1,08	0,30	0,85	0,30	1,15
Shannon J'	0,73	0,68	1,00	0,69	0,02	0,74

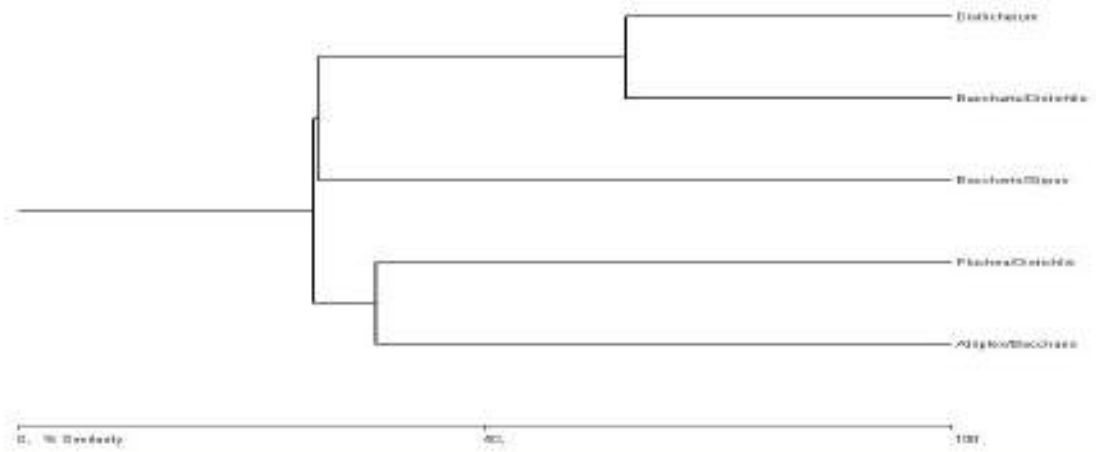


FIGURA 4-4. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

2.4. Diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama

Simonetti & Veloso (2003) analizaron la diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama, a partir de una base de datos de la flora de la región de Antofagasta (Marticorena et al. 1998), así subdividieron la comuna en 10 cuadrantes según latitud y longitud, incorporando, a cada cuadrante, una lista de especies potencialmente presentes, para las cuales se conocian su forma de vida y su origen (endémica, nativa o introducida). De las 426 especies de plantas vasculares esperadas para la comuna de San Pedro de Atacama, tres especies (0,7%) serían Pteridófitas (helechos): *Cheilantes pruinata*, *Notholaena nivea* y *Thelypteris argentina*, tres especies (0,7%) serían Gimnospermas del género *Ephedra*: *Ephedra breana*, *E. chilensis* y *E. multiflora* y 420 especies (98,6%) serían Angiospermas. En relación a las formas de vida 214 especies serían hierbas perennes, 95 especies anuales, 66 especies arbustos, 43 especies subarbustos, siete especies serían bianuales y tres árboles.

2.5. Diversidad vegetacional en Laguna Lejía

En el área de estudio de Lejía se registraron 29 especies, agrupadas en dos asociaciones vegetacionales: (a) el pajonal de la estepa altoandina, ***Stipa-Deyeuxia*** comunidad de herbáceas y arbustos bajos, con 23 especies, entre las que destacan *Stipa frigida, S. nardoides, Deyeuxia cabrerae, D. antoniana, Pycnophyllum bryoides, P. macropetalum, Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera* y (b) una formación azonal ribereña, ***Puccinellia-Calandrinia*** comunidad de herbáceas representada por sólo seis especies, entre las que destacan *Puccinellia frigida, Calandrinia oculta, Werneria incisa* y *Arenaria rivularis* (Fig. 4-5).

Comunidad azonal ribereña

Pajonal altoandino

Stipa frigida

Pycnophyllum bryoides

Urbania pappigera *Calandrinia oculta*

FIGURA 4-5. COMUNIDADES VEGETACIONALES Y CUATRO ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LAGUNA LEJÍA.

En la Tabla 4-3 se muestra el análisis de diversidad alfa mediante el índice de Shannon-Wiener. Si bien la diversidad según la riqueza de especies es mayor en el pajonal altoandino (S= 23) que en la formación azonal ribereña (S=6), esta última presenta un índice de equidad de Shannon-Wiener mayor (0,95 versus 0,58 respectivamente), es decir sus especies, aunque pocas, están mejor representadas que en el pajonal, con dominancia de unas pocas especies. Puede verificarse esto al examinar la Tabla de frecuencias registradas en los inventarios de la Tabla 3-5.

TABLA 4-3. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE DOS COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LAGUNA LEJÍA. ENERO 2008.

	Pajonal de la estepa altoandina	Formación azonal ribereña	
Índices	*Stipa-Deyeuxia*	*Puccinellia-Calandrinia*	TOTAL LEJÍA
Riqueza de Especies (S)	23	6	29
Shannon H'	0,58	0,95	1,11
Shannon Hmax	0,78	1,36	1,46
Shannon J'	0,75	0,70	0,76

Ahora si hacemos una comparación entre comunidades puede verse que ambas son completamente disímiles (Fig. 4-6), incrementando la diversidad beta, ya que las comunidades no comparten ninguna especie. Ambas comunidades son importantes. El pajonal altoandino por su alta riqueza proporcional de especies (S= 23) y la azonal ribereña por su alto índice de equidad (todas las especies bien representadas) y su importante rol ecológico en la mantención del ensamble de aves acuáticas e invertebrados presentes en Laguna Lejía.

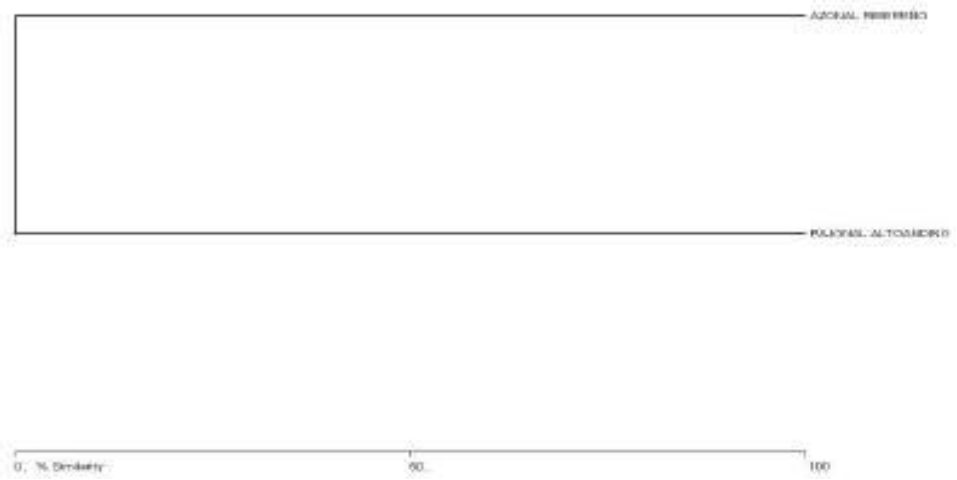


FIGURA 4-6. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE DOS COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO LAGUNA LEJÍA. ENERO 2008.

2.6. Diversidad vegetacional en Alrededores del Volcán Licancabur

Las 93 especies registradas se distribuyen taxonómicamente en 72 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (77,4%), 18 Monocotiledóneas (Liliopsida) (19,4%), dos Gnetopsida (2,2%) y una Pteridophyta (1,1%). La vegetación de esta área es de composición florística y características muy heterogéneas lo que dificulta su análisis fitosociológico, sin embargo, a partir de las 86 especies inventariadas se pueden reconocer al menos cuatro comunidades vegetales: (a) Matorral abierto extremadamente xeromórfico ***Fabianetum ramuloso-denudatae*** con 26 especies y dominancia de *Stipa frigida, Atriplex imbricata, Fabiana densa y Tephrocactus atacamensis* y distribuida entre los 3.200 a 3.700 msm. (b) Ojalar ***Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*** matorral abierto con 42 especies en que dominan *Atriplex imbricata*, *Acantholippia deserticola* y *Tephrocactus atacamensis*, entre los 2.800 y 3.600 msm. (c) Arbustos bajos ***Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides***, con 18 especies en que predominan *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*. (d) Comunidad entre pajonal y tolar ***Festuca orthophylla-Parastrephia lucida*** con 30 especies y dominancia de *Festuca orthophylla, Mulinum crassifolium, Pycnophyllum bryoides, Deyeuxia* sp*, Baccharis incarum,* entre 4.100 y 5.200 msm (Fig. 4-7).

En la Tabla 4-4 se muestra el análisis de diversidad alfa de estas comunidades vegetacionales mediante el índice de Shannon-Wiener y se comparan con el total de las especies de plantas inventariadas en este estudio (86). Se aprecia que el Ojalar presenta la más alta riqueza de especies (S= 42) e índice de equidad (H'= 1,21). Por el contrario la asociación de arbustos bajos presenta valores menores.

TABLA 4-4. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CUATRO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

	Matorral abierto muy xeromórfico	Ojalar	Arbustos bajos	Pajonal y tolar	
Índice	*Fabianetum ramuloso-denudatae*	*Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Festuca orthophylla-Parastrephia*	TOTAL LICANCABUR
Riqueza de Especies (S)	26	42	18	30	86
Shannon H'	1,01	1,21	0,96	0,98	1,52
Shannon Hmax	1,42	1,62	1,26	1,48	1,93
Shannon J'	0,71	0,75	0,77	0,66	0,79

FIGURA 4-7. CINCO ESPECIES DOMINANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

Al observar la Fig.4-8 se aprecia que las cuatro comunidades son disímiles, es decir comparten pocas especies, lo que incrementa notoriamente la diversidad beta. La alta riqueza de especies e índices de equidad por asociación (diversidad alfa) y las disimilitudes (diversidad beta) convierten al área de estudio en un territorio de alta diversidad florística.

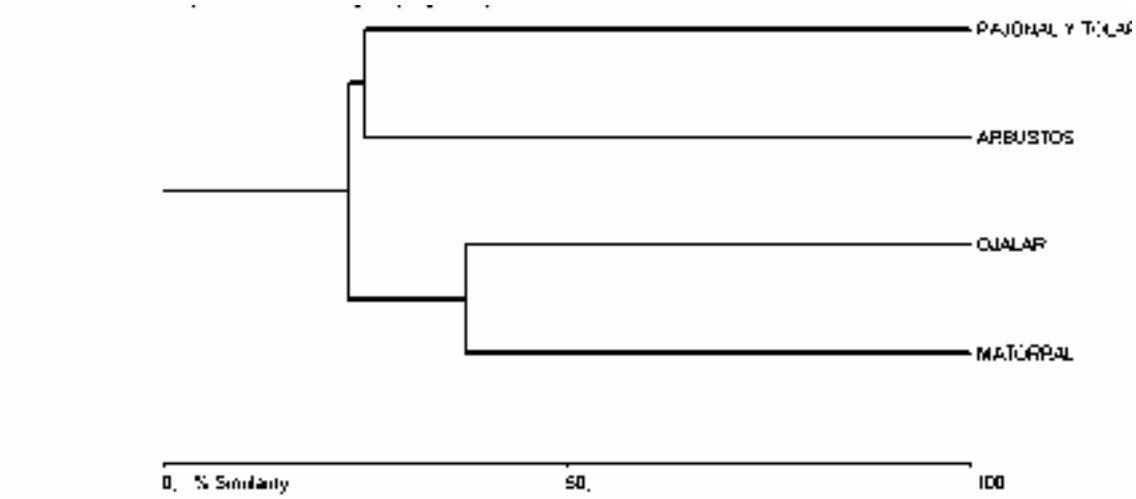


FIGURA 4-8. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

2.7. Diversidad vegetacional en los Géisers del Tatio

En el área de estudio se registraron 92 especies de plantas vasculares. A partir de las 64 especies inventariadas se pueden reconocer al menos cuatro comunidades vegetales agrupadas en cuatro asociaciones vegetacionales. (a) Tolar del altiplano (de la estepa alto-andina altiplánica), ***Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*** comunidad de arbustos bajos y hojas reducidas, con 25 especies, en que dominan *Parastrephia quadrangularis* y *Festuca orthophylla,* a las que se agregan *Mulinum crassifolium, Deyeuxia breviaristata, D. cabrerae, D. antoniana, Parastrephia phylicaeformis* y *Azorella compacta*, entre otras. (b) Estepa arbustiva pre-puneña ***Fabiana densa-Baccharis boliviensis***, con 17 especies en que dominan *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis,* a las que se agregan *Junellia seriphioides*, *Baccharis incarum, Fabiana denudata, Adesmia polyphylla, Opuntia ignescens* y *Opuntia conoidea*. (c) Estepa alto-andina sub-desértica ***Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides***, comunidad de arbustos bajos con escasa cobertura, con 23 especies en que dominan *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*, le acompañan *Festuca hypsophyla, Stipa venusta, Deyeuxia antoniana, Azorella compacta, Baccharis incarum, Pycnophyllum molle* y *Oxalis pycnophylla.* (d) Bofedal, ***Oxyochloe andina***, comunidad de herbáceas higrófilas, con 22 especies en que dominan *Oxyochloe andina*, le acompañan varias especies del género *Deyeuxia (breviaristata, chrysanta, chrysostachya, curvula, eminens, velutina), Junellia minima, Zameioscirpus atacamensis, Lilaeopsis macloviana, Mimulus glabratus, Azolla filiculoides* y *Myriophyllum quitense* (Fig. 4-9).

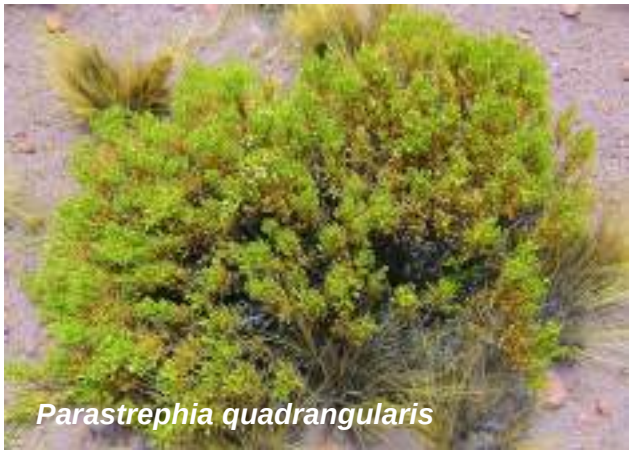


FIGURA 4-9. ESPECIES DOMINANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE GÉISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

En la Tabla 4-5 se muestra el análisis de diversidad alfa de estas comunidades vegetacionales mediante el índice de Shannon-Wiener y se comparan con el total de las especies de plantas inventariadas en este estudio (64). Se aprecia que la Estepa alto-andina sub-desértica y el bofedal presentan el índice de equidad más alto (H'= > 1) y también las mayores riquezas de especies. El índice de equidad del Tolar del altiplano, , su no es alto (H'= 0,72), pese a que tiene la mayor riqueza de especies, es decir sus especies no están igualmente representadas.

TABLA 4-5. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CUATRO ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO GÉISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

	Tolar del altiplano	Estepa arbustiva pre-puneña	Estepa alto-andina sub-desértica	Bofedal	
Índices	*Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*	*Fabiana densa-Baccharis boliviensis*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Oxyochloe andina*	TOTAL TATIO
Riqueza de Especies (S)	25	17	23	22	66
Shannon H'	0,72	0,85	1,02	1,01	1,29
Shannon Hmax	1,38	1,23	1,36	1,34	1,82
Shannon J'	0,52	0,69	0,75	0,76	0,71

En el dendrograma siguiente se aprecia que las asociaciones vegetacionales son disímiles entre sí, lo que aumenta la diversidad beta. En términos generales la diversidad, aunque menor que en alrededores del volcán Licancabur (su homólogo), es relevante porque contiene comunidades muy diferenciadas y ecológicamente diferentes.

FIGURA 4-10. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE CUATRO ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO GÉISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

2.8. Diversidad vegetacional en las cinco áreas de estudio

Estudios previos

Gutiérrez et al. (1998) realizaron un estudio vegetacional en un transecto de cinco estaciones: (a) la desembocadura del río Loa (con una riqueza de ocho especies a los 39 msm), (b) Quillagua (con 11 especies a los 733 msm), (c) Chacance (15 km al este del pueblo de María Elena, con siete especies a los 1.268 msm), (d) Chiu-Chiu (10 km al oeste del pueblo homónimo, con 20 especies y a 2.534 msm), (e) río Salado (con 31 especies, la de mayor riqueza de plantas, a 3.108 msm) y (f) arroyo Coya (en la puna, con 18 especies a 3.782 msm). Para este análisis revisamos los registros de estos autores e incorporamos a nuestros inventarios dos especies de plantas para Quillagua y 33 especies para el área del Tatio (véase inventario florístico en Anexos). En rigor la estación río Salado no está incluida en nuestra área de estudio, pero por su proximidad fue incorporada, en cambio el arroyo Coya sí está en el área de estudio. Gutiérrez et al. (1998) registraron, a lo largo de la gradiente estudiada 69 especies de plantas vasculares. Más adelante compararemos sus registros, por estaciones, con las de este estudio.

Por su parte, Navarro & Rivas-Martínez (2005) realizaron un transecto vegetacional, con 20 estaciones, desde Calama y San Pedro de Atacama (sic) a la frontera boliviana en la zona sureste del volcán Licancabur. Estudiaron un área sobre las faldas al Pacífico de la cordillera Occidental de los Andes, extendiéndose entre el área de Calama (2.260 msm) y las laderas surorientales del volcán Licancabur (5.600 msm). Los autores no indican la posición geográfica de cada una de las estaciones y las referencias geográficas son vagas (e.g., “por encima de San Pedro de Atacama”) pese a eso suponemos que a partir de su inventario 3 estarían dentro de nuestra área de estudio, aún cuando el inventario 20 podría estar fuera, pero no resta sentido ecológico a la inclusión ya que sólo aportaría al inventario un total de dos especies, *Deyeuxia deserticota* y *Deyeuxia crispa*. Aún así incorporamos al inventario del área de estudio Alrededores del Volcán Licancabur, siete especies.

Teillier (2004) realizó un estudio florístico y vegetacional de la cuenca media-alta del río Loa. Su área de estudio está completamente fuera de las nuestras, sin embargo lo consideramos como antecedentes interesantes para comparación, con las precauciones espaciales correspondientes. Su trayecto va desde la localidad de Estación San Pedro (21°56’LS – 68°32’LW), hasta las de pampa Puno (21°19’ LS - 68°48’ LW) y quebrada Sapunta (21°18’ LS – 68°46’ LW), siguiendo el margen occidental del cajón del río Loa. El estudio abarcó una gradiente altitudinal entre los 3.100 y los 4.150 msm. Sus registros se basaron en bibliografía (e.g., Villagrán et al. 1981) y en observaciones propias. Describe cinco unidades, principalmente fisonómicas: (a) Matorral desértico, con una riqueza de 11 especies entre 3.000 y 3.100 msm. (b) Tolar marginal con una riqueza de 26 especies entre 3.100 y 3.300 m de altitud. (c) Tolar intermedio con 38 especies, la mayor de este estudio, entre 3.300 y 3.700 msm. (d) Tolar de altura con 15 especies entre 3.700 y 4.000 msm. (e) Pajonal altoandino con 20 especies entre 4.000 y 4.200 msm. Respecto de la riqueza de especies, Teillier (2004) señala que generalmente se observa una gradiente relacionada con la altitud, ya que el matorral desértico ubicado en la parte baja de la gradiente, presenta el valor más bajo, el tolar medio el más alto, y finalmente un valor también alto el pajonal de altura; ascendiendo aún más recién comienza a declinar la riqueza de especies. Este patrón es consistente con estudios anteriores realizados en el cordón oriental de los Andes del altiplano, donde la riqueza es máxima debido a las

condiciones óptimas de temperatura y humedad (Villagrán et al. 1981, 1982, 1983, Arroyo et al. 1982, 1988).

Existen varios estudios en el Parque Nacional Llullaillaco ubicado entre las latitudes 24º30`S-25º10`S y las longitudes 68º30`W-69º15`W. La altitud varía entre los 3.500 msm y la cumbre del volcán Llullaillaco a 6.750 msm. Este parque está fuera del área de estudio, pero se incluye como área de referencia y porque presenta una alta riqueza de especies. Sin embargo se debe considerar que ha sido frecuentemente explorado botánicamente a partir de 1860 por R. A. Philippi. Así de las 110 especies propuestas por Luebert & Gajardo (1999), en base a recolecciones previas y propias, Marticorena et al. (2004) incrementaron en 16 nuevas especies, quedando, a la fecha en 126. De este mismo modo, lo más probable es que, en la medida que se aumente el esfuerzo de muestreo en las áreas que abarcan este estudio, se efectúen nuevos registros de plantas vasculares.

Comparación con otras localidades

El número de especies para Quillagua y Calama es bastante inferior al registrado por Teillier (2004) en la cuenca-media-alta del río Loa, donde describe 110 especies, sin embargo en su trabajo la superficie y gradiente altitudinal fueron notablemente mayores por lo que no son comparables. En cambio, sí son comparables las 11 especies registradas por Gutierrez (1998) para su estación en Quillagua y las 20 especies para Chiu Chiu, como a las 24 especies reportadas por Trevizan et al. (2001), por lo que el presente estudio ha incorporado siete especies al catálogo existente de la flora del Oasis de Calama.

Por otro lado la diversidad registrada en la Laguna Lejía (29) es comparable a las 21 especies registradas para el salar de Ascotán (Teillier 2000, Teillier & Becerra 2003) o a lo documentado por Gutierrez et al. (1998) para el río Salado (3.108 msm con 31 especies) o al arroyo Coya (3.782 msm con 18 especies) (Tabla 4-7). La flora de Laguna Lejía, puede ser comparada con la del Salar de Ascotán, en que también existe una flora azonal (vegetación del salar vs. vegetación de la laguna) y una flora zonal (laderas aledañas al salar vs. laderas aledañas a la laguna). Teillier & Becerra (2003) exploraron varias veces el salar entre 1993 y 1998 a partir de 46 parcelas en ocho parches de vegetación, cada uno asociado a una laguna distinta. Lo registrado en Lejía es mayor que las 21 especies del salar. La flora azonal de la Laguna Lejía es completamente diferente que la zonal, igual que en el caso de ambos ambientes (zonal/azonal) en el salar de Ascotán. Teillier & Becerra (2003) explican que la ausencia de especies zonales en el salar es probablemente debido a los problemas osmóticos y/o nutricionales presentados por las altas concentraciones de sales. A la inversa, la baja disponibilidad de agua en las laderas circundantes podría determinar la ausencia de las especies de los humedales (salar y Laguna Lejía) en estos hábitats (Schat & Scholten 1986, Shumway & Bertness 1992).

La diversidad, como riqueza de especies en Licancabur (93) y el Tatio (92), es similar a la reportada en el Parque Nacional Llullaillaco (110). A su vez es mayor que la registrada por Gutiérrez et al. (1998) en el mencionado transecto altitudinal realizado en seis sitios a lo largo del río Loa (69 especies) y muy superior a lo documentado por Navarro & Rivas-Martínez (2005) en su trayecto Calama- San Pedro de Atacama al volcán Licancabur (28 especies).

Comparación entre las cinco áreas de estudio

Ahora, si analizamos la diversidad al interior de las cinco áreas de estudio, disgregándolas en sus asociaciones vegetacionales, se aprecia que la mayor diversidad alfa está en el “ojalar” (asociación *Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*) y pajonal tolar (asociación *Festuca orthophylla-Parastrephia*) ambas presentes en el área de estudio alrededores del volcán Licancabur (Tabla 4-7). Por otro lado si se analiza la similitud de todas las asociaciones registradas en el área de estudio, es posible distinguir dos agrupaciones (Fig. 4-11): una (menos diversa) que reune la vegetación del Valle de Quillagua y Oasis de Calama y otra (más diversa) que reune la vegetación de Géisers del Tatio, Alrededores del Volcán Licancabur y Laguna Lejía. Dentro de este segundo grupo el área de Géisers del Tatio presenta mayor similitud con Alrededores del Volcán Licancabur que con Laguna Lejía (Fig. 4-12). Para el cálculo de las comparaciones entre áreas se usó el catálogo florístico final que contiene las especies registradas y los registros previos. Es interesante relevar que el bofedal del Tatio y la vegetación azonal del humedal de Laguna Lejía, son ecosistemas únicos, muy diferenciados de todas las otras asociaciones, con especies no compartidas y de alto valor ecológico. En general las 10 asociaciones de altura son disímiles y aportan mucho a la diversidad beta (Fig. 4-11). Respecto a la diversidad gamma, es claro que ésta es mayor en el territorio de altura que en el Valle de Quillagua y Oasis de Calama (Tabla 4-7).

TABLA 4-6. DIVERSIDAD COMPARADA DE PLANTAS VASCULARES EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.*=EN PARÉNTESIS SE INDICA EL NÚMERO DE AÑOS DE OBSERVACIÓN. S= RIQUEZA DE ESPECIES.

	Superficie	Altitud	Precipitación*	Estación	S	Asociaciones/unidaes	Fuentes
Región de Antofagasta	126.121,3 km^2				1.056		Squeo et al. 1998 Marticorena et al. 1998
Comuna de San Pedro de Atacama	23.490 km^2				426		Simonetti & Veloso 2003
Transecto Cuenca-media-alta del río Loa		3.100-4.150			90	5	Teillier 2004
Parque Nacional Llullaillaco	2.680 ha		35,7 (4)	verano	126	12	Marticorena et al. 2004
Transecto Calama-volcán Licancabur		2.260-5.600			28		Navarro & Rivas-Martínez 2005
Valle de Quillagua	18,216 km^2	790-946		primavera	26 11	4	Este estudio Gutierrez et al. 1998
Chacance		1.268			7		Gutierrez et al. 1998
Oasis de Calama	45,758 km^2	2.210-2.400	6,0 (7)		31	4	Este estudio
Chiu-Chiu		2.534			20		Gutierrez et al. 1998
Río Salado		3.108			31		Gutierrez et al. 1998
Arroyo Coya		3.782			18		Gutierrez et al. 1998
Alrededores del volcán Licancabur	939,342 km^2	2.778-5.063			97	4	Este estudio con adiciones
Géiseres del Tatio	839,516 km^2	3.617-4600	100,0 (5)		99	4	Este estudio con adiciones
Salar de Ascotan		3.800			21	2	Teillier & Becerra 2003
Laguna Lejía	189,059 km^2	4.341-4589			29	2	Este estudio

TABLA 4-7. RIQUEZA DE ESPECIES E ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES PRESENTES EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO DE GÉISERS DEL TATIO, ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR, LAGUNA LEJÍA, VALLE DE QUILLAGUA Y OASIS DE CALAMA. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. ENERO 2008.

	Altiplano									
	Tolar del altiplano	Estepa arbustiva	Estepa alto-andina	Bofedal	Matorral	Ojalar	Arbustos	Pajonal y tolar	Pajonal altoandino	Azonal ribereño
Índices/Asociación	*Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*	*Fabiana densa-Baccharis boliviensis*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Oxyochloe andina*	*Fabianetum ramuloso-denudatae*	*Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Festuca orthophylla-Parastrephia*	*Stipa-Deyeuxia*	*Puccinellia-Calandrinia*
Área de estudio	El Tatio	El Tatio	El Tatio	El Tatio	Licancabur	Licancabur	Licancabur	Licancabur	L. Lejía	L. Lejía
Riqueza de especies (S)	25	17	23	22	26	42	18	30	6	23
Shannon H'	0,72	0,85	1,02	1,01	1,01	1,21	0,96	0,98	0,58	0,95
Shannon Hmax	1,38	1,23	1,36	1,34	1,42	1,62	1,26	1,48	0,78	1,36
Shannon J'	0,52	0,69	0,75	0,76	0,71	0,75	0,77	0,66	0,75	0,70

	Oasis del río Loa						
Índices/Asociación	*Atriplex/ Baccharis*	*Atriplex/ Distichlis*	*Baccharias/ Distichlis*	*Distlichetum*	*Tessaria/ Distichlis*	*Baccharis/ Sirpus*	Cultivo alfalfa
Área de estudio	Calama Quillagua	Quillagua	Calama Quillagua	Calama	Calama Quillagua	Calama Quillagua	Quillagua
Riqueza de especies (S)	7	4	8	1	9	15	6
Shannon H'	0,62	0,48	0,68	0,01	0,64	0,76	0,51
Shannon Hmax	0,85	0,60	0,90	0,30	0,95	1,18	0,78
Shannon J'	0,73	0,80	0,76	0,02	0,67	0,65	0,66

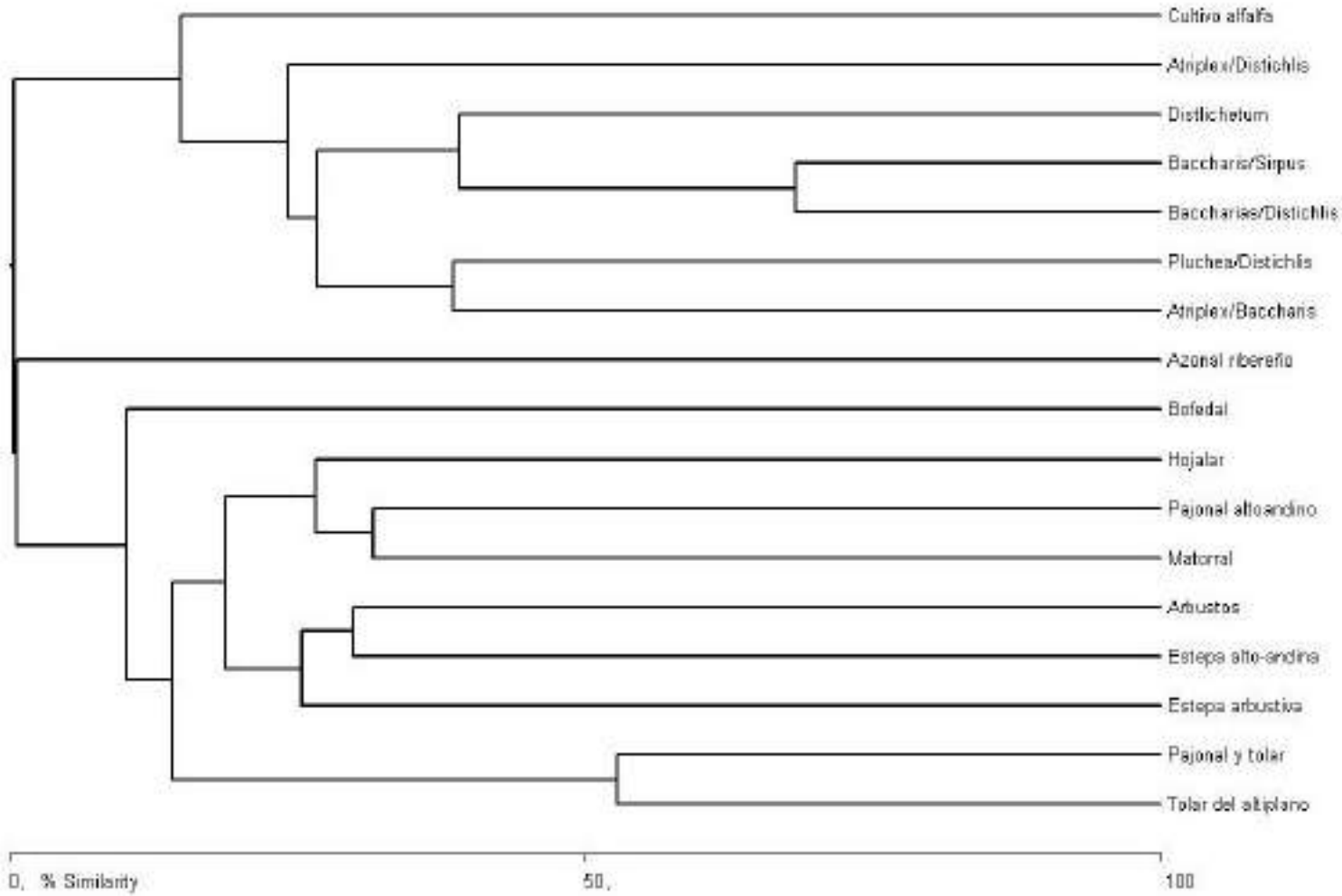


FIGURA 4-11. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN LAS CINCO ÁREAS DE ESTUDIO REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

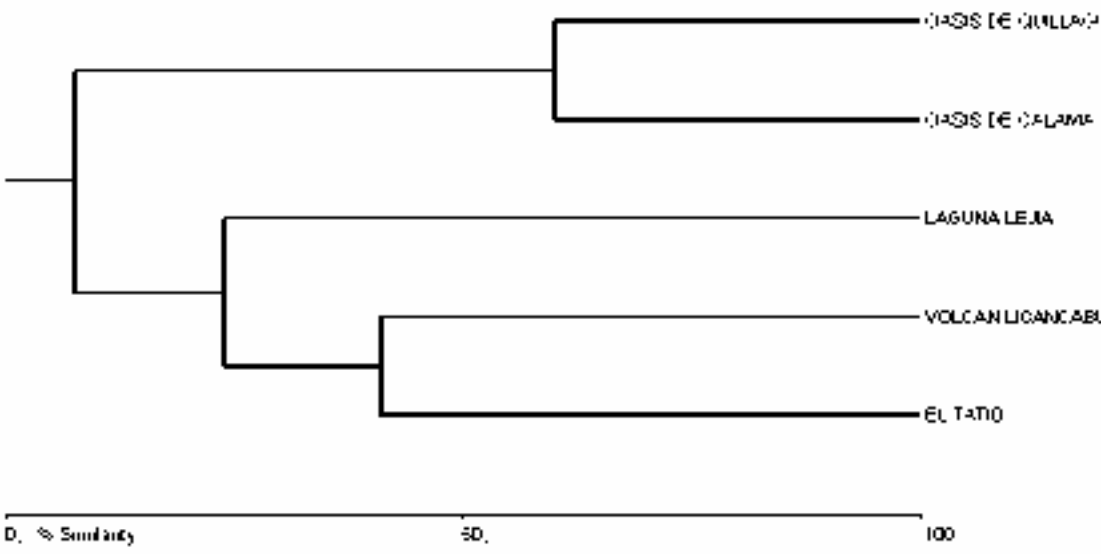


FIGURA 4-12. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES VEGETACIONALES DE LAS CINCO ÁREAS DE ESTUDIO, REGIÓN. 2008.

3. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD FAUNÍSTICA

3.1. Diversidad de anfibios

Anfibios de Chile

Los anfibios chilenos pertenecen al orden Anura y están representados por 56 especies, de 14 géneros y cuatro familias, tres de ellas nativas: Bufonidae, Leptodactylidae y Rhinodermatidae y una introducida, Pipidae, con una especie *Xenopus laevis* (sapo de garras) asilvestrado en Chile (Veloso 2006). De estas especies 36 son endémicas (66,7%), lo que le confiere un carácter especial a este tipo de fauna y desde ya son un claro objeto de conservación.

Diversidad y distribución

El factor que más limita la presencia de anfibios en la región de Antofagasta es la baja existencia de cuerpos de agua dulce y la escasa disponibilidad de aguas lluvia. En el altiplano existen precipitaciones (300-400 mm) por lo que se conjugan factores de hábitat favorables, pero debido a la fuerte estacionalidad de estas lluvias se limita drásticamente la capacidad de dispersión, ya que existen muy altos índices de evapotranspiración (Romero 1985, Veloso 2006), circunscribiendo las poblaciones a cuerpos de agua permanentes (e.g., bofedales, lagunas, ríos). De este modo, los anfibios no se distribuyen homogéneamente, dependiendo de la oferta de hábitat para cumplir con su ciclo vital, así, hay zonas donde no existen anfibios, en otras sólo se distribuyen algunas especies y otras poseen una alta diversidad relativa.

Veloso (2006) propone agrupar las especies en cuencas hidrográficas para facilitar las medidas de conservación, ya que permite integrar esa información con aspectos ecológicos comunitarios y ecosistémicos, adquiriendo, la información distribucional de anfibios carácter relacional (Veloso 2006). La diversidad de anfibios varía según el tipo de clima y la altitud. Es mayor en las regiones mediterráneas húmeda, perhúmeda y mediterránea con influencia oceánica. Respecto a la altitud la mayor diversidad está por debajo de los 1.000 msm, disminuyendo notablemente entre los 2.000 y 3.000 msm y declinando hasta sólo tres especies a los 4.600 msm en el altiplano, pero de la región de Parinacota. En la Fig. 4-13 se muestra la disponibilidad de agua y los niveles altitudinales para al área de laguna de Lejía.

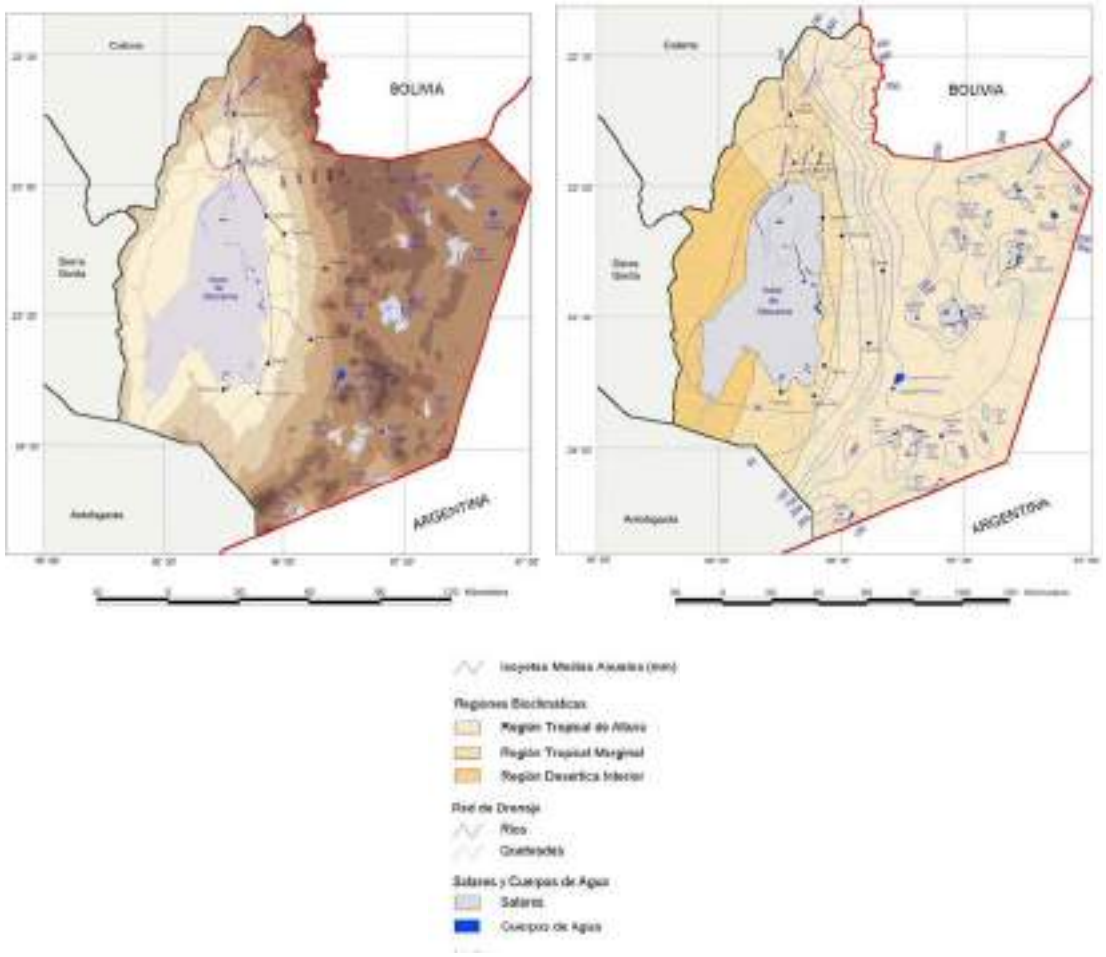


FIGURA 4-13. ISOYETAS MEDIAS ANUALES (MM) Y RANGOS ALTITUDINALES EN LAGUNA LEJÍA DE LA COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA. TOMADO DE BALANCE HÍDRICO DE CHILE DGA (1987), DI CASTRI & HAJEK 1976, SIMONETTI & VELOSO 2003.

Las cuencas de Chile se pueden agrupar (sensu Brown & Saldivia 2000) en tres sistemas: Pacífico Seco (desde Arica al río Limarí), Pacífico Central y Pacífico Sur. La región de Antofagasta se ubica en la primera y contiene 15 especies de anfibios Fig. 4-14.

FIGURA 4-14. PRINCIPALES CUENCAS HIDROGRÁFICAS SEGÚN ORÍGEN DE DRENAJE DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (TOMADO Y MODIFICADO DE DGA Y VELOSO 2006).

Anfibios en la provincia de El Loa

Para la provincia de El Loa se registran seis especies, cinco de ellas con distribución muy restringida a los sectores de La Cascada en el río Loa (*Telmatobius dankoi*), río Vilama (*Telmatobius vilamensis*), Ollagüe (*Telmatobius philippi* y *Telmatobius halli*) y Puquios (*Telmatobius fronteriensis*) (sensu Ramírez & Pincheira-Donoso 2005, Veloso 2006). Los altos Andes al sur de la línea del Ecuador se caracterizan por una extensa radiación de ranas acuáticas del género *Telmatobius* Wiegman 1835 (unas 50 especies). Altitudinalmente se encuentran sobre los 2.500 msm (excepto *T. ceiorum*, 1.500 m). En Chile se distribuyen nueve especies: *T. peruvianus, T. marmoratus*, *T. pefauri*, *T. zapahuirensis*. *T. halli, T. philippi, T. fronteriensis, T. vilamensis* y *T. dankoi*. Esta última en las cercanías de la ciudad de Calama siendo la especie más sureña de los *Telmatobius* descrita para Chile (Duellman 1993, Cuevas & Formas 2002). En la Tabla 4-8 se muestran los registros para las áreas de estudio y pese a que el río Vilama está fuera, por su proximidad se incluye el registro de la especie endémica para ese cuerpo de agua (*Telmatobius vilamensis*).

TABLA 4-8. ANFIBIOS PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA. EST= ESTATUS, N= NATIVA, E= ENDÉMICA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	EST	LOCALIDAD DE REGISTRO	FUENTES
Bufo spinulosus Wiegmann,1834	sapo espinoso	N	Caspana Termas del Tatio El Tatio El Tatio El Tatio El Tatio Río San Pedro de Atacama Rio Vilama Soncor, PN Los Flamencos Río Puritama	Moreno & Ibarra-Vidal 2004 Núñez et al. 1982 Moreno & Ibarra-Vidal 2004 Veloso 1995 SGA/GDN 2007 Este estudio Veloso & Nuñez 1998 Núñez et al. 1982 Este estudio Este estudio
Telmatobius dankoi Formas, Northland, Capetillo, Nuñez, Cuevas & Brieva, 1999	rana acuática de Danko	E	Oasis de Calama	Formas et al. 1999
Telmatobius fronteriensis Benavides, Ortiz & Formas, 2002	rana acuática de la frontera	E	Puquios	Benavides, Ortiz & Formas 2002
Telmatobius halli Noble, 1838	rana acuática de Hall	E	Ollagüe	Veloso & Nuñez 1998
Telmatobius philippii Cuevas & Formas, 2002	rana acuática de Philippi	E	Ollagüe	Cuevas & Formas, 2002
Telmatobius vilamensis Formas, 2002	rana acuática de Vilama	E	Río Vilama	Formas et al. 2003

TABLA 4-9. REGISTROS COMPARATIVOS DE ANFIBIOS EN SIETE LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE EL LOA,

Especie	Calama	L. Lejía	Licancabur	G. del Tatio	Ollagüe	Puquio
Bufo spinulosus			X	X		
Telmatobius dankoi	X					
Telmatobius vilamensis			X			
Telmatobius fronteriensis						X
Telmatobius philippii					X	
Telmatobius halli					X	

Los anfibios registrados en las áreas de estudio son los esperados para esos ambientes. La diversidad, alfa, beta y gamma, no es alta en las áreas de estudio, en la provincia de El Loa ni en la región de Antofagasta, sin embargo su alto endemismo (cinco de seis especies) las hace de muy alto interés como objeto de conservación. Sin embargo, en estricto, solo dos de estas especies endémicas (*Telmatobius dankoi* y *Telmatobius vilamensis*) están en alguna de las cinco áreas de estudio (Oasis de Calama y Alrededores del Volcán Licancabur).

Preocupa, en el Oasis de Calama, que *Telmatobius dankoi*, pese a los esfuerzos de captura en septiembre de 2007 y enero de 2008, no fuera registrado, más aún si los informantes clave declararon que hace mucho tiempo (sic) no visualizan anfibios en el área. Se recomienda un monitoreo específico para esta especie, endémica del Oasis de Calama y que podría convertirse en una especie focal.

3.2. Diversidad de reptiles

Reptiles de Chile

De las 94 especies descritas para Chile (Veloso et al. 1995), según Núñez & Veloso (2001) existirían para la región de Antofagasta 33 especies de lagartos, pero habría que agregar a las lagartijas de Bárbara, lagartija de los hijos y lagartija de Puritama (*Liolaemus barbarae*, *Liolaemus filiorum* y *Liolaemus puritamensis*) y a la culebra de cola corta del norte (*Tachymenis peruviana*) por lo que serían 37 especies conocidas, pertenecientes a tres subórdenes: Serpentes (familia Colubridae, una especie), Scleroglossa (familia Gekkonidae, tres especies) e Iguania (familias Tropiduridae, 31 especies y Teiidae, dos especies). En la provincia de El Loa Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) proponen 22 especies y Simonetti y Veloso (2003) proponen 14 especies potencialmente presentes en la Comuna de San Pedro de Atacama. En la Tabla 4-11 se señalan estas especies, con referencia especial a las localidades de registro en o cercanas a las cinco áreas objetivo de este estudio.

Origen y distribución

La distribución de Squamata era más amplia que en la actualidad en el Cretáceo y gran parte del Terciario, según Albino (1996) en base al registro fósil. Esto porque existían condiciones ambientales más favorables. Según Núñez & Veloso (2001) el evento orogénico más relevante fue la aperura del paso de Drake en el Oligoceno y Mioceno temprano, lo que originó la corriente de Humboldt que era cálida, la que luego se fue enfriando durante el Plioceno, transitando por esto la fauna de una comunidad tropical a una austral, lo que implicó un proceso de desecación, avance de la flora austral hacia el norte y retroceso de la flora tropical. Eso se sumó a una gran actividad volcánica que provocó el alzamiento de la cordillera andina, como la conocemos hoy (Zinzmeister 1978, Martínez-Pardo & Martínez-Guzmán 1997). Durante el Terciario superior las frias condiciones terminan en las glaciaciones cuaternarias, que alternaron condiciones áridas y húmedas. De esta manera, Núñez & Veloso (2001) proponen como explicación para el origen y diversidad de los lagartos de la región de Antofagasta los cambios orogénicos y climáticos del pasado. En primer lugar el levantamiento de la cordillera andina, en segundo lugar el enfriamiento del territorio por efecto de la corriente de Humboldt, desecando

los territorios del norte de Chile y sur de Perú, proceso que llegó a su máximo en el Cuaternario con la formación del actual desierto de Atacama. Esto propició la dispersión de los lagartos hacia ambientes más mésicos de la precordillera y cordillera andina, a lo largo de la cuenca del río Loa y de los oasis y valles con aguas permanentes. Los ambientes de altura fueron y son fuertes barreras que limitaron el flujo génetico y promovieron una distribución fragmentada, en forma de parches (Núñez & Veloso 2001). En la costa hubo fragmentación determinada por condiciones xéricas, propiciando el aislamiento y la posterior especiación de *Microlophus, Garthia* y *Callopistes*. Así el levantamiento de las tierras y el desecamiento establecieron relaciones ecológicas entre las poblaciones ancestrales permitiendo la dispersión (ampliación de la distribución) hacia nuevos ambientes y propiciando la especiación (formación de nuevas especies) a mayores alturas (sobre los 2.500 msm). La agregación (adiciones) y eliminación (sustracción) de especies en una región puede ser afectado por procesos tales como especiación, dispersión biótica, dispersión a distancia y extinción. Las dos primeras se traducen en especies estructuradas jerárquicamente en un sentido linneano, mientras que la dispersión a distancia desemboca en conjuntos de especies desestructurados. En base a todo lo expuesto, entonces, en la región de Antofagasta el principal proceso que actuó y actúa sobre la fauna de lagartos es: (a) la especiación en los nuevos ambientes creados cuando se levantaron las tierras y se desecó la zona y (b) la dispersión biótica (Núñez & Veloso 2001).

La mayoría de las especies de lagartos registradas para las áreas de estudio pertenecen al género *Liolaemus* descrito en 1834 en base a ejemplares procedentes de Chile y que cuenta con más de 160 especie en Argentina, Chile, Bolivia, Brasil, Paraguay, Perú y Uruguay, los dos primeros con el mayor número de especies. En Chile el género *Liolaemus* (de estado sistemático conflictivo) está representado por 76 especies, cuatro de ellas politípicas, 13 subespecies, con un total de 85 taxas (Pincheira-Donoso & Núñez 2005). La gran diversidad de especies de este género puede explicarse por su extensa distribución biogeográfica en el centro-sur y sur de Suramérica, amplio territorio con muchos escosistemas diferentes y sometidos a severos cambios geomorfológicos que determinó múltiples centros de especiación vicariante (Núñez at al. 2000). De este modo las poblaciones ancestrales de *Liolaemus* debieron adaptarse a drásticos cambios en la biocenosis y transformaciones, que dieron origen a los ecosistemas altoandinos, desérticos y patagónicos, los que condicionaron a estas especies antiguas a adquirir nuevos caracteres con conservación transgeneracional y dando origen a las especies tal como las conocemos hoy (Pincheira-Donoso & Núñez 2005).

Reptiles de la región de Antofagasta

La región de Antofagasta integra un ecosistema mayor, la *Diagonal xérica*, que se despliega desde el sur de Perú hasta Atacama, y al lado occidental de los Andes hasta la Patagonia. Las 35 especies de lagartos pertenecen a las familias Tropiduridae, Gekkonidae y Teiidae, estas dos últimas restringidas a las zonas costeras. Como se muestra en la Tabla 4-10 Núñez & Veloso (2001) estudiaron la distribución de los lagartos en la región de Antofagasta, dividiéndola en tres zonas: (a) una zona occidental, al oeste de la cordillera de Domeyko, desde el nivel del mar los 2.500 msm; (b) una zona media, de desierto interior, al este de la mencionada cordillera y hasta las pendientes precordilleranas andinas, desde los 2.500 a los 3.500 msm, y (c) una zona oriental, por sobre los 3.500 msm. A las especies analizadas por los autores le hemos agregado nuevas especies y la familia Colubridae (culebras).

TABLA 4-10. DISTRIBUCIÓN DE REPTILES EN TRES ZONAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (TOMADO Y MODIFICADO DE NÚÑEZ & VELOSO 2001).*= ENDÉMICAS DE LA REGIÓN.

ZONA OCCIDENTAL	ZONA MEDIA	ZONA ORIENTAL
Familia Teiidae	Familia Tropiduridae	Familia Colubridae
*Callopistes palluma**	*Liolaemus alticolor**	*Tachimenis peruviana*
Familia Tropiduridae	*Liolaemus constanzae**	Familia Tropiduridae
*Liolaemus atacamensis**	*Liolaemus donosi**	*Liolaemus alticolor**
Liolaemus bisignatus	*Liolaemus fabiani**	*Liolaemus constanzae**
*Liolaemus hellmichi**	*Liolaemus foxi**	*Liolaemus dorbignyi**
Liolaemus nigromaculatus	*Phrynosaura audituvelata**	*Liolaemus fabiani**
*Liolaemus paulinae**		*Liolaemus islugensis**
Liolaemus platei		*Liolaemus multicolor**
*Liolaemus constanzae**		*Liolaemus nigriceps**
Microlophus theresioides		*Liolaemus schmidti**
*Microlophus atacamensis**		*Liolaemus signifer**
*Microlophus tarapacensis**		*Liolaemus stolzmanni**
*Phrynosaura torresi**		*Liolaemus puritamensis**
Familia Gekkonidae		*Phrynosaura erronea**
*Garthia gaudichaudii**		*Phrynosaura sp**
*Phyllodactylus cf inaequalis**		
Phyllodactylus gerrhopygus		

El único género endémico para la región es *Phrynosaura* (aunque controvertido), con seis especies, dos distribuidas en la zona occidental, una en la medial y dos en la oriental. Los géneros que más endemismos contienen son *Liolaemus* y *Phyllodactylus*, el primero, además agrupa a más del 66% de la diversidad de saurios de la región.

En la zona occidental, también están documentadas otras especies como *Ctenoblepharis adspersa* de Perú y especies del grupo "nigromaculatus". Algunas especies de esta zona (*Microlopohus atacamensis, Liolaemus paulinae* y *Phyllodactylus gerrhopygus*) pueden llegar a elevaciones más altas como la quebrada de Yalquincha y Ojo de Opache en el Oasis de Calama (Donoso-Barros 1966, Núñez 1992, Núñez & Veloso 2001). Los géneros presentes en esta zona son diversos y la ruta de invasión son las áreas costeras (e.g., *Microlophus* y *Phyllodactcylus*), en que los animales usaron una estrategia "talasófita", consumiendo algas, crustáceos y otros invertebrados pequeños. Su desplazamiento hacia la zona media se explica por la presencia del río Loa, usado como ruta de dipersión de *Microlophus* y *Phyllodactylus.*

También usaron el río Loa como pasaje de dispersión, aparentemente desde zonas costeras hacia el interior, especies del género *Phrynosaura*, aunque se desconoce si su origen está en la cordillera andina o en la costa.

En la zona media se registran seis especies de tropidúridos, pertenecientes a dos linajes, remanentes de un conjunto antiguo adaptado a condiciones altiplánicas. En la cordillera de Domeyko existe muy poca vegetación y se han registrado sólo tres especies: *Liolaemus foxi, Liolaemus constanzae* y *Phrynosaura audituvelata* (Nuñez et al. 2000). Al este de la cuesta Barros-Arana se encuentran *Liolaemus alticolor, L. constanzae, L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata,* todas endémicas con distribución local, salvo *L. alticolor* que se distribuye hasta los 4.100 msm (Núñez & Veloso 2001).

Finalmente, en la zona oriental, en la cordillera andina por sobre los 2.500 msm, se registran 13 especies de reptiles, 12 de ellos lagartos, agrupados en una sola familia: Tropiduridae y que provienen de dos linajes, uno especiado en las montañas andinas (e.g., *L. andinus, L. fabiani*) y otro grupo, posiblemente dispersado desde el sur (e.g., *L. constanzae* y *L. alticolor*).

Este género, también se subdivide en complejos y éstos a su vez en grupos de especies. El grupo ruibali, reúne varias especies (e.g., *Liolaemus foxi, L. rosenmanni, L. nigriceps*), casi todas en la cordillera andina, pero algunas especies viven en montañas no andinas, como *L. foxi* en la cordillera de Domeyko, distribución que Núñez et al. (2000) explican porque el conjunto original de *Liolaemus* de la cordillera andina fue "expulsado" hacia los valles por los glaciares, y regresaron a Los Andes cuando éstos se retiraron. Sin embargo, algunas especies regresaron a la cordillera "equivocada". Esta distribución también puede ser explicada de otra manera, ya que los glaciares no afectaron significativamente el área, pero sí hubo mayor precipitación, el doble, en el altiplano durante el Holoceno. De este modo el ambiente era, entonces, más benigno para la flora y fauna y cuando la aridez se acentuó, por la instauración de la corriente de Humboldt, algunas especies quedaron aisladas (Núñez et al. 2000). Así, el que las especies abandonaran su lugar de origen, y luego regresaran ya diferenciadas, explica que las especies estén asociadas a cuencas de salares en simpatría, que perteneciendo a grupos ancestrales diferentes, experimentaron las mismas condiciones y desembocaron en iguales situaciones (Núñez et al. 2004).

La fauna de lagartijas del altiplano tiene patrones de distribución geográfica con cierta simetría, correlacionada con los linajes filéticos que componen sus formas. Así de San Pedro de Atacama al norte se distribuyen especies afines a los grupos jamesi (e.g., *L. jamesi, L. hajeki, L. puritamensis* y *L. stolzmanni*) y signifer (e.g., *L. signifer, L. andinus, L. erguetae, L. multicolor, L. panterhinus*). Ahora bien, de San Pedro de Atacama al sur las especies del género *Liolaemus* presentan cambios en su composición, posiblemente condicionados por los cambios climáticos del Pleistoceno, en que los valles que quedaron entre la cordillera de los Andes y el cordón de Domeyko actuaron como ecosistemas glaciales de refugio, donde especiaron las formas de Chile y Argentina del grupo ruibali y fabián (e.g., *L. nigriceps*), con una especie extralimital *L. foxi* (Núñez & Veloso 2001, Pincheira-Donoso & Núñez 2005). En la zona de transición entre los grupos jamesi-signifer (norte de San Pedro) y ruibali (sur de San Pedro), está *L. fabiani,* que constituye un grupo propio.

Reptiles de la provincia de El Loa

En las Tablas 4-11 y 4-12 se muestran los registros propios y previos, por especies y localidades.

TABLA 4-11. REPTILES PRESENTES EN LA PROVINCIA DEL LOA. REC(S)= RECOLECTOR(ES).

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LOCALIDAD DE REGISTRO	FUENTE
Tachymenis peruviana Wiegmann, 1835	Culebra de cola corta del norte	Zonas altoandinas Zonas altoandinas Quebrada de San Bartolo, Río Grande	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Donoso-Barros 1966 H. Núñez y J. Yáñez Com. per.
Phyllodactylus gerrhopygus (Wiegmann, 1835)	Salamanqueja	Oasis de Calama	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Microlophus theresioides (Donoso-Barros, 1966)	Corredor de Tereza	Chusmiza Quebrada de Yalquinca, Calama La Hayca-Canchones Mirador, quebrada de Quetena, Calama San Salvador y Oasis de Calama Valle de Quillagua Tranque Santa Fe, Quillagua	F. Bozinovic et al. 1990 recs. M. Quispe 1985 rec. F. Bozinovic et al. 1990 recs. Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio
Liolaemus ornatus Koslowsky, 1898	Lagartija ornamentada	Ollagüe	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Liolaemus fabiani Yáñez y Núñez, 1983	Lagartija de Fabián	Camino viejo San Pedro de Atacama Llano de Vilama hacia V. Licancabur Hacia Volcán Licancabur Soncor, Salar de Atacama	J.C. Torres-Mura 1997 rec. Yáñez & Núñez 1983 Este estudio Este estudio
Liolaemus hajeki Núñez, Pincheira-Donoso & Garín, 2004	Lagartija de Hajek	Norte Calama Estación Ojos de San Pedro San Pedro de Atacama El Abra, Baños de Turi Quebrada de Inacaliri, San Pedro Cerro Puruña Salar de Ascotán y Carcote El Tatio	Núñez et al. 2004 J.C. Torres 1996 rec. Núñez et al. 2004 J.C. Torres 2001 rec. J.C. Torres 2001 rec. Núñez et al. 2004 J.C. Torres y J. Yánez 1996 recs. Este estudio
Liolaemus puritamensis Núñez y Fox, 1989	Lagartija de Puritama	San Pedro de Atacama Camino al Tatio, Sasiel Laguna Lejía y Laguna Seca	Núñez & Fox 1989 Núñez et al. 2004 H. Núñez et al. 1998 recs.
Liolaemus stolzmani (Steindachner, 1891)	Lagartija de Stolzmann	Quebrada del Inca Quebrada del Inca, Ollagüe Salar de Ascotán	R. Donoso B. 1960 rec. Núñez et al. 2004 Núñez et al. 2004
Liolaemus foxi Núñez, Navarro & Veloso, 2000	Lagartija de Fox	Cuesta Barros-Arana 60 km SE Calama	Núñez et al. (2000)
Liolaemus nigriceps (Philippi, 1860)	Lagartija de cabeza negra	Río Frío Quebrada Zorritas, cerro Llullaillaco San Pedro de Atacama, sur este	Pincheira-Donoso & Núñez 2005 H. Núñez et al. 1998 rec. J. Contreras 1989 rec.
Liolaemus andinus Koslowsky, 1895	Lagartija andina	El Refugio camino al Tatio Este del Salar de Atacama Talabre viejo Laguna Lejía Laguna Lejía Laguna Seca (cerca L. Lejía) Laguna Tara	H. Núñez et al. recs. 1998 Pincheira-Donoso & Núñez 2005 J. Yáñez y L. Salgado 1980 recs. J. Yáñez y L. Salgado 1980 recs. Este estudio Este estudio S. Silva 1990 rec. Valladares et al. 2002

		Farellones de Tara, Reserva Nacional Los Flamencos Salar de Aguas Calientes	Valladares et al. 2002 C. Cornelius 1997 rec.
Liolaemus erguetae Laurent, 1995	Lagartija de Ergueta	Linzor, norte del Tatio Sur Salar de Ascotan	J. Contreras 2003 rec. Pincheira-Donoso & Núñez 2005
Liolaemus multicolor Koslowsky, 1898	Lagartija multicolor	Salar de Aguas Calientes II Salar de Aguas Calientes II Salar de Ascotán	Núñez & Veloso 2001 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Liolaemus pantherinus Pellegrin, 1909	Lagartija pantera	Ollagüe Ollagüe Ollagüe	Donoso-Barros 1966 G. Arriagada 1982 rec. In: MNHN-1532 Pincheira-Donoso & Núñez 2005
Liolaemus signifer (Duméril y Bibron, 1837)	Lagarto rubricada	Altiplano de Antofagasta	Donoso-Barros 1966
Liolaemus barbarae Pincheira-Donoso y Núñez 2005	Lagartija de Bárbara	Este de San Pedro de Atacama El Tatio Camino azufrera, volcán Licancabur Azufrera Alitar este San Pedro de Atac.	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 SGA/GDN 2007 Núñez & Yáñez recs. 1982 Núñez at al. rec. 1982
Liolaemus paulinae Donoso-Barros, 1961	Lagartija de Paulina	Oasis de Calama, orillas del rio Loa Las vegas de Calama Río Loa, Calama Yalquincha, Calama	Donoso-Barros 1961 G. Arriagada 1982 rec. Núñez et al. 1982 recs. Este estudio
Liolaemus constanzae Donoso-Barros, 1961	Lagartija de Constanza	Cuesta Barros Arana San Pedro de Atacama 10 km este Camino azufrera, volcán Licancabur Salar de Atacama Puritana Toconao Peine Chiu Chiu El Guatín, volcan Licancabur	H. Núñez 1998 rec. H.Núñez y J. Yáñez 1981 recs. Núñez & Jaksic 1992 Donoso-Barros 1970 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Donoso-Barros 1970 Donoso-Barros 1961, H. Núñez 1982 Núñez & Jaksic 1992 Este estudio
Liolaemus filiorum Pincheira-Donoso y Ramírez, 2005	Lagartija de los hijos	Cerro Las Papas, Calama Conchi, sur de Lequena	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Phrynosaura audituvelata (Núñez y Yáñez, 1983)	Dragón de oído cubierto	Cordón de Domeyko Cuesta Barros Arana San Pedro de Atacama Llano de Vilama	G. Ramírez rec. Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Valladares et al. 2002
Phrynosaura erronea (Núñez y Yáñez, 1983)	Dragón grande	Tumbre (camino a Laguna Lejía)	Núñez & Yáñez 1983
Phrynosaura torresi Núñez et al. 2003	Dragón de Torres	Ribera sur del río Loa, Calama Tranque Talabre cerca de Calama Salar del Indio, SO de Chuquicamata Oasis de Calama	Núñez et al. 2003 J. Torres y M. Lemus 2001 recs. Núñez et al. 2003 E. Elgueta julio 2006 rec

Folio008666

TABLA 4-12. REPTILES PRESENTES EN 10 LOCALIDADES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO, P= ESPECIE PROBABLE.

Especie/localidades	Valle de Quillagua	Oasis de Calama	Laguna Lejía	San Pedro de Atacama	Salar de Atacama	Volcan Licancabur	Geisers del Tatio	Salar Aguas Calientes	Salar de Ascotán	Ollagüe
Tachymenis peruviana Culebra de cola corta del norte				X						
Phyllodactylus gerrhopygus Salamanqueja		Op								
Microlophus theresioides Corredor de Tereza	X	X								
Liolaemus ornatus Lagartija ornamentada										X
Liolaemus fabiani Lagartija de Fabián				X	X	X				
Liolaemus hajeki Lagartija de Hajek				X			X			
Liolaemus puritamensis Lagartija de Puritama			X	X		X				
Liolaemus stolzmani Lagartija de Stolzmann										X
Liolaemus nigriceps Lagartija de cabeza negra				X						
Liolaemus andinus Lagartija andina			X		X	X	X	X		
Liolaemus erguetae Lagartija de Ergueta							X	X	X	
Liolaemus multicolor Lagartija multicolor								X	X	
Liolaemus pantherinus Lagartija pantera										X
Liolaemus barbarae Lagartija de Bárbara				X	X	X	X			
Liolaemus paulinae Lagartija de Paulina		X								
Liolaemus constanzae Lagartija de Constanza				X	X	X				
Phrynosaura audituvelata Dragón de oído cubierto				X		P				
Phrynosaura torresi Dragón de Torres		Op								
TOTAL	1	4	2	8	4	6	4	3	2	3

Desde el punto de vista biogeográfico la importancia de los reptiles de las áreas de estudio, especialmente los lagartos, está en el alto nivel de endemismos, que se distribuyen, no sólo en la región, sino que están circunscritos a localidades muy específicas.

3.3. Diversidad de aves

Aves de Chile

Jaramillo (2004) considera que en Chile existen 460 especies de aves. Araya & Bernal (1995) reconocen 456 especies. Marín (2004) sólo acepta 438, discutiendo y relegando 38 especies como hipotéticas para Chile y 10 las excluye como citadas erróneamente. Localmente Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) proponen 113 especies para la provincia de El Loa y Jaramillo (2005) propone 104 especies de aves en los ecosistemas de la puna de la región de Antofagasta.

Según los resultados de las prospecciones realizadas para la Línea de Base del EIA del Proyecto Perforación Geotérmica Profunda El Tatio (SGA/GDN 2007), la comunidad de aves presente en esta área estaría conformada por 20 especies, siendo todas ellas propias de los ambientes de altura. Dentro de ellas destaca la presencia de: *Pterocnemia pennata* (suri o ñandú), especie catalogada como en Peligro de extinción; *Larus serranus* (gaviota Andina), especie catalogada como Rara; y *Tinamotis pentlandii* (perdiz de la Puna), especie considerada como Vulnerable. Esta lista de 20 especies corresponde a las aves presentes en la estación de invierno. Es esperable que la diversidad de aves se incremente hacia primavera - verano.

Origen y diversidad de aves acuáticas

Las aves pueden agruparse, ecológicamente, según los hábitats que ocupan. Para este caso, de las áreas de estudio, pueden reunirse en aves asociadas a humedales, a matorrales, estepas, etc.

Los salares altiplánicos son humedales que se distribuyen en una franja angosta, los que derivaron del desecamiento postglacial de grandes lagos (Clayton & Clapperton 1995), conteniendo una diversidad relativamente baja de especies muy adaptadas a esos ambientes hipersalinos. Así, este ensamble de aves se estructura en base a filtradores de zooplancton (e.g., flamencos) y depredadores de invertebrados (e.g., chorlos, playeros, caiti) (Sielfeld et al. 1996). La diversidad de aves de la Laguna Lejía debe compararse con ambientes homólogos. Schlatter & Sielfeld (2006) consideraron 143 especies acuáticas (aves que cumplen todo su ciclo vital en humedales) para Chile, descontando las especie accidentales. Ellos compararon la diversidad de estas aves en 11 tipos diferentes de humedales, documentando que los más diversos son las lagunas bajas y bañados (de agua dulce) con 74 especies, y los de menor diversidad son los humedales de turberas y fangales riparianos con 14 y 23 especies respectivamente. Los cuerpos de agua cordilleranos (> 1.500 msm), que aquí particularmente nos interesan, contienen unas 31 especies.

Para las áreas de estudio se deben considerar varios humedales relevantes contenidos en las aguas cordilleranas, como los salares, lagunas altoandinas, bofedales, ríos y oasis, los que contienen una avifauna de estructura más simple que otros humedales, pero con una composición específica característica y claramente diferenciados de otros humedales, como se muestra en la siguiente figura, en que al análisis de similitud (Índice de Jaccard) realizado por Schlatter & Sielfeld (2006) resultaron similares, por ejemplo, entre las lagunas bajas y los pantanos, y entre los lagos abiertos y los ríos potamales. Sin embargo el humedal más disímil resultó ser el de aguas cordilleranas.

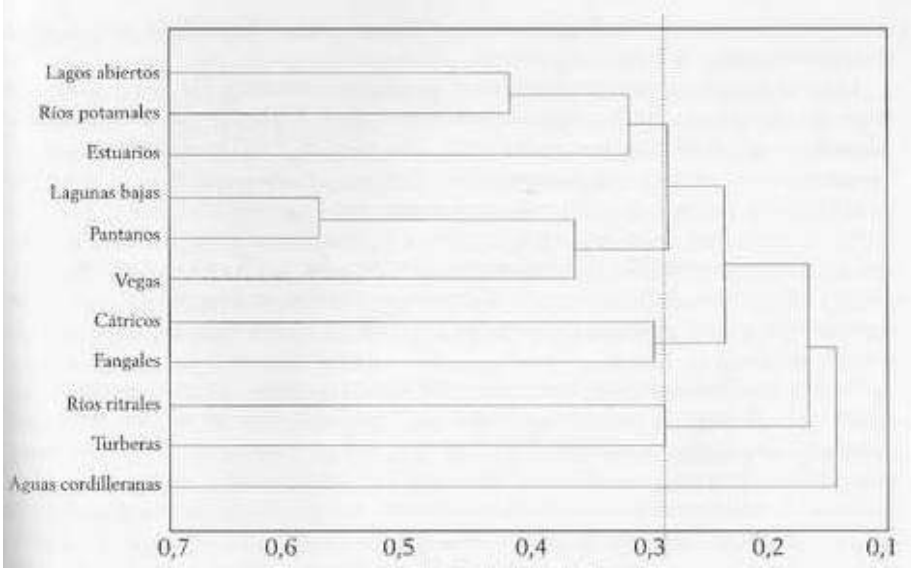


FIGURA 4-15. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE LOS ENSAMBLES DE AVES ACUÁTICAS EN DIFERENTES HUMEDALES (Tomado de Schlatter & Sielfeld 2006).

El origen de las aves de humedales andinos ha sido abordado por Fjeldsa (1985), quien establece áreas núcleo de endemismos, que contienen el mayor número de especies de un grupo de distribución, y determinan centros de dispersión o áreas de refugio antiguas. Una de estas áreas son las pampas argentinas o centro de La Plata (Schlatter et al. 1991, Schlatter & Sielfeld 2006), lo que explica el alto número de especies acuáticas continentales, de alta dispersión y nomadismo, compartidas entre ésa área y zonas en Chile. Aún hoy, frente a variaciones climáticas macrorregionales, se constatan visitas accidentales como el pato silbón y la tagüita purpúrea (Amado el at. 1991, Amado & Sielfeld 1994). Así, las aves acuáticas de los cuerpos de agua de la cordillera de Antofagasta derivan, principalmente, del área núcleo de las pampas argentinas más que de procesos de especiación local (Fjeldsa 1985).

Aves de la región de Antofagasta y provincia de El Loa

Behn et al. (1957) registró, en sus excursiones ornitológicas a las cordilleras de la región, un total de 52 especies de aves terrestres. Luego, Peña (1968) en invierno, prospectó 19 localidades de la provincia de Antofagasta registrando nueve especies. Vuilleumier (1997) documentó 20 especies para la zona puneña desértica (> 3.500 msm) en los Altos Andes de Sudamérica, cinco de ellas en el desierto de Atacama.

Rau et al. (1998) realizaron cuatro excursiones ornitológicas desde el inicio del invierno de 1996 y finales del verano de 1998 en nueve localidades de la región de Antofagasta desde la desembocadura del río Loa (10 msm) a Socaire (3.900 msm), registrando 80 especies de aves, pertenecientes a 11 órdenes. La cuarta excursión, a fines del invierno de 1997, fue la de mayor abundancia de registros, coincidiendo con el desierto florido e inmediatamente después del fenómeno de El Niño/Oscilación Sur. Las localidades con mayor riqueza de especies fueron Tumbre, Quebrada de Jere y Socaire (Tabla 4-13). De todas las especies que registraron el 46% (37) fueron únicas, es decir, solamente registradas en una localidad, y de estas especies

únicas el 41% (15) fueron registradas sólo en el humedal bofedal de Tumbre (camino a Laguna Lejía) y en el humedal de la Cascada en el Oasis de Calama. En el desierto de Atacama registraron cuatro especies (una menos que Vuilleumier 1997). Estos autores calcularon la diversidad gamma (γ) en 4,42 bits/individuos, siendo equivalente a más de 21 especies equidominantes, lo que constituye una alta diversidad regional, ya que en la naturaleza el Índice de Shannon-Wiener se torna asintótico a los 5 bits/individuos, los cuales son equivalentes a 32 especies equidominantes, de este modo la diversidad gamma relativa es también comparativamente alta (0,884).

En las cinco áreas de estudio, en una excursión de cinco días por área se registraron 73 especies. Para la provincia de El Loa Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), como ya indicamos, proponen 113 especies. Sin embargo, esta cifra puede variar. Marín (2004) considera a varias de ellas como hipotéticas (H) para Chile, por lo que no debieran incorporarse como especies comprobadamente del país.

Especies hipotéticas, raras y adiciones a la lista de la provincia de El Loa

Jaramillo (2004) cita para la región de Antofagasta la piranga (*Piranga rubra*), hermosa ave, rojo el macho y verdosa la hembra, pero el único ejemplar conocido fue encontrado momificado en Estación La Negra en la provincia de El Loa, en enero de 1967. Como único registro en más de cuarenta años no debe incluirse en la lista de aves de la provincia de El Loa.

Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) mencionan para la provincia de El Loa a la golondrina grande, también llamada golondrina de rabadilla canela, (*Petrochelidon pyrrhonota*). Esta especie migra estacionalmente del hemisferio norte a Sudamérica y se ha registrado pocas veces en Arica. En Antofagasta la observó P. Post en Calama (Demetrio 1993) entre diciembre y marzo; y en San Pedro de Atacama Howell & Webb (1995). Debido a tan escasos registros se considera hipotética.

El bolsero de Baltimore o turpian norteño (*Icterus galbula*) se distribuye en Estados Unidos y Canadá y migra a centro y Suramérica sólo en Colombia, Venezuela y Ecuador. Ha sido registrado en Chile sólo en Calama, un ejemplar entre el 22 y el 25 de junio de 2002 (Torres-Mura et al. 2003). De no mediar nuevos registros debiera considerarse accidental.

El cuervo de pantano de la Puna (*Plagadis ridgwai*) se distribuye en el altiplano de Perú, Bolivia y Argentina. En Chile en el altiplano de Arica (también en la costa) e Iquique y solo accidentalmente en al altiplano de la provincia de El Loa. Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) lo indican en vegas cerca a Ollague. De no mediar nuevos registros debe considerarse accidental.

La golondrina de los barrancos (*Riparia riparia)* según P. Post es considerada visitante regular en la zona de Antofagasta (Hughes 1970). Ha sido reportada hasta LliFen, Valdivia. En la provincia de El Loa Demetrio (1993) asevera que son visitantes regulares en el Oasis de Calama de noviembre a abril. Howell & Webb (1995) mencionan 6-7 registros en San Pedro de Atacama el 22 de noviembre de 1993. Es, según Marín (2004), un visitante escaso pero regular.

El pato silbón de cara blanca o pato pampa (*Dendrocygna viduata*) es un ave errante en Chile que ha sido registrado en varios lugares (e.g., ciudad de Antofagasta, Huayquique en Iquique, río Quilimarí, Choapa). Salaberry et al. (1992) observó tres ejemplares el 11 de marzo de 1989 cerca del cerro de la Cruz en Calama. La consideramos una especie rara y errante y la incluimos en la lista para la provincia de El Loa.

Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) no registran especies del género *Tyrannus* para la provincia de El Loa. Philippi (1967) menciona un ejemplar del benteveo blanco y negro o suiriri boreal (*Tyrannus tyrannus*), capturado en Chinchorro, Arica en 1960. P. Post lo avistó en Chuquicamata en abril de 1968 (Johnson et al. (1972). Luego Demetrio (1993) los observa en Calama en mayo y junio de 1993 y D. Evans en el valle del río Loa el 10 de febrero de 1998 (Mazar Barnett & Kirwan 1999). Esta especie es errante, la consideramos rara y la incluimos a la lista para la provincia de El Loa.

El benteveo (*Pitangus sulphuratus*) también es considerada una especie rara por Marín (2004). E. Lamothe capturó el primer ejemplar en julio de 1966 en Cholguán, Biobío (Philippi 1967). En el norte grande fue capturado en la quebrada de Suca, Iquique (Marín et al. (1989) y en Caspana por F. Behn el 10 de febrero de 1968 (Marín 2003). Esta especie no la incluyen en su lista Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), pero la incluimos como especie visitante casual, errante y rara.

La garza azul (*Egretta caerulea*) es considerada por Marín (2004) como una especie rara en Chile. Es residente en las costas de Arica. Ha sido registrada desde 1971; y en 1991 lo fue en la costa de la ciudad de Antofagasta. En San Pedro de Atacama fue avistada en 1993 por Howell & Webb (1995). En este estudio fue avistada en el Oasis de Calama en los sectores Mirador y Yalquincha, lo que incrementa los registros para considerarla residente en el Oasis de Calama. Es considerada una especie rara.

El mero de la puna o mero de cola blanca (*Agriornis andicola*) fue documentado por Hellmayr (1932) en Putre, y luego por Philippi et al. (1944) en la misma localidad y Parinacota. Howell & Webb (1995) nuevamente la registran en Parinacota. En la provincia de El Loa fue capturado un ejemplar en junio de 1957 en Aguada de Linzor a 4.100 msm (Peña 1961). Es una especie rara.

Valle de Quillagua

La gallina ciega peruana o plasta peruana (*Chordeiles acutipennis*) fue inicialmente registrada por Philippi (1964) a partir de un espécimen capturado por F. Behn el 9 de septiembre de 1949 en Chacalluta, Arica. Araya & Millie (2000) agregan un registro en Quillagua. Sin embargo Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) citan a la subespecie *Caprimulgus longirostris atripunctatus* para la provincia de El Loa, en terrenos agrícolas al este de Calama y al oeste de Toconao. Pero esta subespecie se distribuye sólo en las zonas de altura de la región de Arica Parinacota según Jaramillo (2005). En este estudio la registramos en el Valle de Quillagua, por lo que creemos que la especie *Chordeiles acutipennis* está presente, al menos en Quillagua y posiblemente esté también en el Oasis de Calama. *Caprimulgus longirostris atripunctatus* estaría en la zona altiplánica de la provincia de El Loa.

Registramos al cazamosca tijereta (*Tyrannus savana*) en matorrales del Valle de Quillagua. Esta especie es considerada muy rara al oeste de la cordillera de los Andes por Ridgely & Tudor (1994). Ha sido registrada dos veces, por McFarlane en el Valle de Camarones, Arica en marzo de 1973 y Salaberry et al. (1992) en el valle del Lluta, Arica entre noviembre y febrero y Toconao en febrero de 1988. Esta especie es errante y la consideramos rara.

El playero enano (*Calidris minutilla*) es una especie accidental en Chile que migra del hemisferio norte a sudamérica. Capturado por R. Donoso en 1948 en caleta Vitor, Arica, ha sido reportado en el río Lluta, Arica; playa Changa y río Elqui (Coquimbo). D. Evans observó dos ejemplares en

el tranque Sloman, Quillagua (Mazar Barnett & Kirwan 1999). La consideramos una especie accidental.

En la siguiente tabla se muestran los registros para diferentes localidades, para contextualizar y comparar lo documentado para las cinco áreas de estudio.

TABLA 4-13. DIVERSIDAD COMPARADA DE AVES EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

	SUPERFICIE	ALTITUD	RIQUEZA DE ESPECIES	FUENTES
Provincia de El Loa	42.473 km^2		113	Ramírez & Pinchera- D. 2005
Desierto de Atacama			5 4	Vuilleumier 1997 Rau et al. 1998
Cordillera provincia de El Loa			52	Behn et al. 1957
Valle de Quillagua	18,216 km^2	790-946	21	Este estudio
Ojo de Opache, Calama			19	Rau et al. 1998
Cascada, Calama		2.300	34	Rau et al. 1998
Oasis de Calama	45,758 km^2	2.210-2.400	32	Este estudio
Quebrada de Jerez, Toconao			29	Rau et al. 1998
Salar de Atacama			4	Rau et al. 1998
Soncor, Salar de Atacama			20	Rau et al. 1998
Camar			6	Rau et al. 1998
Socaire		3.900	22	Rau et al. 1998
Bofedal de Tumbre		3.843	42	Rau et al. 1998
Laguna Lejía	189,059 km^2	4.250-5.710	30	Este estudio
Géisers del Tatio	839,516 km^2	3.300-5.600	20 32	SGA/GDN 2007 Este estudio
Alrededores del Volcán Licancabur	939,342 km^2	2.780-5.850	26	Este estudio

En la Tabla 4-14 se muestran los registros propios y previos de la avifauna de las cinco áreas de estudio, contrastándolas con lo propuesto por Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) para la provincia de El Loa. A esta lista se han adicionado algunas especies registradas bibliográficamente (observaciones previas) o en este estudio.

TABLA 4-14. AVES DE LA PROVINCIA DE EL LOA (SENSU RAMÍREZ & PINCHEIRA-DONOSO (2005) Y DE CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (2007-2008). N= Nueva adición a la lista para la provincia de El Loa de Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), A= Accidental, E= Errante, H= Hipotética, R= Rara, P= Presencia probable, OP= Observación previa a este estudio.

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Géisers del Tatio
ORDEN RHEIFORMES						
Pterocnemia pennata suri, ñandú	X			X		X
ORDEN TINAMIFORMES						
Tinamotis pentlandii perdiz de la Puna, kiula	X				X	X
ORDEN PODICIPEDIFORMES						
Podiceps occipitalis blanquillo	X					
Rollandia rolland pimpollo	X					
ORDEN PELECANIFORMES						
Phalacrocorax brasilianus pato yeco	X					
ORDEN CICONIFORMES						
Bubulcus ibis garza boyera	X					
Ardea alba garza grande	X					
Egretta thula garza chica	X					
Egretta caerulea garza azul	X		X			
Nycticorax nycticorax huairavo	X		X			
Plegadis ridgwayi cuervo de pantano de la puna	X (A)					
Phoenicopterus chilensis flamenco chileno	X			X		X
Phoenicoparrus andinus parina grande	X			X		X
Phoenicoparrus jamesi parina chica	X			X		
ORDEN ANSERIFORMES						
Dendrocygna viduata pato silbón de cara blanca	N-E-R		Op			
Chloephaga melanoptera piuquén	X			X		X
Lophonetta specularioides pato juarjual	X			X		X
Anas cyanoptera pato colorado	X	X	X			
Anas puna pato puna	X				X	X
Anas flavirostris pato jergón chico	X	X	X		X	X
Anas georgica pato jergón grande	X	X	X		X	X
ORDEN FALCONIFORMES						
Circus cinereus vari ceniciento	X		Op			
Parabuteo unicinctus peuco	X					
Geranoaetus melanoleucus águila de pecho negro	X		Op			
Buteo polyosoma aguilucho variado	X	X	X		X	X
Vultur gryphus cóndor	X					X
Phalcoboenus megalopterus carancho cordillerano	X		X	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Géiseres del Tatio
Falco sparverius cernícalo	X		X			
Falco femoralis halcón perdiguero	X	X	X		X	X
Falco peregrinus halcón peregrino	X		X			
ORDEN GALLIFORMES						
Callipepla californica codorniz	X					
ORDEN GRUIFORMES						
Pardillarus sanguinolentus pidén	X	Op	X			
Gallinula chloropus tagüita del norte	X					
Fulica ardesiaca tagua andina	X	X	X			
Fulica leucoptera tagua chica	X					
Fulica gigantea tagua gigante	X					X
Fulica cornuta tagua cornuda	X					
ORDEN CHARADRIFORMES						
Recurvirrostra andina caití	X					
Vanellus resplendens queltehue de la puna	X					
Pluvialis dominica chorlo dorado	X					
Charadrius alticola chorlo de la puna	X			X		
Oreopholus ruficollis chorlo de campo	X					
Phegornis mitchelli chorlito cordillerano	X					
Tringa melanoleuca pitotoy grande	X					
Tringa flavipes pitotoy chico	X					X
Calidris minutilla playero enano		Op				
Calidris bairdii playero de Baird	X			X		X
Calidris melanotos playero pectoral	X					
Gallinago andina becacina de puna	X					Op
Steganopus tricolor pollito de mar tricolor	X		X	X		
Attagis gayi perdicita cordillerana	X			X		
Thinocorus orbignyianus perdicita cojón	X					X
Thinocorus rumicivorus perdicita chica	X					
Larus serranus gaviota andina	X			X		X
Larus modestus gaviota garuma		X				
ORDEN COLUMBIFORMES						
Columba livia paloma doméstica	X		X			
Zenaida auriculata tórtola	X	X	X			
Zenaida meloda paloma de alas blancas	X		X			
Metriopelia aymara tortolita de la puna	X					Op
Metriopelia melanoptera tórtola cordillerana	X		Op	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Géiseres del Tatio
ORDEN PSITTACIFORMES						
Bolborhynchus aurifrons perico cordillerano	X			X		Op
ORDEN STRIGIFORMES						
Tyto alba lechuza blanca	X		X			
Bubo magellanicus tucúquere magallánico	X		X			
Athene cunicularia pequén	X		X			
ORDEN CAPRIMULGIFORMES						
Chordeiles acutipennis gallina ciega peruana	N-A	X	P			
Caprimulgus longirostris gallina ciega	X					
ORDEN APODIFORMES						
Chaetura pelagica vencejo de chimenea	X					
Oreotrochilus estella picaflor de la puna	X			X	X	
Patagona gigas picaflor gigante	X					
Rhodopis vesper picaflor del norte	X					
ORDEN PASSERIFORMES						
Geositta cunicularia minero	X			X		
Geositta isabellina minero grande	X					
Geositta maritima minero chico	X					
Geositta punensis minero de la puna	X			X		
Upucerthia dumetaria bandurrilla	X	X	X	X		
Upucerthia andaecola bandurrilla de las piedras	X					
Upucerthia ruficaudus bandurrilla de pico recto	X			X	X	Op
Cinclodes fuscus churrete acanelado	X		Op			
Cinclodes atacamensis churrete de alas blancas	X				X	X
Leptasthenura aegithaloides tijeral	X		X		X	X
Asthenes modesta canastero chico	X			X	X	X
Phleocryptes melanops trabajador	X	X	X			
Tachuris rubrigastra siete colores del norte	X	X	X			
Agriornis montana mero gaucho	X		X			
Agriornis andicola mero de la puna	X					X
Agriornis micropterus mero de Tarapacá	X					
Muscisaxicola maculirostris dormilona chica	X	X	X		X	
Muscisaxicola maclovianus dormilona tontita		X				
Muscisaxicola albilora dormilona de ceja blanca	X					
Muscisaxicola capistratus dormilona rufa	X					
Muscisaxicola frontalis dormilona frente negra	X			X		
Muscisaxicola rufivertex dormilona de nuca rojiza	X		X	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Géiseres del Tatio
Muscisaxicola flavinucha dormilona fraile	X			X		X
Muscisaxicola cinerea dormilona cenicienta	X					
Lessonia oreas colegial del norte	X				X	X
Tyrannus tyrannus benteveo blanco y negro	N-E-R		Op			
Tyrannus savana cazamosca tijereta		X				
Pitangus sulphuratus benteveo	N-E-R					
Pygochelidon cyanoleuca golondrina de dorso negro	X	X	X		X	X
Riparia riparia golondrina barranquera	X		Op			
Hirundo rustica golondrina bermeja	X					
Petrochelidon pyrrhonota golondrina grande	X (H)		Op			
Troglodytes aedon chercán	X	X	X		X	
Turdus chiguanco zorzal negro	X				X	
Mimus triurus tenca de alas blancas	X					
Anthus correndera bailarín chico	X					
Conirostrum cinereum comesebo chico		X				
Conirostrum tamarugense comesebo del tamarugal		X				
Thraupis bonariensis naranjero	X					
Phrygilus atriceps cometocino del norte	X			X	X	X
Phrygilus fruticeti yal	X		X		X	
Phrygilus unicolor pájaro plomo	X			X	X	X
Phrygilus plebejus plebeyo	X			X	X	
Phrygilus dorsalis cometocino de dorso castaño	X					X
Phrygilus gay cometocino	N-OP		Op			
Xenospingus concolor pizarrita	X					
Sicalis uropygialis chirihue cordillerano	X			X		
Sicalis auriventris chirihue dorado	X			X	X	
Sicalis olivascens chirihue verdoso	X			X		
Zonotrichia capensis chincol	X	X	X		X	
Icterus galbula bolsero de Baltimore	N-A		Op			
Carduelis uropygialis jilguero cordillerano	X					
Carduelis atrata jilguero negro	X			X	X	X
Passer domesticus gorrión	X	X	X			
TOTAL ESPECIES	118	23	42	30	26	35

Diversidad de avifauna en el Valle de Quillagua

Se registraron 23 especies, que incluyen las 21 especies registradas en este estudio y dos registros previos. En la Tabla 4-15 se presentan los indices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 16 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron: tranque Santa Fe y Cultivo con nueve y siete especies respectivamente. El valor más alto de diversidad (H') está en tranque Santa Fe. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una clara tendencia a la homogeneidad, esto es, las poblaciones censadas presentan abundancias similares, sin embargo, esto no es concluyente porque muchas especies censadas presentan muy baja abundancia de individuos. La excepción la constituye tranque Sloman ya que la población de *Fulica ardesiaca* (tagua andina) presenta un número de individuos (31) por sobre lo registrado en las otras poblaciones censadas. Las diferentes estaciones no presentan grandes disimilitudes entre sí, salvo cultivo (Fig 4-16).

TABLA 4-15. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA, 2007.

Estaciones Parámetros	Cultivo	Matorral	Borde del río	Plantación	Tranque Santa Fe	Tranque Sloman	TOTAL
S	7	5	6	4	9	6	16
N	34	22	26	19	41	52	194
AB (%)	17,5	11,3	13,4	9,8	21,1	26,8	100,0
H'	2,6	2,2	2,5	1,9	3,1	1,9	3,5
H' max	2,8	2,3	2,6	2,0	3,2	2,6	4,0
J	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,9

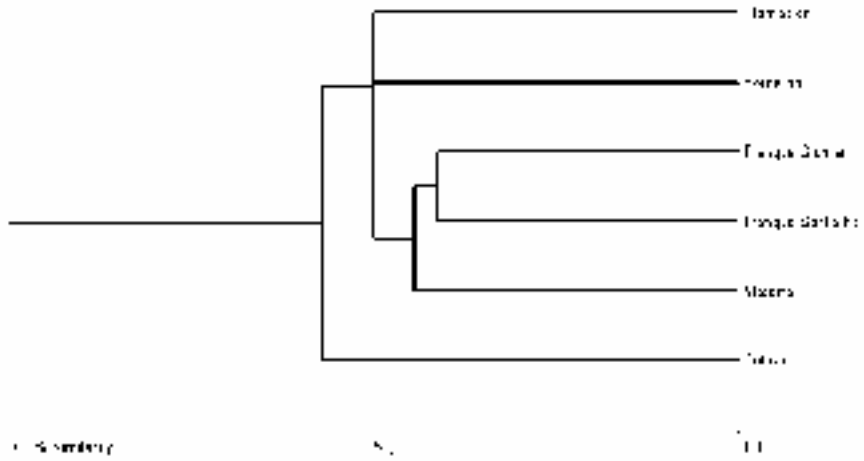


FIGURA 4-16. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL SITIO VALLE DE QUILLAGUA, 2007.

Diversidad de avifauna en Oasis de Calama

Se registraron 42 especies, que consideran las 31 especies registrads en este estudio, 10 observaciones previas y una especie probable. En la Tabla 4-16 se presentan los indices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 20 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones con mayor riqueza fueron Yalquincha, Mirador y pradera agrícola junto con Loa medio. El valor más alto de diversidad (H') está en Yalquincha. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad. En la Fig. 4-17 se aprecia que el ensamble de aves en pradera agrícola es diferentes de los demás, por el número de especies y por no contener aves acuáticas. Son similares Yalquincha, Mirador y Loa medio, que sí contienen aves acuáticas, pudiendo considerárseles integrantes de un mismo ensamble de aves.

TABLA 4-16. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO DEL OASIS DE CALAMA. 2007.

Estaciones Parámetros	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache	TOTAL AVES
S	7	7	8	6	6	10	6	20
N	20	19	25	22	19	33	26	164
AB (%)	12,2	11,6	15,2	13,4	11,6	20,1	15,9	100,0
H'	2,4	2,5	2,9	2,3	2,4	3,1	2,3	3,6
H' max	2,8	2,8	3,0	2,6	2,6	3,3	2,6	4,3
J	0,9	0,9	01,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8

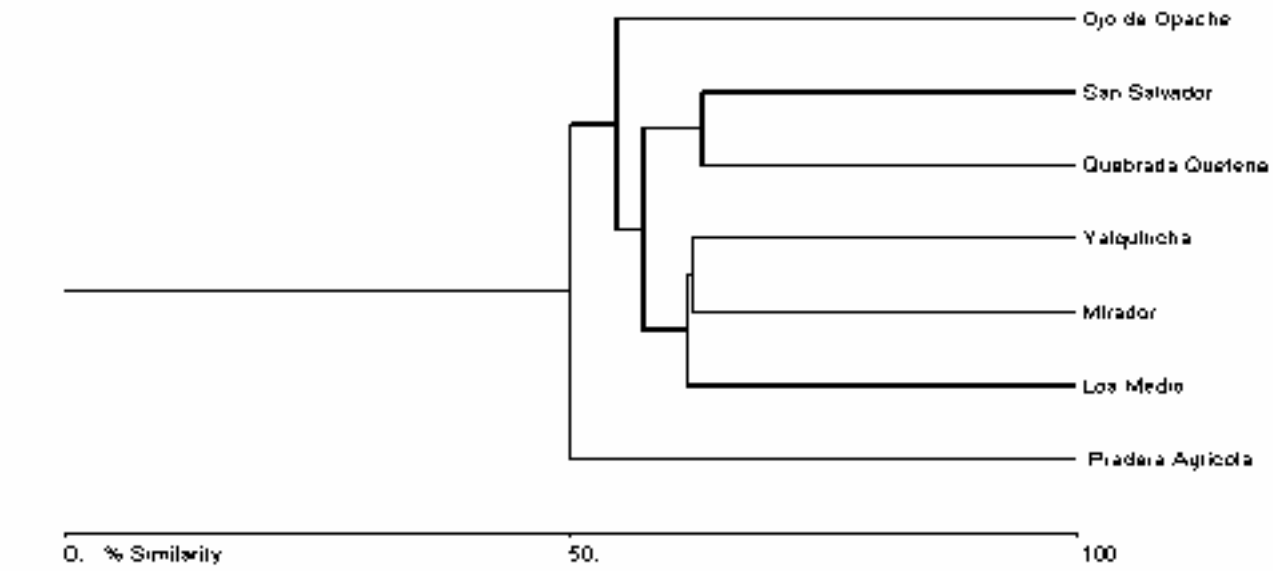


FIGURA 4-17. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SIETE AMBIENTES EN EL SITIO OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Diversidad de avifauna en Laguna Lejía

Se registraron 30 especies para el sitio de Laguna Lejía. En la Tabla 4-17 se presentan los indices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 23 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). La mayor riqueza específica se presentó en LEJ-6 (humedal de Laguna Lejía), con 17 especies censadas, mientras que la menor se presentó en LEJ-4 (pajonal rocoso en laderas), con tres especies. La mayor abundancia relativa se presentó en LEJ-6. El valor más alto de diversidad (H') se registra en esta misma estación, este valor indica que a pesar de constituir la estación con mayor diversidad de especies es poco probable que esta diversidad aumente. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una clara tendencia a la homogeneidad. En la Fig. 4-18 se aprecia que el ensamble de aves de LEJ-6 se separa de los demás al contener un mayor número de especies.

TABLA 4-17. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA. 2008.

ESTACIONES PARÁMETROS	Pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1)	Pajonal tolar en planicie (LEJ-2)	Escoria volcánica (LEJ-3)	Pajonal rocoso (LEJ-4)	Escorial en laguna Seca (LEJ-5)	Humedal Laguna Lejía (LEJ-6)	TOTAL
S	9	6	4	6	6	17	23
N	17	9	8	15	17	155	221
AB (%)	7,7	4,1	3,6	6,8	7,7	70,1	100
H'	0,728	0,569	0,602	0,317	0,610	1,022	1,165
H' max	0,778	0,602	0,602	0,477	0,699	1,230	1,362
J	0,936	0,946	1,000	0,664	0,873	0,830	0,856

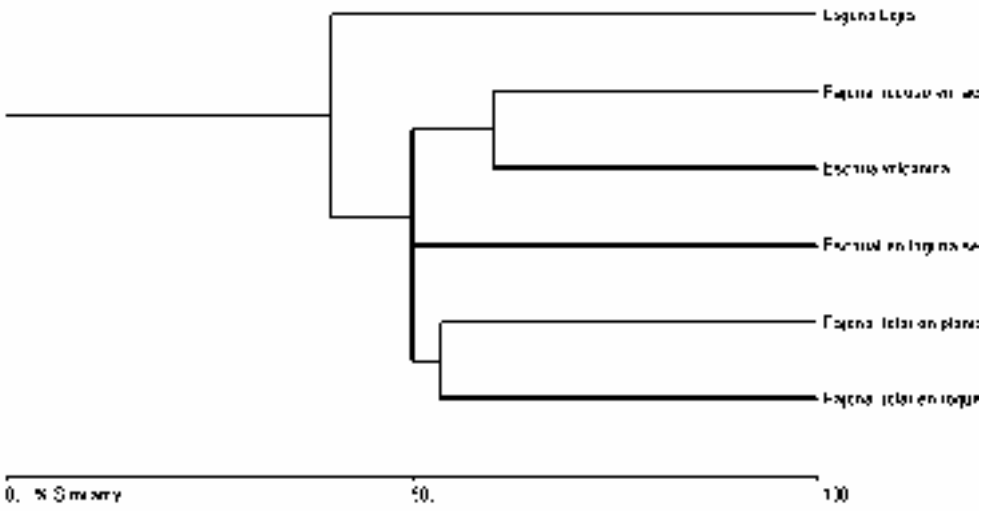


FIGURA 4-18. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL SITIO LAGUNA DE LEJÍA. ENERO 2008.

Diversidad de avifauna en Alrededores del Volcán Licancabur

Se registraron un total de 26 especies. En la Tabla 4-18 se presentan los indices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 14 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas fueron LIC-5 (Borde estero) (8) y LIC-2 (pajonal) (5). El valor más alto de diversidad (H') se registra en la estación LIC-5 (borde estero). La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad, puesto que las poblaciones censadas en cada una de las estaciones de muestreo presentan abundancias similares, salvo la estación LIC-1 (cardonal -tolar) en la que existe una gran discrepancia entre las abundancias de las dos especies registradas, presentando por lo tanto un valor de equiparabilidad inferior.

TABLA 4-18. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Estaciones Parámetros	Cardonal tolar (LIC-1)	Pajonal (LIC-2)	Pajonal Tolar (LIC-3)	Tolar (LIC-4)	Borde Estero (LIC-5)	Ojalar (LIC-6)	TOTAL AVES
S	2	5	4	2	8	2	14
N	55	15	14	33	48	10	175
AB (%)	14,3	35,7	28,6	14,3	57,1	14,3	100
H'	0,068	0,679	0,485	0,299	0,848	0,265	0,832
H' max	0,301	0,699	0,602	0,301	0,903	0,301	1,146
J	0,225	0,972	0,805	0,994	0,939	0,881	0,726

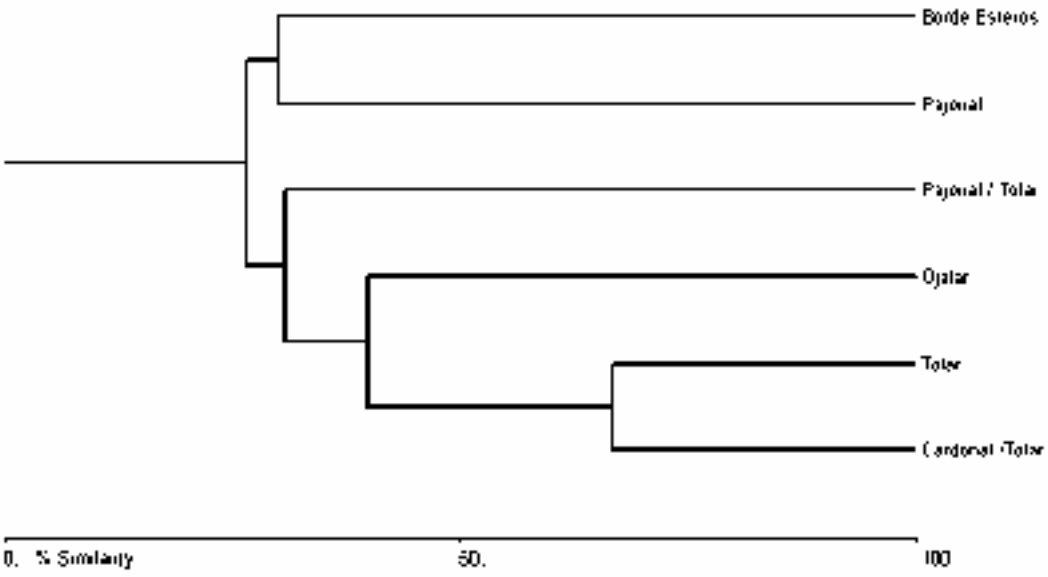


FIGURA 4-19. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

Diversidad de avifauna en Géiseres del Tatio

Se registraron 35 especies, incluyendo las 31 registradas en este estudio más cuatro observaciones previas. En la Tabla 4-19 se presentan los indices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 29 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas fueron TA-0 (vado Putana) con 15 especies, TA-1 (quebrada Putana) con nueve especies y TA-5 (bofedal) con ocho especies. El valor más alto de diversidad (H') se registra en esta misma estación. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad.

TABLA 4-19. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO EL TATIO, 2008.

Estaciones Parámetros	Vado río Putana (TA-0)	Quebrada Putana (TA-1)	Tolar (TA-2)	Pajonal (TA -3)	Quebrada Géiseres (TA-4)	Bofedal (TA-5)	Bofedal Carabineros (TA-6)	Géiseres Tatio (TA-7)	TOTAL
S	15	9	4	3	3	8	7	6	29
N	123	32	14	6	7	68	42	42	334
ABR (%)	36,8	9,6	4,2	1,8	2,1	20,4	12,6	12,6	100
H'	1,061	0,916	0,501	0,439	0,415	0,821	0,778	0,592	1,304
H' max	1,176	0,954	0,602	0,477	0,477	0,903	0,845	0,778	1,477
J	0,902	0,960	0,832	0,921	0,870	0,909	0,921	0,760	0,883

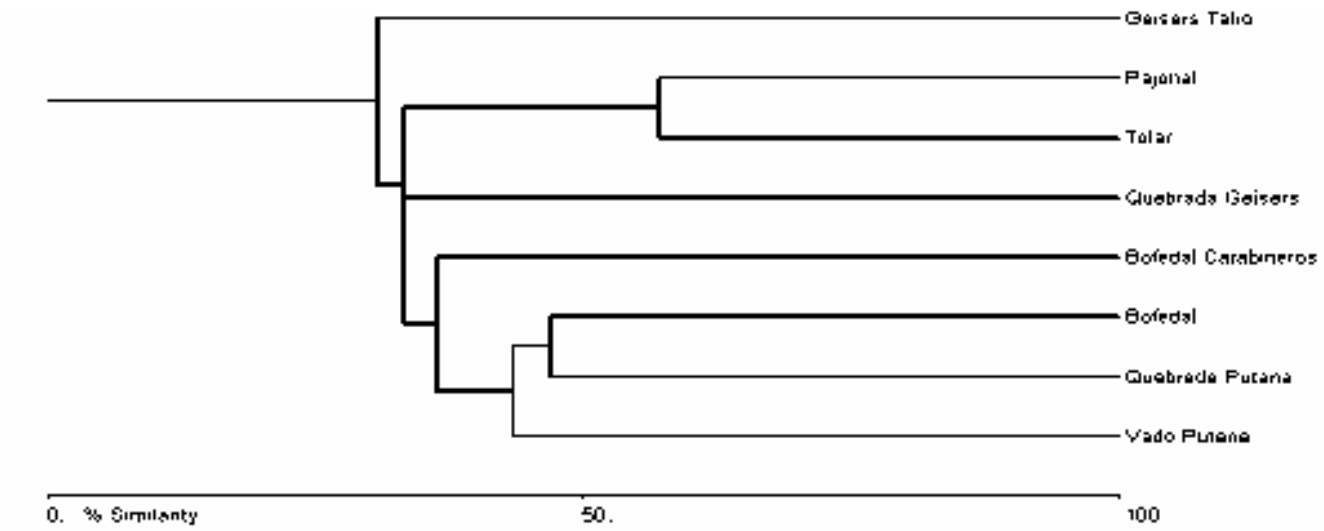


FIGURA 4-20. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE OCHO AMBIENTES EN EL SITIO EL TATIO, PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

Comparación entre las áreas de estudio

Comparamos la similitud/disimilitud entre la composición de especies de aves de los cinco lugares bajo estudio (Tabla 4-20, Fig. 4-21). Se pueden reconocer dos clusters, uno que agrupa al Valle de Quillagua y Oasis de Calama y otro a Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y los Géisers del Tatio. Sin embargo, todos los ambientes comparten una buena proporción de sus especies, salvo el ensamble de aves del Valle de Quillagua y Laguna Lejía, aunque ambos son humedales y debieran contener especies de aves acuáticas comunes. Los ensambles más similares (comparten más especies de aves) son el Valle de Quillagua y Oasis de Calama ya mencionados y Alrededores del Volcán Licancabur y Géisers del Tatio, sistemas contiguos y también similares en sus asociaciones vegetacionales.

TABLA 4-20. COMPARACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE AVIFAUNA EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Géisers del Tatio
Valle de Quillagua	*	54,2373	3,8462	29,1667	13,7931
Oasis Calama	*	*	11,9403	38,0952	21,9178
Laguna Lejía	*	*	*	39,2857	54,5455
Volcán Licancabur	*	*	*	*	58,0645
Géisers del Tatio	*	*	*	*	*

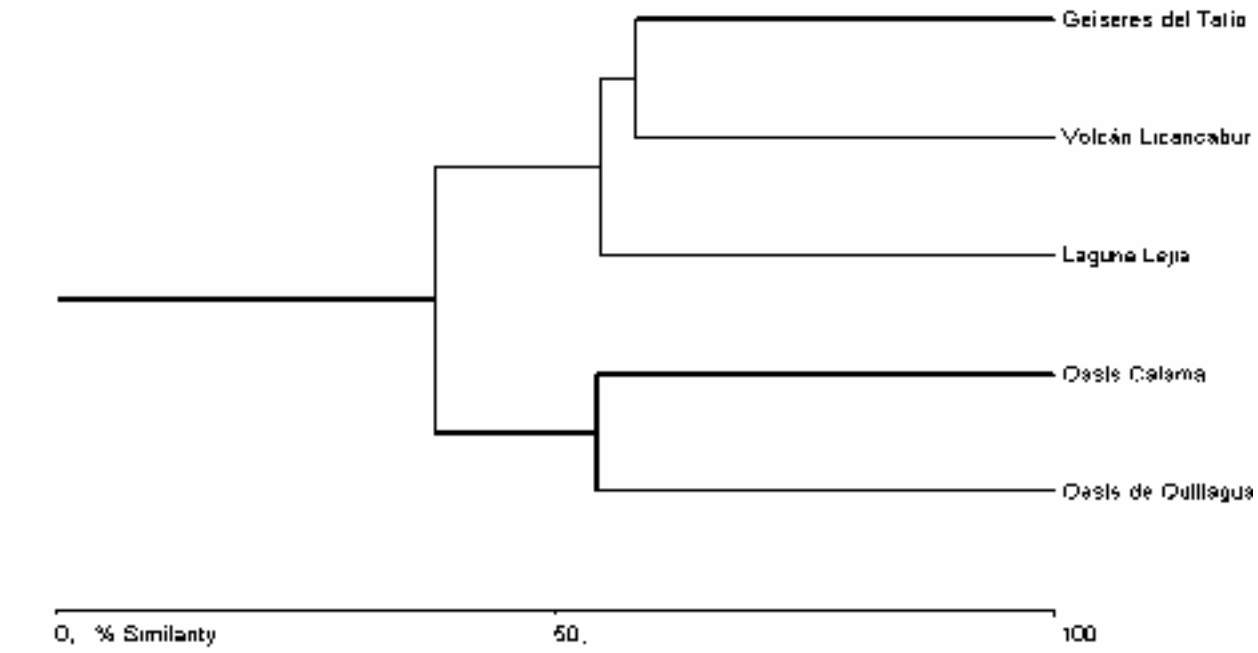


FIGURA 4-21. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

Diversidad de avifauna en las áreas de estudio

Las comunidades vegetales y los ensambles faunísticos de las cinco áreas de estudio son disímiles, es decir no comparten muchas especies entre ellos. En otras palabras los ecosistemas son muy diferentes entre ellos, lo que aumenta la diversidad beta. Por ejemplo para el caso de las aves la diversidad beta es intermedia, lo que concuerda con lo documentado por Rau et al. (1998) en un transecto entre la desembocadura del río Loa y Socaire. Esto contrasta con lo registrado para la zona central, que tiene baja diversidad beta (Cody 1985). Este es, quizá, el mayor valor de la diversidad de las áreas de estudio, si bien la diversidad alfa no es tan relevante, en general, la diversidad ecológica la hace muy atractiva en su conjunto, aún sin considerar su alto nivel de endemismo (e.g., anfibios y reptiles), como se verá más adelante.

3.4. Diversidad de mamíferos

Mamíferos de Chile

De las 106 especies de mamíferos terrestres (incluyendo los voladores) descritas para Chile (Muñoz-Pedreros & Yáñez 2008) Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) documenta 35 especies para la provincia de El Loa (voladores y no voladores, nativos e introducidos) y 24 son consideradas potencialmente presentes en la comuna de San Pedro de Atacama sensu Simonetti & Veloso (2003).

Origen y distribución

Origen de los mamíferos chilenos

Los mamíferos chilenos son una fauna única y variada en sus características, por las diferencias biológicas entre organismos que fueron llegando en momentos distintos del pasado, como por la evolución que tuvieron desde su arribo (Spotorno et al. 2008). Frente a los drásticos cambios geológicos y climáticos (e.g., aparición de cordillera de los Andes) muchas especies se extinguieron, pero otras se adaptaron a los nuevos ambientes áridos. Así los mamíferos chilenos son una mezcla de distintos orígenes y épocas. Pese a la escasez de registro fósil (véase Canto et al. 2008), puede extrapolarse con los abundantes registros en Argentina, más aún si antaño pertenecían a un solo sistema territorial (Patterson & Pascual 1972, Reig 1981).

Para analizar el origen de la fauna de mamíferos se usa el concepto de horofauna (conjunto de especies que coexisten y se diversifican en un área determinada durante un lapso prolongado del tiempo geológico, y que, por esta razón, representan una unidad biogeográfica perdurable). En Sudamérica se distinguen cuatro horofaunas sucesivas de mamíferos: la protohorofauna gondwánica, la paleohorofauna sudamericana, la cenohorofauna y la neohorofauna (Fig. 4-22), más la horofauna reciente, que es la que existe actualmente (Reig 1981, Spotorno et al. 2008).

Por razones de espacio abordaremos el origen de los mamíferos chilenos desde la cenohorofauna, caracterizada por el levantamiento del territorio y formación de la cordillera de Los Andes.

El cambio climático y geomorfológico fue dramático, con la formación del empinado altiplano se consolidó su separación y aislamiento del sistema patagónico. Incluso en la actualidad la vegetación de ambos territorios contienen elementos desérticos comunes (Spotorno & Veloso 1990). La fauna local de marsupiales, xenartros (quirquinchos) y notungulados sobrevivientes se vio incrementada con linajes africanos y norteamericanos como roedores caviomorfos, primates platirrinos, algunos quirópteros (murciélagos) y sirenios de África, y posteriormente roedores cricétidos y más quirópteros originarios de Norteamérica.

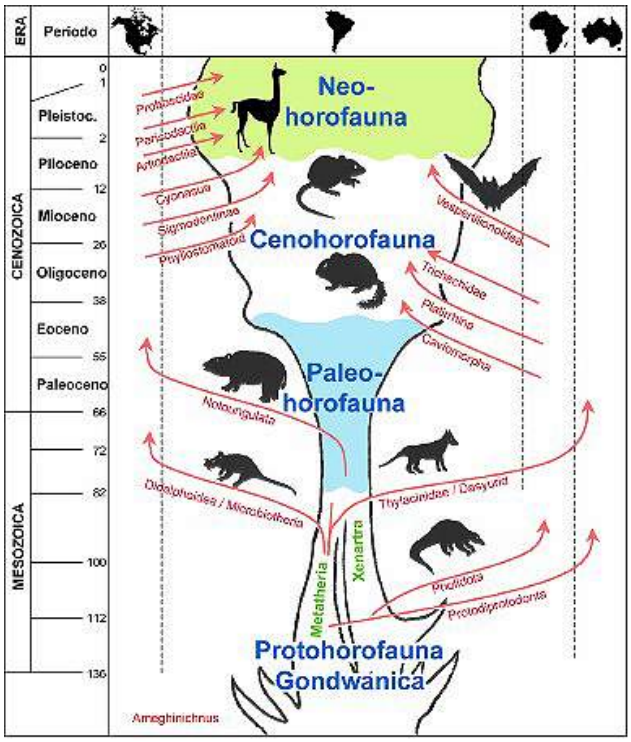


FIGURA 4-22 HOROFAUNAS SUCESIVAS DE MAMÍFEROS SUDAMERICANOS. (TOMADO DE SPOTORNO ET AL. 2008, MODIFICADO DE REIG 1981).

De esta forma los roedores caviomorfos fueron uno de los grupos más característicos y diversos de Suramérica. Los caviomorfos son inicialmente herbívoros pequeños a grandes, de ambientes preferentemente húmedos, (como los ancestros del coipo). Los cambios climáticos los extinguieron en los nuevos y secos territorios asociados a los Andes y evolucionaron, en el sur de Sudamérica, los chinchíllidos (chinchillas y vizcachas).

La llegada de los roedores cricétidos sigmodontinos, aparentemente de Norteamérica, aumenta notoriamente el número de especies hasta la actualidad. Son especies pequeñas y omnívoras, aunque algunos han evolucionado a formas herbívoras. Los sigmodontinos sudamericanos se agrupan en: (a) pequeños omnívoros-insectívoros de ambientes más bien húmedos como los oryzominos y los akodontinos y (b) herbívoros de ambientes más secos como los filotinos (Spotorno 1986). Por el gran número de géneros y especies que viven hoy en el Altiplano, es muy probable que éste sea el centro de origen de los filotinos (Reig 1987, Spotorno et al 2008). Otros grupos de roedores tomaron caminos curiosos, como los ancestros de *Loxodontomys* y *Auliscomys* que migraron desde el altiplano hasta la Patagonia y desde allí ingresaron nuevamente a Chile, atravesando la cordillera de los Andes a la altura de Concepción o un poco más al sur (Reig 1986, Simonetti & Spotorno 1980, Spotorno et al 2008).

Caviedes & Iriarte (1989) proponen que la expansión hacia el sur de los sigmodontinos (antes del Cuaternario), fue posible a través de la vertiente este de los Andes, porque la aridez del

desierto de Atacama habría impedido la dispersión por el sector oeste y que la altura de la cordillera y su clima frío más al sur limitó el paso desde el este. De este modo el paso de un lado a otro sólo habría ocurrido en ciertos períodos del Pleistoceno y la progresiva desertización de esta área habría clausurado el paso, aislando esta fauna. Esto es rebatido, por ejemplo por Marquet (1989), que asegura que el desierto no representó una barrera insalvable a la dispersión y que la baja diversidad actual del desierto de Atacama se explicaría por episodios sucesivos de colonización y extinción. Por otro lado Meserve & Kelt (1990) indican que la colonización tuvo muchas vías de entrada y que los ensambles de la zona central no están empobrecidos. La ausencia de especies independientes del agua y la distribución costera de algunas especies peruanas sugiere a estos autores que la baja riqueza del norte se debe a procesos de extinción local e inmigración, más que a aridez y aislamiento por sí solos.

Respecto a la neohorofauna**,** aquí se produjo otro evento crucial: la conexión terrestre de Norteamérica con Sudamérica en el istmo de Panamá, con la consiguiente migración masiva en ambos sentidos, llegando la diversidad suramericana a su máximo conocido. De esta forma, en los últimos dos millones de años llegan, primero los carnívoros (e.g., cánidos, mustélidos, Felidos), luego los artiodáctilos (e.g., camélidos y cérvidos) y finalmente los perisodáctilos y proboscídeos, que evolucionan formando nuevas especies que se integran a la cenohorofauna. En el altiplano es relevante conocer el origen de algunos grupos de mamíferos. Por ejemplo los camélidos (e.g., las actuales vicuñas y llamas) se originaron en los llanos del oeste norteamericano, durante el Eoceno (40 a 45 millones de años) evolucionando en el Plioceno en los grupos *Camelini* y *Lamini*. Un representante de este último grupo migró a Sudamérica a través de la cordillera de los Andes adaptándose a estos ambientes áridos y semiáridos. Siete millones de años más tarde se diferenciaron los géneros: *Lama* y *Vicugna* (Wing 1986, Spotorno et al. 2008), evolución apremiada, no solamente por la elevación del territorio, sino que también por las glaciaciones, que en el eje norte sur de la cordillera de los Andes, al bajar los hielos en ciertos tramos, aisló las poblaciones de mamíferos. Spotorno et al. (1998a) así explican que el pariente más próximo del roedor *Phyllotis darwini* de la costa de Chile central sea *Phyllotis magíster* que hoy vive en la precordillera de Arica Parinacota y en la costa y precordillera de la Región de Antofagasta, teniendo ambos un ancestro común cercano (Walker et al. 1999).

La evidencia geológica indica que el área de Atacama presentó períodos bastante más húmedos que en el presente durante el Pleistoceno, con presencia de grandes mamíferos tales como mastodontes y ciervos. De este modo la reducida fauna actual del desierto de Atacama probablemente represente remanentes de faunas previamente más extensas y no colonizaciones recientes. Por esta misma razón parece poco probable que la fauna de mamíferos de Chile sea relativamente pobre debido a que permaneció aislada del resto del continente por la existencia de desierto de Atacama (Contreras & Torres-Mura 2008).

Respecto a la fauna reciente la penúltima y última llegada importante de grupos de mamíferos a Sudamérica y a Chile, fue a través del estrecho de Behring (unos 40.000 AP) nucleados alrededor de humanos cazadores que avanzaron de norte a sur y que en el actual Chile depredaban sobre mastodontes, caballos, camélidos y ciervos. El único centro importante de domesticación de mamíferos en América fue el de los Andes del centro y sur, domesticándose la llama (*Lama glama*), la alpaca (*Lama pacos*) y el cuy (*Cavia porcellus*). Se concuerda que la llama fue domesticada a partir del guanaco (*Lama guanicoe*); y la alpaca probablemente se hizo a partir de la vicuña (*Vicugna vicugna*). Para el cuy la domesticación fue a partir de *Cavia tschudii* (Spotorno & Veloso 1990, Redford & Eisenberg 1992, Bruford et al. 2003, Spotorno et

al. 2004, Spotorno et al. 2008). La segunda oleada de humanos y su fauna acompañante fueron a partir de la conquista española hace medio milenio y que aún continúa. En ésta se introdujeron, conciente e inconscientemente especies domésticas (e.g., bovinos, equinos, caprinos) y comensales (e.g., roedores como *Mus musculus, Rattus rattus, Rattus norvegicus*).

Así, la actual fauna de mamíferos de Chile está compuesta en un 7% por descendientes de los grupos más antiguos (Marsupialia y Xenarthra), en un 30% por roedores (Hystricognata) y en un 63% por mamíferos de origen norteamericano más reciente (Contreras & Torres-Mura 2008).

Distribución de los mamíferos chilenos

La biogeografía estudia la distribución de las especies y se alimenta, complementariamente de explicaciones históricas (orígenes, dispersión y extinción de biotas) y ecológicas (interacciones entre los organismos y sus ambientes físicos y bióticos), originando la filogeografía (que reúne a la genética de poblaciones y la sistemática) y que se aplica a especies relacionadas a taxones infraespecíficos, y consiste en el análisis espacial de los linajes génicos (Avise 2000).

El número total de especies de mamíferos terrestres existentes en Chile (102) es bajo si se compara con lo esperado para el área del Neotrópico (281 especies), pero toda el área del cono sur de Sudamérica tiene un bajo número de especies por km^2 (Contreras & Torres-Mura 2008). Existen zonas con bajo número de especies como el desierto de Atacama, la cordillera de la región de Valparaíso, los bosques lluviosos templados de la costa del extremo sur y el archipiélago fueguino (Fig. 4-23).

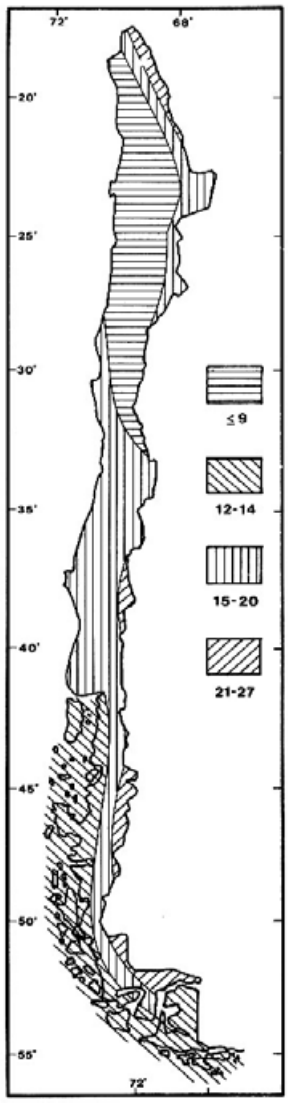


FIGURA 4-23. PATRÓN DE RIQUEZA DE ESPECIES DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO VOLADORES EN CHILE. TOMADO DE CONTRERAS & TORRES-MURA (2008).

La baja diversidad de mamíferos del desierto de Atacama se prolonga hacia el sur más en el interior que a lo largo de la costa, ya que ésta tiene menor aridez por la mayor distribución de vegetación producto de mayor disponibilidad de humedad. Las zonas con mayor diversidad son el altiplano en el extremo noreste y las zonas con influencia patagónica en el centro-sur de Chile (e.g., Alto Biobío, Coihaique y Torres del Paine). La fauna altiplánica es compartida con Perú, Bolivia y Argentina y disminuye junto con el gradiente de precipitaciones, hacia el oeste y el sur, dominado por el desierto.

Contreras & Torres-Mura (2008) concluyen, también, que la diversidad de especies de mamíferos terrestres no voladores aumenta de oeste a este en el norte y en el sur y, viceversa en Chile central mediterráneo árido. Esta fauna no se encuentra homogéneamente distribuida en estas áreas y raramente se registrarán todas las especies en una misma localidad. En el desierto de Atacama esto es notorio, ya que las especies pequeñas (e.g., marsupiales, roedores), están circunscritas a localidades con condiciones especiales (e.g., oasis y quebradas), presentándose extensas superficies de territorio sin especies de mamíferos.

Contreras & Torres-Mura (2008) consideraron la fisiografía de Chile y los registros disponibles de presencia de mamíferos, caracterizando 26 áreas geográficas y realizaron un análisis de agrupamiento entre áreas. Sus resultados les permitieron distinguir seis grupos de áreas (Fig. 4-24). El primer nodo separa la fauna del altiplano de la región de Arica Parinacota incluso de la fauna de zonas cercanas como los ambientes andinos inmediatamente al sur y al oeste. El segundo nodo separa las áreas del extremo sur (de ambientes abiertos y de estepa patagónica) de las áreas del norte, centro y sur del país. El resto de las áreas de Chile se aglutinan en dos grupos (Fig. 4-24). La separación del desierto de Atacama dentro de las áreas del norte se debe al bajo número de especies presentes y no a que en él no existan especies compartidas con las otras áreas. Para nuestras áreas de estudio el altiplano de la región de Antofagasta (número siete en la figura con 11 especies) presenta similitud con la zona de alturas (> 2.800 msm) de la región de Coquimbo (número nueve en la figura, con siete especies) y el altiplano de la región de Tarapacá (número cinco en la figura con 17 especies). Estos autores indican que sus resultados pueden variar ya que hay dos zonas de Chile con notables carencia de registros: los ambientes andinos localizados entre los 23°S (salar de Atacama) y 33°S (Santiago) y la zona de los canales entre los 44° y los 52°S.

Según Contreras & Torres-Mura (2008) el grupo de zonas de la Fig. 4-24 con menor endemismo corresponden a los Andes de Chile central (0/13 = 0,0) y el Alto Biobío (2/22= 0,09). Chile central mediterráneo y los bosques templados presentan valores intermedios (3/19 = 0,1 y 5/19 5 = 0,26 respectivamente). En total existen 12/102 = 0,11 especies endémicas de MTNV en Chile. Estas corresponden a 11 roedores (*Chelemys megalonyx*, *Pearsonomys annectens*, *Phyllotis darwini*, *P. osgoodi*, *Chinchilla lanigera*, *Octodon degus*, *O. lunatus, O. pacificus*, *Spalacopus cyanus*, *Ctenomys fulvus robustus*, y *Abrocoma bennetti*), y un cánido (*Lycalopex fulvipes*). El roedor subterráneo *Ctenomys fulvus*, del desierto de Atacama, se encuentra en un ambiente aislado.

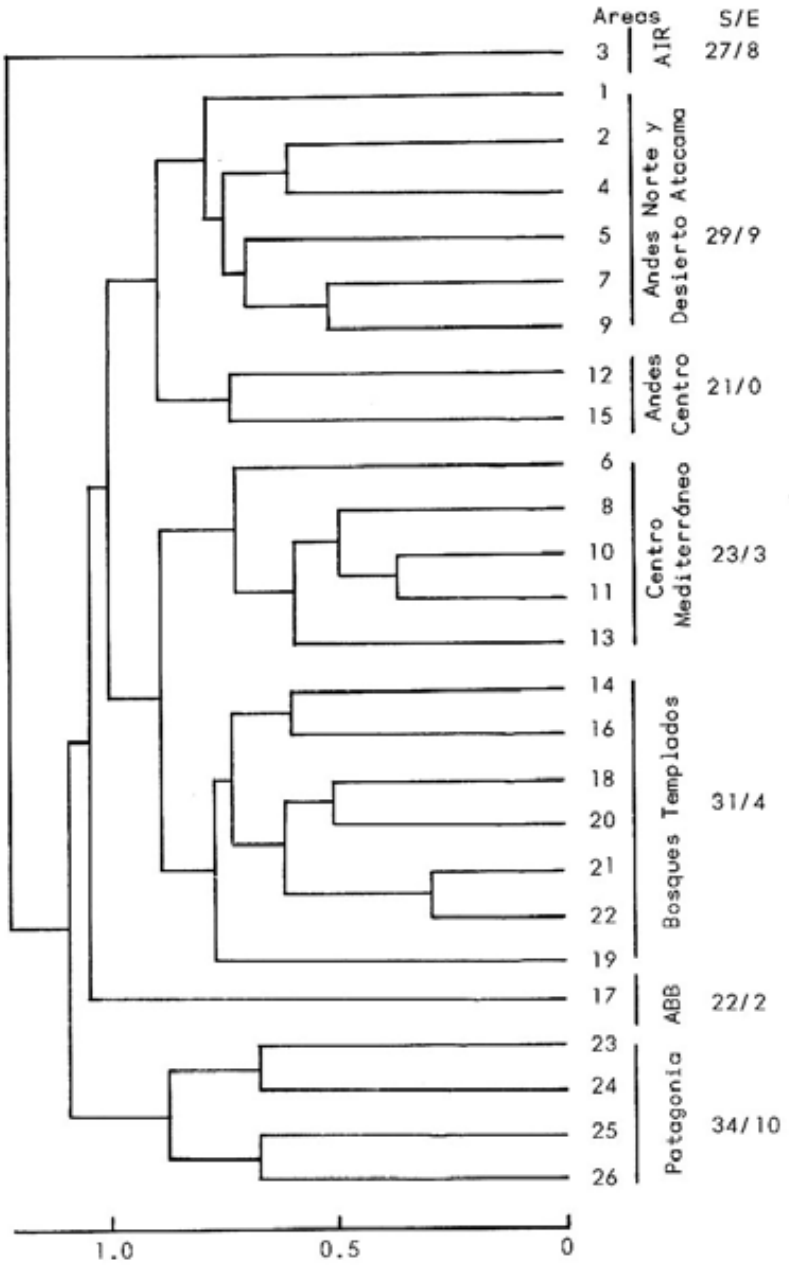


FIGURA 4-24. RELACIONES DE SIMILITUD DE FAUNA DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO VOLADORES (MTNV) ENTRE 26 LOCALIDADES DE CHILE. Calculadas utilizando el índice de distancia promedio y el algoritmo de las medias aritméticas no ponderadas de grupos pares (UPGMA). 1. Desierto de Atacama, 2. Precordillera región Arica Parinacota, 3. Altiplano región Arica Parinacota, 4. Precordillera de región de Tarapacá, 5. Altiplano de región de Tarapacá, 6. Paposo-Caldera, 7. Altiplano de región de Antofagasta, 8. < 2.800m región de Coquimbo, 9. > 2.800m región de Coquimbo, S= Riqueza de Especies, E= Número de especies endémicas. Tomado de Contreras & Torres-Mura (2008).

Mamíferos de la región de Antofagasta y provincia de El Loa

Spotorno et al. (1998), desarrollaron un estudio, en dos transectos desde la costa a la cordillera de los Andes; el primero desde el límite sur en la costa de la región de Antofagasta en Paposo, subiendo hacia el noroeste, y el segundo desde el límite norte de la desembocadura del río Loa, hacia el suroeste. Ambos transectos comprenden las cuatro zonas bioclimáticas descritas por di Castri (1968) para esa región del país, atravesando además el gradiente altitudinal.

Se puede decir que la fauna de micromamíferos de Antofagasta se encuentra formada por tres grupos de especies (sensu Spotorno et al.1998): (a) las de origen sureño, que alcanzan allí su máxima distribución norte: *Thylamys elegans, Phyllotis darwini, Abrothrix olivaceus*, y antes de su extinción local *Chinchilla lanigera*, (b) las de origen norteño, que alcanzan su máxima distribución al sur u oeste en Antofagasta: *Thylamys pallidior, Chinchilla brevicaudata, Abrocoma cinerea, Ctenomys opimus, Hippocamelus antisensis, Phyllotis magister, Akodon albiventer, y Auliscomys sublimis* (Reise & Venegas 1987) y (c) las endémicas, que sólo viven en esa región: *Abrothrix* del Salar de Atacama, y tal vez *Eligmodontia puerulus.* Por otro lado las especies de los ensambles de micromamíferos de ecosistemas desérticos se caracterizan por presentar un patrón más de tipo individualista que en base a una estructura comunitaria. De este modo se presentan bajas diversidades alfa y altas diversidades betas, lo que hace suponer la relevancia de la estructura del hábitat, por ejemplo, en una dinámica metapoblacional fuente-sumidero y procesos acoplados de competencia y depredación (Marquet 1994, Rau et al. 1998).

En la Tabla 4-21 se presentan los registros de mamíferos para la provincia de Loa.

TABLA 4-21. MAMÍFEROS REGISTRADOS EN LA PROVINCIA DEL LOA. *= REGISTRADO COMO *P. darwini rupestris,* **= REGISTRADO COMO *P. xantophygus rupestris*

ESPECIE	LOCALIDAD DE REGISTRO	FUENTE	MÉTODO DE REGISTRO
Thylamys pallidior yaca	Quebrada de Soncor Tumbre	Spotorno et al. 1998 Spotorno et al. 1998	trampas trampas
Myotis atacamensis murciélago de atacama	Tranque Santa Fé, Quillagua (1) San Pedro de Atacam	Este estudio Lataste 1896	avistamiento avistamiento
Chaetophractus nationi quirquincho peludo de la puna	Paso Jama	Este estudio	madriguera
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco	Toconce Camino volcán Licancabur El Tatio, pajonales	Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas
Abrothrix andinus ratón andino	San Pedro de Atacama Toconao, alrededores Quebrada de Jerez, Toconao Talabre Viejo Laguna Lejía	Osgood 1943 Spotorno et al. 1998 Rau et al. 1998 Spotorno et al. 1998 Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas

	Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio El Tatio Quebrada Putana	Este estudio SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas
Abrothrix olivaceus ratón olivaceo	Tranque Santa Fé, Quillagua [(1)] Orilla río Loa, Quillagua[(1)] Ojo Opache, Calama Mirador, Calama	Este estudio Este estudio Rau et al. 1998 Este estudio	trampas trampas trampas trampas
Calomys lepidus lauchita peruana	San Pedro de Atacama Ojos de San Pedro	Pine et al. 1979 Koford 1955	trampas
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso	San Pedro deAtacama, Pozo 3 Talabre Viejo Camino azufrera, Licancabur Toconce Salar de Atacama 10 km int. Tumbre	Reise & Venegas 1987 Rau et al. 1998 Este estudio Marquet et al. 1998 Spotorno et al. 2001 Spotorno et al. 2001	trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Phyllotis rupestris lauchón orejudo	Geisers del Tatio Río Puritana, volcán Licancabur San Pedro de Atacama, Pozo 3 San Pedro de Atacama Beter (2.380 msm) Licancabur, paso Jama (km 20) Camino paso Jama Quebrada de Jerez, Toconao Toconao, alrededores Talabre Viejo Río Grande norte San Pedro Camino volcán Licancabur Pajonal camino azufrera Sasie El Guatín, Licancabur	Reise & Venegas 1987* Reise & Venegas 1987* Reise & Venegas 1987* Spotorno et al. 2001 Marquet et al. 1998** Reise & Venegas 1987 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Reise & Venegas 1987* Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Phyllotis magister lauchón orejudo grande	Ojo Opache, Calama Oasis de Calama Camino Mirador, Calama Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio Camino al Tatio Quebrada de Putana, El Tatio Geiseres del Tatio El Tatio	Rau et al. 1998 Elgueta 2006 Este estudio Este estudio Osgood 1943** Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Auliscomys sublimis ratón de la puna	El Tatio Toconce	Reise & Venegas 1987 Koford	trampas trampas
Lagidium viscacia vizcacha	Camino al Paso Huaytiquina Talabre Viejo El Tatio Camino azufrera Sasie Cuesta del Diablo Paso Jama, Licancabur Camino Laguna Mistaqui	Spotorno et al. 1998 Cortes et al. 2002 SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento
Chinchilla brevicaudata chinchilla cordillerana	Camino al paso Huaytiquina	Spotorno et al 1998	avistamiento

Abrocoma cinerea ratón chinchilla de cola corta	San Pedro de Atacama Licancabur, paso Jama (km 20) Camino al paso Huaytiquina Talabre Viejo Talabre Viejo Tumbre El Tatio	Pine et al 1979 Reise & Venegas 1987 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Cortes et al 2002 Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007	trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama	San Pedro de Atacama Socaire (Aguas calientes) Salar de Atacama Salar de Atacama Salar de Atacama Salar de Atacama Salar de Atacama Laguna Lejía Laguna Seca (L. Lejía) Laguna Lejía Salar de Aguas Calientes Camino azufrera Sasie	Osgood 1943 Feito & Gallardo 1982 Hickman 1985 Reise &Venegas 1987 Cortés et al 2000 Spotorno et al. 1998 Rau et al. 1998 Contreras, Yáñez y Núñez rec. Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	trampas cuevas cepos cepos avistamiento avistamiento avistamiento cuevas
Ctenomys opimus tuco tuco de la puna	Camino al paso Huaytiquina Talabre Viejo	Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998	cuevas cepos
Rattus norvegicus guarén	Ojo de Opache, Calama Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio Este estudio	trampas trampas
Rattus rattus rata de campo	Ojo de Opache, Calama Ojo Opache, Calama Quebrada de Quetena, Calama Yalquincha, Calama San Salvador, Calama Loa medio, Calama	Este estudio Rau et al. 1998 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Mus musculus laucha doméstica	Tranque Santa Fe, Quillagua[(1)] Valle de Quillagua[(1)] Ojo Opache, Calama Ojo Opache, Calama Quebrada de Quetena, Calama Yalquincha, Calama San Salvador, Calama Loa medio, Calama Mirador, Calama Praderas y cultivos, Calama	Este estudio Este estudio Rau et al. 1998 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Oryctolagus cuniculus conejo	Oasis de Calama	Elgueta 2006	en feca de zorro
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	Oasis de Calama Camino Stgo. de río Grande Camino al Tatio El Tatio Camino al Tatio Geiseres del Tatio El Guatín Camino paso Jama Camino volcán Licancabur Toconao Camino Toconao	Elgueta 2006 Ramírez & Donoso-P. 2005 Este estudio SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Ramírez & Donoso-P. 2005 Este estudio Spotorno et al 1998 Ramírez & Donoso-P. 2005	fecas, informante avistamiento trampas cámara avistamiento avistamiento avistamiento informante local feca avistamiento avistamiento avistamiento

	Laguna Lejía Salar de Atacama Interior de Socaire	Este estudio Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005	feca avistamiento
Lycalopex griseus zorro chilla	Toconao Ojo de Opache	Spotorno et al 1998 Spotorno et al 1998	avistamiento avistamiento
Galictis cuja quique	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	fecas
Puma concolor puma	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	fecas
Leopardus colocolo colo colo	Toconao, alrededores El Tatio El Guatín, Licancabur	Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007 Este estudio	 informante local
Lama glama llama	Talabre Viejo Camino a Talabre Viejo Tumbre Tumbre Laguna Lejía El Tatio, bofedales	Este estudio Este estudio Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento
Lama guanicoe guanaco	"Desierto Interior" Entre San Pedro y el Guatín	Spotorno et al. 1998 Este estudio	avistamiento avistamiento
Vicugna vicugna vicuña	Salar de Carcote Salar de Ascotán Salar de Pujsa Salar Aguas Caliente El Tatio Este del Licancabur Laguna Lejía Camino al paso Jama Camino al paso Jama Camino al paso Jama El Tatio El Tatio, bofedales Camino azufrera Sasiel Cuesta del Diablo Laguna Lejía Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio Talabre Viejo	Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento restos óseos avistamiento
Hippocamelus antisensis taruca	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	restos óseos
Equus asinus burro	Laguna Lejía (10 km oeste) El Tatio, bofedales	Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento

Especies de mamíferos consideradas raras para el área de estudio

Thylamys pallidior (llaca de la puna) ha sido registrada, principalmente, en el altiplano de Tarapacá (e.g., Socoroma, Chapiquiña, Zapahuira) (Muñoz-Pedreros & Palma 2008) y sólo en la quebrada de Soncor a 3.830 msm por Spotorno et al. (1998), no sería extraño que mayores esfuerzos de captura amplíen su distribución.

Calomys lepidus (lauchita peruana) fue registrada en Ojos de San Pedro por Koford (1955) y luego en San Pedro de Atacama por Pine et al. (1979). Desde esa fecha no contamos con registros conocidos para esta especie, aún cuando Spotorno et al. (1998) la presume presente en la puna de la provincia de El Loa incluyéndola en un diagrama que presenta.

La sistemática del grupo de los filotinos ha sido controversial. La tribu Phyllotini (unas 46 especies), adaptadas a ambientes secos, parece haber tenido al altiplano sur como área de diferenciación original (Spotorno et al. 2001). La subespecie *Phyllotis xanthopygus rupestris* fue incorporada a la especie *P. limatus* por Steppan (1998), aunque Kramer et al. (1999) la mantiene como subespecie de *P. xanthopygus*. Por otro lado registros previos de *P. darwini* en el Tatio, San Pedro de Atacama y Licancabur (e.g., Osgood 1943, Reise & Venegas 1987), según Steppan (1998) atribuidos luego a *P. xanthopygus rupestris*, serían en definitiva *P. limatus*. Sin embargo seguimos a Spotorno (com. per.) que no considera para el área de estudio a *P. limatus*, *P. xanthopygus* y *P. darwini* y considera como especie plena a *P. rupestris.*

Chinchilla brevicaudata (chinchilla cordillerana) fue avistada por Spotorno et al. 1998), hecho notable ya que Jiménez (1996) aseguró que las últimas observaciones de esta especie en estado silvestre fueron en 1953; pero no indican el lugar preciso ("más al sur del camino al paso de Huaytiquina"). Valdría la pena realizar excursiones específicas para documentar mejor este hallazgo.

Ctenomys opimus (tuco tuco de la puna) fue registrado por Spotorno et al. (1998) y Rau et al. (1998), aparentemente en las mismas expediciones, el primero lo registra en el camino al paso Huaytiquina (sin indicar localidad) a partir de sus cuevas y el segundo en capturas mediante cepos en Talabre viejo (3.360 msm), por lo que podría estar en el área de estudio Laguna Lejía.

Lama guanicoe (guanaco) fue avistado por Spotorno et al. (1998) en "piños reducidos en el Desierto Interior". En este estudio avistamos un juvenil en el camino entre San Pedro y el Guatín (registro fotográfico). Pero en toda la expedición no volvieron a ser registrados. Es posible que esté presente en sitios con menor acceso.

Hippocamelus antisensis (taruca) es registrado por Spotorno et al. (1998) a partir de los restos de una pata, sin indicar localidad, por lo que su presencia en la provincia de El Loa es aún hipotética.

Mamíferos registrados para las áreas de estudio

En base a los registros de este estudio y a observaciones previas presentamos la Tabla 4-22 con las especies de mamíferos presentes en las cinco áreas de estudio.

TABLA 4-22. MAMÍFEROS EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (2007-2008). P= PRESENCIA PROBABLE, OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO.

ESPECIE	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Géisers del Tatio
Myotis atacamensis murciélago de atacama	X				
Chaetophractus nationi quirquincho peludo de la puna				X	
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco				X	X
Abrothrix andinus ratón andino			X		X
Abrothrix olivaceus ratón olivaceo	X	X			
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso				X	
Phyllotis rupestris lauchón orejudo		X		X	Op
Phyllotis magister lauchón orejudo grande		X	X	P	X
Auliscomys sublimis ratón de la puna					Op
Lagidium viscacia viscacha			P	X	X
Chinchilla brevicaudata chinchilla cordillerana			P		
Abrocoma cinerea ratón chinchilla de cola corta			P	Op	Op
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama			X	X	
Ctenomys opimus tuco tuco de la puna			P		
Rattus norvegicus guarén		X			
Rattus rattus Rata de campo	X	X			
Mus musculus laucha doméstica	X	X			
Oryctolagus cuniculus conejo		Op			
Lycalopex culpaeus zorro culpeo		Op	X	X	X
Lycalopex griseus zorro chilla		Op			
Leopardus colocolo colo colo				X	Op
Lama glama llama			X	X	X
Lama guanicoe guanaco				X	
Vicugna vicugna vicuña			X	X	X
Equus asinus burro			X	P	X
TOTAL	4	9	11	14	12

Diversidad de mamíferos en el Valle de Quillagua

Se registraron cuatro mamiferos para el área. En la Tabla 4-23 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. Se excluye en el análisis el registro de *M. atacamensis*, porque el registro fue obtenido fuera de censo. Las estaciones de muestreo no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza específica (S) esto porque el número de especies registrado es mínimo, y la mayoría registra sólo dos especies, excepto la estación Matorral en donde sólo se detectó una especie, el roedor introducido *M. musculus* (laucha). Los valores de diversidad (H') no presentan diferencias entre las estaciones muestreadas producto de la baja riqueza específica y el bajo número de ejemplares capturados. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad.

TABLA 4-23. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL VALLE DE QUILLAGUA, 2007. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIONES PARÁMETROS	Cultivo	Matorral	Borde Río	Plantación	Pradera	Tranque Santa Fe	TOTAL
MICROMAMÍFEROS							
S	2	1	2	2	2	2	3
N	3	12	12	2	2	19	50
ABR (%)	6,0	24,0	24,0	4,0	4,0	38,0	100,0
H'	0,9	0,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,2
H' max	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6
J	0,9	1,0	0,7	1,0	1,0	1,0	0,7
TOTAL MAMÍFEROS							
Abrothrix olivaceus laucha olivacea	C		C			C	
Rattus rattus rata de campo				C	C		
Mus musculus laucha doméstica	C	C	C	C	C	C	
Myotis atacamensis murciélago oreja de ratón del norte						A	

Diversidad de mamíferos en el Oasis de Calama

Se registraron nueve especies de mamíferos, que consideran las seis registradas en este estudio y tres registros previos (Tabla 4-22). En la Tabla 4-24 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las cinco especies censadas en las estaciones muestreo. No se incluyen los registros previos ya que no pueden asignarse a una estación particular sino al área en su conjunto. Se excluye el registro de *P. rupestris* (lanchón orejudo) de la estación Mirador por captura fuera de censo. Las estaciones de muestreo que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron Ojo de Opache, Loa Medio y Quebrada Quetena. El valor más alto de diversidad (H') se registra en la estación Ojo de Opache. La equiparabilidad (J) presentó valores que indican un tendencia a la heterogeneidad, es decir, las poblaciones encontradas tienden a presentan abundancias muy disímiles entre sí, esto es especialmente válido en todas las estaciones muestreadas en donde las mayores abundancias fueron para *M. musculus* (en todos los sectores). Esto se explicaría por la modificación antrópica del área.

TABLA 4-24. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN SIETE ESTACIONES DEL OASIS DE CALAMA. 2007. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIONES PARÁMETROS	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo Opache	TOTAL
MICROMAMÍFEROS								
S	1	3	2	3	2	2	4	5
N	6	27	15	85	45	12	83	273
ABR (%)	2,2	9,9	5,5	31,1	16,5	4,4	30,4	100,0
H'	0,0	0,9	0,6	0,2	0,3	0,4	1,2	0,8
H' max	0,0	1,0	1,0	1,6	1,0	1,0	2,0	2,3
J	0,0	0,5	0,6	0,1	0,3	0,4	0,6	0,3
TOTAL MAMÍFEROS								
Abrothrix olivaceus laucha olivacea		C	C					
Phyllotis rupestris lanchón orejudo			A					
Phyllotis magIster lauchón orejudo grande							C	
Rattus norvegicus guarén				C			C	
Rattus rattus rata de campo		C		C	C	C	C	
Mus musculus laucha doméstica	C	C	C	C	C	C	C	

Diversidad de mamíferos en Laguna Lejía

Se registraron once especies que incluyen las siete especies registradas en este estudio de los Órdenes Rodentia (tres especies), Carnivora (una especie), Artiodactyla (dos especies) y Perissodactyla (una especie) más cuatro especies de presencia probable (Tabla 4-22). En la Tabla 4-25 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las dos especies censadas. No se incluyen las especies probables ya que no pueden asignarse a una estación particular sino al área en su conjunto. La estación de muestreo que presentó la mayor riqueza específica (S) fue el pajonal de la estepa altiplánica con tola en roqueríos y el humedal Laguna Lejía.

TABLA 4-25. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MICROMAMÍFEROS Y MAMÍFEROS TOTALES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA, 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIÓN PARAMETROS	Pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1)	Pajonal tolar en planicie (LEJ-2)	Escoria volcánica (LEJ-3)	Pajonal rocoso (LEJ-4)	Escorial en laguna Seca (LEJ-5)	Laguna Lejía (LEJ-6)	Total
MICROMAMÍFEROS							
S	1	0	0	0	2	0	2
N	4	0	0	0	3		7
ABR (%)	57,1	0	0	0	42,9		100
H'	-----	-----	-----	-----	0,276		0,260
H' max	-----	-----	-----	-----	0,301		0,301
J	-----	-----	-----	-----	0,918		0,863
TOTAL DE MAMíFEROS							
Abrothrix andinus ratón andino	C				C		
Phyllotis magister lauchón orejudo grande					C		
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama						A	
Lycalopex culpaeus zorro culpeo						A	
Vicugna vicugna vicuña				A	A	A	
Lama glama llama	A						
Equus asinus burro	A						

Diversidad de mamíferos en Alrededores del Volcán Licancabur

Se registraron 14 especies, once especies registradas en este estudio de los órdenes Rodentia, Xenarthra, Carnivora y Artiodactyla, un registro previo y dos especies de presencia probable (Tabla 4-22). En la Tabla 4-26 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. No se incluyen el registro previo ni las especies probables ya que no pueden asignarse a una estación particular. Debido a que en cada estación se registró sólo una o dos especies, los índices de diversidad no son aplicables para todas las estaciones. Las estaciones de muestreo no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza específica (S).

TABLA 4-26. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ALREDEDORES VOLCAN LICANCABUR. 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIONES PARÁMETROS	Cardonal / Tolar (LIC-1)	Pajonal (LIC-2	Pajonal / Tolar (LIC-3)	Tolar (LIC-4)	Humedales Guatín, Borde Esteros (LIC-5)	Ojalar (LIC-6)	Total
MICROMAMÍFEROS							
S	2	0	0	1	1	0	3
N	2	0	0	1	7	0	10
AB (%)	20	0	0	10	70	0	100,0
H'	0,301	----	----	----	----	----	0,278
H' max	0,301	----	----	----	----	----	0,477
J	1	----	----	----	----	----	0,582
TOTAL MAMÍFEROS							
Phyllotis rupestris lauchón orejudo	C				C		
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco	C						
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso del norte				C			
Chaetophractus nationi quirquincho de la puna		A					
Lagidium viscacia viscacha		A	A	A			
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama			A				
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	A	A	A	A	A	A	
Leopardus colocolo gato colocolo					A	A	
Vicugna vicugna vicuña		A	A				
Lama glama llama			A	A			
Lama guanacoe guanaco						A	

Diversidad de mamíferos en Géisers del Tatio

Se registraron 12 especies incluyendo las ocho especies registradas en este estudio cuatro roedores, un carnívoro, dos artiodáctilos y un perisodáctilo introducido y cuatro registros previos (Tabla 4-22). En la Tabla 4-27 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. No se incluyen los registros previos ya que no pueden asignarse a una estación particular. Las estaciones de muestreo que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron quebrada Putana, Pajonal y Quebrada Géiseres, todas con dos especies. El valor más alto de diversidad (H') se registra en Quebrada Putana. La equiparabilidad (J), que mide el grado de homogeneidad o heterogeneidad en la composición de las abundancias de las poblaciones, en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad, es decir, las poblaciones encontradas tienden a presentan abundancias similares entre sí.

TABLA 4-27. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO GÉISERS DEL TATIO. 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIONES PARÁMETROS	Quebrada Putana (TA-1)	Tolar (TA-2)	Pajonal (TA-3)	Quebrada Géiseres (TA-4)	Bofedales (TA-5,6)	TOTAL
S	2	1	2	2		3
N	5	5	4	8		22
ABR (%)	22,7	22,7	18,2	36,4		100
H'	0,292	-----	0,244	0,287		0,328
H' max	0,301	-----	0,301	0,301		0,477
J	0,971	-----	0,811	0,954		0,688
TOTAL MAMÍFEROS						
Abrothrix andinus ratón andino	C			C		
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco			C			
Phyllotis magister lauchón orejudo grande	C	C	C	C		
Lagidium viscacia viscacha de montaña	A		A			
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	A		A			
Vicugna vicugna vicuña		A	A			
Lama glama llama	A	A	A		A	
Equus asinus burro					A	

3.5. Diversidad de vertebrados

Diversidad de vertebrados en el Valle de Quillagua

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las siete estaciones del Valle de Quillagua, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos tres zonas de análisis: (a) plantaciones arbóreas, matorrales y praderas en desuso, (b) humedales, que incluyen el borde del río Loa, tranque Sloman y el tranque Santa Fe y (c) los cultivos de alfalfa. La diversidad es relativamente similar en los cultivos y los matorrales, mientras que en los humedales las aves presentan mayor número de especies, pero, en general, el Valle de Quillagua posee ambientes relativamente similares (véase Anexo 4-2).

TABLA 4-28. VERTEBRADOS PRESENTES EN TRES ZONAS DEL VALLE DE QUILLAGUA. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	MATORRALES Y PLANTACIÓN	HUMEDALES	CULTIVO
Mamíferos	2	3	2
Aves	10	17	7
Reptiles	1	1	1
TOTAL	**13**	**21**	**10**

Diversidad de vertebrados en el Oasis de Calama

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las siete estaciones del Oasis de Calama, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos cinco zonas de análisis: (a) Ojo de Opache, (b) El Mirador, (c) humedales del río San Salvador, que incluye la quebrada de Quetena, (d) Yalquincha, que incluye la estación de Loa Medio, y (e) pradera agrícola (Tabla 4-29). La diversidad es mayor en los humedales de Yalquincha y El Mirador, este último sólo inferior en cuatro especies de aves. El número de especies de aves es menor a lo documentado por Rau et al. (1998) para Ojo de Opache y Cascada (aunque no entrega lista de especies registradas, sólo el valor de S), sin embargo ellos realizaron cuatro excursiones ornitológicas en diferentes estaciones del año. Si consideramos estos antecedentes previos, más el anfibio *Telmatobius dankoi* (rana acuática de Danko) podemos concluir que la diversidad, especialmente de aves es alta.

TABLA 4-29. VERTEBRADOS PRESENTES EN CINCO ZONAS DE LA LOCALIDAD DE OASIS DE CALAMA, 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	OJO DE OPACHE	MIRADOR	HUMEDALES SAN SALVADOR Y QUETENA	YALQUINCHA Y LOA MEDIO	PRADERA AGRÍCOLA
Mamíferos	4	3	3	3	1
Aves	8	14	13	18	9
Reptiles	0	1	1	1	1
TOTAL	**12**	**18**	**17**	**22**	**11**

Diversidad de vertebrados en Laguna Lejía

Reconocemos dos zonas de análisis, basados en los análisis de similitud realizados considerando solo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares: (a) humedal Laguna Lejía y (b) pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama, en relieves planos y abruptos, en algunas áreas con afloramientos rocosos (Tabla 4-30). La riqueza específica (S) es similar en ambos ambientes, siendo ligeramente mayor en el pajonal influenciada por una diferencia de dos especies de mamíferos y una de reptil. La disimilitud entre ambos ambientes es > al 65% lo que incrementa la diversidad beta del sitio. Por otro lado las aves del humedal presentan una diversidad alta para el ecosistema que representa por: (a) la alta riqueza de especie (20), en el marco de lo máximo esperado para todos los cuerpos de aguas cordilleranas (31 especies sensu Schlatter & Sielfeld 2006), (b) alto índice de equidad de Shannon Wiener muy cercano al máximo por lo que las especies que contiene, están bien representadas, sin embargo la diversidad podría incrementarse con censos en otras estaciones del año.

TABLA 4-30. VERTEBRADOS PRESENTES EN DOS ZONAS DE LA LOCALIDAD DE LAGUNA LEJÍA, 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS DE CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	PAJONAL DE LA ESTEPA SUBDESÉRTICA	HUMEDAL LAGUNA LEJÍA
Mamíferos	5	3
Aves	18	20
Reptiles	2	1
TOTAL	**25**	**24**

Diversidad de vertebrados en Alrededores del Volcán Licancabur

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las estaciones en los Alrededores del Volcán Licancabur, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos tres zonas de análisis: (a) pajonal y tolar, (b) humedales del Guatín y (c) ojalar. La diversidad de vertebrados es mayor en el pajonal/tolar y los humedales (24 y 20 especies respectivamente) y sensiblemente menor en el ojalar (sólo ocho especies). Los anfibios sólo están presentes en los humedales (dos especies) y los mamíferos están mejor representados en el pajonal y tolar (nueve especies) (Tabla 4-31).

TABLA 4-31. VERTEBRADOS PRESENTES EN TRES ZONAS DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	PAJONAL Y TOLAR	HUMEDALES DEL GUATÍN	OJALAR
Mamíferos	9	3	3
Aves	15	14	3
Reptiles	4	1	2
Anfibios	0	2	0
TOTAL	**28**	**20**	**8**

Diversidad de vertebrados en los Géisers del Tatio

Reconocemos tres zonas de análisis, basados en los análisis de similitud realizados considerando sólo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares: (a) Humedales, incluyendo el vado y humedales del río Putana, constituidos por un sistema de bañados en planicie y luego el cauce que fluye hacia una quebrada rodeada de un pajonal ralo en medio de un relieve abrupto. También se incluyen dos estaciones con bofedales de *Oxychloe*, (b) los géisers del Tatio y (c) la estepa de tolar y pajonal. Los ambientes con mayor diversidad de aves y mamíferos son los humedales y también es el sistema más biodiverso en vertebrados (36 especies) (Tabla 4-32).

TABLA 4-32. VERTEBRADOS PRESENTES EN CUATRO ZONAS DEL SITIO GÉISERS DEL TATIO. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	HUMEDALES	PAJONAL Y TOLAR	GÉISERS TATIO
Mamíferos	6	5	0
Aves	28	6	7
Reptiles	2	2	0
Anfibios	0	0	1
TOTAL	**36**	**13**	**8**

Resumen de registro de vertebrados por áreas

En la siguiente tabla se presenta el número de especies, por clase, de las cinco áreas de estudio. Hemos incluido, en este análisis final también los registros previos y especies probables (e.g., Rau et al 1998, Spotorno et al. 1998, Ramírez & Pincheira-Donoso 2005, Elgueta 2006). Los sitios con mayor número de especies de vertebrados son Oasis de Calama (56), Géisers del Tatio (52) y Alrededores del Volcán Licancabur (48). La mayor diversidad de órdenes está en el Oasis de Calama y de familias en Géisers del Tatio. La mayor diversidad de mamíferos está en Alrededores del Volcán Licancabur (14) y Géisers del Tatio (12), de aves en Oasis de Calama (42) y Géiseres del Tatio (35), la diversidad de herpetofauna es mayor en Alrededores del Volcán Licancabur (seis reptiles y dos anfibios). Téngase presente que los esfuerzos de registro son muy disímiles entre los sitios. Oasis de Calama es la que más esfuerzos ha tenido, por diversos autores y en varias excursiones y la menor Laguna Lejía. Se espera, entonces que nuevas expediciones en otras estaciones del año incrementen los registros en las zonas altiplánicas.

TABLA 4-33. VERTEBRADOS PRESENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008. E= ESPECIES, G= GÉNEROS, F= FAMILIAS, O= ÓRDENES. INCLUYE REGISTROS PROPIOS, PREVIOS Y ESPECIES PROBABLES.

	Valle de Quillagua				Oasis de Calama				Laguna Lejía				Volcán Licancabur				Géisers del Tatio			
Clase	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O
Mamíferos	4	4	3	2	9	6	3	3	11	10	5	4	14	12	7	5	12	11	6	4
Aves	23	19	14	7	42	35	19	9	30	21	15	9	26	20	13	6	35	30	18	10
Reptiles	1	1	1	1	4	4	2	1	2	1	1	1	6	2	2	1	4	1	1	1
Anfibios	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1	1	1
Total	**28**	**24**	**18**	**10**	**56**	**46**	**25**	**14**	**43**	**31**	**21**	**14**	**48**	**36**	**24**	**12**	**52**	**43**	**26**	**16**

CAPÍTULO V
CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO V CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD

1. PROCEDIMIENTOS

Para aportar herramientas útiles para la conservación de la biodiversidad a continuación se realiza un análisis que considera la integración de tres factores:

- La diversidad (como riqueza de especies y, cuando estuvieron disponibles, los índices de equidad). Se utilizó como insumo el anterior análisis de la diversidad descrito en el Capítulo IV.
- Análisis de endemismos, considerando las especies endémicas presentes, tanto a nivel de ambientes (e.g., ojalar, humedales, pajonales), como de las áreas de estudio (e.g., Oasis de Calama, Laguna Lejía, Géisers del Tatio).
- Estados de conservación, que reflejan el grado de amenaza a que están sometidas las especies (e.g., En Peligro, Vlnerable).

Con el cruce de estos factores proponemos los objetos de conservación (véanse más adelante los conceptos), que se presentarán a nivel de grano grueso (ambientes) y a nivel de grano fino (especies focales).

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS AMBIENTES A EVALUAR

Reorganizamos la información para definir los ambientes a evaluar de modo de seleccionar los objetos de conservación de filtro grueso. Nótese que ya no hablamos de inventarios, estaciones o zonas y en adelante nos referiremos a ambientes. Para esto seguimos, con modificaciones, la propuesta de clasificación de la vegetación de Gajardo (1994) a lo que se agregaron ecosistemas relevantes (e.g., humedales). De este modo, a estos ambientes se incorporaron las asociaciones vegetacionales descritas y se integraron las estaciones y zonas de análisis de diversidad de vertebrados. Los ambientes seleccionados se muestran en la siguiente tabla y en las Fig. 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 y 5-5. Nótese que algunos ambientes se encuentran en más de un área (e.g., el pajonal tolar de la estepa altoandina subdesértica está presente en Alrededores del Volcán Licancabur y Géisers del Tatio), lo que es completamente consistente desde el punto de vista biogeográfico. Al revés, algunas asociaciones podrían haberse unido dada su alta afinidad fitosociológica, tales como *Festuca orthophylla - Parastrephia lucida y Festuca orthophylla – Deyeuxia breviaristrata* (como *Stipa-deyeuxia* en este estudio), sin embargo, esto implicaba reunir un ambiente de Laguna Lejía con otros de Géisers del Tatio, muy distanciados entre sí, lo que es inaceptable para un análisis, por ejemplo, faunístico.

AMBIENTE	ASOCIACIÓN(ES) INCLUIDA(S)	ÁREAS	INVENTARIOS VEGETACIONALES	ESTACIONES DE FAUNA
Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	*Festuca orthophylla– Deyeuxia breviaristrata (Stipa – Deyeuxia)*	Laguna Lejía	LE 1, 4, 9, 11, 12	LEJ-1, LEJ-2, LEJ-3, LEJ-4, LEJ-5
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	*Festuca orthophylla– Parastrephia lucida*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 12 al 19	--
	Parastrephia quadrangularis - Festuca orthophylla	Géisers del Tatio	T 1 al 7	--
Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	*Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 3,7,8	(3 estaciones) LIC-2, LIC-3, LIC-4
		Géisers del Tatio	T 10 al 13	(2 estaciones) TA-3,TA-4,
Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	*Fabiana densa – Baccharis boliviensis*	Géisers del Tatio	T 8, 9	(2 estaciones) TA-2, LIC-4
Ojalar del desierto de aluviones	*Acantolippio deserticolae – Atriplicetum imbricada (Atriplex imbricada)*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 1, 2, 4, 6, 9, 10, 11	(2 estaciones) LIC-6, LIC-1
Humedales altoandinos del Tatio	*Oxyochloe andina*	Géisers del Tatio	T 14, 15, 16	(5 estaciones) TA-0, TA-5, TA-6, TA-7, TA-1
Humedal altoandino de Laguna Lejía	*Puccinellia-Calandrinia*	Laguna Lejía	LE 3, 10	(1 estacion) LEJ-6
Humedales riparianos del Guatín		Alrededores del Volcán Licancabur		(1 estación) LIC-5
Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata* *Baccharis juncea-Scirpus americanus* *Distichlis spicata-Tessaria absinthioides* *Juncus arcticus-Scirpus americanus* *Tessaria absinthioides-Scirpus americanus* *Baccharis juncea- Distichlis spicata* *Distlichetum spicatae*	Oasis de Calama	Sitios CAL-2 a CAL-9	(6 estaciones) CAL-2,CAL- 3, CAL-4, CAL-5, CAL-6,CAL- 7
Cultivos del Oasis de Calama	*Cultivo de maíz y de alfalfa*	Oasis de Calama	Sitio CAL-1 y de CAL-10 a CAL-13	(1 estación) CAL-1
Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *Scirpus americanus-Distichlis spicata*	Valle de Quillagua	Sitios QUI-1, QUI- 2, QUI-3	(6 estaciones) QUI-2, QUI-3, QUI-4, QUI-5, QUI- 6, QUI-7
Cultivos del Valle de Quillagua	*Atriplex atacamensis-Distichlis spicata* *Cultivo de alfalfa*	Valle de Quillagua	Sitio QUI- 4	(1 estación) QUI-1

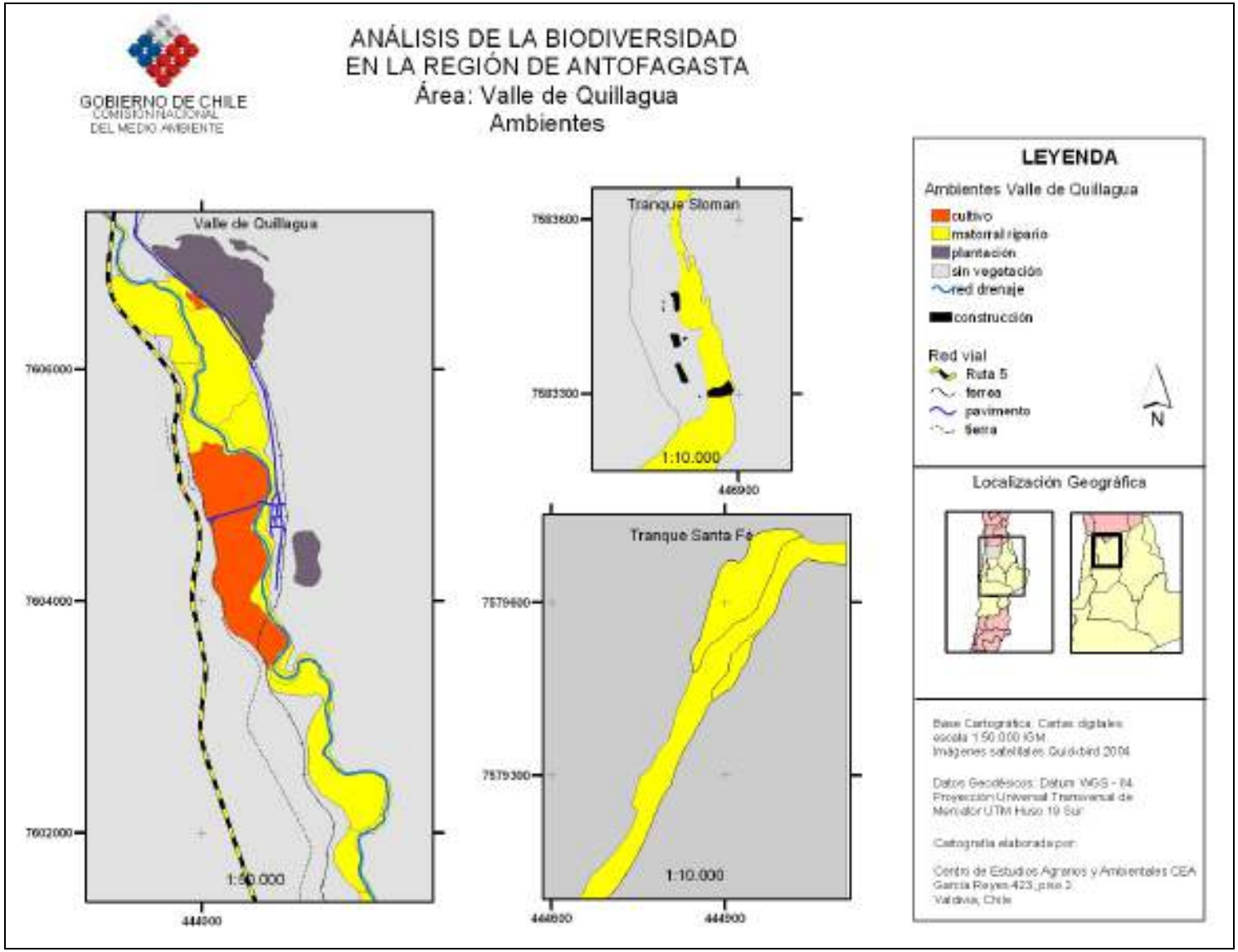


FIGURA 5-1. CARTA DE AMBIENTES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2008.

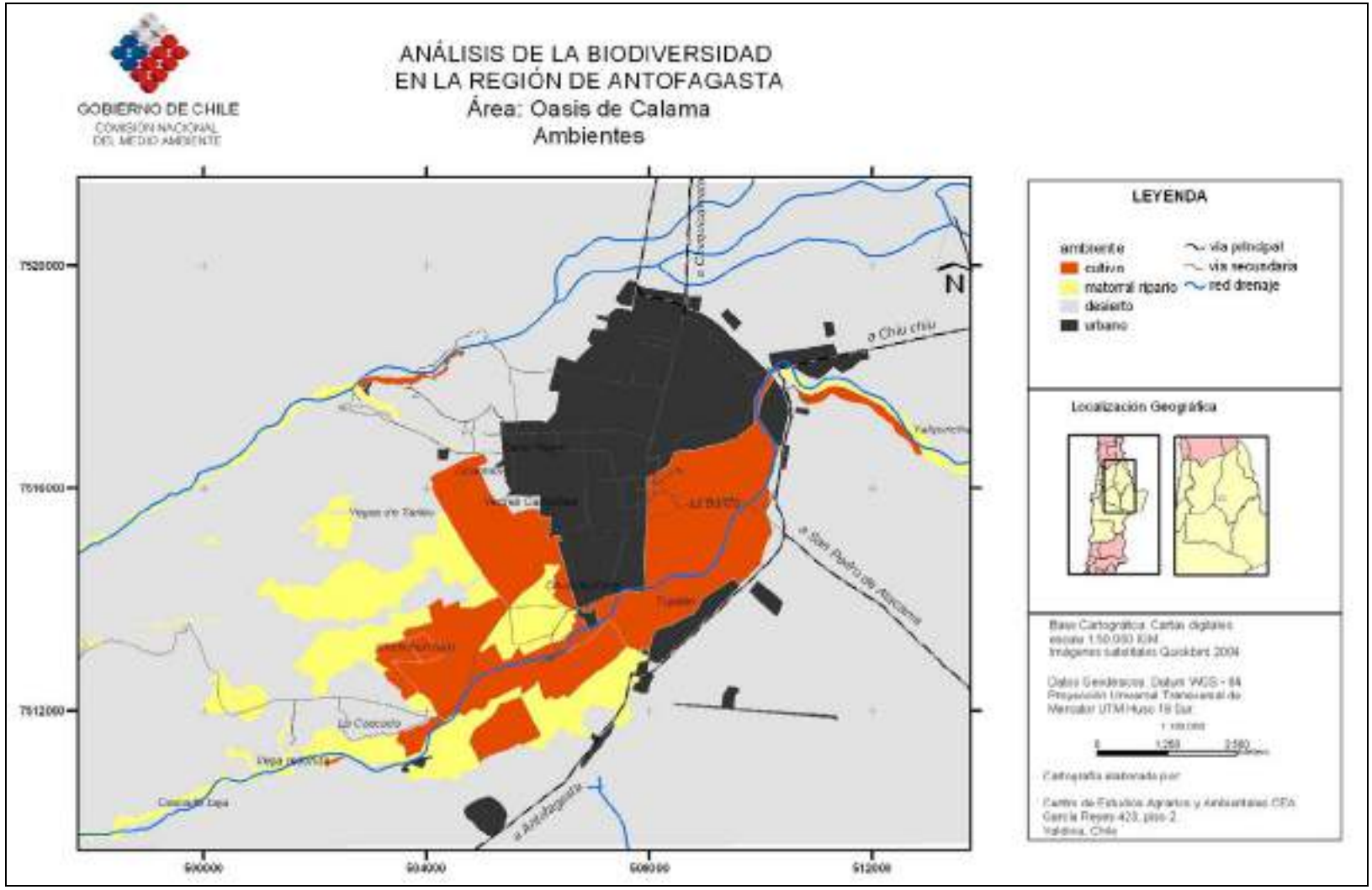


FIGURA 5-2. CARTA DE AMBIENTES EN EL OASIS DE CALAMA. 2008.

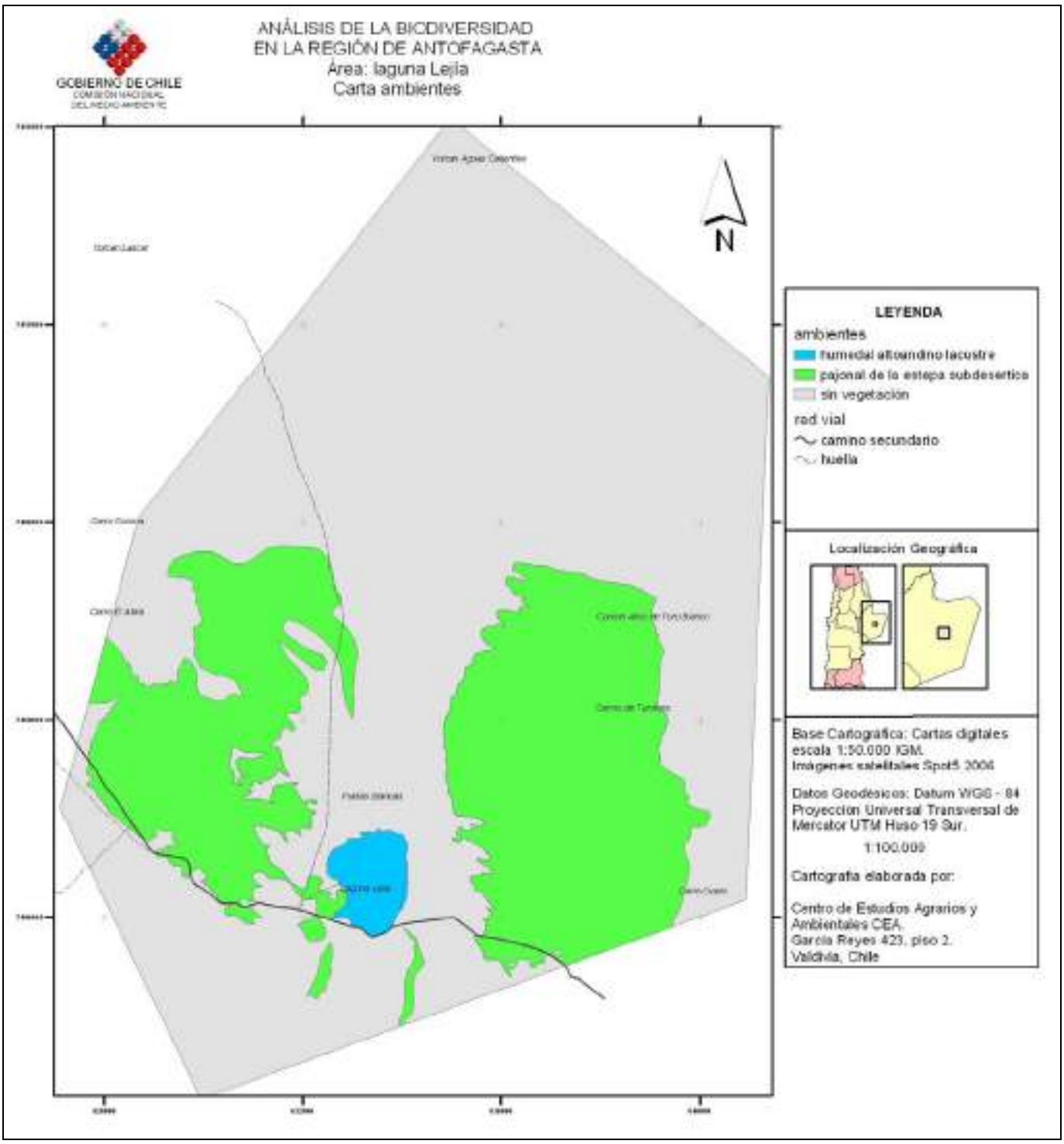


FIGURA 5-3. CARTA DE AMBIENTES EN LAGUNA LEJÍA. 2008.

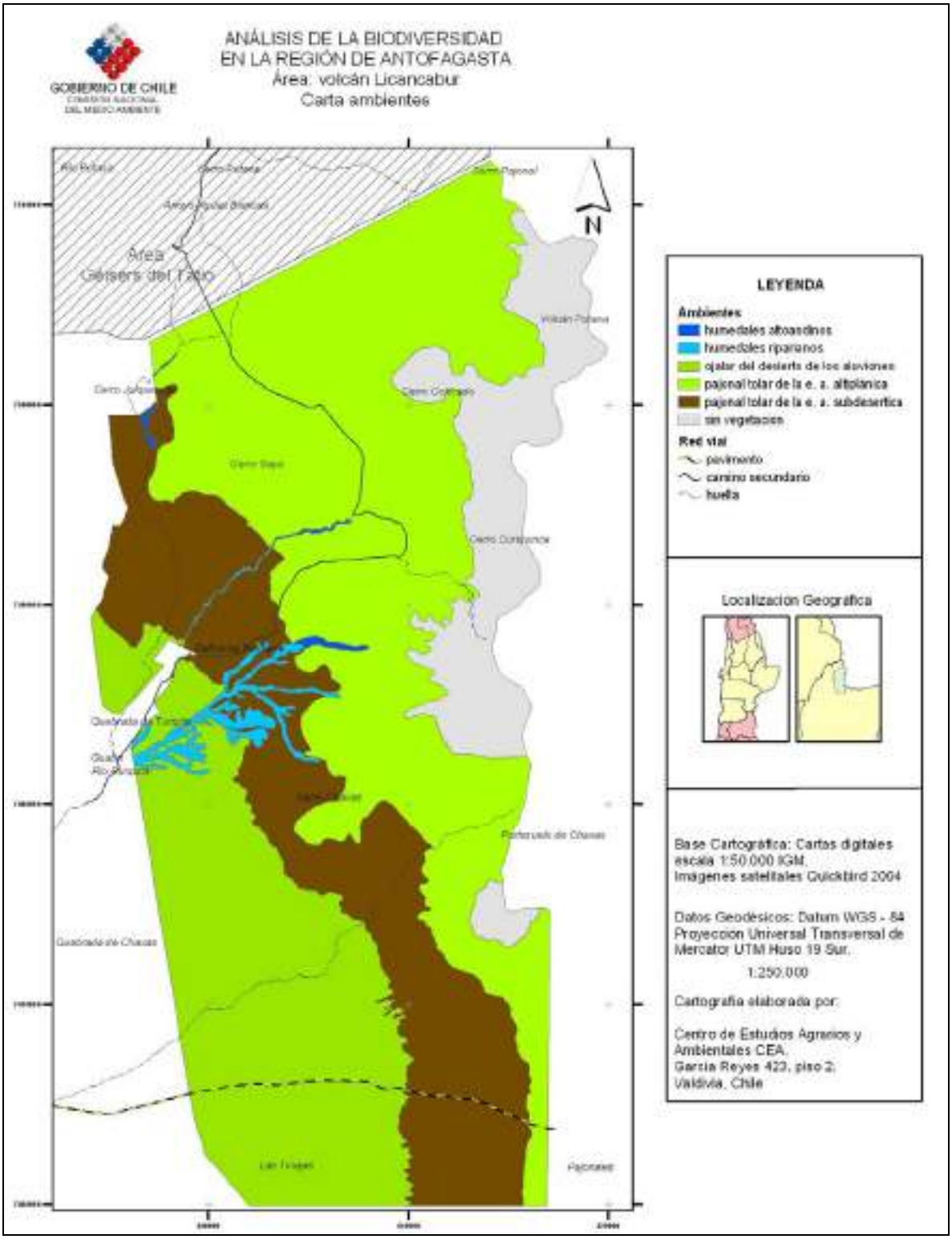


FIGURA 5-4. CARTA DE AMBIENTES EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

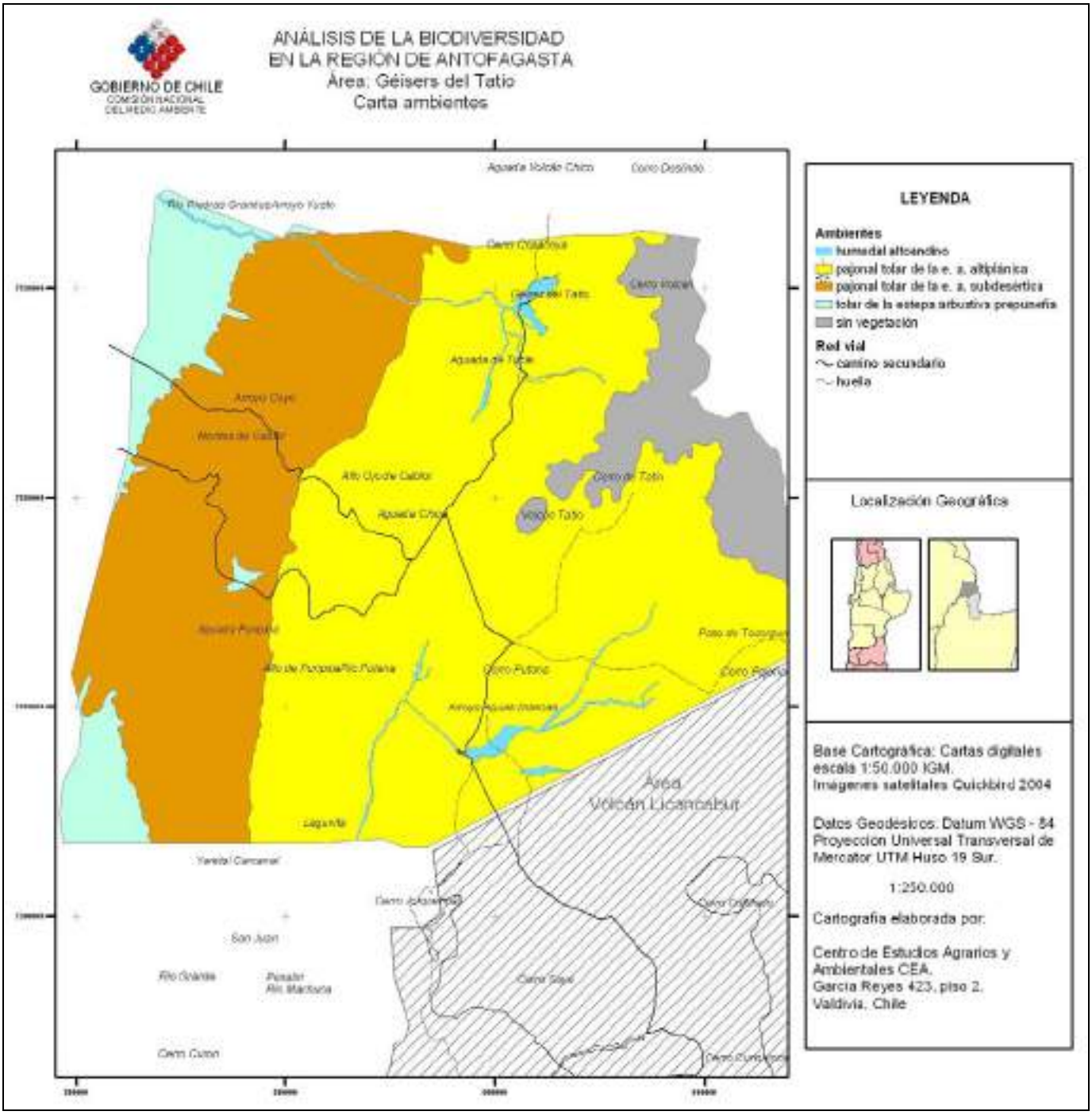


FIGURA 5-5. CARTA DE AMBIENTES EN GÉISERS DEL TATIO. 2008.

3. ENDEMISMOS

Cuando una especie está presente sólo en un lugar, área o región geográfica es una especie endémica, es decir no está en ninguna otra parte del mundo, al menos en forma natural. Este es un término usado para especies limitadas a un ámbito geográfico reducido. Por ello, cuando se indica que una especie es endémica de Chile, de la región de Antofagasta y de una localidad, quiere decir que sólo es posible encontrarla en ese lugar, de forma natural. Este concepto de endémico se aplica usualmente a las especies, pero también puede aplicarse a otros taxones como subespecies, género, familias, en incluso órdenes. El total de sitios o localidades donde habita una especie constituye su rango de distribución geográfica. No siempre, más bien raramente, estos rangos de distribución coinciden con los límites políticos de países o provincias (que se sepa las plantas y animales no saben de administración geográfica humana), por eso muchas veces es mejor hablar de áreas de endemismo, o sea, regiones que tienen especies que no se encuentran en ningún otro territorio. Pero la asignación político administrativa al final sí tiene importancia ya que la conservación de la biodiversidad es un asunto político que se maneja a nivel nacional. Cuando las áreas de endemismo abarcan más de un país, entonces se deben crear mecanismos bilaterales de conservación.

Las regiones de endemismo son zonas donde dos o más especies endémicas se superponen en su distribución. Los criterios para definir estas zonas son variables (e.g., Stattersfield et al. 1998 para especies de aves). Definir regiones de endemismos es importante ya que presentan oportunidades para una sola iniciativa de conservación lo que puede resultar beneficioso para más de una especie amenazada (Flanagan et al. 2005). También permite priorizar las áreas en función, por ejemplo, de la riqueza de especies, la diversidad, el número de especies endémicas, el número de especies con problemas de conservación, el nivel de uso y amenazas humanas.

En la conservación de la biodiversidad el endemismo es un factor importante (Humpries et al. 1995) ya que las especies endémicas, es decir con rangos de distribución restringida, son más susceptibles a la extinción. Por ejemplo de las 62 especies de aves extinguidas en el mundo en los últimos 200 años, un 80% tenía rangos de distribución restringidos (Stattersfield et al. 1998, Flanagan et al. 2005). Pero esto tiene matices. Las especies pueden dividirse en dos tipos: (a) especialistas de hábitat, que son aquellas que tienen requerimientos ecológicos muy específicos, estrechos, por lo que dependen de un cierto tipo de hábitat; (b) generalistas de hábitat, que son las que pueden vivir en un amplio abanico de hábitats. De este modo no todas las especies endémicas están amenazadas en su supervivencia, sí lo están las especies endémicas especialistas de hábitat, con requerimientos ecológicos estrechos y por lo tanto con menos posibilidades de adaptarse a los cambios en el ambiente, sean estos naturales o causados por el hombre.

Endemismo de plantas

Squeo et al. (1998), empleando las bases de datos ya mencionadas en el capítulo anterior, establecieron que para la región de Antofagasta se han registrado 979 especies vegetales, pertenecientes a 367 géneros y 101 familias. De ese total, 372 especies son endémicas, lo que representa el 38,7%. En el mapa de endemismo (Fig. 5-6) se representa los distintos porcentajes en la región y en el se aprecia que las áreas de estudio están en las zonas de menor endemismo (0-20%). Esto lo confirman Cavieres et al. (2002), que usando también las bases de datos existentes y un análisis de parsimonia de endemismos (PAE en inglés),

concluyen que dentro de la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismos. Una asociada a la costa y otra a la cordillera de los Andes. El área asociada a la costa contiene un 62,4% de plantas endémicas de Chile y un 19,9% de endémicas para la región. El área puneña de los Andes contiene un endemismo del 13,9% para Chile (especies no presentes en otro país) y de 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). Squeo et al. (1998) concluyen algo similar, indicando que la zona andina entre los 17º a los 24º S contiene un 14% de endemismo, pero que se incrementa a 27% entre los 25º a los 32º S. Simonetti & Veloso (2003) agregan que la presencia de especies endémicas disminuye con la altura.

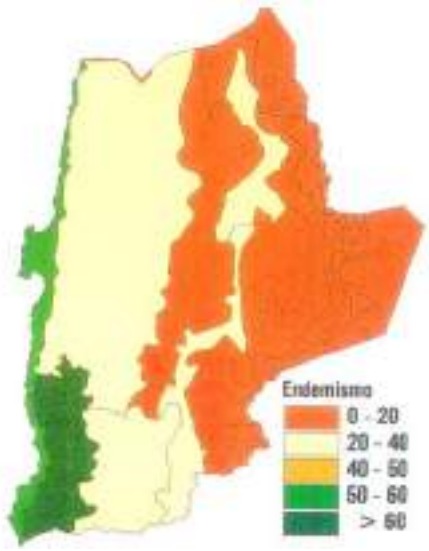


FIGURA 5-6. PORCENTAJE DE ESPECIES ENDÉMICAS DE CHILE EN DIFERENTES FORMACIONES VEGETACIONALES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. TOMADO DE SQUEO ET AL. (1998).

De este modo usamos como comparación y referencia para nuestras áreas de estudio un 14% de endemismo esperado. Las áreas de alrededores del volcán Licancabur y géiseres del Tatio son las áreas de mayor endemismo según Cavieres et al. (2002), pero es menor, aunque los autores no entregan valores, para el área donde se localiza Laguna Lejía y los Valle de Quillagua y Calama. Finalmente este factor de endemismos, debe tomarse con cierta reserva ya que no es comparable con el endemismo de la zona costera (que es mucho más alto). Esto se debe a que las zonas altiplánicas contienen endemismos andinos, que se comparten con Bolivia y Argentina, lo que las hace no endémicas desde el punto de vista político administrativo, pero que sí son endémicas desde en punto de vista ecológico. Debieran considerarse estas especies como cuasi endémicas (Cf. Marín 2004).

Endemismo de vertebrados

Se han documentado (e.g., Ramírez & Pincheira-Donoso 2005) para la provincia de El Loa 176 especies de vertebrados terrestres, pertenecientes a 81 géneros, 44 familias y cuatro órdenes. De ellos el 11,9% son endémicos. Por otro lado, para la región de Antofagasta (Núñez & Veloso 2001, Ramírez & Pincheira-Donoso 2005) documentan 31 especies de reptiles de los cuales 24

son endémicos para la región: *Callopistes palluma, Liolaemus alticolor, L. atacamensis, L. constanzae, L. donosi, L. dorbignyi, L. fabiani, L. filiorum, L. foxi, L. hellmichi, L. islugensis, L. multicolor, L. nigriceps, L. paulinae, L. puritamensis, L. signifer, L. stolzmanni, Microlophus atacamensis, M. tarapacensis, Phrynosaura audituvelata, P. erronea, P. torresi, Garthia gaudichaudii, Phyllodactylus cf inaequalis*. El único género endémico para la región es *Phrynosaura* (aunque controvertido). Para la provincia de El Loa se documentan 15 especies de reptiles endémicas (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005).

TABLA 5-1. ENDEMISMOS DE ESPECIES DE VERTEBRADOS PRESENTES EN LA PROVINCIA DEL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Clase	Total especies	Especies nativas	Especies endémicas	% de endemismo
Mamíferos	35	28	1	3,6
Aves	113	110	0	0,0
Reptiles	22	22	15	68,2
Anfibios	6	6	5	83,3
Total Vertebrados	176	168	21	11,9

3.1. Endemismos en las áreas por ambiente

Valle de Quillagua

En esta zona se registró una planta endémica *Prosopis tamarugo* y un solo endemismo en vertebrados, *Microlophus theresioides* corredor de Pica, perteneciente a la clase de los reptiles (Tabla 5-2). Se trata de una especie endémica a nivel nacional, ya que su distribución abarca toda la extensión del río Loa y también la pampa del Tamarugal. Es el lagarto de mayor envergadura en la provincia de El Loa y bastante común en su área de distribución. Se puede observar corriendo a gran velocidad, desplazándose en forma bípeda. El corredor de Pica fue encontrado en todas las zonas prospectadas en el Valle de Quillagua, cultivos y matorrales, humedales y pradera. Si se considera el total de vertebrados registrados en cada zona el % de endemismos es mayor en el cultivo (10%), disminuyendo en matorrales y pradera (7,7%) y en los humedales (4,8%), a pesar de que es en este último ambiente donde se encontró la mayor riqueza de especies. Esto último se explica porque en los humedales el grupo mejor representado es habitualmente el de las aves, las que exhiben los menores endemismos.

TABLA 5-2. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA VALLE DE QUILLAGUA. 2007. E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Valle de Quillagua
PLANTAS	
Prosopis tamarugo tamarugo	E
VERTEBRADOS	
Microlophus theresioides corredor de Tereza (REPTILIA)	E
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	22
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	1
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	25
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	1
% PLANTAS ENDÉMICAS	4,5
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4,0

Oasis de Calama

En la localidad Calama no se registraron especies de plantas endémicas, sí se registraron cuatro endemismos a nivel de vertebrados (Tabla 5-3). Tres corresponden a la clase reptiles, con las especies *Liolaemus paulinae* lagartija de Paulina, *Microlophus theresioides* corredor de Pica y *Phrynosaura torresi* dragón de Torres; y uno que corresponde a la clase anfibios *Telmatobius dankoi* rana acuática de Danko. Los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Phrynosaura torresi* fueron registrados en Yalquincha y Pradera agrícola respectivamente. La lagartija de Paulina, especie endémica local bastante común, se conoce sólo de Calama y sus alrededores habiéndose observado a orillas del río Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). Se desconocen aspectos de su ecología y reproducción. El dragón de Torres es endémico a nivel regional, su registro es señalado por Elgueta (2006) en zonas de pradera agrícola. Únicamente *Microlophus theresioides* fue registrado en más de una zona, siendo éstos Mirador, humedales San Salvador y Quetena, y pradera agrícola. El anfibio *Telmatobius dankoi*, especie endémica en las cercanías de la ciudad de Calama, aún cuando no fue registrado en este estudio ha sido encontrado en la estación Mirador y se consideró en este análisis por el alto valor que representa su categoría de endemismo local. El género *Telmatobius* reúne a ranas acuáticas, de las cuales Chile posee siete representantes, todas distribuidas sobre los 2.500 m. *T. dankoi* es la especie más sureña de los *Telmatobius* descrito para Chile (Duellman 1993, Cuevas & Formas 2002).

Los mayores porcentajes de endemismos se encontraron asociados a las zonas de pradera agrícola (18,2%) y Mirador (11,1%), disminuyendo a 5,9% en humedales y a 4,5% en Yalquincha y Loa Medio. Destaca también en los ambientes asociados al Oasis de Calama la relación inversa entre riqueza de especies y endemismo, así el mayor endemismo ocurre en la estación de menor riqueza de especies y el menor endemismo se da en la estación con mayor riqueza de especies. Como en el caso de Quillagua, la mayor riqueza de especies se asocia a una mayor presencia de aves, las cuales, según se mencionó, presentan los menores endemismos.

TABLA 5-3. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA. 2008. E= ENDÉMICO NACIONAL, ER= ENDÉMICO PARA LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA, EL= ENDEMISMO LOCAL.

ESPECIE	Oasis de Calama
PLANTAS	
VERTEBRADOS	
Liolaemus paulinae lagartija de Paulina REPTILIA	El
Microlophus theresioides corredor de Tereza REPTILIA	E
Phrynosaura torresi dragón de Torres REPTILIA	Er
Telmatobius dankoi rana acuática de Danko AMPHIBIA	El
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	33
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	0
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	50
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4
% PLANTAS ENDÉMICAS	0
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	8,0

Laguna Lejía

Se registraron dos plantas endémicas, *Junellia tridáctila* y *Calceolaria stellariifolia*. En este lugar se presenta un endemismo de vertebrados, el reptil *Liolaemus puritamensis* lagartija de Puritama, especie endémica para la región y que fue registrada en los dos ambientes representativos del área de estudio, pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama y el humedal altoandino lacustre Laguna Lejía. *Liolaemus puritamensis* está restringida a los alrededores de San Pedro de Atacama, oriente de Domeyko, camino al Tatio y lagunas Lejía y Seca, sobre los 4.000 msm. En relación con los endemismos, al considerar la totalidad de los vertebrados nativos registrados para el área, se observa un grado relativamente bajo de endemismos para el área, presentando el ambiente de pajonal un 4,0% y el humedal un 4,3%.

TABLA 5-4. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA DE LAGUNA LEJÍA. 2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIES	Laguna Lejía
PLANTAS	
Junellia tridactyla khachujanki	E
Calceolaria stellariifolia zapatito	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus puritamensis lagartija de Puritama REPTILIA	Er
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	29
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	2
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	42
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	1
% PLANTAS ENDÉMICAS	6,9
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	2,4

Volcán Licancabur

Se registraron 11 especies de plantas endémicas: *Adesmia aphylla, Adesmia atacamensis, Adesmia kingii, Lupinus oreophilus, Neuontobothrys linifolius, Nototriche pulvinata, Opuntia conoidea, Polyachyrus carduoides, Trichocereus atacamensis, Tephrocactus atacamensis var. atacamensis* y *Trichocline caulescens*. Se registraron cinco endemismos a nivel de vertebrados (Tabla 5-5). Cuatro corresponden a la clase reptiles, con las especies *Liolaemus barbarae*, *Liolaemus puritamensis*, al igual que *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata*; y uno que corresponde a la clase anfibios, *Telmatobius vilamensis*. *Liolaemus barbarae*, es especie endémica local, registrada en el ambiente Pajonal/tolar *Liolaemus puritamensis*, especie endémica regional, fue registrada igualmente en el ambiente de Pajonal/tolar. *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* ambas especies endémicas locales fueron registradas en el Ojalar. El anfibio *Telmatobius vilamensis* fue registrado en los Humedales de Guatín. *Liolaemus barbarae* se conoce en sectores orientales de altura asociados a San Pedro de Atacama, alcanzando algunas poblaciones áreas fronterizas con Argentina, donde vive asociada a estepas altiplánicas con matorrales achaparrados. Posee reproducción vivípara. *Liolaemus fabiani* es una especie de morfología singular dentro del género y de distribución restringida a la provincia de El Loa (oriente de Domeyko, alrededores del Salar de Atacama y camino a Licancabur), aunque relativamente abundante. De reproducción ovovivípara y dieta insectívora. *Phrynosaura audituvelata* se distribuye en los alrededores de San Pedro de Atacama, cuesta Barros Arana y el cordón de Domeyko. El endemismo de esta especie es destacable ya que *Phrynosaura* representa además el único género endémico de la región (Núñez y Veloso 2001). Son reptiles notablemente adaptados a condiciones desertícolas de extrema aridez, presentando el tímpano completamente cubierto de escamas (lo que ayuda en su identificación), adaptación que da origen a su nombre (auditus = oído; velatus = cubierto) y cuya función es proteger el tímpano de ser golpeado por granos de arena impulsados por el viento. También posee peines de escamas que cumplen la misma función de protección de sus ojos. Las especies de *Telmatobius* son todas acuáticas, de hábitos nadadores, asociados a la cordillera de los Andes desde los 2.000 msm. *Telmatobius vilamensis* está restringido al río Vilama, cuenca que drena hacia el salar de Atacama, sobre los 3.000 msm, donde utiliza la escasa vegetación acuática como refugio. El mayor porcentaje de endemismo fue registrado en la zona del ojalar con un 25%, (representando la zona estudiada de mayor endemismo), le sigue el pajonal/tolar con un 7,1% y los humedales del Guatin con un 5,0%.

Folio008717

TABLA 5-5. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Volcán Licancabur
PLANTAS	
Adesmia aphylla	E
Adesmia atacamensis tano-tano	E
Adesmia kingii anaguaya	E
Lupinus oreophilus salcari	E
Neuontobothrys linifolius	E
Nototriche pulvinata	E
Opuntia conoidea	E
Polyachyrus carduoides amargura	E
Tephrocactus atacamensis chuchampe	E
Trichocereus atacamensis cardón gigante	E
Trichocline caulescens	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus barbarae lagartija de Bárbara REPTILIA	El
Liolaemus puritamensis lagartija de Puritama REPTILIA	Er
Liolaemus fabiani lagartija de Fabián REPTILIA	El
Phrynosaura audituvelata dragón de oído cubierto REPTILIA	El
Telmatobius vilamensis sapo de Vilama AMPHIBIA	El
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	91
TOTAL PLANTAS ENDEMICAS	11
TOTAL VERTEBRADOS NATIVAS REGISTRADOS	47
TOTAL VERTEBRADOS ENDEMICOS	5
% PLANTAS ENDÉMICAS	12,1
% VERTEBRADOS ENÉDÉMICOS	10,6

Géisers del Tatio

Se registraron seis plantas endémicas: *Junellia tridactila, Adesmia atacamensis, Calceolaria stellariifolia, Opuntia conoidea, Trichocereus atacamensis* y *Werneria glaberrima*. En los diferentes ambientes representativos del sitio géiseres del Tatio, se encontraron dos especies endémicas, los reptiles *Liolaemus barbarae*, lagartija de Bárbara y *Liolaemus hajeki*, lagartija de Hajek endemismos local y regional, respectivamente. La lagartija de Bárbara fue registrada en el ambiente de pajonal y tolar. *Liolaemus hajeki* fue también registrada en el pajonal y tolar. Se trata de una lagartija que se distribuye en el área norte de Calama y San Pedro de Atacama, salares de Ascotán y Carcote, sobre los 3.000 m, sin haber registros de su presencia fuera del país. Analizando el total de vertebrados registrados en cada ambiente se obtiene que el porcentaje de endemismos del pajonal y tolar es 15,4%, siendo la única zona que presenta vertebrados endémicos.

TABLA 5-6. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA GÉISERS DEL TATIO.2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Géisers del Tatio
PLANTAS	
Junellia tridáctila kachujanki	E
Adesmia atacamensis	E
Calceolaria stellariifolia zapatito o capachito	E
Opuntia conoidea	E
Trichocereus atacamensis cardón gigante	E
Werneria glaberrima	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus barbarae lagartija de Bárbara REPTILIA	El
Liolaemus hajeki lagartija de Hajek REPTILIA	Er
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	91
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	6
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	51
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	2
% PLANTAS ENDÉMICAS	6,6
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	3,9

3.2. Endemismos por áreas de estudio

El análisis de endemismo a nivel de cada una de las cinco áreas de estudio revela que el área de mayor endemismos en plantas es el área Alrededores del Volcán Licancabur con 11 especies y un 12,1%, concordante con lo propuesto por Cavieres et al. (2002) que calculaba un 13,9% para la cuadrícula que contiene parte del área de estudio. Para los vertebrados nuevamente es relevante el área del volcán Licancabur con un 10,4%, le sigue el Oasis de Calama con un 8,0. Laguna Lejía con un 2,4% es el área de menor endemismo animal.

TABLA 5-7 ESPECIES ENDÉMICAS DE PLANTAS Y VERTEBRADOS TERRESTRES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

	Valle de Quillagua	Oasis de Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Géiseres del tatio
Nº ESPECIES PLANTAS NATIVAS	22	33	29	91	91
Nº ESPECIES PLANTAS ENDÉMICAS	1	0	2	11	6
% PLANTAS ENDÉMICAS	4,5	0,0	6,9	12,1	6,6
Nº ESPECIES VERTEBRADOS NATIVOS	25	50	42	47	51
Nº ESPECIES VERTEBRADOS ENDÉMICAS	1	4	1	5	2
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4,0	8,0	2,4	10,6	3,9

4. ESTADOS DE CONSERVACIÓN

En la Ley General de Bases del Medio Ambiente se plantean una serie de disposiciones que aluden a las categorías de estados de conservación de la flora y fauna silvestre de nuestro país, otorgándolo así urgencia al proceso de evaluación y clasificación de dichas especies a fin de cumplir la normativa vigente. En este contexto, el Artículo 37 de la Ley de Bases del Medio Ambiente exige que el proceso de clasificación se base en criterios científico–técnicos, debiendo someterse toda la información relevante al Comité de Clasificación de Especies, para que los especialistas ahí reunidos (públicos y académicos) presenten al Consejo Directivo de la CONAMA, una propuesta de clasificación para las especies contempladas, proceso que está aún en pleno desarrollo en nuestro país.

La historia de la legislación en torno a la conservación, que, aunque regula la explotación, no define categorías de conservación de los recursos forestales en nuestro país, se inicia por la aplicación de la legislación española durante la Colonia y los inicios de la República, en que se disponía que “los montes deban conservarse, autorizando la corta sólo de los árboles grandes debiendo dejarse la planta en estado de regenerar”. En 1931 se dicta la Ley de Bosques a través del Decreto Supremo 4.363, del Ministerio de Tierras y Colonización que recoge algunas de las normas de decretos y reglamentos dictados en décadas precedentes, que establecían las primeras normas sobre bosques de protección. Esta Ley prohíbe la corta y destrucción de tres clases de bosques de protección de suelos y aguas: (a) árboles y arbustos nativos situados a menos de 400 m sobre los manantiales que nacen en los cerros y a menos de 200 m de sus orillas del nacimiento de la vertiente hasta el plano, (b) arbolado situado a menos de 200 m de radio de los manantiales que nacen en terrenos planos no regados y (c) árboles existentes en cerros desde la medianía de su falda hasta la cima.

En relación a la fauna, el primer cuerpo legal de carácter general que protege a la fauna silvestre, terrestre y acuática en Chile, es la Ley de Caza N° 4.601 de 18 de junio de 1929 y su Reglamento N° 4.844. Dentro de sus aspectos principales se encuentran la determinación de períodos de veda temporal e indefinida; fijación de números máximos de ejemplares permitidos de caza por excursión y por cazador; los métodos de caza permitidos; regulaciones sobre el comercio nacional e internacional y la crianza en cautividad de las especies silvestres nativas. En 1998, se promulgó un nuevo Reglamento de la Ley de Caza N° 4.601, DS Nº 05/1998, modificado por el DS N53/2004 Ministerio Agricultura, que moderniza la legislación vigente en la materia, haciéndola más eficiente y poderosa. Es así como, de 52 especies de aves con veda indefinida se pasa a proteger 317 especies. Este nuevo Reglamento norma por primera vez la captura y caza de reptiles y anfibios en Chile, decretando la prohibición de captura, comercialización y exportación de todas las especies chilenas.

4.1. Legislación vigente

Ley N° 19.473 de 1996. Ley de Caza del Ministerio de Agricultura. Esta ley sustituye la Ley Nº 4.601, sobre caza, y el Artículo 609 del Código Civil. Establece la prohibición de caza y captura para todos los vertebrados nativos de Chile, con la excepción los recursos hidrobiológicos, los que están protegidos por normas derivadas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, bajo tuición de la Subsecretaría de Pesca y del Servicio Nacional de Pesca. En su Reglamento de 1998, se establece por primera vez el estado de conservación de las especies de fauna de Chile. Hasta el momento sólo se habían definido la clasificación de los estados de conservación

en Libros Rojos de la CONAF (flora, 1985 y fauna terrestre, 1987), los que no tienen carácter legal o normativo que posibilitara su exigencia obligatoria como instrumento de conservación.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (D.O. 09.03.94) Ministerio Secretaría General de la República. En su Artículo 1 contiene las normas generales que regulan las materias relacionadas con "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental" En el Párrafo 4º De las Normas de Calidad Ambiental, Preservación de la Naturaleza y Conservación del Patrimonio Ambiental, el Artículo 37 da las indicaciones para la creación de un reglamento que fije el procedimiento para clasificar las especies de flora y fauna silvestres, sobre la base de antecedentes científico-técnicos, y según su estado de conservación, en las siguientes categorías: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerable, rara, insuficientemente conocida y fuera de peligro. En el Artículo 38, señala que "Los organismos competentes del Estado confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerable, rara e insuficientemente conocidas." En el Párrafo 6º De los Planes de Manejo, Prevención o Descontaminación el Artículo 41 señala que el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables se efectuará asegurando su capacidad de regeneración y la diversidad biológica asociada a ellos, en especial de aquellas especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas. Y finalmente, en el Artículo 42, dice que el organismo público encargado por la ley de regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en un área determinada, exigirá, la presentación y cumplimiento de planes de manejo de los mismos, a fin de asegurar su conservación. Estos incluirán, entre otras, las siguientes consideraciones ambientales: c) Protección de especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidos.

Reglamento de Clasificación de Especies (D.O. 11.05.2005) Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El Decreto Supremo Nº 75 de 2005, aprueba el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres y establece las disposiciones que regirán el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a que alude el artículo 37 de la ley Nº19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; define las categorías en las que deben ser clasificadas las especies evaluadas y el procedimiento para la clasificación de especies incluyendo los Criterios para la clasificación de especies, las funciones y conformación de un Comité para la Clasificación de Especies según su estado y el procedimiento administrativo para la clasificación.

Categorías de conservación

El Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres, utiliza las categorías que establece la Ley 19.300 para la clasificación de las especies de flora y fauna, según su estado de conservación según lo señalado en la Tabla 5-8.

TABLA 5-8. CATEGORIAS DE CONSERVACIÓN LEGALMENTE VIGENTES EN CHILE.

CATEGORIA		DESCRIPCIÓN
Extinguida (Extinta)	E	Una especie se considera “Extinta” cuando prospecciones exhaustivas no han detectado ningún individuo en estado silvestre.
En Peligro de Extinción	EP	Una especie se considera “En Peligro” al enfrentar un riesgo muy alto de extinción.
Vulnerable	V	Una especie se considera “Vulnerable” cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría de “En Peligro”, enfrenta un riesgo alto de extinción.
Insuficientemente Conocida	IC	Una especie “Insuficientemente Conocida” es una que, bajo presunciones fundadas, enfrenta un riesgo de extinción pero para la cual no hay información suficiente para asignarla a la categoría “En Peligro” o bien “Vulnerable”. Es, por tanto, una categoría de riesgo que implica un esfuerzo de levantamiento de información para determinar el real estado de conservación de la especie.
Fuera de Peligro	FP	Una especie se considera “Fuera de Peligro” cuando, habiendo estado en alguna de las categorías anteriores (de riesgo), se considera relativamente segura en la actualidad por la adopción de medidas efectivas de conservación o por la cesación de una amenaza.
Rara	R	Una especie se considera “Rara” cuando sus poblaciones ocupan un área geográfica pequeña o estén restringidas a un hábitat muy específico (que en si, sea escaso en la naturaleza), o cuando la especie en forma natural, presenta bajas densidades poblacionales aunque ocupe un área geográfica mayor. Las especies clasificadas como raras, también pueden ser clasificadas en alguna de las demás categorías.
No se ajusta a ninguna categoría de conservación según RCE		Si bien ésta no es una categoría de estado de conservación que emane de la Ley 19.300, una especie puede, luego de su primer proceso de clasificación, no quedar asignada a ninguna de las categorías anteriores, por considerar que, con los datos disponibles a la fecha de su clasificación, no habían antecedentes que indicaran un estado de riesgo, rareza o extinción para esa especie.

Fuentes de información

La flora y fauna registrada en este estudio se analizó utilizando como indicadores diferentes métodos e iniciativas, además del reglamento de la Ley de Caza 19.407 como fuente de información oficial para la fauna. Así, se consultaron las listas proporcionadas por Benoit (1989), actualizada en reunión de expertos realizada en septiembre de 1997 y Red Data Book UICN (2007) para flora y Glade (1998), Red Data Book UICN (2007), Cofré & Marquet (1998), Veloso (2006), Núñez et al. (1997) y Díaz-Paez & Ortiz (2003) para fauna. Las categorías y sus definiciones del Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres están contenidas en una ley, por lo que su modificación es materia de una modificación legislativa, situación que no permite actualizarlas según las modificaciones periódicas que UICN va haciendo de ellas. De esta manera, algunos de los criterios en nuestra legislación ya no son comparables internacionalmente, como es el caso de la categoría Rara que fue eliminada de la nomenclatura de UICN.

4.2. Estado de conservación por áreas de estudio

Estado de conservación Valle de Quillagua

Flora. El estado de conservación de las 22 especies nativas de flora registradas en el lugar, indica que 19 especies no presentan problemas de conservación y sólo tres están en la categoría de Vulnerable, *Prosopis alba, P. chilensis* y *P. tamarugo* (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor/ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación, según las definiciones de su versión 2.3 de 1994.

TABLA 5-9. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA; LR= RIESGO MENOR; NT=CASI AMENAZADA; CD= DEPENDIENTE DE LA CONSERVACIÓN

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	BENOIT (1989)	UICN 2007
Prosopis alba	algarrobo blanco	V	LR/nt
Prosopis chilensis	algarrobo	V	N/E
Prosopis tamarugo	tamarugo	V	LR/cd

Fauna. En el área muestreada se registraron dos especies de mamíferos nativos. El reglamento de la Ley de Caza no incluye a *Abrothrix olivaceus* en ninguna categoría de conservación mientras que UICN (2007) lo clasifica como de Menor riesgo/preocupación menor. *Myotis atacamensis* por su parte es sindicado como de poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza aunque no está clasificado en ninguna de las categorías de conservación, y por UICN (2007) como Vulnerable, en base a la reducción poblacional, aunque su evaluación data de 1996 y no ha sido actualizada. Ninguno de ellos ha sido evaluado en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993), y Cofré & Marquet (1998) consideran a ambos Sin Prioridad Inmediata. El reptil registrado, *Microlophus theresioides*, en el Reglamento de la Ley de Caza se consigna en la categoría Rara; Núñez et al. (1997) lo evalúan en la misma categría, mientras que no ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) ni en UICN (2007). De las 22 especies de aves nativas registradas en el área de estudio, en el reglamento de la Ley de Caza, se incluye a *Larus modestus* en la categoría de Vulnerable y a *Conirostrum tamarugense* como Inadecuadamente conocida. Ninguna ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) y UICN (2007) clasifica a *Conirostrum tamarugense* como Vulnerable y a las restantes como de Preocupación Menor.

TABLA 5-10. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. N/E= NO EVALUADA, V= VULNERABLE, R= RARA, LC= PREOCUPACIÓN MENOR.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	GLADE 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS					
Myotis atacamensis	murciélago de Atacama		N/E		V
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Microlophus theresioides	corredor de Tereza	R	N/E	R	N/E
AVES					
Larus modestus	gaviota garuma	V	N/E		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies dañinas. Las dos especies de mamíferos exóticos registrados, *Rattus rattus* y *Mus musculus,* y una especie de ave, *Passer domesticus*, son considerados por el Reglamento de la Ley de Caza como especies de fauna silvestre perjudiciales o dañinas, las cuales pueden ser cazadas o capturadas en cualquier época del año, en todo el territorio nacional.

Especies beneficiosas. Las aves *Troglodytes aedon, Pygochelidon cyanoleuca, Tachuris rubrigastra, Tyrannus savana, Muscisaxicola macloviana, Muscisaxicola maculirostris, Chordeiles acutipennis, Falco femoralis,* y *Buteo polyosoma* están consideradas como especies beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Zonotrichia capensis, Conirostrum tamarugense, Conirostrum cinereum, Upucerthia dumetaria* y *Phleocryptes melanops* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y el reptil Microlophus theresioides como especie de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio, las aves *Fullica ardesiaca, Chordeiles acutipennis, Upucerthia dumetaria, Tyrannus savana, Conirostrum cinereum, Larus modestus* y *Conirostrum tamarugense*, y el reptil *Microlophus theresioides* se consideran como especies con poblaciones reducidas.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

Estado de conservación Oasis de Calama

Flora. De las 33 especies nativas de flora registradas, sólo dos, *Prosopis alba* y *P. chilensis* están en la categoría de Vulnerable y 31 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor/ casi amenazado, mientras que *P. chilensis* no está evaluado, según las definiciones de su versión 2.3 de 1994.

TABLA 5-11. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL OASIS DE CALAMA V= VULNERABLE; LR= RIESGO MENOR; nt= CASI AMENAZADA; N/E= NO EVALUADA;

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	BENOIT (1989)	UICN (2007)
Prosopis alba	algarrobo blanco	V	LR/nt
Prosopis chilensis	algarrobo	V	N/E

Fauna. Se registraron cinco especies de mamíferos nativos en el área muestreada, dos de ellos con problemas de conservación. El Reglamento de la Ley de Caza y el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile consideran a *Licalopex griseus* y *L. culpeaus* Insuficientemente conocido mientras que Cofré & Marquet (1998) consideran a *L. griseus* como Vulnerable y a *L. culpaeus* como Sin Prioridad Inmediata. UICN los clasifica como de preocupación menor. Se registraron dos especies de reptiles *Microlophus theresioides* y *Liolaemus paulinae*, que en el Reglamento de la Ley de Caza se consignan en la categoría Rara. Núñez et al. (1997) consideran a *M. theresioides* en la misma categoría mientras no ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) ni en UICN (2007). *L. paulinae* está incluida en la categoría Rara en el Libro Rojo y por Núñez et al. (1997) y con Datos Insuficientes en UICN (2007), aunque su evaluación está desactualizada. Incluimos el registro de un anfibio, *Telmatobius dankoi*, que Díaz-Paez & Ortiz (2003) consideran Insuficientemente Conocido y UICN (2007) con Datos Insuficientes. De las 40 especies de aves nativas registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Falco peregrinus* en la categoría de Vulnerable. Ninguna ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993), y UICN las clasifica a todas como de Preocupación menor.

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies dañinas. Las cuatro especies de mamíferos exóticos registrados, *Oryctolagus cuniculus*, *Rattus rattus*, *R. norvegicus* y *Mus musculus,* y dos especies de aves, *Passer domesticus* y *Columba livia*, son considerados como especies de fauna silvestre perjudiciales o dañinas, las cuales pueden ser cazadas o capturadas en cualquier época del año, en todo el territorio nacional.

Especies beneficiosas. Las aves *Troglodytes aedon*, *Athene cunicularia*, *Bubo magellanicus*, *Tyto alba*, *Falco femoralis*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco sparverius*, *Falco peregrinus*, *Buteo polyosoma, Circus cinereus* y *Geranoaetus melanoleucus* están consideradas como

especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que *Egretta caerulea*, *Pardirallus sanguinolentus*, *Steganopus tricolor*, *Leptasthenura aegithaloides*, *Zonotrichia capensis*, *Upucerthia dumetaria, Cinclodes fuscus* y *Phleocryptes melanops* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. Los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides* y el ave *Nycticorax nycticorax* son consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de avifauna registradas en el área de estudio, *Egretta caerulea*, *Falco peregrinus*, *Steganopus tricolor, Fulica ardesiaca* y *Upucerthia dumetaria*, el mamífero *Phyllotis magíster* y los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

TABLA 5-12. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL OASIS DE CALAMA. N/E= NO EVALUADA, R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	GLADE 1993		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Lycalopex griseus	zorro chilla	I	I	V	lc
Lycalopex culpeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	R	R		DD
Microlophus theresioides	corredor de Tereza	R	N/E		N/E
AVES					
Falco peregrinus	halcón peregrino	V	N/E		LC
ANFIBIOS				Díaz-Paez & Ortiz 2003	
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko			I	DD

Estado de conservación de Laguna Lejía

Flora. De las 29 especies nativas de flora registradas, sólo tres pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable y 26 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-13. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN LAGUNA LEJÍA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	BENOIT (1989)	UICN (2007)
Nototriche auricoma	nototriche	V	N/E
Nototriche sp.	nototriche	V	N/E
Nototriche sp.1	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron 10 especies de mamíferos nativos silvestres en el área muestreada. El Reglamento de la Ley de Caza incluye a cinco de ellos en alguna categoría de conservación: En Peligro a nivel nacional a *Vicugna vicugna, Chinchilla brevicaudata*, Vulnerable a *Ctenomys fulvus* e Insuficientemente conocido a *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea*; estas cinco especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) incluyéndolas en las mismas categorías salvo para el caso de *Vicugna vicugna* que se incluye en categoría Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *C. brevicaudata* y *Vicugna vicugna* En Peligro, a *A. cinerea* Vulnerable, a *Ctenomys opimus* como Frágil y las dos especies restantes como Sin Prioridad Inmediata, mientras que *Abrothrix andinus* no aparece evaluado; UICN (2007) clasifica a una de las especies como Peligro Critico (*C. brevicaudata*), tres especies como de Menor riesgo/preocupación menor, una como de Preocupación menor y una no evaluada. Se registraron dos especies de reptil, *Liolaemus andinus* y *L.puritamensis*, las que no se han incluido en ninguna categoría de conservación en la Ley de Caza y no han sido evaluadas por Glade (1993), Núñez et al. (1997) ni UICN (2007). De las 30 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Pterocnemia pennata* en la categoría En Peligro, a *Chloephaga melanoptera*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus jamesi*, *Phoenicoparrus andinus* y *Larus serranus* en la categoría de Vulnerable y a *Attagis gayi* en la categoría Rara. El Libro Rojo (Glade 1993) también incluye a estas siete especies en alguna categoría de conservación aunque difiere la clasificación de *Larus serranus* a la que consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de estas especies como Casi amenazadas (*Pterocnemia pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *P. jamesi*), a una como Vulnerable (*Phoenicoparrus andinus*) y a las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

TABLA 5-14. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN LAGUNA LEJIA. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA NT= NO AMENAZADA LR/LC= RIESGO MENOR/PREOCUPACIÓN MENOR.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	GLADE 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	V	V	NP	LR/lc
Ctenomys opimus	tuco tuco de la puna			F	
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	P	P	P	CR
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
AVES					
Pterocnemia pennata	suri	P	P		NT
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus	parina grande	V	V		VU
Phoenicoparrus jamesi	parina chica	V	V		NT
Chloephaga melanoptera	piuquén	V	V		LC
Attagis gayi	perdicita cordillerana	R	R		LC
Larus serranus	gaviota andina	V	R		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. Las aves *Oreotrochilus estella*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Muscisaxicola rufivertex*, *M. flavinucha* y *M. frontales* son consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que *Charadrius alticola*, *Calidris bairdii*, *Steganopus tricolor*, *Geositta cunicularia*, *G. punensis*, *Upucerthia ruficauda*, *U. dumetaria* y *Asthenes modesta* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. El mamífero *Lycalopex culpaeus* y las aves *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *P. jamesi*, *Phrygilus atriceps* y *Bolborhynchus aurifrons* son especies consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio los mamíferos *Phyllotis magister*, *Ctenomys fulvus, Ctenomys opimus, Chinchilla brevicaudata* y *Vicugna vicugna*, y las aves *Pterocnemia pennata, Charadrius alticola*, *Steganopus tricolor*, *Attagis gayi*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *P. jamesi*, *Sicalis uropygialis*, *S. olivascens*, *Phrygilus unicolor*, *P. plebejus*, *Carduelis atrata*, *Upucerthia ruficauda*, *U. dumetaria* y *Bolborhynchus aurifrons* se consideran especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Estado de conservación Alrededores del Volcán Licancabur

Flora. De las 91 especies de flora nativa registradas, sólo tres, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche auricoma* y *Nototriche* cfr. *pulvinata* están incluidas en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-15. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VOLCÁN LICANCABUR. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	BENOIT (1989)	UICN (2007)
Trichocereus atacamensis	cardón grande	V	N/E
Nototriche auricoma	nototriche	V	N/E
Nototriche cfr. pulvinata	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron 13 especies de mamíferos nativos en el área muestreada, de los cuales ocho se encuentran dentro de alguna categorización en el Reglamento de la Ley de Caza, que incluye a cinco de ellos en la categoría En Peligro a nivel nacional (*Chaetophractus nationi*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna, Lama guanicoe* y *Leopardus colocolo*), a *Ctenomys fulvus* como Vulnerable y a *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* como Insuficientemente conocido; estas especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) incuyendo a *Chaetophractus nationi* y *Leopardus colocolo* en la categoría En Peligro y a *Lagidium viscacia* y *Vicugna vicugna* como Vulnerables, mientras que *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* como Insuficientemente conocida; Cofre y Marquet (1998) consideran a *Vicugna vicugna* En Peligro, y a *Eligmodontia puerulus* y *Lagidium viscacia* en categoría Frágil, a *Leopardus colocolo* y *Lama guanicoe y A. cinerea* como Vulnerable; UICN (2007) clasifica a *Chaetophractus nationi* como Vulnerable, a *Lagidium viscacia* como de Datos insuficientes, a *Leopardus colocolo* como Casi Amenazada y a cinco de las restantes especies como de Menor riesgo/preocupación menor y a una como de Menor Riesgo/ dependiente de la conservación; aunque la evaluación para las especies del Orden Rodentia data de 1996 y no ha sido actualizada. Se registraron seis especies de reptiles, tres de las cuales, *Liolaemus constanzae, L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* se consignan en la categoría Rara en el Reglamento de la Ley de Caza. *L. constanzae* y *P. audituvelata* están incluidas en la categoría Rara en el Libro Rojo (Glade 1993), *L. fabiani* y *L. constanzae* son consideradas en categoría Rara por Núñez et al. (1997) mientras que UICN (2007), solo considera a *L. constanzae* con Datos insuficientes aunque su evaluación está desactualizada. En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios, una de las cuales, *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en la Ley de Caza. Glade (1993) la clasifica en la misma categoría y Veloso (2006) y UICN (2007), la consideran de Preocupación menor. De las 26 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Tinamotis pentlandii* en la categoría de Vulnerable. El Libro Rojo (Glade 1993) la considera Vulnerable, mientras que ninguna de las restantes especies ha sido evaluada. UICN las clasifica a todas como de Preocupación menor.

TABLA 5-16. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA F= FRÁGIL NT= CASI AMENAZADA LR/LC= RIESGO MENOR/PREOCUPACIÓN MENOR LR/CD= RIESGO MENOR/DEPENDIENTE DE LA CONSERVACIÓN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	GLADE 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Chaetophractus nationi	quirquincho de la puna	P	P	N/E	V
Leopardus colocolo	gato colocolo	P	P	V	NT
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	V	V	NP	LR/lc
Eligmodontia puerulus	ratita de pie sedoso del norte		N/E	F	LR/lc
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lagidium viscacia	vizcacha	P	V	F	DD
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
Lama guanicoe	guanaco	P	V	V	LR/lc
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Liolaemus constanzae	lagartija de Constanza	R	R		DD
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	R			N/E
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	R	R		N/E
ANFIBIOS				Veloso 2006	
Bufo spinulosus	sapo espinoso	V	V	LC	LC
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama				DD
AVES					
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	V	V		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. El mamífero *Leopardus colocolo* y las aves *Buteo polyosoma*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoralis*, *Oreotrochilus* sp., Muscisaxicola rufivertex, *M. maculirostris*, *Pygochelidon cyanoleuca* y *Troglodytes aedon* están consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Cinclodes atacamensis*, *Zonotrichia capensis*, *Leptasthenura aegithaloides*, *Upucerthia ruficauda* y *Asthenes modesta* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. Por su parte, el mamífero *Lycalopex culpaeus*, el ave *Phrygilus atriceps* y los reptiles *Liolaemus constanzae*, *L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* se consideran de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de vertebrados registradas en el área de estudio, los mamíferos *Chaetophractus nationi*, *Leopardus colocolo*, *Ctenomys fulvus*,

Akodon albiventer, *Eligmodontia puerulus*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna*, los reptiles *Liolaemus constanzae*, *Liolaemus fabiani*, *Phrynosaura audituvelata*, el anfibio *Telmatobius vilamensi* y las aves *Tinamotis pentlandii*, *Anas puna*, *Upucerthia ruficauda*, *Turdus chiguanco*, *Phrygilus unicolor*, *P. plebejus* y *Carduelis atrata* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

Estado de conservación Géisers del Tatio

Flora. De las 91 especies de flora nativa registradas en este estudio, tres: *Trichocereus atacamensis, Nototriche argentea* y *Azorella compacta* están en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989). UICN (2007) no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-17. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN GÉISERES DEL TATIO. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	BENOIT (1989)	UICN (2007)
Trichocereus atacamensis	cardón gigante	V	N/E
Azorella compacta	llareta	V	N/E
Nototriche argentea	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron once especies de mamíferos nativos silvestres, cinco de ellos con problemas de conservación. El Reglamento de la Ley de Caza considera En Peligro a nivel nacional a *Vicugna vicugna* y *Lagidium viscacia* e Insuficientemente conocido a *Lycalopex culpaeus, Auliscomis sublimis* y *Abrocoma cinerea*; estas cinco especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) en las mismas categorías, salvo *Vicugna vicugna* y *L. viscacia* en la categoría Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *Vicugna vicugna* En Peligro, *L. viscacia* como frágil y *Abrocoma cinerea* Vulnerable, mientras que las dos especies restantes como Sin Prioridad Inmediata; UICN (2007) clasifica a las cinco especies como de Menor riesgo/preocupación menor. Se registraron cuatro especies de reptiles, las que no se han incluido en ninguna categoría de conservación en la Ley de Caza y no han sido evaluadas por Glade (1993), Núñez et al. (1997) ni UICN (2007). En el área de estudio se registró una especie de anfibio, *Bufo spinulosus* que está considerada como Vulnerable en la Ley de Caza. Glade (1993) la clasifica en la misma categoría mientras que Veloso (2006) y UICN (2007), la consideran de Preocupación menor. De las 35 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Pterocnemia pennata* en la categoría En Peligro, a *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Vultur gryphus* y *Fulica gigantea* en la categoría de Vulnerable. El Libro Rojo (Glade 1993) también incluye a estas siete especies en alguna categoría de conservación aunque difiere la clasificación de *Larus serranus* a la que

consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de estas especies como Casi amenazadas (*Pterocnemia pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *Vultur gryphus*), a dos como Vulnerables (*Phoenicoparrus andinus* y *Agriornis andicola*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

TABLA 5-18. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN GÉISERES DEL TATIO. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA NT= CASI AMENAZADA, LR/CD= RIESGO MENOR/DEPENDIENTE DE CONSERVACIÓN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	GLADE 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Auliscomys sublimis	ratón de la puna	I	I	NP	LR/lc
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
Lagidium viscacia	viscacha	P	V	F	DD
ANFIBIOS				Veloso 2006	
Bufo spinulosus	sapo espinoso	V	V	LC	LC
AVES					
Pterocnemia pennata	suri	P	P		NT
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus	parina grande	V	V		V
Chloephaga melanoptera	piuquén	V	V		LC
Vultur gryphus	cóndor	V	V		NT
Fulica gigantea	tagua gigante	V	V		LC
Larus serranus	gaviota andina	V	R		LC
Agriornis andicola	mero de la puna		N/E		V

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. Las aves *Buteo polyosoma*, *Vultur gryphus*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoralis*, *Pygochelidon cyanoleuca*, *Muscisaxicola rufivertex*, *M. flavinucha*, *Lessonia oreas*, *Agriornis andicola* y el anfibio *Bufo spinulosus* son consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Tringa flavipes*, *Calidris bairdii*, *Cinclodes atacamensis*, *Asthenes modesta* y *Leptasthenura aegithaloides* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. El mamífero *Lycalopex culpaeus* y las aves *Gallinago andina*, *Bolborhynchus aurifrons*, *Upucerthia ruficauda*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus*

andinus y *Phrygilus atriceps*, son especies consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio los mamíferos *Akodon albiventer*, *Phyllotis magister*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna* y las aves *Pterocnemia pennata, Anas puna*, *Gallinago andina, Larus serranus*, *Tringa flavipes*, *Metriopelia aymara*, *Upucerthia ruficauda, Bolborhynchus aurifrons, Thinocorus orbignyianus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Fulica gigantea*, *Phrygilus dorsalis*, *P. unicolor* y *Carduelis atrata* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

4.3. Estado de conservación en cinco áreas de estudio

Flora. De las 181 especies de flora nativa registradas, 10 están consideradas en la categoría de Vulnerable y 171 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989). Es decir un 5,5% de estas especies están amenazadas, una proporción igual a lo documentado a nivel nacional. Estas especies vulnerables representan el 35,7% de las 28 especies clasificadas en esta categoría en Chile y el 14,1% de las 71 especies clasificadas en cualquiera de las categorías.

TABLA 5-19. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN CINCO ÁREAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA; LR= RIESGO MENOR; NT= CASI AMENAZADA; CD= DEPENDIENTE DE CONSERVACIÓN. SENSU MARTICORENA (2005).

ESPECIES / INVENTARIOS	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	EL TATIO	BENOIT	UICN
Azorella compacta					x	V	N/E
Trichocereus atacamensis				x	x	V	N/E
Nototriche argentea					x	V*	N/E
Nototriche auricoma			x	x		V*	N/E
Nototriche cfr. pulvinata				x		V*	N/E
Nototriche sp. A			x			V*	N/E
Nototriche sp.B			x			V	N/E
Prosopis alba	x	x				V	LR/nt
Prosopis chilensis	x	x				V	N/E
Prosopis tamarugo	x					V	LR/cd
ESPECIES NATIVAS REGISTRADAS	22	33	29	91	91	10	2

TABLA 5-20. NÚMERO DE ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN CINCO ÁREAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

CATEGORÍA	VALLE DE QILLAGUA	OASIS CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	GÉISERS DE TATIO	TOTAL	TOTAL NACIONAL
En peligro							11
Vulnerable	3	2	3	3	3	10	28
Rara							32
Total especies en EC	3	2	3	3	3		71
Especies nativas registradas	22	33	29	91	91	181	

Fauna.

MAMÍFEROS. De los 25 mamíferos registrados en el área de estudio 11 están considerados en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza; seis En Peligro a nivel nacional, representando el 35,3% de los mamíferos clasificados en esta categoría en Chile, uno Vulnerable que representa el 9,1% de total nacional en esta categoría y cuatro como Insuficientemente conocido los que representan el 57,1% del total nacional. Estas 11 especies representan el 22,9% de las especies clasificadas en alguna categoría de conservación. Tres especies están consideradas en alguna categoría de conservación por otros autores, dos en la categoría Frágil por Jofre & Marquet (1998) y una Vulnerable por UICN (2007).

REPTILES. Se registraron 13 especies de reptiles, cinco de las cuales presentan problemas de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza, encontrándose todas ellas clasificadas en la categoría Rara, lo que representa el 10,2% de las especies de reptiles clasificadas en esta categoría y el 5,4% de los clasificados a nivel nacional. Una más reciente clasificación de este taxón se realizó en 1997 (Núñez et al 1997), clasificándose en esa oportunidad a 98 de reptiles, frente a lo cual las especies encontradas con problemas de conservación en este estudio corresponderían solo al 5,1% del total nacional.

ANFIBIOS. Se registraron tres especies de anfibios, de los cuales solo *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en el Reglamento de la Ley de Caza lo que correspondería al 16,7% de las especies clasificadas en esta categoría y al 6,7% del total nacional para este taxon. Sin embargo en publicaciones más recientes Díaz-Paez & Ortiz (2003) y Veloso (2006) clasifican a esta especie como Fuera de Peligro y de Preocupación Menor respectivamente. Díaz-Paez & Ortiz (2003) incluyen a *Telmatobius dankoi* como Insuficientemente Conocida y Veloso (2006) considera, tanto a *T. dankoi* como a *T. vilamensis* en la misma categoría.

AVES. De las 90 especies de aves registradas en el área de estudio, 13 especies se consideran amenazadas en el Reglamento de la Ley de Caza, una En peligro que corresponde al 6,7% de las especies de avifauna clasificadas en esta categoría a nivel nacional, 10 Vulnerable correspondientes al 38,5% del total nacional, una Rara, 9,1% del total nacional para esta categoría y una Insuficientemente conocida, 5,9% de las especies a nivel nacional. Las 13 especies con problemas de conservación corresponden al 18,8% de las especies categorizadas a nivel nacional. A éstas se suma una especie considerada como Casi amenazada por UICN (2007).

Folio008734

TABLA 5-21. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; LC= PREOCUPACION MENOR; NT= CASI AMENAZADA LR= RIESGO MENOR NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA; F= FRÁGIL, 1= QUILLAGUA; 2= CALAMA; 3= LAGUNA LEJÍA; 4= VOLCÁN LICANCABUR; 5= GÉISERS EL TATIO.

ESPECIES	1	2	3	4	5	Reglamento Ley de Caza	Glade 1993 Nacional	Glade 1993 Antofagasta		UICN 2007
MAMÍFEROS									Cofré & Marquet 1998	
Chaetophractus nationi				x		P	P	P		VU
Myotis atacamensis	x									VU
Eligmodontia puerulus				x					F	LR/lc
Auliscomys sublimis					x	I	I	I	NP	LR/lc
Ctenomys fulvus			x	x		V	V		NP	LR/lc
Ctenomys opimus				x					F	
Lagidium viscacia				x	x	P	V	P	F	DD
Chinchilla brevicaudata			x			P	P	P	P	CR
Abrocoma cinerea			x	x	x	I	I	I	V	LR/lc
Leopardus colocolo				x		P	P		V	NT
Lycalopex culpaeus			x	x	x	I	I	I	NP	LC
Lycalopex griseus		x				I	I	I	V	lc
Lama guanicoe				x		P	V	P	V	LR/lc
Vicugna vicugna			x	x	x	P	V	P	P	LR/cd
REPTILES									Núñez et al. 1997	
Microlophus theresioides	x	x				R			R	
Liolaemus fabiani				x		R			R	
Liolaemus paulinae		x				R	R	R	R	DD
Liolaemus constanzae				x		R	R	R	R	DD
Phrynosaura audituvelata				x		R	R	R		
ANFIBIOS									Veloso 2006	
Bufo spinulosus				x	x	V	V	V	LC	LC
Telmatobius dankoi		x							DD	DD
Telmatobius vilamensis				x					DD	DD
AVES										
Pterocnemia pennata			x		x	P	P	P		NT
Tinamotis pentlandii				x	x	V	V	V		LC
Phoenicopterus chilensis			x		x	V	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus			x		x	V	V	V		VU
Phoenicoparrus jamesi			x			V	V	V		NT
Chloephaga melanoptera			x		x	V	V	V		LC
Vultur gryphus					x	V	V	R		NT
Falco peregrinus		x				V				LC
Fulica ardesiaca	x	x								NT
Fulica gigantea					x	V	V			LC
Attagis gayi			x			R	R	R		LC
Larus serranus			x		x	V	R	V		LC
Larus modestus	x					V	V	V		LC
Conirostrum tamarugense	x					I				VU

Como se aprecia en la Tabla 5-24, el número de especies con problemas de conservación en las cinco áreas es similar para los Oasis de Calama y Quillagua, entre sí, con cinco y seis especies respectivamente, y para los tres sitios de estudio del altiplano entre sí con 12 a 16 especies con problemas de conservación incluyendo todas las fuentes de información. Si solo consideramos el Reglamento de la Ley de Caza esta situación se hace aún más similar para ambos grupos.

TABLA 5-22. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN A NIVEL NACIONAL SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA LEY DE CAZA. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; F= FUERA DE PELIGRO.

	P	V	R	I	F	Total
Mamíferos	17	11	13	7	0	48
Aves	15	26	11	17	0	69
Reptiles	8	21	49	7	7	92
Anfibios	11	6	14	6	4	41
	51	64	87	37	11	250

TABLA 5-23. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA NORTE SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA LEY DE CAZA. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; F= FUERA DE PELIGRO.

	P	V	R	I	F	Total
Mamíferos	9	5	5	5	0	24
Aves	4	17	3	11	0	35
Reptiles	3	8	32	4	3	50
Anfibios	3	1	5	0	0	9
	19	31	45	20	3	115

TABLA 5-24. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS DE ESTUDIO EN LA REGION DE ANTOFAGASTA.

FUENTE	CATEGORÍA	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS DE CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	GÉISERS DE TATIO	TOTAL ESPECIES	TOTAL NACIONAL
Ley de Caza	En peligro			3	5	3	7	51
	Vulnerable	2	1	6	3	8	12	64
	Rara	1	2	1	3		6	87
	Insuficientemente conocida	1	1	2	2	3	4	37
	Fuera de peligro							11
Veloso 2006	Datos insuficientes		1		1			
Jofre & Marquet 2008	Frágil				2			
UICN 2007	Casi amenazada	1	1					
	Vulnerable					1		
Total especies en EC		5	6	12	16	14	31	250
Total especies registradas		26	50	42	48	51	130	

4.4. Conclusiones

Valle de Quillagua

Tres especies de plantas están en la categoría de Vulnerables, *Prosopis alba*, *P. chilensis* y *P. tamarugo* (sensu Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor./ casi amenazada y a P. tamarugo como de Preocupación menor / dependiente de la conservación.

El reptil *Microlophus theresioides*, según la Ley de Caza se consigna como especie beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria, de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara.

De las 23 especies de aves registradas en el área de estudio según la Ley de Caza, *Larus modestus* es categorizada como Vulnerable y *Conirostrum tamarugense* como Inadecuadamente Conocida, mientras que UICN (2007) categoriza a *Conirostrum tamarugense* como Vulnerable y a las restantes como de Preocupación Menor.

Oasis de Calama

Dos especies de plantas están en la categoría de Vulnerables, *Prosopis alba* y *P. chilensis* (sensu Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor./ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación.

El reptil *Microlophus theresioides*, según la Ley de Caza se considera como especie de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara. *Liolaemus paulinae* está incluida en la categoría Rara en el Libro Rojo y con datos insuficientes en UICN (2007), aunque su evaluación está desactualizada, mientras que en el Reglamento de la Ley de Caza como especie de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara.

Licalopex griseus y *L. culpaeus* son considerados Insuficientemente Conocido, mientras que las tres especies de roedores nativos son categorizadas por UICN como de Preocupación Menor.

De las 40 especies de aves registradas en el área de estudio según la Ley de Caza, *Falco peregrinus* es categorizada como Vulnerable y todas son categorizadas por UICN (2007) como de Preocupación Menor.

Laguna Lejía

Tres de las 29 especies de flora nativas registradas, pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable (Benoit 1989).

Cinco de las 10 especies de mamíferos nativos silvestres registrados se incluyen en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna* y *Chinchilla brevicaudata* En Peligro a nivel nacional, *Ctenomys fulvus* Vulnerable y *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* Insuficientemente conocido; Glade (1993) incluye a todas en la misma categoría salvo *V. vicugna* como Vulnerable; Cofre y Marquet (1998) consideran a *V. vicugna* y *C. brevicaudata* En Peligro, y tres como Sin Prioridad Inmediata; UICN (2007) clasifica como Peligro Critico a *C. brevicaudata*, a tres como de Menor riesgo/preocupación menor y a una como de Preocupación menor.

Una de las 30 especies de aves registradas está en la categoría en Peligro, *Pterocnemia pennata*, cinco, *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus* y *P. jamesi* están en la categoría de Vulnerable y una, *Attagis gayi* en la categoría Rara, según el Reglamento de la Ley de Caza. Glade (1993) considera a siete de estas especies en la misma categoría de conservación y a L serranus la consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de las 30 especies como Casi amenazadas (*P. pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *P. jamesi*), a una como Vulnerable (*Phoenicopterus andinus*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

Alrededores del Volcán Licancabur

Tres de 91 especies de plantas nativas están en la categoría de Vulnerables, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche auricoma* y *Nototriche cfr. pulvinata* sensu Benoit (1989).

De las 14 especies de mamíferos, ocho están en alguna categoría de conservación a nivel nacional según el reglamento de la Ley de Caza, siete según el Libro Rojo y cinco según Cofré & Marquet.

De las seis especies de reptiles, tres se consignan en alguna categoría de conservación en el Reglamento de la Ley de Caza, dos según el Libro Rojo (Glade 1993) mientras que UICN (2007), solo considera a una especie.

De las dos especies de anfibios una está considerada como Vulnerable en la Ley de Caza y en Glade (1993). Veloso (2006) y UICN (2007) la consideran de Preocupación menor y a la otra como de Datos Insuficientes.

De las 26 especies de aves una está categorizada como Vulnerable según la Ley de Caza, y según Glade (1993) y todas son categorizadas por UICN (2007) como de Preocupación Menor.

Géisers del Tatio

Tres de 91 especies de flora nativa registradas, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche argentea* y *Azorella compacta*, están clasificadas en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989).

Cinco de 11 especies de mamíferos nativos silvestres registrados están incluidos en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna* y *Lagidium viscacia* En Peligro a nivel nacional y *Lycalopex culpaeus*, *A. sublimis* y *A. cinerea*; Insuficientemente conocido. Glade (1993) considera a L. culpaeus; en la misma categoría y a *V. vicugna* como Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *V. vicugna* En Peligro, *L. viscacia* Frágil, *A. cinerea* Vulnerable y a dos de las especies restantes como Sin Prioridad Inmediata. UICN (2007) clasifica a cinco especies como de Menor riesgo/preocupación menor.

El anfibio, *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en la Ley de Caza y en Glade (1993). Veloso (2006) y UICN (2007) la consideran de Preocupación menor.

Una de las 35 especies de aves registradas está en la categoría en Peligro, *Pterocnemia pennata*, y seis *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *Vultur gryphus* y *Fulica gigantea* están en categoría Vulnerable según el Reglamento de la Ley de Caza. Glade (1993) clasifica a una En Peligro, seis como Vulnerables y a *Larus serranus* como Rara. UICN (2007) clasifica a tres Casi amenazadas (*P. pennata*, *P. chilensis* y *V. gryphus*), a dos Vulnerables (*P. andinus* y *A. andicola*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

Cinco áreas de estudio

El número de especies vegetales con problemas de conservación en cada uno de los sitios en estudio es igual para todos salvo por el Oasis de Calama con dos especies en vez de tres.

En relación a la fauna con problemas de conservación, los sitios en estudio albergan porcentajes variables de las especies clasificadas a nivel nacional. En particular los sitios del altiplano albergan entre dos y cinco especies clasificadas En peligro que representan alrededor del 35% de las especies clasificadas en esta categoría, confiriéndoles por lo tanto una alto valor para la conservación de estas especies, aún más cuando se considera, por ejemplo, que en Géisers del Tatio y Laguna Lejía se encuentran ocho (33,3%) y cinco (20,8%) de las 24 especies de mamíferos categorizadas para la zona norte, respectivamente. En el caso de las aves la situación es de mayor importancia aún puesto que las áreas en estudio albergan a 38,5% de las especies de avifauna categorizadas como Vulnerables para Chile, y el 58,2% de las Vulnerables para la zona norte.

Se espera que las diferencias de categorización de las especies chilenas se resuelvan cuando termine el proceso respectivo llevado adelante por CONAMA.

5. OBJETOS DE CONSERVACIÓN

Las actividades humanas que se relacionan con el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, ya sea que éstas se ubiquen dentro de los límites del área de interés o en su zona de influencia, suelen generar impactos que exceden los rangos naturales de variación y con ello afectan la integridad ecológica del sitio. Así, un área de interés puede afectarse por impactos directos o indirectos y en ambos casos el resultado es exceder la capacidad de uso sustentable o sostenible, conduciéndolos a su colapso. Cuando un área de conservación deja de ser funcional requiere manejo o restauración ecológica (Granizo et al. 2006).

5.1. Definición de los objetos naturales de conservación

Los objetos de conservación constituyen elementos bióticos que se incorporan como fundamentos de protección para los terrenos con alto valor para la conservación de la biodiversidad. Un área de conservación es funcional cuando reúne los atributos más adecuados para conservar la diversidad biológica a largo plazo o, como lo manifiestan Poiani & Richter (2000) es un área que "mantiene a las especies, comunidades y/o sistemas de interés focal y a los procesos ecológicos que sustentan, dentro de sus rangos naturales de variación". Los objetos de conservación pueden ser a nivel de comunidades naturales y sistemas ecológicos o ecosistemas, en los que se incluyen los procesos naturales que los mantienen. También puede ser a nivel de especies.

Nivel de comunidades y ecosistemas

Cuando se trabaja con las comunidades naturales, éstas, de acuerdo a Whittaker (1975) se definen como un ensamble de poblaciones de plantas, animales, bacterias y hongos que viven en un entorno e interactúan unos con otros formando un sistema viviente particular. Mientras que un ecosistema sería la suma de comunidades y sus entornos tratados como sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía. Los sistemas ecológicos pueden clasificarse de acuerdo a su fisonomía en zonas de vida (Holdridge 1967), estructura de la vegetación, composición florística o ambos (Grossman et al. 1999).

Nivel de especies

A este nivel podemos trabajar en distintos grados o "filtros" (grueso, medio y fino)

El *filtro grueso* focaliza en la conservación de ecosistemas y puede considerar para ello a las especies "paraguas" (Groves 2003), que son aquellas que por su historia particular tienen influencia sobre otras. Por lo general se trata de especies cuyos rangos de distribución y movimiento son amplios, viven en hábitats heterogéneos y son vulnerables a las actividades humanas.

El *filtro medio* enfoca la conservación de elementos críticos del ecosistema que son importantes para muchas especies, en especial las que probablemente son pasadas por alto por los métodos de filtro fino, como invertebrados, hongos y plantas no vasculares. Los elementos críticos incluyen estructuras, humedales, y procesos como incendios e inundaciones (véase Hunter 2004).

El *filtro fino* considera aquellas especies que no estarían bien conservadas sólo con el filtro grueso, tales como especies en peligro de extinción, aquellas en riesgo dado que presentan poblaciones en declinación o naturalmente raras, o las endémicas. En esta categoría suelen estar también las especies bandera, las que no necesariamente tienen una validez ecológica importante pero que generan un compromiso afectivo inmediato en las personas, y por lo tanto estarán dispuestas a colaborar activamente en su conservación.

Especies focales

Las especies focales sirven como atajos para monitorear o resolver problemas de conservación, ya sea evaluando la magnitud de la perturbación antropogénica, monitoreando las tendencias poblacionales, localizando áreas de alta biodiversidad, delineando un tipo de hábitat o tamaño de área para protección o atrayendo la atención del público. Para la aplicación correcta de los diferentes términos asignados a las especies de interés, a continuación se sintetizan algunos conceptos de especies focales o sustitutas utilizadas para la conservación en base a distintas opiniones (Noss 1990; Stork & Samways 1995, Caro & O'doherty 1999).

Especies indicadoras. Son aquellas que pueden reflejar la calidad y cambios que surjan en su medio ambiente, así como también en aspectos de la composición de la comunidad. Estas especies tienden a ser muy sensibles a contaminantes, alteraciones e inestabilidad de su medio y a las actividades humanas. Tienen la capacidad de representar elementos pequeños, como un arroyo, o reflejar el estado prístino de un lugar. Las especies indicadoras son frecuentemente escogidas para realizar monitoreos, porque representan un uso particular, un ecosistema o un interés de manejo (Soulé & Kohm, 1989) o también porque son fácilmente muestreadas, clasificadas o identificadas. En general la selección de indicadores que informan sobre el estado del ambiente (biodiversidad) debe cumplir algunas de las siguientes características (Noss 1990, Caro & O'doherty 1999): (a) ser suficientemente sensibles para detectar las fases tempranas de cambio, (b) presentar una distribución a una escala geográfica amplia o ampliamente aplicables, (c) ser capaces de proporcionar evaluaciones continuas sobre un rango amplio de perturbación, (d) ser relativamente independientes del tamaño de muestra, (e) ser fáciles y económicas de medir, colectar probar y / o calcular, (f) ser capaces de diferenciar entre ciclos o tendencias naturales y aquellos inducidos por perturbaciones antropogénicas, (g) ser relevantes a fenómenos ecológicos significativos a diferentes niveles de organización. Dado que ningún indicador posee todas estas características, se requiere un conjunto de indicadores complementarios que evalúen aspectos de composición (incluye listas y medidas de la riqueza de especies y de la diversidad genética), estructura (incluye la complejidad de hábitats, abundancias relativas de las especies, patrón de distribución de hábitats, etc.) o de función (incluye flujo genético, perturbaciones, interacciones, etc.) en los diversos niveles de organización (Noss 1990).

Especies paraguas. Son aquellas que presentan requerimientos amplios, principalmente de hábitat y como consecuencia de su requerimiento también engloban los de otras especies que ocupan la misma área.

Especies bandera. Son aquellas que tienen aspecto carismático, populares y atractivas, son usadas para atraer la atención del público, son símbolos que pueden estimular programas y acciones de conservación.

Especies clave. Son especies que cumplen un rol fundamental en el ecosistema y muchas especies dependen de ellas, ya sea por su nivel trófico, producción de recursos alimenticios u otras interacciones dentro de la estructura de la comunidad. La pérdida o cambio de estas especies causa cambios en la estructura del ecosistema e incluso una pérdida de diversidad.

5.2. Estimación del valor de importancia

Para que los objetos de conservación sean efectivos deberán cumplir al menos con tres requisitos: (a) Representar la biodiversidad del ambiente o ecosistema (aquí representada por la riqueza de especies). (b) Considerar los endemismos presentes y (c) Reflejar las amenazas que existen sobre las especies (aquí representada por los estados de conservación). Para ponderar estos factores y calcular el valor de importancia del ambiente específico. Utilizamos la siguiente fórmula:

$$VI = \Sigma (D * 0,5 + E* 0,3 + A * 0,2)/ 10$$

Donde:

VP es el valor de importancia, D la diversidad, E el endemismo y A la amenaza. En fórmula el valor de importancia (VI) se divide por 10 para expresar los resultados en números enteros y el valor máximo teórico es 30.

La diversidad (D), como riqueza de especies, se considera un factor más relevante que los demás, por lo que, en la ponderación, se multiplica por un factor de 0,5. Se discriminan tres niveles:

Baja. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es menor o igual al 20% (< 39 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es menor o igual que el 20% (< 33 especies) de las 168 especies registradas para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Media. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es mayor al 20% y menor al 30% ($\geq$ 39 < 59 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es mayor al 20% de este total y menor al 30% ($\geq$ 33 < 50 especies) de las 168 especies registrados para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alta. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es mayor al 30% (< 59 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es mayor al 30% (< 50 especies) de las 168 especies registrados para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

Los porcentajes considerados son estimativos y discutibles, pero se apoyan en que el número total de especies, plantas y animales, ya sea para la provincia de El Loa o para las cinco áreas, son una expresión de la diversidad gamma, en cambio los ambientes contienen diversidad alfa, la que por definición es una proporción de la primera.

El endemismo (E) se considera un factor de menor peso que la diversidad, pero mayor que el estado de conservación, por lo que se multiplica por un factor de 0,3. Se discriminan tres niveles:

Bajo. Cuando exista menos de un 5% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista menos de un 5% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Medio. Cuando exista entre un 5 y un 8% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista entre un 5 y un 8% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alto. Cuando exista más de un 8% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista más de un 8% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

La amenaza se considera el factor de menor peso por lo que se multiplica por un factor de 0,2. Se discriminan tres niveles:

Baja. Cuando la proporción de plantas y vertebrados terrestres amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida o rara) sea menor a lo documentado para el país (< 5,1 para plantas y < 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Media. Cuando la proporción de plantas y animales amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida, rara) sea igual o similar a lo documentado para el país (similar a 5,1 para plantas y similar a 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alta. Cuando la proporción de plantas y animales amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida, rara) sea mayor a lo documentado para el país (> a 5,1 para plantas y > a 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

Para el total de plantas se siguió a Simonetti (1995) considerando las 3.830 especies de dicotiledóneas y las 1.043 monocotiledóneas (4.873 especies) Para el total de vertebrados terrestres se siguió a (Marín 2004, Veloso 2006, Núñez et al. 1997, Muñoz-Pedreros & Yáñez 2008). Los endemismos y estados de conservacion se obtuvieron de (Marticorena 2005, Marticorena & Quezada 1985, Marticorena & Rodríquez 1995, 2001, 2003, 2005, Núñez et al 1997, Benoit 1989, Díaz-Paez & Ortiz (2003), Veloso 2006, UICN 2007, Red Data Book UICN 2007).

5.3. Objetos de conservación

Valor de importancia de los ambientes (filtro grueso)

Desde el punto de vista vegetacional los ambientes con mayor valor de importancia son el Ojalar del desierto de aluviones y el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (> 21 VI), ambos se localizan en el área Alrededores del Volcán Licancabur y el segundo además en el área Géisers del Tatio (Tabla 5-25). En un segundo grupo de valor están el Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama, el Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua, los Cultivos del Valle de Quillagua y los Humedales altoandinos del Tatio. Los ambientes del Valle de Quillagua, están aparentemente sobrevalorados ya que aunque su riqueza de especies es baja, el valor de importancia es mayor que el de los humedales altoandinos del Tatio. Esto se debe a que en el Valle de Quillagua existen dos especies endémicas y ambas amenazadas (*Prosopis* spp) incrementando su valor, pero como estas especies han sido plantadas en un programa de reforestación consideramos con reserva los valores para este sitio.

Considerando ahora los vertebrados terrestres, cinco ambientes son similares en valoración (> 18 VI): (a) el Ojalar del desierto de aluviones, (b) el tolar de la estepa arbustiva prepuneña (c) el Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica, (d) el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica y (e) el Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama. Nótese que ambientes de alta diversidad como los Humedales altoandinos del Tatio (38 especies) y el Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama (37 especies) no tienen una alta valoración de importancia. Esto se debe a que la propia alta diversidad "diluye" las proporciones de endemismo y amenaza, que no son altas en estos ambientes. En el caso del humedal la diversidad está caracterizada por las especies de aves, ninguna endémica ni amenazada.

Vinculando el valor de importancia, tanto para plantas como vertebrados terrestres, y las salvedades ya indicadas para el Valle de Quillagua, concluimos que los ambientes más relevantes son, en importancia: el Ojalar del desierto de aluviones (Licancabur) y el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (Licancabur y el Tatio). Agregamos, como ambientes relevantes al Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama (Lejía), Humedales altoandinos del Tatio y el Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama.

TABLA 5-25. VALOR DE IMPORTANCIA PARA DIFERENTES AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

	AMBIENTES											
PARÁMETROS	Humedales altoandinos del Tatio	Humedal altoandino de laguna Lejía	Ojalar del desierto de aluviones	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del oasis de Quillagua
AREAS	Tatio	Lejia	Licancabur	Tatio	Tatio, Licancabur	Lejia	Licancabur	Tatio, Licancabur	Calama	Calama	Quillagua	Quillagua
Nª especies de plantas	25	6	42	17	34	40	7	45	33	15	12	10
Valor de Diversidad (D)	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1
Nº plantas endémicas	2	0	8	0	0	2	0	5	0	0	1	1
% plantas endémicas	8,0	0	17,4	0	0	5,0	0	11,1	0	0	8,3	10,0
Valor de Endemismo (E)	2	1	3	1	1	2	1	3	1	1	3	3
Nº plantas amenazadas	0	0	1	0	1	3	0	3	2	2	3	3
% plantas amenazadas	0	0	2,2	0	2,9	7,5	0	6,7	6,1	13,3	25,0	30,0
Valor de Amenaza (A)	1	1	1	1	1	2	1	2	2	3	3	3
VI PLANTAS= S D*0,5+E*0,3+A*0,2	**18**	10	**21**	10	**15**	**20**	10	**23**	**17**	14	**20**	**20**
Nª vertebrados terrestres	39	21	16	12	38	26	22	38	50	12	21	9
Valor de Diversidad (D)	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1
Nº vertebrados endémicos	0	0	2	1	2	1	1	2	4	1	1	1
% vertebrados endémicos	0,0	0,0	12,5	8,3	5,3	3,8	4,5	5,3	8,0	8,3	4,8	11,1
Valor de Endemismo (E)	1	1	3	3	2	1	1	2	2	3	1	3
Nº vertebrados amenazadas	11	8	7	6	11	4	6	11	6	2	3	1
% vertebrados amenazados	28,2	38,1	43,8	50,0	28,9	15,4	27,3	28,9	12,0	16,7	14,3	11,1
Valor de Amenaza (A)	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
VI VERTEBRADOS= S D*0,5+E*0,3+A*0,2	**15**	**14**	**20**	**20**	**18**	10	10	**18**	**18**	**16**	10	**16**

5.3.2. Prioridades ecológicas (filtro medio)

Se incluyen en el análisis las prioridades ecológicas, ya indicadas como filtro medio, y enfocados a elementos críticos del ecosistema que son importantes para, practicamente todas las especies, como son los cuerpos de agua, lénticos y lóticos. Asi, este filtro considera tres prioridades ecológicas: (a) los humedales, (b) las quebradas y (c) desierto florido.

Humedales. Incorpora los elementos críticos para la existencia de biodiversidad y agrupa las charcas, manantiales, arroyos, bofedales que conservará, además invertebrados y plantas acuáticas. Desde este punto de vista todos los humedales estudiados tienen una prioridad ecológica alta: (a) los humedales altoandinos del Tatio, (b) el humedal altoandino de Laguna Lejía, (c) los humedales riparianos del Guatín, (d) el matorral ripariano del desierto absoluto de Calama y (e) matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua.

Quebradas. Estas formaciones crean las condiciones para la existencia de un microhábitat que proporciona sombra, heterogeneidad espacial, microclimas (por la sombra y las diferentes exposiciones al sol). Estas quebradas son relevantes en el Desierto Andino, entre los 1.800 y los 3.500 msm. También el Oasis de Calama (e.g., Ojo de Opache).

Desierto Florido. Considera agrupaciones de especies que comparten el fenómeno ecológico limitado a la ocurrencia ocasional de lluvias que desencadenan su proceso de reproducción. De este modo, su conservación tiene influencia directa sobre otras especies asociadas.

5.3.3. Especies focales (filtro fino)

Valor como especie focal

Para calcular el valor de conservación atribuible a la especie focal se siguió, con modificaciones, a lo usado por Daza (2005) en el Parque Nacional Sajama, Bolivia, a Reca et al. (1994) y a lo considerado en diversos talleres en que ha participado parte del equipo de trabajo para clasificar fauna silvestre (Grigera 2002, Grigera et al. información no publicada). La propuesta metodológica (basada en Muñoz-Pedreros et al. información no publicada) se fundamenta en la integración ponderada de diferentes variables que se agrupan en tres tipos: (a) las variables inherentes a la especie objetivo y que presentarían muy pocas variaciones intrapoblacionales (e.g., endemismo, tamaño corporal, uso del hábitat, estrategia trófica y perceptibilidad), (b) variables no inherentes, que no son atribuibles a la especie objetivo y que tienen una causa antrópica (e.g., amenaza) y (c) variables mixtas, son algunas variables propias de la especie, cuya expresión está condicionada por acciones antrópicas (e.g., distribución geográfica, valor taxonómico). La valoración de realizó en un panel de especialistas empleando el método de Delphi y siguiendo consideraciones de Hess & King (2002). Para esto se reunieron una serie de factores en una fórmula con expresión numérica para obtener el valor como especie focal (Vef).

Vef = Ve + Va + Vd + Vm + Vt + Vs + Vh + Vi + Vp

Donde:

Ve = Valor de endemismo
Va = Valor de amenaza
Vd = Valor de distribución
Vm = Valor de tamaño corporal
Vt = Valor trófico
Vs = Valor de singularidad taxónomica
Vh = Valor de uso del hábitat
Vi = Valor como indicadora de salud ecosistémica
Vp = Valor de perceptibilidad

Valor de endemismo (Ve). Aquí se empleó la información generada en capítulo anterior.

NIVEL DE ENDEMISMO	VE
Endemismo continental	1
Endemismo regional	2
Endemismo del país	3
Endemismo del área	4
Endemismo local	5

Valor de amenaza (Va). Se emplean los estados de conservación en que están clasificadas las especies y analizadas en capítulo anterior.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	VA
Rara	1
Insuficientemente conocido	2
Riesgo menor	3
Vulnerable	4
En peligro	5

Valor de distribución (Vd). Se considera la distribución de la especie objetivo, conjugando la distribución continental y nacional. Se asume que la contigüidad geográfica permite el flujo genético interpoblacional disminuyendo su vulnerabilidad.

DISTRIBUCIÓN	VD
Parte de la región neotropical	1
Todo el país o gran parte del país	2
Aproximadamente la mitad del país	3
Zona norte grande	4
Local	5

Valor de tamaño corporal (Vm). Esta variable asume que a mayor masa existe un mayor requerimiento de superficie, y por lo tanto hay menor densidad de individuos.

TAMAÑO CORPORAL	ANIMALES PESO (KG)	PLANTAS FORMAS DE VIDA	VM
Pequeño	< 0,5	Hierbas	1
Mediano	0,5 a 5	Arbustos	3
Grande	> 5	Árboles	5

Valor trófico (Vt). Esta variable, sólo aplicable a vertebrados, se refiere a la estrategia de alimentación de la especie objetivo. Conjuga el nivel trófico que ocupa y su grado de especialización. Desde el punto de vista de la conservación, las especies situadas en los niveles más altos de la cadena trófica son las más afectadas por las acciones humanas, ello debido a que éste está relacionado con el tamaño del ámbito de hogar (e.g., mayor en carnívoros).

NIVEL TRÓFICO	Vt
Herbívoro	1
Omnívoro	2
Insectívoro	3
Frugívoro	4
Carnívoro	5

Valor de singularidad taxonómica (Vs). El valor taxonómico se considera con el fin de priorizar las especies que pertenecen a taxones monotípicos. Cuanto menor sea el número de especies que incluye un taxón, ya sea a nivel de Género, de Familia o de Orden, se asume que es motivo de mayor interés desde el punto de vista científico.

VALOR TAXONÓMICO	Vs
En Géneros con $\geq$ 4 especies	1
En Géneros con >2 y < 4 especies	2
En Género monotípico	3
En Familia monotípica	4
En Orden monotípico	5

Valor de uso del hábitat (Vh). La utilización del hábitat está condicionada por diversos factores, pero para nuestros objetivos consideraremos la heterogeneidad y la complejidad de los hábitats que la especie objetivo utiliza. Es decir la variedad de hábitats, tanto a nivel horizontal como vertical. Una especie será menos vulnerable mientras sea capaz de utilizar toda o una buena parte de hábitats heterogéneos y/o complejos. Es decir mientras ocupe una mayor variedad de estratos y/o ambientes. Este valor se refiere a las diferentes aptitudes de las especies para vivir en diferentes tipos de hábitats

USO DEL HÁBITAT PLANTAS/VERTEBRADOS	Vh
Ruderal/Hábitat generalista	1
Resistente/Hábitat semi generalista	3
Competidora/Hábitat especialista	5

Valor como especie indicadora de salud (Vi). Existen especies que son muy buenas indicadoras del estado del ecosistema, ya sea indicador de perturbación o pristinidad**.** Por ejemplo los anfibios son excelentes indicadores por su alta labilidad a los cambios en su hábitat.

USO DEL HÁBITAT	Vi
Buena indicadora	5
Indicadora intermedia	3
No es indicadora	1

Valor de perceptibilidad (Vp). La definimos como el conjunto de elementos propios del medio y de las plantas o animales en sí, que permiten al observador advertir, en distintos grados, la presencia de una especie determinada, ya sea a través de su percepción visual o auditiva (para la fauna), pudiendo ésta darse en forma directa (al ser posible el avistamiento de un ejemplar) o en forma indirecta (a través de indicios, huellas o signos). De este modo consideramos para esta variable factores como: período de actividad, colorido, mimetismo, tamaño, perceptibilidad acústica, perceptibilidad de indicios, conductas y grado de tolerancia a la presencia humana (Muñoz-Pedreros et al. información no publicada). La perceptibilidad es importante para los monitoreos y una eventual sindicación como especies banderas.

PERCEPTIBILIDAD	Vp
Capacidad críptica. Perceptibilidad muy baja	1
Mimética. Perceptibilidad baja	2
No mimética. Perceptibilidad media baja	3
Sin capacidad críptica. Perceptibilidad media	4
Perceptibilidad alta	5

El cálculo del valor como especie focal consideró tres factores para seleccionar a las especies: (a) todas las especies endémicas, (b) todas las clasificadas en los niveles más graves de amenaza (En Peligro y Vulnerables) y (c) las que tienen una clara característica como especie indicadora del estado del ecosistema en que se encuentra. Así se ingresaron 26 especies de plantas y un género (*Prosopis*) y 40 especies de vertebrados. En las Tablas 5-26 y 5-27 se presentan las evaluaciones, y en la Tabla 5-28 la selección final de las especies después de que fueron sometidas a discusión en un taller de especialistas, donde se consideraron otros factores como singularidad estética (e.g., *Calceolaria stellariifolia*), valor como germoplasma de uso agrícola (e.g., *Solanum sitiens*), especies de valor agrícola (e.g., género *Prosopis*) o participación destacada en el fenómeno del desierto florido (e.g., *Lupinuys oreophilus*). Respecto al valor de algunas especies como indicadoras ecosistémicas, se consideró, para plantas a Daza (2005) en un estudio en el PN Sajama, en Bolivia, en que considera a *Deyeuxia breviaristata* y *Stipa nardioides* como pasto vigoroso que indicaría un adecuado balance trófico con los herbívoros y a *Oxychloe andina* como indicadora de bofedales antiguos. Al revés, como indicadores de perturbación *Deyeuxia curvula* indica un bofedal en proceso de desecamiento y *Distichlis humilis* como indicadora de un bofedal en proceso de salinizacion.

TABLA 5-26. PLANTAS PRESELECCIONADAS COMO ESPECIES FOCALES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. VE= VALOR DE ENDEMISMO, VA= VALOR DE AMENAZA, VD= VALOR DE DISTRIBUCIÓN, VM= FORMA DE VIDA, VST= VALOR DE SINGULARIDAD TAXONÓMICA, VH= VALOR DE USO DE HÁBITAT, VI= VALOR COMO INDICADORA, VP= VALOR DE PERCEPTIBILIDAD, VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Ve	Va	Vd	Vm	Vst	Vh	Vi	Vp	Vef
Azorella compacta	Llareta	2	4	1	3	1	3	1	5	20
Polyachyrus carduoides	Amargura	4	1	3	1	1	1	1	4	16
Trichocline caulescens	S/N	4	1	4	1	1	3	1	3	18
Werneria glaberrima	Poposa	4	1	4	1	1	1	1	3	16
Haplopappus rigidus	Bailahuén	1	1	4*	1	1	3	1	5	16
Neuontobothrys linifolius	S/N	3	1	3	1	2	3	1	3	17
Lobivia formosa	S/N	2	1	3	3	1	5	3	5	23
Neoporteria aricensis	Escondido	4	1	4	3	1	3	1	2	19
Opuntia conoidea	S/N	4	2	4	3	1	3	1	5	23
Tephrocactus atacamensis	Chuchampe	4	1	4	3	1	3	1	5	22
Trichocereus atacamensis	Cardón Gigante	4	4	4	5	1	5	1	5	29
Reicheella andicola	S/N	2	1	4*	1	3	3	1	3	18
Adesmia aphylla	Anaguaya	4	1	3	3	1	3	1	5	21
Adesmia atacamensis	Tano - tano	4	1	3	3	1	3	1	4	20
Adesmia kingii	Anaguaya	3	1	3	3	1	1	1	4	17
Nototriche argentea	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Nototriche auricoma	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Nototriche pulvinata	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Prosopis alba	Algarrobo blanco	2	4	1	5	1	1	5	5	24
Prosopis chilensis	Algarrobo	2	4	1	5	1	1	5	5	24
Prosopis spp	Tamarugo	4	4	4	5	1	1	1	5	25
Distichlis humilis	Grama salada	1	1	1	1	1	3	5	3	16
Junellia tridactyla	S/N	4	1	4	1	1	5	1	3	20
Festuca orthophylla	Ichu, Paja brava		1	1	1	1	3	5	5	17
Calceolaria stellariifolia	Capachito	4	1	4	1	1	5	3	3	22
Lupinus oreophilus	Salcarai	4	1	4	3	1	1	1	5	20

Folio008751

TABLA 5-27. VERTEBRADOS PRESELECCIONADOS COMO ESPECIES FOCALES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. VE= VALOR DE ENDEMISMO, VA= VALOR DE AMENAZA, VD= VALOR DE DISTRIBUCIÓN, VM= VALOR DE TAMAÑO CORPORAL, VT= VALOR TRÓFICO, VS= VALOR DE SINGULARIDAD TAXONÓMICA, VH= VALOR DE USO DE HÁBITAT, VI= VALOR COMO INDICADORA, VP= VALOR DE PERCEPTIBILIDAD, VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	Ve	Va	Vd	Vm	Vt	Vs	Vh	Vi	Vp	Vef
MAMÍFEROS											
Chaetophractus nationi	quirquincho de la puna	1	5	1	3	2	2	3	3	1	21
Myotis atacamensis	murciélago oreja de ratón	3	4	3	1	3	1	1	1	3	20
Eligmodontia puerulus	ratita de pie sedoso	1	1	4	1	2	2	1	1	2	15
Auliscomys sublimis	pericote de la Puna	1	1	4	1	1	2	1	1	2	14
Phyllotis magister	lauchón orejudo grande	3	1	3	1	1	1	1	1	2	14
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla	1	1	4	1	1	2	1	1	3	15
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	1	4	4	1	1	1	3	5	2	22
Ctenomys opimus	tuco tuco de la puna	1	1	4	1	1	1	3	5	2	19
Lagidium viscacia	vizcacha	1	5	3	3	1	2	1	5	5	26
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	1	5	4	3	1	2	1	5	3	25
Leopardus colocolo	gato colocolo	1	5	1	5	5	1	3	5	4	30
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	1	1	1	5	5	1	1	5	5	25
Lycalopex griseus	zorro chilla	1	1	1	5	5	1	1	5	5	25
Lama guanicoe	guanaco	1	5	1	5	1	1	1	3	5	23
Vicugna vicugna	vicuña	1	5	1	5	1	3	1	3	5	25
AVES											
Attagis gayi	perdicita cordillerana	1	2	1	3	1	2	3	3	3	19
Chloephaga melanoptera	piuquén	1	4	3	3	1	1	1	1	5	20
Conirostrum tamarugense	comesebo del Tamarugal	1	4	5	1	3	1	1	1	3	20
Falco peregrinus	halcón peregrino	1	4	1	3	5	1	1	5	5	26
Fulica ardesiaca	tagua andina	1	1	4	3	1	1	5	3	5	24
Fulica gigantea	tagua gigante	1	4	4	3	1	1	5	3	5	27
Larus modestus	gaviota garuma	1	4	3	1	5	1	1	1	5	22
Larus serranus	gaviota andina	1	4	2	1	5	1	1	1	5	21
Phoenicoparrus andinus	parina grande	1	4	4	5	1	2	5	5	5	32
Phoenicoparrus jamesi	parina chica	1	4	4	5	1	2	5	5	5	32
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	1	4	3	5	5	2	5	5	5	35
Pterocnemia pennata	suri	1	5	4	5	1	3	3	5	5	32
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	1	4	4	3	2	2	1	1	3	21
Vultur gryphus	cóndor	1	4	1	5	5	2	1	3	5	27
REPTILES											
Microlophus theresioides	corredor de Pica	4	2	5	1	3	1	3	1	5	25
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara	5	1	5	1	3	1	3	1	5	25
Liolaemus constanzae	lagartija de Constanza	1	2	5	1	3	1	3	1	2	19
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	5	2	5	1	3	1	3	1	5	26
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	5	2	5	1	3	1	3	1	5	26
Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	5	1	5	1	3	1	3	1	5	25
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	5	2	5	1	3	1	3	1	1	22
Phrynosaura reichei	dragón de Reich	5	1	5	1	3	1	3	1	1	21
ANFIBIOS											
Bufo spinulosus	bufo espinoso	1	4	3	1	3	1	5	5	3	26
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko	5	1	5	1	3	1	5	5	3	29
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama	5	1	5	1	3	1	5	5	3	29

TABLA 5-28. SELECCIÓN FINAL DE ESPECIES FOCALES. VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL. NA= NÚMERO DE AMBIENTES EN QUE LA ESPECIE FOCAL ESTÁ PRESENTE. AMBIENTES= LOS NÚMEROS SON CÓDIGOS DE LOS NOMBRES DE LOS AMBIENTES, PRESENTADOS DEBAJO DE ESTA TABLA.

PLANTAS	NOMBRE VULGAR	Vef	NA	Ambientes	Áreas
Azorella compacta	llareta	20	2	2,3	Tatio
Lobivia formosa	sin nombre vulgar	23	1	4	Tatio
Opuntia conoidea	sin nombre vulgar	23	4	2,3,4,5	Tatio, Licancabur
Trichocereus atacamensis	cardón gigante	29	1	5	Licancabur
Adesmia atacamensis	tano - tano	20	1	5	Licancabur
Lupinus oreophilus	salcarai	20	1	5	Licancabur
Prosopis spp	tamarugos	25	4	9,10,11,12	Quillagua, Calama
Calceolaria stellariifolia	capachito	22	1	1	Lejía
Junellia tridactyla	sin nombre vulgar	20	2	1,2	Lejía, Tatio
VERTEBRADOS	NOMBRE VULGAR	Vef	NA	Ambientes	
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	22	2	3,5,7	Lejía, Licancabur
Lagidium viscacia	vizcacha	26	3	1,3	Tatio, Licancabur
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	25	1	1	Lejía
Vicugna vicugna	vicuña	25	4	1,3,4,6	Lejía, Licancabur, Tatio
Larus modestus	gaviota garuma	22	1	12	Quillagua
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	22	2	3,4	Tatio, Licancabur
Falco peregrinus	halcón peregrino	26	2	9,10	Calama
Fulica gigantea	tagua gigante	27	1	6	Tatio
Phoenicoparrus spp	parinas	32	1	7	Lejía
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	35	2	6,7	Lejía
Pterocnemia pennata	suri	32	2	1,4	Lejía, Tatio
Microlophus theresioides	corredor de Pica	25	4	9,10,11,12	Quillagua, Calama
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara	25	1	3	Tatio, Licancabur
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	26	1	5	Licancabur
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	26	1	9	Calama
Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	25	1	1, 3	Lejía, Licancabur
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	22	1	5	Licancabur
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko	29	1	9	Calama
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama	29	1	8	Licancabur

CÓDIGO	AMBIENTES
1	Pajonal de la Estepa Subdesertica de la Puna de Atacama
2	Pajonal/Tolar de la Estepa Altoandina Altiplánica
3	Pajonal/Tolar de la Estepa Altoandina Subdesértica
4	Tolar de la Estepa Arbustiva Prepuneña
5	Ojalar del Desierto de Aluviones
6	Humedales Altoandinos de El Tatio
7	Humedal Altoandino Lacustre de Laguna Lejía
8	Humedales Riparianos de Guatín
9	Matorral Ripariano del Desierto Absoluto de Calama
10	Cultivos del Oasis de Calama
11	Matorral Ripariano del Desierto Absoluto de Quillagua
12	Cultivos del Oasis de Quillagua

Si observamos, ahora, la conservación de la diversidad desde la perspectiva de las cinco áreas de estudio dos de ellas, Alrededores del Volcán Licancabur y Géisers del Tatio, son las que presentan los mayores créditos en una eventual priorización por los siguientes motivos: (a) Si focalizamos sobre la vegetación, Licancabur reúne dos de los ambientes con mayor valor de importancia: el ojalar del desierto de aluviones y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Ambos contienen la mayor riqueza de especies de plantas (42 y 45 respectivamente), el mayor número de plantas endémicas (ocho y cinco respectivamente) y el mayor número de especies de plantas focales (cuatro y tres respectivamente). (b) Si focalizamos sobre los vertebrados todos presentan una valoración de importancia similar (entre 15 y 20), salvo los humedales riarianos del Guatin, asimismo en diversidad de especies destacan los Géisers del Tatio ya que en sus ambientes de humedales altoandinos, existe una de las mayores riquezas de especies (40) con 11 especies amenazadas y tres especies focales (Anexo 4-3, 4-4 y 4-5).

Respecto a los filtros medio, los humedales y las quebradas están presentes en las cinco áreas, sin embargo son más frecuentes en el área Alrededores del Volcán Licancabur. Esta misma área también posee el fenómeno de desierto florido, que ocurre, principalmente, en el ojalar del desierto de aluviones (también en el pajonal/tolar), donde florece extensamente *Lupinus oreophilus* (salcarai).

En relación al Valle de Quillagua y Oasis de Calama consideramos que, pese a los argumentos antes desplegados, cada uno de ellos pueden ser objetos de conservación en sí mismos por las prioridades ecológicas que representan. Por un lado, se deben considerar las comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales, las que podríamos reunir en el concepto más amplio de oasis. Y por otro lado, al sistema hídrico río Loa y su zona ribereña. Ambos son sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía y están inmersos en una matriz hostil como es el desierto absoluto. Finalmente existen especies de alto interés como el anfibio endémico local ya nombrado (*Telmatobius dankoi*) al que se debe agregar *Solanum sitens*, planta de la familia de los tomates, también endémica local, que se distribuye solamente en el borde del desierto absoluto, de la cual no existen más de 500 plantas y que es actualmente usada en el mejoramiento de los tomates de uso agrícola. Es una planta de gran potencial y está considerada como Vulnerable, aunque esta categoría podría revisarse (L. Faundez com. per.).

En conclusión los cinco ambientes seleccionados (Tabla 5-29) son de alto valor para la conservación de la biodiversidad y cada una de las cinco áreas de estudio contiene al menos uno de estos ambientes. En el capítulo subsiguiente examinaremos los usos, amenazas y protección legal a que están sometidos los objetos de conservación, lo que permitirá agregar más antecedentes para una propuesta final.

TABLA 5-29. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEIS AMBIENTES DE ALTO VALOR DE IMPORTANCIA EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA

AMBIENTE	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales altoandinos del Tatio	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua
Áreas donde está presente	**Licancabur**	**Licancabur Tatio**	**Lejía**	**Tatio**	**Calama**	**Quillagua**
PLANTAS						
Nº especies	42	45	40	25	33	12
Nº especies endémicas	8	5	2	2	0	1
Nº especies amenazadas	1	3	3	0	2	3
Nº especies focales	4	3	2	0	1	1
VERTEBRADOS TERRESTRES						
Nº especies	16	38	26	39	50	21
Nº especies endémicas	2	2	1	0	4	1
Nº especies amenazadas	7	11	5	11	6	3
Nº especies focales	2	0	8	3	4	2
Total especies	58	83	66	64	83	33
Total especies endémicas	10	7	3	2	4	2
Total especies amenazadas	8	14	8	11	8	6
Valor de importancia plantas/vertebrados **FILTRO GRUESO**	21/20	23/18	20/10	18/15	17/18	20/10
Prioridades ecológicas **FILTRO MEDIO**	3	0	0	1	1	1
Total especies focales **FILTRO FINO**	6	3	10	3	5	3

5.4. Objetos de conservación en las cinco áreas

En la Tabla 5-30 se presenta el resumen con los objetos de conservación seleccionados, considerando los filtros grueso, medio y fino.

TABLA 5-30. OBJETOS DE CONSERVACIÓN PARA CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. *= PLANTA, **= VERTEBRADO.

ÁREAS	OBJETOS DE CONSERVACIÓN		
	FILTRO GRUESO (AMBIENTES)	FILTRO MEDIO (PRIORIDADES ECOLÓGICAS)	FILTRO FINO (ESPECIES FOCALES)
Valle de Quillagua		Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	*Prosopis spp** *Microlophus theresioides*** *Larus modestus***
Oasis de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	*Prosopis spp** *Microlophus theresioides*** *Falco peregrinus*** *Liolaemus paulinae*** *Telmatobius dankoi***
Laguna Lejía	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales altoandinos lacustres de Laguna Lejía	*Calceolaria stellariifolia** *Junellia tridactila** *Ctenomys fulvus*** *Chinchilla brevicaudata*** *Vicugna vicugna*** *Phoenicoparrus spp*** *Phoenicopterus chilensis** *Pterocnemia pennata***
Alrededores del Volcán Licancabur	Ojalar del desierto de aluviones Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales ribereños del Guatín Desierto florido Cañones	*Opuntia conoidea** *Trichocereus atacamensis** *Adesmia atacamensis** *Lupinus oreophilus** *Ctenomys fulvus*** *Lagidium viscacia*** *Vicugna vicugna*** *Tinamotis pentlandii*** *Liolaemus barbarae*** *Liolaemus fabiani*** *Liolaemus puritamensis*** *Phrynosaura audituvelata*** *Telmatobius vilamensis***
Géiseres del Tatio	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica Humedales altoandinos del Tatio	Humedales altoandinos	*Azorella compacta** *Lobivia formosa** *Opuntia conoidea** *Trichocereus atacamensis** *Junellia tridáctila** *Lagidium viscacia*** *Vicugna vicugna*** *Tinamotis pentlandii*** *Fulica gigantea*** *Phoenicopterus chilensis** *Pterocnemia pennata*** *Liolaemus barbarae***

5.5. Consideraciones finales

Para implementar programas de conservación de la biodiversidad es fundamental tener claro y presente los mecanismos que pueden extinguir las especies o disminuir sus tamaños poblacionales. Gilpin & Soulé (1986) han propuesto un modelo, del vórtice de extinciones, que señala que: (a) a medida que las poblaciones y su tamaño poblacional efectivo se hace más pequeño, la población se hace más vulnerable a variaciones ambientales y factores de pérdida de variabilidad genética que tienden a reducir aún más el tamaño de la población; (b) las poblaciones reducidas presentan una mayor depresión por autocruzamiento (expresión de genes nocivos por cruces entre individuos emparentados o genéticamente muy similares), menor variabilidad genética y mayor sensibilidad a los cambios ambientales, disminuyendo aún más el tamaño poblacional, en lo que constituye un verdadero vórtice que lleva, finalmente, a la extinción. Por esto deben considerarse en los objetos de conservación, no sólo aquellas especies que cumplen con los “requisitos” para ser priorizadas, como ya vimos, sino que debe prestarse cuidadosa atención a las especies que están en los anillos más externos del vórtice de extinciones; es decir, aquellas que recién comienzan a ingresar a categorías críticas de amenaza. La extinción a que se refiere el modelo es aplicable tanto a la extinción local (en un área o región específica), como a la extinción global (en el ámbito mundial). Los factores ambientales que desencadenan este vórtice son, entre otros: (a) destrucción del hábitat, (b) fragmentación del hábitat, (c) degradación del ambiente, (d) variaciones del ambiente (naturales o inducidas antrópicamente), (e) sobrecaptura y (f) efecto de las especies invasoras. Algunos de estos factores son los que analizaremos en el siguiente capítulo de usos y amenazas.

Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama. Filtro grueso y medio.

Prosopis spp. Filtro fino.

Liolaemus paulinae. Filtro fino.

CAPITULO VI
ESTUDIO DE PAISAJE

CAPÍTULO VI ESTUDIO DE PAISAJE

1. INTRODUCCIÓN

El paisaje es la expresión espacial y visual del medio y puede identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas. Es un recurso natural escaso, valioso y con demanda creciente, fácilmente depreciable y difícilmente renovable, por lo que merece especial consideración al momento de evaluar impactos ambientales negativos en un proyecto determinado. A su vez el estudio del paisaje debe ser considerado dentro de la planificación física de la planificación, puesto que forma parte de los recursos naturales del medio físico y como tal es de carácter limitado y está expuesto a deterioro. El paisaje visual considera la estética y la capacidad de percepción por un observador. Para evaluar el paisaje existen diferentes métodos y procedimientos, en este caso se va utilizar un método mixto con valoración directa de subjetividad representativa y análisis posterior indirecto con análisis de componentes principales de acuerdo a lo descrito por Muñoz-Pedreros 2004.

2. METODOLOGÍA

2.1 Registro de imágenes

Para realizar la evaluación de la calidad visual del paisaje, se registraron imágenes de forma dirigida desde los caminos existentes al interior de los límites del área de estudio, utilizando una cámara fotográfica digital Cannon EOS-Rebel. Los caminos corresponden a la principal ruta de accesibilidad, concentración y flujo de observadores en el área. Para no afectar la posterior percepción del paisaje, se controlaron las condiciones en que se realizó la observación (e.g., posición, movimiento, distancia del observador en relación al paisaje) y las condiciones de visibilidad (e.g., cielo despejado que permitiera una iluminación óptima) (Escribano et al. 1991, Muñoz-Pedreros 2004).

2.2 Definición y asignación de unidades homogéneas de paisaje

Para facilitar la evaluación del paisaje y disponer de una buena base para ordenar el territorio, éste se fragmentó en unidades homogéneas según su contenido paisajístico. Las unidades de paisaje (UP), entendidas como una agregación ordenada y coherente de las partes elementales, fueron definidas como unidades irregulares, según los criterios establecidos por MOPT (1992). Para esto se analizaron las imágenes registradas en función de los descriptores que presentaran (e.g., tipo de vegetación predominante en primer plano, vegetación en segundo orden de importancia, relieve y construcciones).

2.3 Análisis de la calidad visual del paisaje

Para determinar la calidad visual del paisaje, se utilizó el método mixto con valoración directa de subjetividad representativa y análisis posterior indirecto, con análisis de componentes desarrollado por Muñoz-Pedreros et al. (1993), y generado a partir de una modificación al método de subjetividad controlada elaborado por Fines (1968).

TABLA 6-1. LISTA DE ADJETIVOS JERARQUIZADOS (SENSU MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993) Y SU CORRELACIÓN CON LA ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (SENSU FINES 1968). VP= VALOR DEL PAISAJE.

ESCALA DE CALIFICATIVOS (MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993)		ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (FINES 1968)		ESCALA DE CALIFICATIVOS (MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993)		ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (FINES 1968)	
VP	Adjetivo	VP	Categoría	VP	Adjetivo	VP	Categoría
1	Insoportable	0		16	Interesante	4,1	
2	Horrible	0,25		17	Grato	5	
3	Desagradable	0,5	FEO	18	Agradable	6	DISTINGUIDO
4	Pésimo	0,75		19	Conservado	7	
5	Feo	1		20	Singular	8	
6	Triste	1,10		21	Variado	8,1	
7	Pobre	1,25		22	Estimulante	10	
8	Frío	1,50	SIN INTERES	23	Bonito	12	FANTÁSTICO
9	Monótono	1,75		24	Hermoso	14	
10	Sin interés	2		25	Precioso	16	
11	Común	2,1		26	Estupendo	16,1	
12	Sencillo	2,50	AGRADABLE	27	Soberbio	20	
13	Pasable	3,00		28	Maravilloso	24	ESPECTACULAR
14	Regular	3,50		29	Fantástico	28	
15	Aceptable	4		30	Espectacular	32	

En el análisis directo, los paisajes registrados fueron expuestos con una cadencia de 20 segundos, a un panel de evaluadores con las características propuestas por Muñoz-Pedreros et al. (2000), es decir; quince integrantes subdivididos en: cinco exigentes en paisaje (profesionales relacionados con el sector turismo y gestión de recursos naturales), cinco transformadores del paisaje (profesionales, ingenieros y otros profesionales relacionados con el sector silvoagropecuario) y cinco personas con experiencia en evaluación de paisajes (postgraduados en ciencias ambientales y manejo de recursos naturales), que actuaron como grupo control. Se utilizó como instrumento de evaluación una encuesta desarrollada Muñoz-Pedreros et al. (1993) (véase Anexos), la cual consta de dos partes, una que caracteriza al evaluador a través de un cuestionario estructurado, y otra que es una lista de adjetivos que califica los paisajes a observar y que permite obtener una valoración nominal. Estos adjetivos están agrupados según la escala universal de valores de Fines, lo cual permite asignarle valoración numérica o cuantitativa a la valoración nominal antes mencionada (Tabla 6-1 y 6-2).

TABLA 6-2. ASOCIACIÓN DE LOS VALORES DE CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE (VP) CON VALOR NOMINAL Y VALOR NUMÉRICO (MUÑOZ-PEDREROS, 2004).

RANGO DE VP	VALOR NOMINAL	VALOR NUMÉRICO
1– 5	Muy bajo	1
6 – 10	Bajo	2
11 - 15	Medio bajo	3
16 - 20	Medio alto	4
21 - 25	Alto	5
26 - 30	Muy alto	6

2.4 Análisis de la fragilidad visual del paisaje

Con el fin de conocer la vulnerabilidad del paisaje, entendida como su capacidad de respuesta frente a su uso (Bolós 1992), se realizará un análisis de acuerdo al método propuesto por Muñoz-Pedreros (2004). Este método entrega la fragilidad visual intrínseca, al considerar factores biofísicos que ponderan la fragilidad visual del punto, y el carácter histórico-cultural que pondera los valores singulares del paisaje según escasez, valor tradicional e interés histórico.

Los factores biofísicos determinan la fragilidad visual del punto que, sumados a los factores histórico- culturales constituyen la fragilidad visual intrínseca. De este modo la valoración se hará según la fórmula:

$$VFVP = \Sigma\ S\ f/nf$$

Donde VFVP es el valor de la fragilidad visual del punto, f son los factores biofísicos y n es el número de factores considerados. Los valores de fragilidad fluctúan entre 1 y 3.

TABLA 6-3. ASOCIACIÓN DE LOS VALORES DE FRAGILIDAD DEL PAISAJE (VFVP) CON SU VALOR NOMINAL (SENSU MUÑOZ-PEDREROS, 2004).

VFVP	Valor nominal
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

2.5 Capacidad de uso según características de calidad y fragilidad del paisaje.

Finalmente con los valores de fragilidad y calidad del paisaje se proponen categorías de uso del paisaje en el área de estudio basados en la propuesta de Muñoz-Pedreros (2004) que se detalla en la Tabla 6-4.

TABLA 6-4 CAPACIDAD DE USO SEGÚN CARACTERISTICAS DE CALIDAD Y FRAGILIDAD DEL PAISAJE (SENSU MUÑOZ-PEDREROS 2004).

CLASE	CARACTERÍSTICAS		USOS RECOMENDADOS
	CALIDAD	FRAGILIDAD	
1	Alta	Alta	Conservación
2	Alta	Media	Turismo /recreación de bajo impacto
3	Alta/media	Baja	Turismo recreación
4	Media	Alta/media	Según estudios mas profundos puede incorporarse a 2 ó1
5	Baja	Alta/ media	Según estudios mas profundos puede incorporarse a 6
6	Baja	Baja	Localización de actividades de alto impacto visual

3. RESULTADOS

3.1 Definición de unidades homogéneas de paisaje

Basado en la caracterización del área, las UP fueron definidas como unidades irregulares homogéneas en su contenido. El componente central en su definición fue el relieve, que se presentó como de mayor relevancia y las intervenciones antrópicas, los descriptores de importancia en los componentes asociados fueron la vegetación, los cuerpos de agua y las construcciones. Geomorfológicamente el área de estudio está conformada como un gran plano que asciende hacia la cordillera de Domeyko interrumpido por algunos "cerros islas" desprendidos de la cordillera de la Costa, y recorrido por quebradas que no alcanzan a atravesarlo, salvo la del río Loa. A su vez por tratarse de un oasis los cuerpos de agua encontrados forman parte importante y atrayente del paisaje.

3.2 Unidades homogéneas de paisaje

La caracterización de los paisajes en terreno y el análisis visual de los descriptores en 84 imágenes registradas, permitió definir 23 unidades de paisaje (Tabla 8-5) al agrupar las UP de acuerdo a su componente principal, las formas de relieve; y en un segundo plano, la vegetación, se identificaron siete macrounidades de paisaje, “Cuerpos de agua”, “Quebradas”, “Construcciones”, “Praderas”, “Planicies”, “Cerros/Lomas” y “Plantación de algarrobos”.

TABLA 6-5. UNIDADES DE PAISAJE (UP) PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

CÓDIGO	UNIDAD DE PAISAJE (UP)	CÓDIGO	UNIDAD DE PAISAJE (UP)
CRL	Cascada quebrada río loa	EVR	Embalse vegetación riparia
QV	Quebrada con vegetación	VPGB	Valle praderas grama y brea
CON	Construcción	PD	Planicie desierto
PBB	Pradera de brea con basura	RPB	Río praderas brea
PDB	Planicie desierto con basura	PCD	Praderas cultivo en desuso
CDB	Cerro desierto con basura	PB	Praderas brea
QLV	Quebrada río loa vegetación riparia	PCM	Praderas cultivo maíz
LVP	Laguna vegetación palustre	PCHB	Pradera de chilca y brea
QD	Quebrada desierto	PAB	Pradera atriplex y brea
CD	Cerros desierto	PE	Planicie con escombros
LD	Lomaje desierto	PGS	Pradera de grama salada
PAL	Plantación de Algarrobos		

Las unidades de paisaje descritas para el área de estudio, se distribuyen espacialmente con expresión cartográfica en la carta de unidades de paisaje (UP) (ver Fig. 6-1).

Se observa en la cartografía que las unidades de paisaje que presentan mayor superficie en el territorio son cerros desierto, planicie desierto, seguido de las praderas de cultivo maíz y en desuso. También es relevante en el territorio, la unidad de paisaje de valle de praderas de grama y brea. Las superficies de territorio, que se muestran en blanco, corresponden a la zona urbana y áreas que no fueron evaluadas en este estudio.

Folio008764

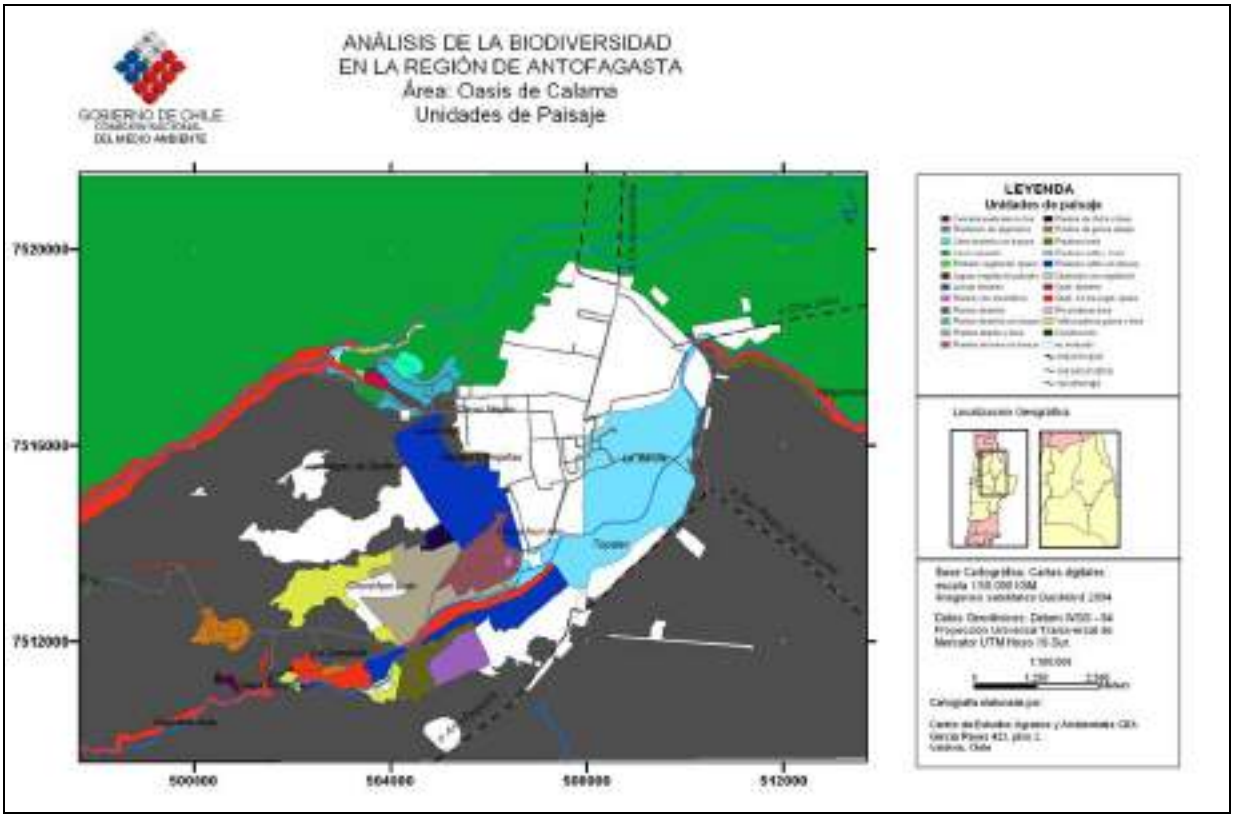


FIGURA 6-1. MAPA DE UNIDADES DE PAISAJE EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA.

3.3 Calidad visual del paisaje

Valoración del paisaje

La valoración de la calidad visual se realizó sobre el total de imágenes registradas, correspondientes a subunidades de paisaje (SUP), conformando una muestra de 23 unidades de paisaje (UP) agrupadas en siete macrounidades (MUP). El rango en que se distribuyen los valores de las UP, según la escala de Muñoz-Pedreros et al. (1993a), va de VP=4 (DE=0,0) a VP= 19 (DE=0,7). La máxima valoración fue obtenida por la unidad “Plantación de algarrobos” que al corresponde al calificativo “conservado” de la categoría “distinguido” *sensu* Muñoz-Pedreros (2004) y Finnes (1968) respectivamente; categorizado como paisaje de calidad media. En cuanto a los paisajes mejor evaluados destacan: “Cascada quebrada río Loa” VP= 17, y “Laguna vegetación palustre” VP= 18; mientras que los paisajes peor evaluados fueron: “Cerros desierto con basura” VP= 4, “Planicie desierto con basura” y “Pradera de brea con basura” VP=5 (Tabla 8-6.) La desviación de las valoraciones entre las SUP caracteriza al área como un territorio con alta heterogeneidad en su calidad paisajística. Existen unidades de paisaje con una desviación igual a cero, debido a que se conforman por una subunidad de paisaje.

Los valores de calidad visual obtenidos a partir de la valoración de las unidades de paisaje, y clasificados de acuerdo a la metodología propuesta fueron expresados cartográficamente en el territorio del área de estudio (Fig. 6-2).

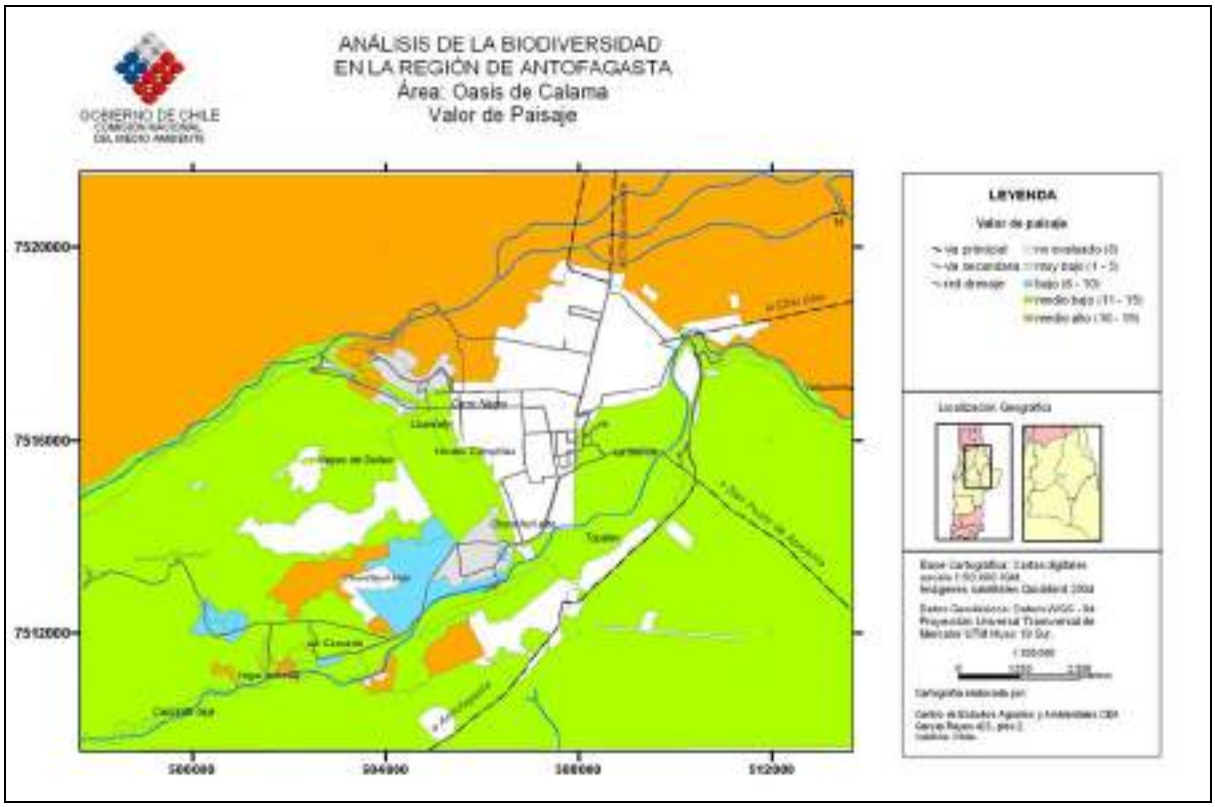


FIGURA 6-2. MAPA DE VALOR DE PAISAJE EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA.

En el mapa de calidad visual del paisaje, puede observarse que la mayor parte del territorio, presenta un valor medio bajo y que se encuentra asociado al paisaje típico del desierto árido, es decir sin vegetación y que además no presenta aspectos relevantes en formas geomorfológicos.

El valor medio alto está representado por las formas de cordón montañoso asociado al desierto de los aluviones, cubriendo este valor una gran superficie territorial; presentando este mismo valor de calidad aquellas zonas que presentan vegetación, espejos de agua y cascadas, como es el caso de las praderas de la laguna redonda y el sector del mirador y la cascada del río Loa. Las zonas que presentan una calidad de paisaje muy baja, corresponden a aquellas en que se observa basura y escombros.

Al agrupar las UP y sus valores de acuerdo a las macrounidades de paisaje (MUP) el rango en que se distribuyen los valores fluctúa entre VPMUP=19 y VPMUP=8, lo que no varía demasiado en cuanto al comportamiento de las unidades de paisaje.

TABLA 6-6. VALORES DE CALIDAD VISUAL (VP), DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DE) Y ADJETIVO CALIFICATIVO ASOCIADO A LAS UNIDADES DE PAISAJE REGISTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, SEGÚN EL MÉTODO DE MUÑOZ-PEDREROS ET AL. (1993), Y EQUIVALENCIA CON LOS VALORES DEL MÉTODO DE FINES (1968).

Macrounidad	COD	UP	VP	DE	ADJETIVO	VP MUP
Cerros/lomajes	CDB	Cerro desierto con basura	4	0,0	Pésimo	10
	CD	Cerros desierto	16	0,0	Interesante	
	LD	Lomaje desierto	11	1,4	Común	
Construcciones	CON	Construcción	10	2,5	Sin interés	10
Cuerpos de agua	CRL	Cascada quebrada río Loa	17	1,4	Grato	16
	QLV	Quebrada río Loa vegetación riparia	14	2,1	Regular	
	LVP	Laguna vegetación	18	0,0	Agradable	
	EVR	Embalse vegetación riparia	15	0,5	Aceptable	
	RPB	Río praderas brea	15	0,2	Aceptable	
Planicies	PDB	Planicie desierto con basura	5	2,1	Feo	8
	PD	Planicie desierto	11	0,9	Común	
	PE	Planicie con escombros	7	0,0	Pobre	
Praderas/valle	PBB	Pradera de brea con basura	5	2,0	Feo	10
	VPGB	Valle praderas grama y brea	16	0,1	Interesante	
	PCD	Praderas cultivo en desuso	11	3,4	Común	
	PB	Praderas brea	11	0,0	Común	
	PCM	Praderas cultivo maíz	10	1,2	Sin interés	
	PCHB	Pradera de chilca y brea	9	1,1	Monótono	
	PAB	Pradera atriplex y brea	9	1,9	Monótono	
	PGS	Pradera de grama salada	9	0,0	Monótono	
Quebradas	QV	Quebrada con vegetación	15	1,6	Aceptable	15
	QD	Quebrada desierto	15	0,6	Aceptable	
Plantación de Algarrobos	PAL	Plantación de algarrobos	19	0,7	Conservado	19

La mejor evaluada fue la macrounidad “Plantación de algarrobos”, considerada como un paisaje “conservado”, con un VPMUP=19. Seguido por “Cuerpos de agua” con un VP=16 correspondiente a “interesante”. Las macrounidades “Praderas/valle”, “Cerros y lomajes” y “Construcciones” comparten la misma valoración VPMUP=10 (paisajes sin interés), siendo la macrounidad “Planicies” la menos valorada con VPMUP=8 considerándose un paisaje “frío”. En la Fig. 6-3 se muestran algunas de las fotografías evaluadas.

Plantación de algarrobos VP=19

Cascada quebrada río Loa VP= 17

Laguna vegetación palustre VP=18

Cerros desierto VP= 16

Planicie desierto con basura VP=5

Pradera de brea con basura VP=5

FIGURA 6-3. UNIDADES DE PAISAJE CON MAYOR Y MENOR VALOR DE CALIDAD VISUAL (VP).

Análisis indirecto

El estudio de las características visuales básicas indicó que estos paisajes responden a dos patrones, los que poseen elementos en común como la forma tridimensional, con líneas que marcan bordes claramente definidos en su gran mayoría panorámicos, brillantes y claros posicionados en pies de laderas; y llanuras existentes en las quebradas asociadas al río Loa o en planicies y praderas desérticas. Los primeros con texturas gruesas, densas y en grupos, mientras los desérticos presentan texturas medias, dispersos y al azar.

3.4 Fragilidad visual del paisaje

Del análisis de los factores biofísicos en las fotografías evaluadas se desprende que los paisajes evaluados posen un valor promedio de fragilidad medio agrupando esta categoría más de la mitad de los datos. La fragilidad en este caso, está dada principalmente por dos factores. Uno, la cubierta vegetal, la que no está representada por formas leñosas sino más bien herbáceas, lo que disminuye la capacidad de absorción visual. Aquellos paisajes de baja fragilidad son aquellos dominados por planicies desérticas, y que desde el punto de vista histórico y cultural se identifican como recursos frágiles el río Loa, por su importancia para el desarrollo y economía de la zona y aquellos elementos que dan cuenta de asentamientos emplazados en el desierto. Dentro de los factores biofísicos evaluados, la pendiente tuvo gran influencia en la determinación de la fragilidad puesto que en un desierto puede atribuírsele una doble interpretación, una, como cortina y como elemento camuflador de actividades al interior del valle. Por otro lado, las bajas pendientes poseen una mayor capacidad de absorción visual (véase Anexos).

3.5 Capacidad de uso del paisaje

En la determinación de la capacidad de uso del paisaje, éste debe estudiarse con mayor nivel de detalle incluyendo atributos espaciales y variables ecológicas, para la inclusión de éste en actividades turísticas de bajo o alto impacto y/o para la conservación. En este sentido, destacan la unidades de paisaje que obtuvieron un valor 4 de capacidad de uso, es decir, que con estudios más profundos pueden incorporarse a un uso 2 ó 1; turismo de bajo impacto o conservación, respectivamente. Es así, como en promedio los paisajes del Oasis de Calama, se agrupan en este valor, teniendo como factor común la presencia de vegetación, cuerpos de agua y formaciones geomorfológicas.

De acuerdo a la ponderación de los resultados, se observa que las unidades de paisaje que presentan una capacidad de uso para actividades de alto impacto visual corresponden a cerro desierto con basura, pradera de brea con basura, planicie desierto con basura y pradera de chilca y brea, teniendo como factor común la degradación del paisaje por actividades humanas. Por otro lado, las unidades que se muestran aptas para el desarrollo de actividades turísticas son aquellas que obtuvieron un valor 3 ó 4 de capacidad de uso, destacando entre ellas, las unidades plantación de algarrobos, laguna con vegetación palustre, cascada quebrada río Loa, embalse vegetación riparia, quebrada río Loa vegetación riparia y río praderas brea, unidades que comparten un valor de cobertura vegetal como factor que le suma calidad al paisaje.

TABLA 6-7. PONDERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DEL PAISAJE DE ACUERDO A MUÑOZ-PEDREROS (2004). VP=VALOR DE CALIDAD, P=PONDERACION DE LA ESCALA DE USO, VF=VALOR DE FRAGILIDAD, CU=CATEGORIA DE USO.

Unidad de paisaje	VP	P	VF	VP	CU
Cerro desierto con basura	4	BAJA	1	BAJO	6
Cerros desierto	16	MEDIA	1	BAJO	3
Lomaje desierto	11	MEDIA	1	BAJO	3
Construcción	10	BAJA	2	MEDIO	5
Cascada quebrada río loa	17	MEDIA	2	MEDIO	4
Quebrada río loa vegetación riparia	14	MEDIA	1	BAJO	3
Laguna vegetación palustre	18	MEDIA	2	MEDIO	4
Embalse vegetación riparia	15	MEDIA	2	MEDIO	4
Río praderas brea	15	MEDIA	1	BAJO	3
Planicie desierto con basura	5	BAJA	1	BAJO	6
Planicie desierto	11	MEDIA	2	MEDIO	5
Planicie con escombros	7	BAJA	2	MEDIO	5
Pradera de brea con basura	5	BAJA	1	BAJO	6
Valle praderas grama y brea	16	MEDIA	1	BAJO	3
Praderas cultivo en desuso	11	MEDIA	1	BAJO	3
Praderas brea	11	MEDIA	1	BAJO	3
Praderas cultivo maíz	10	BAJA	2	MEDIO	5
Pradera de chilca y brea	9	BAJA	1	BAJO	6
Pradera atriplex y brea	9	BAJA	2	MEDIO	5
Pradera de grama salada	9	BAJA	2	MEDIO	5
Quebrada con vegetación	15	MEDIA	2	MEDIO	4
Quebrada desierto	15	MEDIA	2	MEDIO	4
Plantación algarrobos	19	MEDIA	2	MEDIO	4
Calidad /fragilidad promedio de paisaje	12	MEDIA	2	MEDIO	4

4. CONCLUSIONES

- El rango en que se distribuyen los valores de las unidades paisajísticas (UP) va de valor de paisaje (VP)=4 (DE=0,0) a VP= 19 (DE=0,7). La unidad de paisaje plantación de algarrobos obtuvo la mayor valoración, seguida de aquellas asociadas a cuerpos de agua. La menor valoración de algunos paisajes fue principalmente a causa de elementos antrópicos, como la presencia de basura y escombros, sumado a una baja cobertura vegetal. En cuanto a los resultados obtenidos, se puede caracterizar el área como de calidad media.
- La calidad predominante del Oasis de Calama está dada porque sus paisajes mayoritariamente panorámicos y de especial singularidad, están conformados por paisajes con elementos tales como cuerpos de agua y vegetación de textura gruesa a media, con alto contraste cromático y brillo, y por aquellos parajes panorámicos correspondientes a quebradas y planicies desérticas.
- La calidad predominante en el Oasis de Calama, coincide con lo obtenido en la expresión cartográfica de los valores de paisaje, ya que las unidades con mayor calidad corresponden a áreas con vegetación y la presencia de cuerpos de agua, como es caso de la plantación de algarrobos, la laguna redonda y el sector de la cascada en el río Loa.
- El área posee efectivamente en base a sus valores de fragilidad y calidad un potencial turístico, el que debe ser desarrollado en base a una integración de toda la información disponible, además de considerar los objetivos de la planificación territorial del Oasis de Calama.
- El paisaje del Oasis de Calama posee componentes de interés, principalmente naturales, asociados a su geomorfología y riqueza vegetacional asociada al río Loa, capaces de atraer a los visitantes de intereses especiales. Los componentes construidos por el hombre, tienen baja representación en este paisaje, ya que las zonas urbanas no fueron consideradas en este estudio como componentes del paisaje natural.

CAPITULO VII
USOS Y PROTECCIÓN

CAPÍTULO VII USOS Y PROTECCIÓN

USOS Y AMENAZAS

1. INTRODUCCIÓN

El sector en que se emplaza la ciudad y el Oasis de Calama está conformado por un gran plano en el cual es posible distinguir cuatro unidades topográficas (CEC consultores s/f citado por PRG 2004): a) La planicie al sur-oriente del Loa que corresponde al área comprendida entre la Ruta 25, de acceso a la ciudad desde Antofagasta y la Ruta 23 a San Pedro de Atacama. En ella se localiza el aeródromo de Calama y la vía de circunvalación en el tramo indicado; b) El cauce del Loa y la planicie del oasis: área de desarrollo de vegetación e indicador de los procesos que determinan el oasis; c) La planicie del área urbana de Calama: área donde se asienta la ciudad, sin límite natural preciso; y d) Los cerros: al poniente y otros, aproximadamente a 16 Kms. al norte de la ciudad, (donde se ubica Chuquicamata), todas ellas conforman el área visual, ambiental y funcionalmente integrada a la ciudad. Desde el punto de vista estrictamente geográfico podríamos considerar que nuestra área objetivo es el punto b señalado anteriormente, es decir, el cauce del río Loa y las planicies asociadas con cubierta vegetacional. Sin embargo, desde el punto de vista ecológico, otras áreas naturales aledañas son parte integrante de este sistema ecológico, por este motivo algunas de ellas, formaron parte del levantamiento de información de esta línea de base y se incluyen en el análisis de este componente de uso del suelo.

El sitio prioritario Oasis de Calama, al estar inserto en un desierto de extrema aridez, ha tenido históricamente un uso asociado al aprovechamiento de sus recursos naturales, tales como agua, suelo, flora y fauna además de sus riquezas minerales. Se señala en el plan regulador comunal de Calama (PRC 2004) que es el oasis más importante del país, y se estima que fue hasta hace aproximadamente 40 años el oasis más grande del mundo con 4.000 ha cultivables, contando actualmente sólo con aproximadamente 800 ha.

Al estar inserta la ciudad de Calama en el oasis, y ser la comuna el soporte de las mayores explotaciones de minerales del país, se han establecido, entre el sistema natural y el humano, complejas relaciones que han derivado en un deterioro visible del oasis y que se relacionan con la utilización histórica que se ha hecho de éste, su suelo y el agua del río Loa, siendo éste último recurso el sustento de toda la productividad del área. La evolución que este proceso de deterioro pueda presentar hacia el futuro dependerá de las medidas que se implementen para revertir sus causas y efectos y la voluntad de los distintos actores locales, regionales y nacionales para apoyarlas. Con el propósito de caracterizar las causas del deterioro ambiental y la forma en que se manifiestan sus efectos en la conservación del sitio prioritario, se planteó este trabajo que aborda y analiza el uso actual que se hace del área, haciendo hincapié en las presiones a las cuales está sometida y las amenazas más relevantes que se han identificado que atentan contra su conservación.

Estos antecedentes, además de la información de línea de base ambiental, servirán para proponer una zonificación de usos y orientaciones de manejo que pueda ampliarse a la normativa del Plan Regulador Comunal, extendiéndose así a otras áreas adyacentes que forman parte del mismo sistema ecológico, como se mencionó anteriormente, y hacia las cuales no existen regulaciones actualmente por constituir territorio rural.

Para ello se realizó una recopilación de antecedentes secundarios, observaciones en terreno y la aplicación de dos encuesta de opinión, una cerrada simple dirigida a pobladores locales y otra abierta, dirigida a informantes clave que recogen, cualitativamente, y desde distintos ámbitos, la situación actual del sitio de interés de conservación en relación a sus usos y las presiones a las que está sometido. Con el fin de generar información que permita al gobierno regional establecer futuros programas de conservación, se tuvo en consideración la valoración que la población hace de otros sitios naturales, que pudieran incorporarse como objetos de conservación.

2. AMENAZAS SOBRE EL OASIS DE CALAMA

2.1. Marco teórico y conceptual

Perturbaciones o disturbios

Desde el punto de vista ecológico una perturbación puede ser definida como un evento que provoca el despeje de una porción de sustrato que puede ser colonizado por ciertos organismos (Dayton 1971). Por otro lado Forman & Godron (1986) definen la perturbación (también llamada disturbio) como un evento que causa un cambio significativo del patrón normal de un ecosistema. Finalmente van Andel & van den Bergh (1987) explican la perturbación como un cambio de condiciones que interfiere con el funcionamiento normal de un ecosistema. La alteración del ecosistema dependerá de la extensión, intensidad y frecuencia de esas perturbaciones. De acuerdo al tamaño, pueden clasificarse en: (a) grandes disturbios cuando exceden las 10 hectáreas, (b) medianos de una a 10 hectáreas y (c) pequeños cuando son menores de una hectárea. Según la intensidad o daño que ocasionan se pueden clasificar en: severos, medianos y leves.

Se distinguen dos tipos de perturbaciones (sensu Sousa 1984): las naturales y las antrópicas (generadas por el ser humano). La primera incluye el vulcanismo, los deslizamientos, los movimientos tectónicos, etc., y las segunda la agricultura, la silvicultura, la ganadería, la actividad minera, la expansión urbana, etc.

Por otro lado los ecosistemas pueden estar sometidos a *factores tensionantes*, que son estímulos externos que pueden dañar los sistemas naturales. Cuando esto ocurre hablamos de un *ecosistema tensionado* (sensu Brown & Lugo 1994), ya que ese sistema no puede funcionar normalmente por estar sometidos a estímulos externos (factores tensionantes).

2.2. Un ecosistema perturbado

Un ecosistema tensionado producto de las perturbaciones a que está sometido puede alterarse de diferentes maneras. Por ejemplo (a) disminuyendo su diversidad biológica, (b) perdiendo y/o alterando su suelo (e. g., perdida de nutrientes, contaminación), (c) cambiando su microclima (e. g., humedad, precipitación), (d) disminuyendo del reclutamiento de organismos con disminución del tamaño de las poblaciones, (e) alteración de los cuerpos de agua.

Un ecosistema perturbado ha perdido total o parcialmente sus funciones (productividad, interacciones, polinización, regulación hídrica) y, su estructura (organización espacial de las especies, número de especies, estado de las poblaciones). Barrera-Cataño & Valdés-López (2007) describen varios ejemplos: (a) áreas perturbadas por la extracción de materiales a cielo abierto, afectándose todos los componentes del ecosistema (e.g., suelo, vegetación y fauna) y las condiciones microclimáticas; (b) áreas perturbadas por tala selectiva afectándose parcialmente los componentes de la biota, suelo, y condiciones microclimáticas; (c) áreas perturbadas por uso y expansión agropecuaria, alterando todos los compartimentos del ecosistema, y las condiciones microclimáticas; (d) áreas perturbadas por expansión y uso urbano, afectando drásticamente todos los componentes ecosistémicos y las condiciones microclimáticas; (e) áreas perturbadas por especies exóticas, alterando todos los compartimentos. En especial la diversidad de especies nativas; (f) áreas perturbadas por procesos erosivos hídrico y/o eólicos, afectando todos los compartimentos, pero principalmente el suelo; (g) áreas perturbadas por descargas de sedimento, afectando, principalmente, el suelo y el agua; (h) áreas perturbadas por descarga de contaminantes, afectando todos los componentes del ecosistema, pero fundamentalmente el agua y el suelo.

2.3. Perturbaciones asimiladas como impactos ambientales

Se entiende por impacto ambiental a la alteración del medio ambiente. Provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Dicho de otro modo un impacto ambiental es la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo.

Así, si tomamos estos conceptos *sensu lato* podemos asimilar el concepto de perturbación antrópica, con su marco teórico ecológico, al de impacto ambiental. De este modo podemos evaluar, ponderar y clasificar esas perturbaciones, más allá que los ecólogos también lo hacen (véase Sousa 1984), pero al vincular ambos conceptos orientamos el análisis de las perturbaciones/impactos a un problema claramente enfocado al tema de la biodiversidad, que necesita un refuerzo teórico ecológico.

Aclarado esto podemos asumir que las actividades humanas, que se realizan en el área de estudio, y que se relacionan con el uso y aprovechamiento de sus recursos naturales, ya sea que éstas se ubiquen dentro de los límites del área de interés o en su zona de influencia, suelen generar impactos que exceden los rangos naturales de variación y con ello pueden afectan la integridad ecológica del sitio. Así, el área de interés puede afectarse por impactos directos o indirectos y en ambos casos el resultado es exceder la capacidad de uso sustentable o sostenible, conduciéndolos a su eventual colapso. Cuando un área de conservación deja de ser funcional requerirá manejo o restauración ecológica (Granizo et al. 2006).

2.4. Sitio funcional y objetos de conservación

Un área de conservación es funcional cuando reúne los atributos más adecuados para conservar la diversidad biológica a largo plazo o, como lo manifiestan Poiani & Richter (2000) es

un área que “mantiene a las especies, comunidades y/o sistemas de interés focal y a los procesos ecológicos que sustentan, dentro de sus rangos naturales de variación”. En otras palabras un sitio será funcional en la medida de cuan tensionado esté el ecosistema.

Por otro lado los objetos de conservación pueden ser especies, comunidades naturales y sistemas ecológicos o ecosistemas, en los que se incluyen los procesos naturales que los mantienen. Los sistemas ecológicos pueden clasificarse de acuerdo a su fisonomía: zonas de vida (Holdridge 1967), estructura de la vegetación, composición florística o ambos (Grossman et al. 1999). En el caso de las comunidades naturales, éstas, de acuerdo a Whittaker (1975) se definen como un ensamble de poblaciones de plantas, animales, bacterias y hongos que viven en un entorno e interactúan unos con otro formando un sistema viviente distinto.

3. AMENAZAS AL OBJETO DE CONSERVACIÓN

Las perturbaciones/impactos son una presión que genera daño funcional o degradación de los atributos clave en un objeto de conservación, lo cual disminuye su viabilidad. El conjunto formado por las perturbación/impactos (presiones) y sus factores tensionantes (fuentes de presión), es decir, lo que las ocasiona, es lo que se denomina *amenaza* (contrástese con Granizo et al. 2006). Así una perturbación/impacto puede convertirse, según su régimen y valoración, en una amenaza. Para los objetos de conservación se identificaron las perturbaciones y luego se las calificó (como se describirá más adelante). La pérdida del hábitat provocada por las actividades humanas es la causa principal de la disminución de la biodiversidad. Esta pérdida puede ser total (destrucción de hábitat) o parcial, en este último caso se habla de degradación del hábitat (pérdida de algunas especies, de interacciones ecológicas y procesos ecosistémicos). Entre ambos extremos existe una gama de posibilidades que va desde la pérdida de algunas especies, estructuras y funciones hasta la transformación completa del hábitat (Primack et al. 2001). La viabilidad o integridad ecológica de un objeto de conservación está basado en la idea de que existe un número de atributos ecológicos clave dentro de estos criterios de tamaño, condición y contexto paisajístico.

4. METODOLOGÍA

Para los fines de esta investigación, se entenderá como área de estudio al Oasis de Calama, comprendido por el cauce del río Loa y sus planicies asociadas tanto en el sector urbano como rural. En el sector que abarca el oasis las áreas prospectadas fueron: Yalquincha, Pradera Agrícola (sector Topater) y Loa Medio y en el ámbito rural los sectores prospectados fueron: Mirador, Quebrada Quetena, Río San Salvador y Ojo de Opache, los cuales, aún cuando no son parte constituyente del oasis, se relacionan con éste desde el punto de vista ecológico (véase los sitios de muestreo en Tabla 5-5).

4.1. Descripción de las técnicas utilizadas

En el levantamiento de información se utilizaron los siguientes elementos metodológicos: a) revisión bibliográfica, b) reconocimiento y observación en terreno, y c) encuesta a población aledaña y entrevistas a informantes claves. Este procedimiento aporta los antecedentes que derivan en el presente informe de usos y amenazas actuales y potenciales a la conservación de las áreas de estudio.

Análisis bibliográfico

Para iniciar y potenciar la búsqueda de información se recurrió a información secundaria, desde la cual se proporciona la información de uso de suelo a nivel de comuna. El análisis de fuentes secundarias incluyó informes de consultorías, documentos proporcionados por servicios públicos y publicaciones científicas, entre otras existentes en relación al territorio.

Reconocimiento y observación en terreno

En terreno se identificaron las distintas unidades territoriales en las que pudieran identificarse diferentes destinos de uso en al Oasis de Calama y otras áreas naturales cercanas de interés. El reconocimiento en terreno se efectuó en forma paralela y complementaria al levantamiento de la línea de base de biodiversidad, mediante la visita a los lugares de muestreo y el registro de los siguientes aspectos: cubierta vegetal presente en el área, usos productivos, presencia de urbanizaciones y otros elementos que releven ocupación y usos del terreno. Los caminos inmediatos al área fueron recorridos logrando localizar las viviendas y familias que habitan los terrenos cercanos a las áreas de estudio y que pudieran estar ejerciendo presiones de uso sobre ella. Paralelo a ubicar la población adyacente y proceder con el estudio, se realizaron observaciones sistemáticas de su entorno y sus condiciones de vida. Esta técnica, pese a no tener expresión cuantitativa, permitió conocer el estado de sus recursos naturales inmediatos, de sus viviendas, de su distribución, de la eliminación de desechos, entre otras características físicas que complementan la información formalmente recolectada mediante la entrevista. Asociado al trabajo de levantamiento de información de la línea de base de biodiversidad se interactuó con algunos vecinos a fin de complementar estas prospecciones. Se debe destacar que el propósito de esta interacción no constituye un levantamiento exhaustivo de antecedentes sino posibilitar un contacto más sistemático con lugareños que aporten información de interés y complementaria al trabajo de terreno.

Actores identificados e Instrumentos utilizados

Los antecedentes se recabaron mediante una entrevista cerrada, dirigida a habitantes del área (actores aledaños o insertos en el sitio) y una entrevista abierta dirigida a personas externas que pueden intervenir directa o indirectamente y actual o potencialmente en el territorio (a los que llamamos informantes clave). Así, la prospección consideró la aplicación de instrumentos a dos tipos de actores; a) los usuarios directos del área, y b) representantes de establecimientos educacionales, corporaciones que se relacionan con el área, unidades municipales, además de servicios públicos de nivel provincial y regional. Los últimos actores fueron contactados personalmente por el equipo de trabajo a través de visitas, telefónicamente o mediante correo electrónico. A todos ellos se explicó el marco del estudio y el propósito específico de la entrevista. En el primer caso la encuesta se centró en determinar la actividad productiva del entrevistado, la identificación de sitios con algún valor especial, la identificaciónde cambios ambientales en el último tiempo y las causas de los cambios ambientales negativos. En el segundo caso la entrevista que correspondió básicamente a un “Sondeo de opinión” pretende conocer las opiniones de los diferentes actores ante la conservación del área, aportando con aspectos como la determinación de las actividades de mayor impacto, las amenazas presentes y potenciales, la necesidad de estudios y programas a desarrollar, la definición de áreas de restauración o de protección, entre otros aspectos. La

información recabada por las entrevistas fue expuesta a análisis de tipos cuantitativa y cualitativa, dependiendo de su origen.

Encuesta a población aledaña y entrevistas a informantes claves

Los antecedentes se recabaron mediante una entrevista cerrada, dirigida a habitantes del área (actores aledaños o insertos en el sitio) y una entrevista abierta dirigida a personas externas que pueden intervenir directa o indirectamente y actual o potencialmente en el territorio (a los que llamamos informantes clave). Así, la prospección consideró la aplicación de instrumentos a dos tipos de actores; a) los usuarios directos del área, y b) representantes de establecimientos educacionales, corporaciones que se relacionan con el área, unidades municipales, además de servicios públicos de nivel provincial y regional. Los últimos actores fueron contactados personalmente por el equipo de trabajo a través de visitas, telefónicamente o mediante correo electrónico. A todos ellos se explicó el marco del estudio y el propósito específico de la entrevista. En el primer caso la encuesta se centró en determinar la actividad productiva del entrevistado, la identificación de sitios con algún valor especial, la identificación de cambios ambientales en el último tiempo y las causas de los cambios ambientales negativos. En el segundo caso la entrevista que correspondió básicamente a un "Sondeo de opinión" pretendió conocer las opiniones de los diferentes actores ante la conservación del área, aportando con aspectos como la determinación de las actividades de mayor impacto, las amenazas presentes y potenciales, la necesidad de estudios y programas a desarrollar, la definición de áreas de restauración o de protección, entre otros aspectos. La información recabada por las entrevistas fue expuesta a análisis de tipos cuantitativa y cualitativa, dependiendo de su origen.

En el caso de los residentes aledaños al Oasis de Calama, la encuesta se estructuró en base a preguntas mayoritariamente semiestructuradas en torno a cuatro grandes ítems de investigación. El primero recoge datos personales del entrevistado, el segundo permite una caracterización económica: actividades productivas, propiedad de terreno, venta de productos y uso de recursos naturales. El tercer ítem recoge la percepción de sitios con algún valor asignado y su destino de uso. La última parte se relaciona con la percepción de cambios ambientales detectados y la cause de éste (véase instrumento en Anexos). Se debe destacar que el propósito de esta encuesta no constituye un levantamiento exhaustivo de antecedentes sino más posibilitar un contacto más sistemático con lugareños que aporten información de interés y complementaria al trabajo de terreno. Algunas de las dimensiones evaluadas en dicha entrevista se resumen en la siguiente tabla.

En relación con la entrevista a informantes clave, se consideró como tales a actores externos al área que pueden intervenir directa o indirectamente y actual o potencialmente en ella (actores asociados a la conservación del sitio) e incluyó tres tipos de actores: funcionarios públicos y municipales, dirigente social, profesor/académico. La encuesta contiene una identificación del entrevistado y un sondeo de opinión que aborda diferentes temáticas desde la función institucional que cumple el actor, acerca de diversos temas relacionados a la conservación y planificación del área. El sondeo refiere, sobre preguntas mayoritariamente abiertas la identificación de los principales problemas ambientales en la comuna y en el Oasis de Calama, grado de conocimiento del mismo y sus límites, importancia que atribuye la población al área, impactos sobre ésta y su conservación, actividades productivas asociadas, necesidad de protección y mecanismos de conservación, entre otras (véase instrumento en Anexos).

TABLA 7-1. ALGUNAS DIMENSIONES EVALUADAS EN LA ENCUESTA REALIZADA A LOS RESIDENTES ALEDAÑOS AL OASIS DE CALAMA Y ÁREAS ADYACENTES. 2007.

DIMENSIONES	ALGUNAS VARIABLES
Antecedentes personales	Sexo Edad Escolaridad
Antecedentes socioeconómico-culturales	Actividad u ocupación Actividad productiva Superficie y titularidad de la propiedad Uso de recursos naturales Ingreso mensual Productos que se comercializan Cantidad y estado de la tierra
Redes sociales	Organizaciones sociales adhesión Acceso a servicios
Percepción	Sitios de valor especial Cambios ambientales y otro tipo Motivo de los cambios

Para efectos del informe de uso de suelo y amenazas, se incluye en este capítulo sólo el análisis de las preguntas vinculadas, no la totalidad de los instrumentos.

4.2. Mapas conceptuales

Un mapa conceptual es una representación gráfica de información, entendida como una red de conceptos circunscritos a círculo u óvalos que se interrelacionan con flechas. Este resumen esquemático es una estructura de proposiciones, que contienen las ideas más importantes del tema en cuestión. En el mapa conceptual elaborado los conceptos más importantes los ubicamos arriba (causas u orígenes y las perturbaciones/impactos), desprendiéndose hacia abajo los efectos, es decir, las perturbaciones/impactos propiamente tales. Todos los componentes fueron unidos con líneas ya que se representan factores conectadas y con sentido. Los mapas conceptuales se elaboraron en base al: (a) análisis bibliográfico, (b) el reconocimiento y observación en terreno, (c) los resultados de las encuestas a población aledaña y (c) las entrevistas a informantes claves.

4.3. Caracterización y valoración de los impactos ambientales

Una vez identificados los impactos ambientales negativos, se describieron en forma cualitativa los efectos que potencialmente pueden afectar el área de estudio y los impactos que los procesos identificados pueden generar en los componentes receptores. Los diferentes impactos identificados y caracterizados, se cuantificaron en forma separada y se contrastaron, en la medida de lo posible y disponible, con normas, estándares o criterios de protección para cada componente ambiental. Para medir el efecto o impacto de las actividades humanas sobre los factores ambientales del área de estudio, se calificó el impacto según (a) importancia, (b) la probabilidad y (c) la magnitud, aplicando la metodología adaptada para la matriz causa-efecto de acuerdo a Conesa (1995):

Importancia del impacto. Se calculó según la siguiente fórmula cuyos componentes se describen en la Tabla 7-15.:

$$Im = (S) (I + E + M + T + R + In + P + Re)$$

Probabilidad del impacto. Se estimó la Probabilidad del impacto de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia del impacto, jerarquizando en tres rangos:

1 = Improbable: el impacto ocurrirá con una probabilidad < 0,4
2 = Probable: el impacto ocurrirá con probabilidad entre 0.4 y 0.8
3 = Cierto: el impacto ocurrirá con probabilidad > 0,8

Magnitud del impacto. Se estimó la Magnitud (Mg) del impacto, que califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental generado. Se compara el valor impactado de cada recurso, con el valor total del recurso, expresado en porcentaje.

1 = baja (30 – 0 %)
2 = media (31 – 69 %)
3 = alta (70- 100%)

TABLA 7-2. FACTORES PARA ESTIMAR LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

S	Signo		+ = Benéfico o positivo - = Dañino o negativo d = Neutro o desconocido
I	Intensidad	grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa).	1 = Acción mínima 2 = Destrucción media 3 = Destrucción total
E	Extensión	área de influencia teórica del impacto, en relación del proyecto	1 = Puntual 2 = Parcial 3 = Total
M	Momento	tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto	1 = largo plazo (> 5 años) 2 = mediano plazo (1 –5 años) 3 = inmediato (< 1 año)
T	Temporalidad	tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado volvería a condiciones iniciales	1 = fugaz (< 1 año) 2 = temporal (1- 10 años) 3 = permanente (> 10 años)
R	Reversibilidad	posibilidad de restauración del factor afectado	1 = a corto plazo 2 = a mediano plazo 3 = irreversible
In	Interacción	interacción de dos o más efectos simples	1 = indiferente 2 = aditiva 3 = sinérgica
P	Periodicidad	regularidad de manifestación del efecto en el tiempo	1 = indiferente 2 = periódico 3 = contínuoo
Re	Recuperabilidad	posibilidad de restauración del factor afectado mediante medidas correctoras	1 = inmediata (< 1 año) 2 = mitigable (1 – 5 años) 3 = irrecuperable

La valoración de cada uno de los factores antes mencionados se efectuó utilizando el método Delphi (descrito en MIDEPLAN 1994) donde cada carácter fluctuó entre los valores 1 y 3 el que se asigna del consenso y sapiencia del panel de expertos conformado por especialistas de las áreas de: limnología, humedales, ecología, ciencias ambientales, vida silvestre, recursos naturales y estudios de impacto ambiental. Los valores obtenidos se ubicaron frente a cada actividad evaluada para el factor ambiental valorado.

Una vez obtenida la importancia del impacto se procedió a calificar cada impacto, según la fórmula: Calificación del Impacto Ambiental (CIA)

CIA= Im (Importancia del Impacto) x *p* (Probabilidad del Impacto).

El valor obtenido, promedio del total de evaluadores, fue finalmente ubicado en la matriz de importancia. Luego se localiza en la matriz el promedio de los evaluadores, en el calculó de la Magnitud (Mg). Finalmente para obtener el *Valor del Impacto Ponderado Total* (VIPT) se multiplicó el valor de la Calificación del Impacto Ambiental (CIA) y el valor de la Magnitud (Mg), correspondiendo el valor final al Impacto Negativo Total, de esta forma el impacto evaluado es el que se ubica en la matriz.

4.4. Objetos naturales de conservación

Para implementar iniciativas de conservación en el área de estudio se espera que la biodiversidad, reflejada en el conjunto de objetos de conservación seleccionados, se mantenga en el futuro, sin embargo, si esta área no se encuentra bien conservada conviene plantearse una evaluación de su integridad ecológica. De acuerdo a Parrich, Braun & Unnasch (2003) un sistema ecológico posee integridad o es viable cuando sus características ecológicas dominantes (composición, estructura, función y procesos ecológicos) se encuentran dentro de sus rangos naturales de variación, y pueden recuperarse de la mayoría de los disturbios causados por la dinámica natural del ecosistema o por disturbios humanos.

Para el análisis de integridad ecológica seguimos a Granizo et al. (2006) por lo que: (a) seleccionamos atributos ecológicos clave, (b) identificamos indicadores para cada atributo ecológico clave, (c) determinamos rangos de variación aceptables para cada atributo ecológico clave, y (d) determinamos el estado actual y el deseado del atributo ecológico clave. Los atributos ecológicos clave corresponden a tres categorías o criterios: tamaño, condición y contexto paisajístico.

El tamaño se consideró como una medida del área o abundancia de las localizaciones del objeto de conservación y consideró el área dinámica mínima o área necesaria para asegurar la supervivencia o restablecimiento del objeto natural después de un disturbio natural.

La condición se consideró como una medida integral de la composición, estructura, e interacciones bióticas que caracterizan el área, e incluye atributos internos o inherentes al objeto (reproducción, estructura de edades, composición biológica, estructura física y espacial e interacciones bióticas en las que el objeto de conservación interviene directamente.

El contexto paisajístico se consideró como una medida integral de dos atributos: los regímenes y procesos ambientales dominantes que establecen y mantienen la localización del objeto de conservación y la conectividad. Comprendiendo ambos factores extrínsecos al objeto. Los primeros incluyeron regímenes hidrológicos, geomorfológicos, climáticos, de

química de nutrientes, disturbios naturales, etc. La conectividad incluyó acceso a hábitats y recursos para completar ciclos de vida, fragmentación, habilidad para la dispersión, migración o colonización. Para más antecedentes véase a Granizo et al. (2006).

En la identificación de los atributos ecológicos clave empezamos con una síntesis del conocimiento ecológico disponible sobre los objetos de conservación. Una parte de este conocimiento fue complementado con este estudio de línea de base. Todo ello se incorporó en el desarrollo de un modelo ecológico, un diagrama simple en el cual se describen los componentes ecológicos más relevantes y sus interacciones para cada objeto de conservación.

4.5. Medidas de mitigación

Del análisis precedente, se elaborarán recomendaciones de acción, que podrán adoptarse para eliminar, minimizar y controlar los impactos negativos sobre los objetos de conservación, considerando los factores y actividades más impactantes.

4.6. Determinación de parámetros significativos y plan de monitoreo

Se entenderá por Parámetro Significativo a cualquier elemento o factor constante en el ambiente, susceptible de ser medido cuantitativamente, y en que su presencia, variación o ausencia detecte procesos, deterioro y pérdida de las características iniciales antes de la ejecución del proyecto (Modificado de MOPT 1994).

Se determinaron indicadores a partir de a) información aportada por la línea de base; b) parámetros establecidos por la legislación vigente (e.g., Norma Chilena de Calidad del Agua); c) propuestas del Proceso de Montreal. Se analizó cada indicador como posible parámetro, de forma de establecer un modelo de parámetros a controlar.

Determinados los parámetros significativos se ubicaron en una tabla con la respectiva metodología de muestreo y análisis. Finalmente se estableció la frecuencia y momento de control de los parámetros significativos, de acuerdo a la ley ambiental vigente y los organismos fiscalizadores, estructurándose en una base de datos, que incluye información cualitativa, cuantitativa y gráfica de la evolución del medio.

5. RESULTADOS

5.1. Actores entrevistados

Población aledaña al área

Como se mencionó anteriormente el propósito de las entrevistas fue complementar los resultados de las prospecciones visuales del equipo de trabajo en terreno durante los estudios. Para ello se identificó a las personas que evidenciaran relación con superficies de terreno de uso preferentemente agrícola, ya que considerando la época de la prospección la mayoría de las superficies se encontraban en descanso o a la espera de iniciar faenas de preparación de suelos. En los sectores La Cascada y San Salvador se entrevistó a los únicos residentes. En el

sector El Cultivo, la entrevistada era cuidadora de un predio cuya superficie se destina a la producción agrícola, se evidenció rastrojos de un maizal, el cual estaba siendo sometido a quemas para la habilitación de la próxima siembra. El sector de Chunchuri Alto, el que se asocia al sector Loa Medio, congregó a la mayor población que desarrolla actividades agrícolas. En ese lugar existe o existió una asociación de regantes, cuyos miembros se vinculan a los entrevistados.

En el cuadro siguiente se muestra el número de entrevistados por sector.

TABLA 7-3. ENTREVISTAS A POBLACIÓN EN OASIS DE CALAMA Y SECTORES ALEDAÑOS. 2007.
S/E: SIN ENTREVISTA

NÚMERO DE ENTREVISTADOS	SECTOR
s/e	Yalquincha
1	El Cultivo (sector Topater)
5	Chunchuri alto (sector Loa Medio)
2	La Cascada
1	San Salvador

Informantes clave

Se contactaron 12 informantes claves, incluyendo representantes de instituciones públicas y privadas, de los cuales 7 respondieron la encuesta, lo que corresponde al 58% de los contactados. En la Tabla 7-4 se muestran los actores contactados y el estado de su participación.

TABLA 7-4. IDENTIFICACIÓN DE INFORMANTES CLAVE ENTREVISTADOS. 2007.

Nombre	Institución/Organización	Respondida
Jeannette Araya	Profesional de INDAP	no
Julio Vega	CONAF Of. El Loa	no
Eduardo Rodríguez	Director regional CONAF	no
Jorge Huerta P.	Profesional de SAG	si
Gumercindo Camacho	Asesor medio ambiente Municipalidad de Calama	si
Rubén Rojo	Dir. Ejecutivo Corporación Municipal de Cultura y Turismo	si
Ma. Isabel Pérez	Periodista Corporación de Desarrollo de la provincia del Loa (PROLOA)	si
F. Barrios	Director Escuela Valentín Letelier D-131	no
Mirna Cortés A.	Mesa Comunal de Mujeres de Calama	si
Jorge Alvarado	Director Colegio Río Loa	si
Kraus Contreras	Docente INACAP, U. del Mar	si
Liliana Cortés	CONADI	no

5.2. Usos

Uso de Suelo

De acuerdo a los antecedentes que entrega el censo agropecuario del 2007 existen en la comuna de Calama 99.113 has de uso agropecuario, estando asociadas sólo 1.286 ha al cultivo y correspondiendo 97.826 ha a otros suelos. En el anexo 7-1 se presenta con mayor detalle la actividad agropecuaria de la comuna y su tendencia y la aptitud agrológica de los suelos asociados del oasis.

En las prospecciones efectuadas en terreno se ha podido constatar el deterioro que las áreas de destino agropecuario presentan en la actualidad, con lo que se estima que la reducida superficie con fines agropecuarios ha disminuido desde el último censo. La información obtenida de las encuestas a la población aledaña a las áreas de estudio es un indicador de esta situación, como se aprecia en el cuadro siguiente.

TABLA 7-5. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y USO DE RECURSOS NATURALES EN OASIS DE CALAMA Y SECTORES ALEDAÑOS. 2007.

Sector	Actividad productiva	Superficie propiedad agrícola	Uso de recursos naturales	Ingresos por venta	Concepto mayores ingresos	Época
Chunchuri Alto	Agricultura y servicios	1-5 há	Forrajes	No define (choclo)	No	No
	Agricultura ganadería ovina	1-5 há	Leña/carbón Forraje	Venta choclo y pasto	Venta choclo	Marzo/ abril
	Agricultura y recolección	1-5 há	Forrajes	Junquillo y pasto/ choclo	Venta choclo	Marzo
	Agricultura y pequeños animales de crianza	1-5 há	Pasto	Pasto/ choclo/ animales	Venta choclo	Feb/ Marzo/ abril
	Agricultura y ganadería	1-5 há	Junco	Forrajes/ choclo	Venta choclo	Marzo
La Cascada	Agricultura y ganadería	1-5 há	Forrajes	Forraje	No	
	Servicios	1-5 há	Forrajes	Nada (“por ahora”)	No	
El Cultivo (aledaño a Topater)	Dueña de casa/ agricultora	1-5 há	Forrajes	Forraje	No	
San Salvador	Agricultura y ganadería	Sobre 15 há.	Forrajes	Animales (Bovinos y porcinos)	No contesta	No

En el sector de Chunchuri Alto las cinco personas entrevistadas señalan dedicarse a actividades productivas relacionadas con la agricultura y la ganadería, lo que se hace extensivo al resto de los entrevistados. Los cultivos de mayor interés económico son el maíz y las

especies forrajeras, las que corresponderían a ecotipos locales de alfalfa y maíz (INDAP comunicación personal) producidos en forma extensiva. En algunos casos se incorpora también la producción de hortalizas de hoja con fines de autoconsumo. En los demás sectores el choclo y el forraje son también los principales cultivos, mencionándose además la recolección de leña y junquillo. Al tener en cuenta las superficie de las explotaciones, que no exceden las cinco hectáreas, y su grado se deterioro, es posible proyectar una presión de uso sobre las áreas adyacentes cubiertas de pastizales, especialmente con fines forrajeros.

Con respecto a los antecedentes que entregan los informantes clave, como se aprecia en la tabla a continuación, estos consignan como usos actuales en el Oasis de Calama los siguientes: 1) agrícola 2) ganadería familiar, 3) lugar de esparcimiento/turismo, 4) residencia /vivienda/ ”dormitorio”, 5) uso deportivo. Uno de los entrevistados señala además que el oasis se utiliza como vertedero clandestino de basura. Esta situación fue evidenciada ampliamente en las prospecciones visuales realizadas por el equipo de terreno, sin embargo esto no se considera una categoría de uso, sino más bien un impacto ambiental que se analiza en el capítulo correspondiente a amenazas.

TABLA 7-6. USOS IDENTIFICADOS POR INFORMANTES CLAVE EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

PERFIL ENTREVISTADO E INSTITUCIÓN	USOS DETECTADOS DE LA POBLACIÓN ALEDAÑA AL OASIS
1) Auditor ambiental; Municipalidad de Calama	Agrícola, esparcimiento, vivienda, deportivo, basurales clandestinos.
2) Director Ejecutivo: Corporación Municipal de Cultura y Turismo de Calama	Agrícola, ganadería familiar, turismo
3) Ingeniero en ejecución agrícola: Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)	Residencial “*El oasis es en general, un lugar de residencia para aquellos que trabajan en labores ligadas a la minería”*
4) Ecólogo: Docente universitario.	Agrícola, residencial
5) Periodista: Corporación de Desarrollo de la Provincia del Loa.	No sabe
6) Informadora turística y dirigente. Mesa comunal de mujeres de Calama.	Residencial *“Dormitorio”*

Del análisis de estas respuestas se recoge que los usos son atribuidos mayoritariamente como residenciales y en una menor escala a la explotación agrícola. Desde este punto de vista es interesante notar que para los encuestados aparentemente no existe una segregación clara entre la ciudad de Calama y el oasis propiamente tal. Esto es factible de entenderse dada la creciente expansión de la ciudad sobre el área natural.

5.3. Amenazas registradas

5.3.1. Registro de amenazas

Según el análisis bibliográfico (e.g. PRC 2004) y el reconocimiento y observación en terreno se pueden listar las siguientes amenazas, no evaluadas, en el área de estudio:

a) Aumento del área urbana

El Plan Regulador de Calama clasifico el oasis homónimo y la zona denominada como ZR-1ª y clasificada como Oasis Urbano.(emplazado entre el actual radio urbano y la zona de expansión urbana en el sector oriente de la ciudad), presenta una relevante degradación en la actividad agrícola, mayor que la zona contigua (denominada ZR- 1B y clasificada como Oasis Rural), principalmente por contar con menor disponibilidad del recurso hídrico. En ZR-1ª (no así en las otras zonas) se observan predios equipados y utilizados con usos diferentes al uso agrícola, como por ejemplo condominios de viviendas emplazadas sobre terrenos de agrado, restoranes, pubs discotecas, talleres artesanales, campings, cementerios, y otros. Un indicador del deterioro de las capacidades productivas del oasis se evidencia en el creciente abandono de las otrora productivas tierras del oasis sobre las cuales se han construido barrios residenciales.

b) Inadecuada disposición de residuos sólidos

La basura en Calama, tanto de residuos domésticos como de escombros, constituye un factor de deterioro del ambiente, debido principalmente a la saturación de los actuales vertederos, de acuerdo a lo señalado por los entrevistados. El primero se ubica al Este de la ciudad aproximadamente a tres kilómetros por la Ruta 23 a San Pedro de Atacama, entre ésta y el cabezal oriente del aeropuerto. Este vertedero no cumpliría con las condiciones sanitarias necesarias y la basura se acumularía allí sin tratamiento ni manejo, en una quebrada que se encontraría ampliamente desbordada, donde constantemente está entrando en combustión espontánea, lo que produce humos y olores. El problema adquiere mayor gravedad como consecuencia del clima, dado que por efectos del sol y la sequedad ambiental los residuos orgánicos pierden la capacidad de degradarse biológicamente. El segundo vertedero, destinado a escombros, se localiza en una de las quebradas al nor-poniente de la ciudad, allí, éstos se hayan depositados descontroladamente en sus proximidades, cubriendo una extensa superficie al nor-poniente de la ciudad, desde las poblaciones Independencia Norte hasta más allá de la población Le Paige. Como consecuencia de esta situación, la gente lo utiliza como botaderos no sólo de escombros sino que también de basuras, lo que ha generado la proliferación de vectores. Por encontrarse este vertedero junto al área poblacional más pobre de la ciudad.

c) Contaminación atmosférica

CODELCO, desde 1993, cuenta con un plan de descontaminación aprobado por D.S. N° 132/93 el cual se está implementando y ha permitido a la División Chuquicamata reducir las 13,0 toneladas/día de arsénico que se emitían en 1990, a 4,1 toneladas/día en 1995, a la vez que captar el 70% del anhídrido sulfuroso que se desprendía a la atmósfera, lo que ha redundado en una producción de 1.200.000 toneladas de ácido sulfúrico. Estos datos permiten asumir que el 30% restante del anhídrido sulfuroso que aún se expulsa a la atmósfera, alcanzaría para producir 400.000 toneladas de ácido sulfúrico, además de las cuatro toneladas diarias de arsénico, que significan 1.440 toneladas/año. Esta situación todavía preocupa al municipio insistiendo en la necesidad de mejorar dicha situación (PRG 2004).

d) Contaminación hídrica

Respecto a la calidad del agua hasta la fecha ECONAT (2005) señala que la minería no vierte directamente RILES al cauce del río Loa y su probable impacto tiene relación más que nada con los posibles aportes de tranques de relave al río, por medio de su Potencial transferencia a través de los acuíferos. Según la información recopilada en el presente estudio, la cuenca del Loa es vasta, presenta diversos acuíferos, presenta relaciones complejas y difíciles de estudiar por cuanto se trata de un área de gran extensión en la cual existen diversas capas geológicas, algunas de las cuales tendrían comportamientos independientes. Por ello, se trata de una cuenca en la cual las relaciones causa efecto tienen un alto nivel de incertidumbre. Hasta el momento se han estudiado secciones puntuales de la cuenca y no existe una visión de la hidroquímica superficial - subterránea de la cuenca. Sin embargo, existen modelaciones de partes de ésta. Un ejemplo de ello, es una modelación realizada por CODELCO Norte para la zona de Chuquicamata, donde se analiza la relación entre el tranque de relaves Talabre, las aguas subterráneas y el río Loa, en la cual se llega a la conclusión que aún no hay impacto debido a la actividad minera en los ríos Loa y San Salvador.

5.3.2. Amenazas declaradas por encuestados e informantes

Las amenazas detectadas por la encuesta a población aledaña y entrevistas a informantes claves son las que se listan a continuación. Se debe notar que el impacto que cada una de estas actividades tiene en el área no ha sido evaluado y es distintamente valorado por los entrevistados. La mayoría de ellas se ha realizado de manera histórica y sin ningún tipo de control. La lista es: a) recepción de riles clandestinos, b) depósito de basuras, c) extracción y depósito de áridos, d) quema de vegetación por roce y producción de carbón, e) introducción de ganado doméstico, f) llegada de perros vagos, g) caza y pesca ilegal, h) rayado de grandes rocas (Tablas 7-8 a 7-10).

La mayoría de los encuestados no considera que los usos dados al oasis generen impactos negativos en éste. Sólo dos mencionaron aspectos perjudiciales asociados a la ocupación humana. En el primer caso, el entrevistado menciona la existencia de basurales clandestinos. En el segundo, la entrevistada alude a la población flotante, que llega a habitar la zona, ocupándola de “dormitorio”. Esta población está constituida por trabajadores de Codelco y contaminaría la zona a causa de sus “vicios”, lo cual sugiere desechos asociados a alcoholismo, aunque eso no queda especificado en la encuesta. Por otra parte, esta misma encuestada menciona una falta de planificación y de preocupación ambiental por parte de todos aquellos que debieran regular el crecimiento de la zona, cuando dice “se construye sin preservar. Hay crecimiento pero no desarrollo”. Esta reflexión se conecta con el comentario del encuestado 3, que si bien no percibe daños específicos, plantea daños potenciales directamente asociados a la actividad industrial minera (Tabla 7-9).

Los encuestados consideran la existencia de una serie de factores, cuya combinación repercute negativamente en la flora y fauna. En este sentido destaca la acumulación de basura (asociada a basurales clandestinos), junto con problemas asociados al mal uso del agua, que repercuten en forma concreta en la disminución de ésta, así como en la pérdida de su calidad. También se señala la instalación de población humana como factor perjudicial para el ecosistema. Estos factores se conectan, aunque no quede siempre enunciado directamente, con la actividad

minera. También se considera el uso agrícola, que presiona y agota el territorio de mayor fertilidad. Otro factor mencionado, aunque con menor insistencia, es la caza ilegal y la pesca indiscriminada.

TABLA 7-8. INFORMACIÓN RELATIVA A CONEXIÓN ENTRE USOS Y AMENAZAS DE LA ZONA DEL OASIS DE CALAMA. LAS PREGUNTAS PUEDEN VERSE EN EL ANEXO 1 CATEGORÍAS DE LA TABLA: USOS DE LA POBLACIÓN ALEDAÑA AL OASIS. EFECTOS QUE TIENEN LOS USOS SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL SECTOR. SEPTIEMBRE 2007.

Perfil del entrevistado	Usos detectados de la población aledaña al Oasis (pregunta 13)	Efectos negativos de los usos de la población al Oasis (pregunta 14)	Identificación del origen/ responsable del efecto negativo
1) Auditor ambiental; Municipalidad de Calama	Agrícola, esparcimiento, vivienda, deportivo, basurales clandestinos.	"Basurales afectan directamente. Otros usos, no necesariamente, con el cuidado necesario". "Entendiendo que cada acción antrópica produce impactos al medioambiente, más aun cuando no se cuenta con conocimientos ni cultura necesarios para mantenerlo".	Población en general.
2) Director Ejecutivo: Corporación Municipal de Cultura y Turismo de Calama	Agrícola, ganadería familiar, turismo	No detecta.	
3) Ingeniero en ejecución agrícola: Servicio Agrícola y ganadero (Sag)	Residencial "El oasis es en general, un lugar de residencia para aquellos que trabajan en labores ligadas a la minería"	Opina que no. Sin embargo, da a entender que sí hay usos contaminantes, que no queda claro si son efectivos o potenciales: "El asentamiento humano no provoca mayor impacto ambiental, lo que si lo genera son todos aquellos proyectos que sobreexplotan los recursos del sector"...	
4) Ecólogo: Docente universitario.	Agrícola, residencial	No contesta	No contesta
5) Periodista: Corporación de Desarrollo de la Provincia del Loa.	No sabe	No sabe	No sabe
6) Informadora turística: Mesa comunal de mujeres de Calama.	Residencial "Dormitorio"	"Se contamina de vicios y se construye sin preservar. Existe crecimiento, no desarrollo".	Población flotante.

TABLA 7-9. AMENAZAS ESPECÍFICAS SOBRE LA BIODIVERSIDAD DEL OASIS. (PREGUNTAS 37 A 40). SEPTIEMBRE 2007.

Perfil entrevistado	Detección de actividades que afectan a la fauna	Detección de actividades que afectan a la vegetación	Percepción de problemas de conservación de especies	Percepción de desaparición de especies	Causa de disminución o desaparición de especies
1) Auditor ambiental; Municipalidad de Calama	"Es afectada por **basurales clandestinos**, que contienen plásticos, residuos peligrosos… y permiten llegada de **perros** y **personas** que buscan algo de utilidad para ellos. **La quema de vegetación** aleja de su hábitat a la fauna natural. Además se debe incluir la construcción de conjuntos habitaciones". También: **caza ilegal** (se desprende de comentario sobre vegetación)	"Se afecta principalmente por depósito de basuras, quema de vegetación, acceso de vehículos, caza ilegal, construcción de nuevas villas, extracción y depósito de áridos y recepción de riles clandestinos"	Sí.	Animales: a)Truchas b) Chululo c) Aves de rapiña (Peucos, etc)	a) Pesca indiscriminada, no se respeta ley de pesca. b y c) Construcción de casas para el traslado de los habitantes de Chuquicamata a Calama (CODELCO).
2) Director Ejecutivo: Corporación Municipal de Cultura y Turismo de Calama	"Existe fauna endémica que se elimina con cada intervención. La construcción de viviendas, al quitarle espacio al oasis, también le resta posibilidad al desarrollo o mantención de la fauna".	Idem a la respuesta anterior. Síntesis: Acción antrópica, residencia y basurales clandestinos.	Sí.	Fauna endémica en general. Flora endémica en general.	Disminución de su hábitat de agua y alimento.
3) Ingeniero en ejecución agrícola: Servicio Agrícola y ganadero (Sag)	" Sí, el depósito de **basuras,** la llegada de perros, porque contamina el sector y los últimos producen la huida de la fauna"	"Sí, el depósito de basuras es contaminante y dañino para la conservación de especies de flora nativa, además de la escasez de agua. La llegada de perros también afecta en cierta forma a la mantención de especies vegetales que se cultivan en los sectores periféricos de la ciudad"	Sí.	a) Aves migratorias b) Depredadores	a) Recurso hídrico agotado b) Declive de aves migratorias.
4) Ecólogo: Docente universitario.	"Sí.. El Loa tiene una serie de problemas ambientales que no se abordado como corresponde"	"Sí. Habilitación de terrenos para uso agrícola y residencial. El uso de las aguas que reduce la disponibilidad del recurso hídrico"	Sí.	a) garzas b) patos	a) reducción del oasis b) reducción del oasis, caza.
5) Periodista: Corporación de Desarrollo de la Provincia del Loa.	"Sí, la contaminación por diversas causas afecta tanto a la flora como a la fauna"	"Sí, la contaminación por diversas causas afecta tanto a la flora como a la fauna"	Sí.	No sabe	No sabe
6) Informadora turística: Mesa comunal de mujeres de Calama.	"La contaminación por **lluvia ácida**, la cantidad de **basuras** en lo que fueron las vegas, la extracción de agua en las vegas y el río afecta los hábitat de la fauna nativa."	Idem a respuesta anterior	Sí	Especies: Llamas Alfalfa Maíz	a) No hay vegetación natural b) No hay agua ni terrenos aptos c) No hay agua ni terrenos aptos. "Todo esto producido por faenas mineras"

TABLA 7-10. OTROS ELEMENTOS DEL ECOSISTEMA AFECTADOS NEGATIVAMENTE POR USOS DEL ÁREA. (PREGUNTA 41). LAS PREGUNTAS PUEDEN VERSE EN EL ANEXO 1 LAS PREGUNTAS PUEDEN VERSE EN EL ANEXO 1 SEPTIEMBRE 2007.

INFORMANTE	ELEMENTOS MODIFICADOS	CAUSAS DE MODIFICACIÓN
1)	a) Agua: "Fuentes de agua, calidad de agua. minería y canales de regadío"	a) "Crecimiento minero industrial, minería desregulada y venta de derechos de agua. Sobre la calidad del agua, se han utilizado las mejores aguas en la minería, quedando las de peor calidad para la agricultura". "canales de regadío mal cuidados".
2)	a) Agua: calidad del agua b) Paisaje en general c) patrimonio arqueológico	a) Contaminación por mal uso o actividades humanas. b) Contaminación por mal uso. c) Actividades humanas, escasa o nula conservación.
3)	a) paisaje en general b) Agua: (fuentes y calidad)	a y b) Explotación de recurso hídrico.
4)	a) paisaje b) Agua (calidad de agua)	a) Urbanización b) Contaminación de las aguas.
5)	a) Paisaje en general	No contesta
6)	a) Agua (fuentes) b) Terrazas de cultivo c) Paisaje	a) Extracción indiscriminada de agua. b) Secas por falta de agua c) Basura y contaminación asociada a la minería.

En coincidencia con lo que se ha señalado, en relación a la tabla anterior, vemos que entre los encuestados existe consenso en torno a la disminución y contaminación notoria del agua. En este sentido, se señalan diversos factores perjudiciales, destacando la actividad minera, así como la privatización del agua. Por otro lado, es recurrente también la alusión al deterioro del paisaje como categoría general. En este sentido, destaca la mención de uno de los entrevistados, sobre daños en "paisajes arqueológicos", lo cual alude a la desprotección de monumentos naturales y culturales. Otro entrevistado menciona, a su vez, la repercusión de la falta de agua en la inutilización de terrazas de cultivo.

Adicionalmente, Trevizan et al. (2001) señalan que como consecuencia de la disminución de la superficie de los suelos bajo riego, estarían también disminuidas las pérdida de aguas de infiltración, con lo cual habría mermado su aporte a la recarga de acuíferos. Estas aguas subterráneas emergen en algunos sectores como pozos o vertientes (Ojo de Opache) y son capaces de sustentar especialmente especies arbóreas de gran enraizamiento, tales como algarrobos, chañares, tamarugos. Al menor aporte (pérdidas) por riego hacia el nivel freático, se debe agregar la reciente incorporación de 60.000 ejemplares de especies arbóreas, cuyo sustento depende principalmente del nivel freático y también la extracción de aguas subterráneas para uso en minería. Finalmente, otro aspecto que se señala (Darío Moreira Bienes Nacionales com. per.) es la existencia de tomas de terreno por pobladores en el sector poniente del oasis (vegas de Sailao), en este caso se estaría ejerciendo una presión sobre la escasa vegetación arbórea presente para la obtención de leña.

5.4. Clasificación de Perturbaciones/Impactos

TABLA 7-11 CLASIFICACIÓN DE FACTORES TENSIONANTES, PERTURBACIONES E IMPACTOS EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

FACTORES TENSIONANTES	PERTURBACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL
Aumento del área urbana	ocupación del suelo	pérdida de funcionalidad ecosistémica
	alteración del caudal ecológico	pérdida de funcionalidad ecosistémica
		alteración de la biodiversidad acuática
Inadecuado manejo de residuos sólidos	humos y olores de vertederos de basura no manejados	alteración de la calidad de vida aledaña
		disminución de la calidad del paisaje
	vertederos de escombros desbordado	disminución de la calidad del paisaje
	aumento de perros vagos por depósito ilegal de basuras y escombros	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la fauna nativa
Contaminación atmosférica	contaminación con arsénico y anhídrido sulfuroso	disminución de la calidad del aire
		alteración de la calidad de vida
	material con particulado	disminución de la calidad del aire
		disminución de la calidad del paisaje
Inadecuada manejo de residuos líquidos	olores desagradables de la planta de tratamiento de aguas servidas	alteración de la biodiversidad acuática
		disminución del uso humano de agua
		alteración de la calidad de vida aledaña
	proliferación de roedores introducidos	alteración de la fauna nativa
		alteración de la calidad de vida aledaña
	emisión de riles clandestinos y aportes contaminantes de tranques de relave al río	alteración de la biodiversidad acuática
		disminución del uso humano de agua
Actividades productivas no sustentables	extracción y depósito de áridos	disminución de la calidad del paisaje
	introducción de ganado doméstico	alteración de la flora nativa
		alteración de la fauna nativa
Actividades perturbadoras no controladas	quema de vegetación	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la flora nativa alteración de la fauna nativa
	caza y pesca ilegal	alteración de la fauna nativa
	rayado de grandes rocas	disminución de la calidad del paisaje

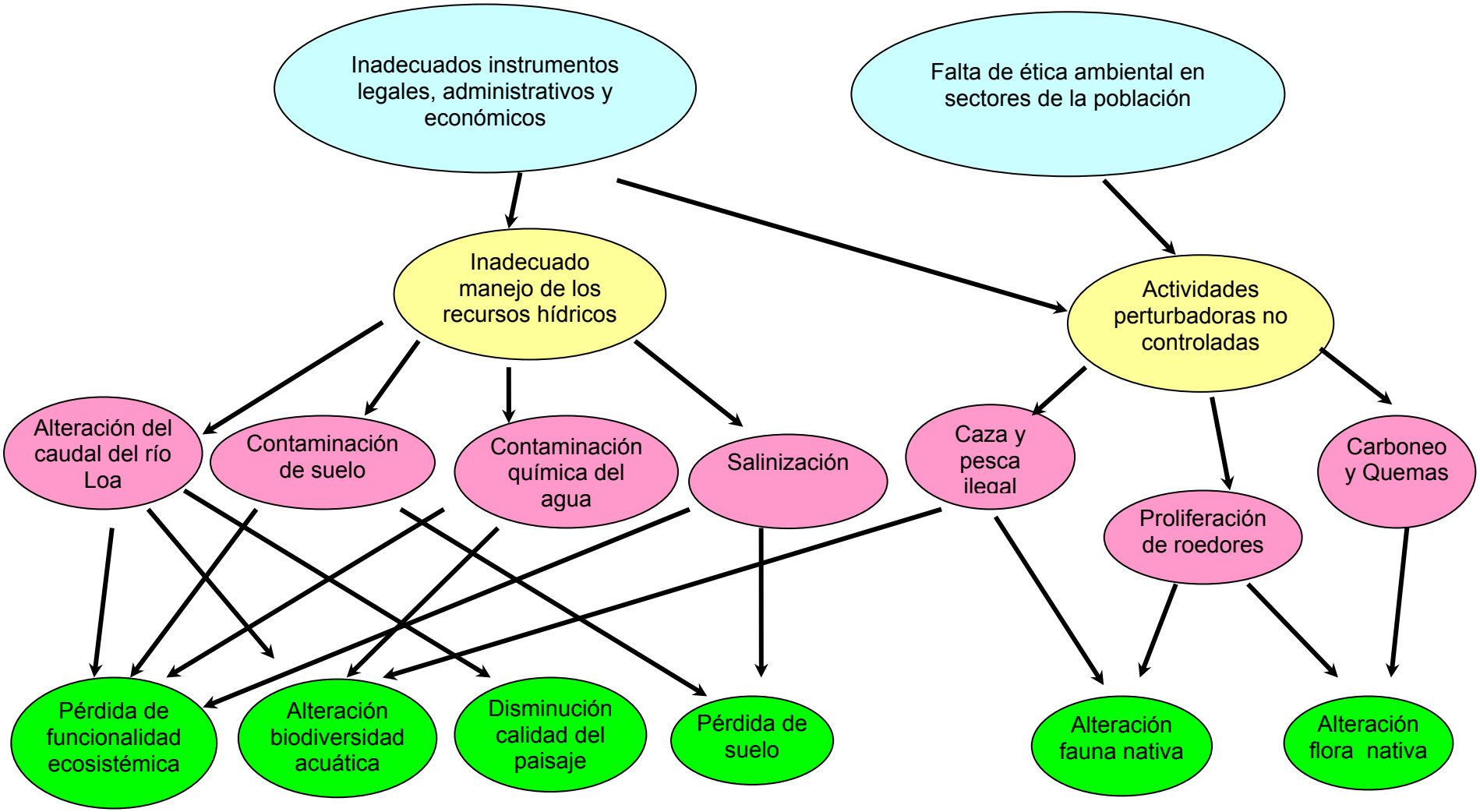
De este modo, a partir de los antecedentes entregados por los informantes y las observaciones en terreno, las perturbaciones registradas, no jerarquizadas ni evaluadas, son:

- Ocupación del suelo.
- Alteración del caudal ecológico.
- Humos y olores de vertederos de basura no manejados y de la planta de tratamiento de aguas servidas.
- Vertederos de escombros desbordados.
- Aumento de perros vagos por depósito ilegal de basuras y escombros.
- Contaminación con arsénico y anhídrido sulfuroso y material particulado.
- Proliferación de roedores introducidos.
- Emisión de riles clandestinos y aportes contaminantes de tranques de relave al río.
- Extracción y depósito de áridos.
- Introducción de ganado doméstico.
- Quema de vegetación.
- Caza y pesca ilegal.
- Rayado de grandes rocas.

5.5. Mapa conceptual

Resumiendo lo anterior se presenta, en el siguiente diagrama el mapa conceptual, de factores tensionantes (óvalos de color amarillo), sus perturbaciones derivadas y a evaluar posteriormente (óvalos morados) y los impactos ambientales relevantes (óvalos verdes). En la parte superior se presentan las causas determinantes que explican el mapa conceptual en su conjunto (óvalos celestes).

MAPA CONCEPTUAL



5.6. Valoración de las perturbaciones ambientales

a) Ocupación del suelo

Esta perturbación genera impactos muy altos (>174) sobre el suelo, la vegetación y la fauna, así como sobre las funciones y servicios ecosistémico. Es tan grave que el sistema simplemente desaparece.

TABLA 7-12. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN OCUPACIÓN DEL SUELO EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: ocupaci—n del suelo															
		Impacto muy bajo						0	43						
		Impacto bajo						44	86						
		Impacto medio						87	130						
		Impacto alto						131	173						
		Impacto muy alto						174	216						
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT	
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	3	3	3	3	3	1	3	3	22	3	66	3	198	
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIÏN	P¨rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
	Degradaci—n de las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
	P¨rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
	Degradaci—n de las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H¨) y Abundancia (%)	3	3	3	3	2	2	3	2	21	2	42	3	126	
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	3	3	3	2	2	3	2	21	2	42	3	126	
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
	Aves. Diversidad (H¨) y abundancia (%)	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
	Micromam'feros. Diversidad (H¨) y abundancia (%)	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
	Uso recreacional y tur'stico	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
	Agua para uso recreacional	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
	Productividad silvoagropecuaria	3	3	3	3	3	3	3	3	24	3	72	3	216	
	Regulaci—n del microclima	2	2	2	3	2	3	3	2	19	2	38	3	114	

b) Alteración del caudal ecológico

El considerar como amenaza la alteración del caudal ecológico del río Loa, ha surgido en relación lo siguiente: En la actualidad los métodos que la DGA recomienda utilizar para determinar un caudal ecológico se basan en métodos de tipo hidrológicos o hidráulicos. Explícitamente el caudal ecológico puede estimarse como el 10 % del caudal medio anual, siendo este el criterio que ha sido comúnmente utilizado (DGA 1999 y Tharme 2002). En base a lo anterior en el río Loa se han definido distintos caudales ecológicos en función de tramos diferentes del río. Así, en la estación Yalquincha se ha definido un caudal ecológico de 140 lt/s (DGA 2005). Estos criterios asignan a los caudales ecológicos la capacidad de mantener un cierto caudal para conservar a poblaciones de organismos, generalmente tipos de peces, y están basados en condiciones hidrológicas y geográficas particulares del norte y centro de Estados Unidos (Jamett & Rodrigues s/f). No pretenden conservar a un nivel ecosistémico. En este sentido uno de los puntos mas importantes y criticados en el sistema de gestión chileno es la inexistencia de un manejo integrado de los recursos hídricos a nivel de cuencas (Orrego, 2002). Por una parte se administran los ríos por secciones lo cual hace muy difícil conservar con un enfoque ecosistémico y por otra, existe una gestión sectorizada de las aguas con respecto a otros factores, que pueden afectar los ecosistemas acuáticos, como la gestión del uso de suelo, los cambios en las características geomorfológicas por canalizaciones, el aprovechamiento de napas subterráneas y la conservación de vegetación ripariana, entre otros, por lo cual difícilmente se logrará la conservación de los ecosistemas a pesar de mantener un caudal ecológico.

Teniendo en consideración que existen otros métodos, como los holísticos que basan su objetivo de conservación en el ecosistema, su valor económico y cultural y considera en los componentes del flujo hídrico su magnitud, duración y predictibilidad, consideramos que mientras estos criterios no sean aplicados y se defina un caudal ecológico del río Loa sobre antecedentes provenientes de investigaciones y criterios de expertos, persiste la amenaza de “alteración de caudal ecológico en el río Loa”, de acuerdo al planteamiento inicial.

Esta perturbación también genera impactos muy altos (>174) sobre el suelo, la vegetación y la fauna, así como sobre las funciones y servicios ecosistémico. El oasis, como humedal, privado de parte de su caudal comprime, no solo su superficie, sino que su propia existencia.

TABLA 7-13. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN ALTERACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: alteraci—n caudal ecol—gico															
		Impacto muy bajo							0	43					
		Impacto bajo							44	86					
		Impacto medio							87	130					
		Impacto alto							131	173					
		Impacto muy alto							174	216					
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT	
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	1	3	3	3	2	3	3	2	20	3	60	3	180	
	Usos para vida silvestre	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
	Cauce	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salinidad	2	2	3	2	2	2	2	2	17	3	51	2	102	
VEGETACIÏN	P□rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
	P□rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	2	3	3	3	2	3	3	2	21	3	63	3	189	
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	2	3	3	3	2	3	3	2	21	3	63	3	189	
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	2	3	3	3	2	3	3	2	21	3	63	3	189	
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	1	3	3	3	2	3	3	2	20	3	60	3	180	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
	Uso recreacional y tur'stico	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
	Agua para uso recreacional	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
	Productividad silvoagropecuaria	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	
	Regulaci—n del microclima	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198	

Folio008796

c) Humos y olores de vertederos de basura no manejados y de la planta de tratamiento de aguas servidas

Esta perturbación genera impactos acotados a la calidad del paisaje (impacto medio) y al uso del humedal en actividades de recreación y/o turismo (impacto alto).

TABLA 7-14. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN HUMOS Y OLORES EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto:humos y malos olores de basura															
		Impacto muy bajo	0	43											
		Impacto bajo	44	86											
		Impacto medio	87	130											
		Impacto alto	131	173											
		Impacto muy alto	174	216											
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT	
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIïN	P¨rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	P¨rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H`) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves. Diversidad (H`) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	
	Micromam'feros. Diversidad (H`) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	1	1	3	3	2	2	0	0	12	3	36	3	108	
	Uso recreacional y tur'stico	3	1	3	3	2	2	3	2	19	3	57	3	171	
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad silvoagropecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

d) Vertederos de escombros desbordados

Esta perturbación genera impactos muy bajos (< 43) y acotados, sobre las propiedades del suelo, la cubierta vegetacional terrestre y sobre los vertebrados terrestres. También impactos muy bajos sobre la calidad de paisaje y el uso recreacional y turístico. Estos impactos son, tanto para los vertederos clandestinos como los autorizados.

TABLA 7-15. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN VERTEDEROS DE ESCOMBROS EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: vertederos de escombros		Impacto muy bajo	0	43										
		Impacto bajo	44	86										
		Impacto medio	87	130										
		Impacto alto	131	173										
		Impacto muy alto	174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	3	2	3	3	1	1	3	1	17	3	51	1	51
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIïN	P˜rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	3	2	3	3	1	1	3	1	17	3	51	1	51
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	3	1	3	3	1	1	3	1	16	3	48	1	48
	P˜rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	1	1	3	3	1	1	3	1	14	3	42	1	42
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	3	1	3	3	1	1	3	1	16	3	48	1	48
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	2	1	3	3	1	1	3	1	15	3	45	1	45
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	3	1	3	3	1	1	3	1	16	3	48	1	48
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	3	2	3	3	1	1	3	1	17	3	51	1	51
	Uso recreacional y tur'stico	3	2	3	3	1	1	3	1	17	3	51	1	51
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad silvoagropecuaria	3	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Folio008798

e) Aumento de perros vagos por depósito ilegal de basuras y escombros

Esta perturbación genera impactos muy bajos (< 43) sobre la fauna silvestre, así como impactos medios (> 87 < 130) sobre la calidad de paisaje y el uso recreacional y turístico. La presencia de perros ha tenido un efecto muy significativo sobre carnívoros (zorros), los que han sido desplazados del Oasis de Calama, quedando su distribución hoy restringida a aguas abajo de Ojo de Opache (René Kurte asesor CONAMA Región de Antofagasta com. per.).

TABLA 7-16. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN AUMENTO DE PERROS VAGOS EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto:aumento de los perros vagos														
		Impacto muy bajo	0	43										
		Impacto bajo	44	86										
		Impacto medio	87	130										
		Impacto alto	131	173										
		Impacto muy alto	174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIïN	P□rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionalesnativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P□rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionalesnativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	2	3	3	3	2	2	3	2	20	3	60	2	120
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	1	2	3	3	1	1	3	2	16	2	32	1	32
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	2	2	3	3	1	1	3	2	17	2	34	1	34
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	2	3	3	3	2	2	3	2	20	3	60	3	180
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	2	2	3	3	1	1	3	2	17	3	51	2	102
	Uso recreacional y tur'stico	2	2	3	3	1	1	3	2	17	3	51	2	102
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad silvoagropecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

f) Contaminación con arsénico y anhídrido sulfuroso y material particulado.

Esta perturbación genera impactos bajos (< 86) sobre la fauna de carnívoros silvestre, así como impactos medios (> 87 < 130) sobre los recursos hídricos, suelo y vegetación. Es relevante el impacto alto sobre el suelo por contaminación. El impacto también es grande sobre las funciones y servicios del ecosistema.

TABLA 7-17. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN CONTAMINACIÓN CON ARSÉNICO Y ANHÍDRIDO SULFUROSO Y MATERIAL PARTICULADO EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: contaminacion con arsenico, anh'dridos sulfurosos y material particulado														
Impacto muy bajo	0	43												
Impacto bajo	44	86												
Impacto medio	87	130												
Impacto alto	131	173												
Impacto muy alto	174	216												
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	2	3	3	3	1	2	3	0	17	2	34	3	102
	Usos para vida silvestre	2	3	3	3	1	2	3	0	17	2	34	3	102
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	2	3	3	3	1	2	3	0	17	2	34	3	102
	Contaminaci—n	2	3	3	3	1	2	3	0	17	3	51	3	153
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIïN	P˜rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	2	3	3	3	1	2	3	0	17	2	34	3	102
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	2	3	3	3	1	2	3	0	17	2	34	3	102
	P˜rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	1	3	3	3	1	2	3	0	16	2	32	3	96
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	1	3	3	3	1	2	3	0	16	2	32	3	96
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H`) y Abundancia (%)	2	3	3	3	1	2	3	0	17	2	34	3	102
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	2	3	3	3	1	2	3	0	17	2	34	3	102
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	1	3	3	3	1	2	3	0	16	2	32	3	96
	Aves. Diversidad (H`) y abundancia (%)	1	3	3	3	1	2	3	2	18	2	36	3	108
	Micromam'feros. Diversidad (H`) y abundancia (%)	1	3	3	3	1	2	3	2	18	2	36	3	108
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	1	2	3	3	1	2	3	0	15	2	30	2	60
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	2	3	3	3	1	2	3	0	17	3	51	3	153
	Uso recreacional y tur'stico	2	3	3	3	1	2	3	2	19	3	57	3	171
	Agua para uso recreacional	2	3	3	3	1	2	3	0	17	3	51	3	153
	Productividad silvoagropecuaria	3	3	3	3	1	2	3	0	18	3	54	3	162
	Regulaci—n del microclima	1	3	3	3	1	2	3	0	16	1	16	1	16

g) Proliferación de roedores introducidos

Esta perturbación genera impactos acotados y muy bajos (< 43) sobre la fauna silvestre de aves, impactos bajos sobre los pequeños mamíferos e impactos medios (> 87 < 130) sobre el uso recreacional y turístico.

TABLA 7-18. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN PROLIFERACIÓN DE ROEDORES INTRODUCIDOS EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto:proliferaci—n de roedores

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIïN	P˜rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P˜rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H`) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves. Diversidad (H`) y abundancia (%)	1	2	3	3	2	1	3	2	17	2	34	1	34
	Micromam'feros. Diversidad (H`) y abundancia (%)	1	2	3	3	2	2	3	2	18	2	36	2	72
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Uso recreacional y tur'stico	2	2	3	3	2	2	3	2	19	3	57	2	114
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad silvoagropecuaria	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

h) Emisión de RILES clandestinos y aportes contaminantes de tranques de relave al río

Esta perturbación genera impactos muy bajos (< 43) sobre la fauna silvestre, especialmente de aves y pequeños mamíferos, así como impactos medios (> 87 < 130) sobre el uso recreacional y turístico. Sin embargo, impactos altos sobre la fauna acuática de macroinvertebrados y peces.

TABLA 7-19. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN EMISIÓN DE RILES CLANDESTINOS Y APORTES CONTAMINANTES DE TRANQUES DE RELAVE AL RÍO EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: emisi—n riles clandestinos y relaves tranques															
Impacto muy bajo		0	43												
Impacto bajo		44	86												
Impacto medio		87	130												
Impacto alto		131	173												
Impacto muy alto		174	216												
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT	
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	3	2	3	3	1	2	2	2	18	3	54	0	0	
	Usos para vida silvestre	3	2	3	3	1	2	2	2	18	3	54	0	0	
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIïN	P˜rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	P˜rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	3	2	3	3	1	2	2	2	18	2	36	0	0	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	3	2	3	3	1	2	2	2	18	2	36	0	0	
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H`) y Abundancia (%)	3	2	3	3	1	2	2	2	18	3	54	3	162	
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	2	3	3	1	2	2	2	18	3	54	3	162	
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves. Diversidad (H`) y abundancia (%)	1	2	3	3	1	2	2	2	16	2	32	1	32	
	Micromam'feros. Diversidad (H`) y abundancia (%)	0	2	3	3	1	2	2	2	15	2	30	1	30	
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
	Uso recreacional y tur'stico	2	2	3	3	1	2	2	2	17	3	51	2	102	
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad silvoagropecuaria	2	2	3	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

i) Extracción y depósito de áridos

Esta perturbación genera impactos muy bajos (< 43) sobre las propiedades del suelo, la cubierta vegetal y la fauna de carnívoros, así como impactos medios (> 87 < 130) sobre la calidad de paisaje.

TABLA 7-20. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN EXTRACCIÓN Y DEPÓSITO DE ÁRIDOS EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: extracci—n de ‡ridos

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	1	1	3	3	3	1	2	3	17	2	34	1	34
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIïN	P¨rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	1	1	3	3	3	1	2	3	17	1	17	1	17
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P¨rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	3	3	1	2	0	14	1	14	1	14
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	2	1	3	3	3	1	2	3	18	3	54	2	108
	Uso recreacional y tur'stico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad silvoagropecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

j) Introducción de ganado doméstico

Esta perturbación genera impactos muy bajos (< 43) sobre las propiedades de suelo y la fauna de vertebrados silvestres terrestres; impactos bajos (> 44 < 86) sobre la calidad de paisaje y el uso recreacional y turístico. Finalmente impactos medios sobre la cubierta y las asociaciones vegetacionales.

TABLA 7-21. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN INTRODUCCIÓN DE GANADO DOMÉSTICO EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: introducci—n de ganado dom˜stico															
		Impacto muy bajo	0	43											
		Impacto bajo	44	86											
		Impacto medio	87	130											
		Impacto alto	131	173											
		Impacto muy alto	174	216											
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT	
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	1	2	3	3	2	1	3	2	17	1	17	1	17	
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIïN	P˜rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	3	2	3	3	2	1	3	2	19	3	57	2	114	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	3	2	3	3	2	1	3	2	19	3	57	2	114	
	P˜rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H`) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves. Diversidad (H`) y abundancia (%)	2	2	3	3	2	1	3	2	18	1	18	1	18	
	Micromam'feros. Diversidad (H`) y abundancia (%)	2	2	3	3	2	1	3	2	18	1	18	1	18	
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	2	2	3	3	2	1	3	2	18	1	18	1	18	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	2	2	3	3	2	1	3	2	18	2	36	2	72	
	Uso recreacional y tur'stico	2	2	3	3	2	1	3	2	18	2	36	2	72	
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad silvoagropecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

k) Quema de vegetación

Esta perturbación genera impactos muy bajos (< 43) sobre las propiedades físicas del suelo y la cobertura vegetacional, pero impactos altos (> 131 < 174) sobre la fauna terrestre. En el Oasis de Calama, frecuentemente (cada 2 años aproximadamente) se producen grandes incendios de pastizales, los que impactan en particular a la herpetofauna. La quema de pasto (grama salada) es una práctica habitual de los ganaderos de la zona para obtener renovales más palatables para el ganado. Esto pudo constatarse visualmente en enero de 2008 en el sector de Yalquincha. El impacto es medio (> 87 < 130) sobre la calidad de paisaje.

TABLA 7-22. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN QUEMA DE VEGETACIÓN EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

		Impacto muy bajo	0	43										
		Impacto bajo	44	86										
		Impacto medio	87	130										
		Impacto alto	131	173										
		Impacto muy alto	174	216										
Impacto: quema de vegetaci—j														
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	1	1	3	3	3	1	2	3	17	2	34	1	34
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIIN	P□rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	1	1	3	3	3	1	2	3	17	1	17	1	17
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P□rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	3	3	1	2	2	2	2	18	3	54	3	162
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	2	3	3	1	2	2	2	2	17	3	51	3	153
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	2	3	3	1	2	2	2	2	17	3	51	3	153
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	3	1	3	3	3	1	2	0	16	3	48	3	144
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	2	1	3	3	3	1	2	3	18	3	54	2	108
	Uso recreacional y tur'stico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad silvoagropecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

i) Caza y pesca ilegal

Esta perturbación genera impactos muy bajos (< 43) sobre la fauna silvestre (carnívoros), así como impactos medios (> 87 < 130) sobre las aves y el uso recreacional y turístico. Pero son impactos altos sobre la ictiofauna.

TABLA 7-23. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN CAZA Y PESCA ILEGAL EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: caza y pesca ilegal		Impacto muy bajo	0	43											
		Impacto bajo	44	86											
		Impacto medio	87	130											
		Impacto alto	131	173											
		Impacto muy alto	174	216											
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT	
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIIN	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H`) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	2	3	2	1	2	2	2	17	3	51	3	153	
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves. Diversidad (H`) y abundancia (%)	3	2	3	2	1	2	2	2	17	3	51	2	102	
	Micromam'feros. Diversidad (H`) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	3	1	3	1	1	1	1	2	13	1	13	1	13	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	Uso recreacional y tur'stico	3	3	3	2	1	2	1	2	17	3	51	2	102	
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad silvoagropecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

m) Rayado de grandes rocas

Esta perturbación genera impactos impactos medios (> 87 < 130) sobre la calidad de paisaje y el uso recreacional y turístico.

TABLA 7-24. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN RAYADO DE GRANDES ROCAS EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: rayado de rocas y recursos geomorfol—gicos		Impacto muy bajo	0	43										
		Impacto bajo	44	86										
		Impacto medio	87	130										
		Impacto alto	131	173										
		Impacto muy alto	174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIIN	P'rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P'rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	3	2	3	3	1	3	2	1	18	3	54	2	108
	Uso recreacional y tur'stico	3	2	3	3	1	3	2	1	18	3	54	2	108
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad silvoagropecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.7. Ponderación de las amenazas

El oasis del Calama es un ecosistema tensionado y las amenazas más graves son las siguientes perturbaciones:

- la alteración (reducción) del caudal ecológico del río Loa
- la ocupación del suelo del oasis por la expansión urbana de la ciudad de Calama
- la contaminación con arsénico, anhídrido sulfuroso y material particulado.

La gran mayoría de estos impactos son muy altos y altos, afectando a la gran mayoría de los componentes del ecosistema, así como sus funciones y servicios (Tabla 7-25). De este modo los factores tensionantes más graves son el aumento del área urbana y la contaminación atmosférica.

Un segundo grupo de amenazas son las siguientes perturbaciones:

- Emisión de riles clandestinos y aportes contaminantes de tranques de relave al río Loa
- Aumento de perros vagos por depósito ilegal de basuras y escombros
- Proliferación de roedores introducidos
- Humos y olores de vertederos de basura no manejados y de la planta de tratamiento de aguas servidas

La gran mayoría de estos impactos son altos y medios, afectando diferencialmente los componentes ambientales. El factor tensionante involucrado es el inadecuado manejo de los residuos, tanto sólidos como líquidos (Tabla 7-25).

Folio008808

TABLA 7-25. EVALUACIÓN DEL VALOR DE IMPACTO PONDERADO TOTAL (VIPT) DE TRECE PERTURBACIONES QUE ACTÚAN EN EL OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

COMPONENTES DEL ECOSISTEMA		Ocupación del suelo	Presunta alteración del caudal ecológico	Humos y olores de vertederos de basura y de planta de tratamiento	Vertederos de escombros desbordado	Aumento de perros vagos por deposito ilegal de basuras y escombros	Contaminación con arsénico y anhidrido sulfuroso y material particulado	Proliferación de roedores introducidos	Emisión de riles clandestinos y contaminantes tranques relave al río	Extracción y deposito de áridos	Introducción de ganado doméstico	Quema de vegetación	Caza y pesca ilegal	Rayados de rocas
AGUA	Características físico-químicas	0	180	0	0	0	102	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	198	0	0	0	102	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce	0	198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades físico químicas, fertilidad	198	0	0	51	0	102	0	0	34	17	34	0	0
	Contaminación	0	0	0	0	0	153	0	0	0	0	0	0	0
	Salinidad	0	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	216	198	0	51	0	102	0	0	17	114	17	0	0
	Degradación de las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	216	198	0	48	0	102	0	0	0	114	0	0	0
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	216	198	0	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asociaciones vegetacionales nativas acuática	216	198	0	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H`) y Abundancia (%)	126	198	0	0	0	102	0	162	0	0	0	0	0
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	126	198	0	0	0	102	0	162	0	0	0	153	0
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	216	189	0	42	120	96	0	0	0	0	0	0	0
	Aves. Diversidad (H`) y abundancia (%)	216	189	0	48	32	108	34	32	0	18	0	102	0
	Micromamíferos. Diversidad (H`) y abundancia (%)	216	189	0	45	34	108	72	30	0	18	0	0	0
	Carnívoros. Diversidad (S) y abundancia (%)	216	180	0	48	180	60	0	0	14	18	144	13	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	216	198	108	51	102	153	0	0	108	72	108	0	108
	Uso recreacional y turístico	216	198	171	51	102	171	114	102	0	72	0	102	108
	Agua para uso recreacional	216	198	0	0	0	153	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad silvoagropecuaria	216	198	0	0	0	162	0	0	0	0	0	0	0
	Regulación del microclima	114	198	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

5.8. Objetos naturales de conservación y su grado de amenaza

En relación a los Oasis de Calama y Quillagua hemos definido dos objetos de conservación. Por un lado, a las **comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales**, las que podríamos reunir en el concepto más amplio de oasis. Y por otro lado al **sistema hídrico río Loa y su zona ribereña.** Ambos son sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía (Groves 2003) y están inmersos en una matriz hostil como es el desierto o el área urbana. En ambos casos los objetos de conservación cumplen, aparentemente, con los requisitos de representar toda el área de estudio, reflejar las amenazas al área y reflejar la escala a la que se está trabajando, siendo útil a la misma (cf. Granizo et al. 2006). De este modo, al establecer las amenazas sobre la conservación de la biodiversidad de estas áreas se podrán proponer medidas para enfrentarlas y mejorar la salud ecosistémica de ellas. Es necesario indicar, sin embargo, que la definición del objeto de conservación puede precisarse más en la medida que se disponga, en el proceso de conservación de mayor información.

Atendiendo a las características del área de estudio, se han definido seis unidades como sistemas relevantes sobre los cuales explicitar las amenazas. Estos sistemas, se definieron como tales, porque expresan adecuadamente la aplicación de estas perturbaciones considerando el objeto de conservación definido con anterioridad: el Oasis de Calama, y sobre los cuales se expresará el nivel de amenaza en la cartografía, más delante. Los sistemas son:

I.- Cuerpos de agua;
II.- Humedales palustres;
III.- Praderas, cultivos, matorrales;
IV.- Vegetación arbórea;
V.- Desierto;
VI.- Zona urbana

En la Tabla 7-26. Se muestra el número total de amenazas por sistema, disgregado en los diferentes niveles.

TABLA 7-26. NÚMERO TOTAL DE AMENAZAS, DISGREGADO SEGÚN NIVEL EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

SISTEMA	CÓDIGO	Nº AMENAZAS TOTALES	Nº AMENAZAS NIVEL 1	Nº AMENAZAS NIVEL 2
Cuerpos de agua	I	4	3	1
Humedales palustres	II	6	3	3
Praderas, cultivos, matorrales	III	5	2	3
Vegetación arbórea	IV	3	2	1
Desierto	V	2	1	1
Zona Urbana	VI	1	1	0

Puede apreciarse que los sistemas sobre los cuales se evidencian las amenazas más severas están asociados a los cuerpos de agua y humedales adyacentes, ambos con tres amenazas de nivel 1. Los sistemas vinculados con la cubierta vegetal del suelo, ya sea pradera, cultivos y matorrales o arbórea presentan dos amenazas de nivel uno cada uno. Finalmente el desierto y el área urbana, aun cuando su presión es menor, ambos poseen una amenaza de nivel uno que los está afectando.

En síntesis, consideramos que los sistemas I (cuerpo de agua), II (humedales palustres), III (praderas, matorrales y cultivo) y IV (vegetación arbórea) se encuentran sometidos a amenazas de nivel alto, y los sistemas V (desierto) y VI (zona urbana) poseen bajos niveles de amenaza (Tabla 7-27). Siendo relevantes los primeros, ya que incorporan el objeto de conservación.

TABLA 7-27. CLASIFICACIÓN FINAL DE AMENAZAS EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

SISTEMA	CÓDIGO	AMENAZA	JUSTIFICACIÓN
Cuerpos de agua	I	Alta	4 perturbaciones, tres de ellas de nivel 1, en el objeto de conservación
Humedales palustres	II	Alta	6 perturbaciones, tres de ellas de nivel 1, en el objeto de conservación
Praderas, cultivos, matorrales	III	Alta	5 perturbaciones, dos de ellas de nivel 1, en el objeto de conservación
Vegetación arbórea	IV	Alta	3 perturbaciones, dos de ellas de nivel 1, en el objeto de conservación
Desierto	V	Baja	2 perturbaciones, una de ellas de nivel 1, pero fuera del objeto de conservación.
Zona Urbana	VI	Baja	1 perturbación, una de ellas de nivel 1, pero fuera del objeto de conservación.

En la Fig. 7-2 se representa cartográficamente la síntesis de las amenazas que se detectaron y evaluaron en el área de estudio

5.9. Cartografía de síntesis de amenazas

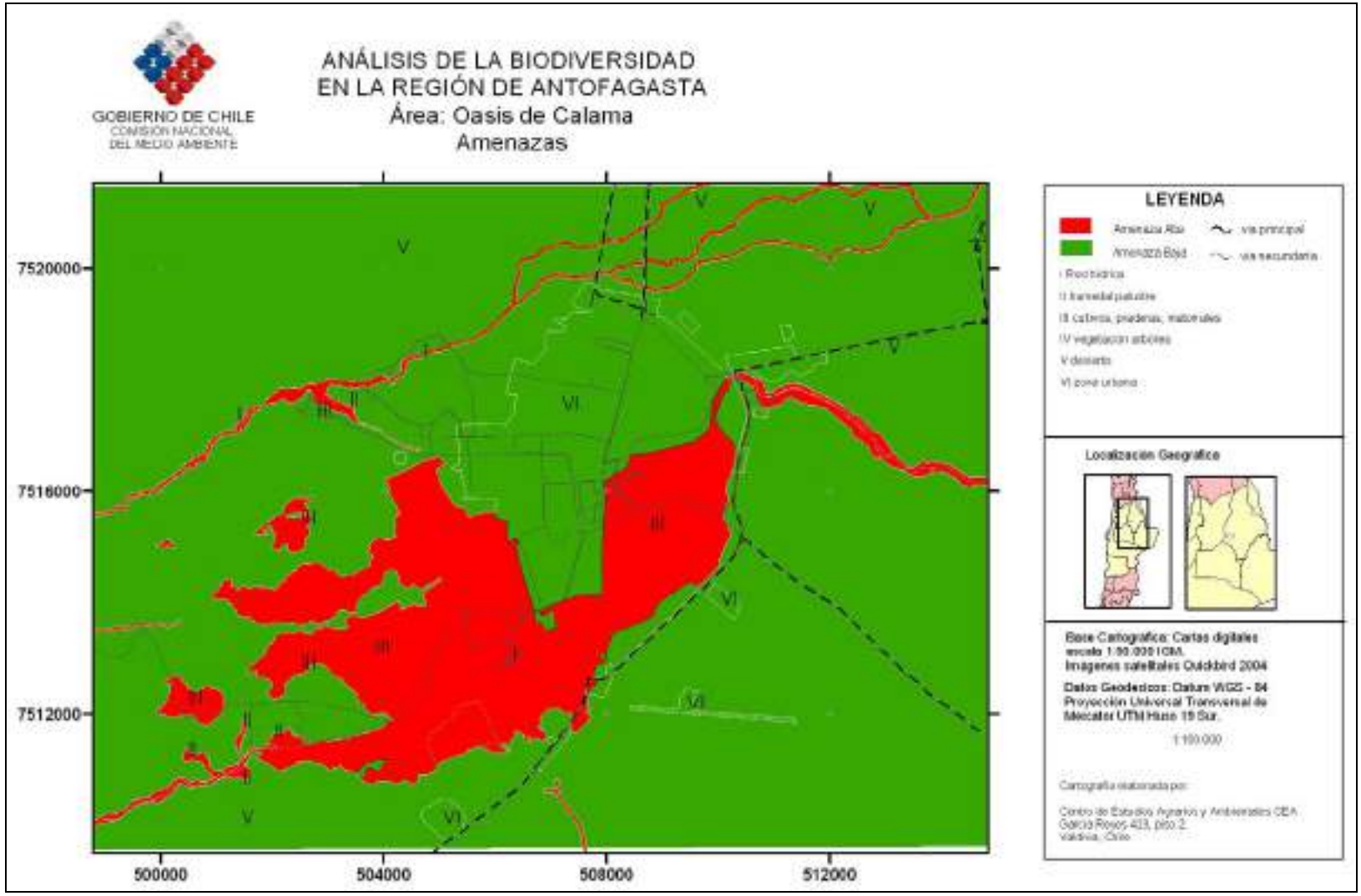


FIGURA 7-2. CARTA DE AMENAZAS EN OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

6. CONCLUSIONES

- De los resultados anteriormente expuestos y las observaciones realizadas se concluye que, dada las circunstancias ambientales actuales, el uso del Oasis de Calama es minoritariamente, y en proporción decreciente, agrícola y ganadero, con la presencia mayoritaria de pastizales en diverso grado de degradación y un uso residencial cuya tendencia se evidencia como creciente.
- En el Oasis de Calama los objetos de conservación, sobre los cuales debe focalizarse la conservación de la biodiversidad y la integridad ecosistémica son dos y están definidos por a) **el sistema hídrico río Loa y su zona ribereña** y b) las **comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales** que conforman el oasis propiamente tal.
- Ambas unidades se encuentran sometidas a fuertes amenazas, principalmente de origen antrópico, siendo las de mayor intensidad las que derivan de la ocupación del suelo y de la presunta alteración del caudal ecológico del río Loa, las que impactan sobre la mayoría de los componentes del ecosistema, principalmente el agua, la vegetación y la fauna.
- Igualmente generan impactos intensos, aunque más puntuales sobre ciertos componentes del ecosistema actividades como la caza y pesca ilegales, y la emisión de RILES y otros contaminantes, los que afectarían principalmente a la fauna.
- Las funciones y servicios ecosistémicos que brindan ambos objetos de conservación, se ven igualmente fuertemente impactados conllevando a la pérdida de la calidad del paisaje, y de los diversos usos con propósitos recreacionales y turísticos. Esto podría tener mayores impactos si se destinaran estas zonas del oasis a proyectos inmobiliarios.
- Finalmente considerando el uso histórico que ha tenido el oasis en términos de productividad agropecuaria, se considera de gran impacto la creciente y sostenida pérdida de esta función.

ANÁLISIS JURÍDICO E INSTITUCIONAL

1. INTRODUCCIÓN

Si entendemos por legislación ambiental la que reconoce como bien jurídico protegido el resguardo de la integridad de los sistemas ambientales en cuanto a tales, regulando el manejo de los factores que lo componen con una perspectiva global e integradora, veremos que la legislación ambiental en nuestro país no aborda los sistemas ambientales con un enfoque global e integrador. Por otra parte, no existe cuerpo legal alguno que se haga cargo de la protección jurídica de la diversidad biológica de manera explícita, específica y orgánica. Sólo existen normas de carácter sectorial más o menos dispersas y desarticuladas. La mayor aproximación desde una perspectiva global está contenida en la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

En cuanto al estado de nuestra legislación, la Constitución solo alude a la diversidad biológica en forma indirecta, al imponer al Estado el deber constitucional de "tutelar la preservación de la naturaleza"; al disponer que la ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades "para proteger el medio ambiente", y al señalar como uno de los contenidos de la función social de la propiedad lo que se encuentre exigido por "la conservación del patrimonio ambiental". Este tratamiento constitucional contrasta con el tratamiento brindado a los componentes ambientales minerales e hídricos, respecto de cuyo dominio y apropiación existen normas específicas en la Constitución.

Las diversas regulaciones que abordan objetivos básicos de la conservación misma de la diversidad biológica, han tenido en muchos casos como propósito central el desarrollo de una actividad económica ligada a la explotación de un recurso natural. Así, mientras se mantenga el actual régimen de protección y garantías del derecho de propiedad en Chile, por sobre el bien común, Hermosilla (2004) estima que ello no contribuirá a la efectiva protección y conservación de la biodiversidad. Para que esto ocurra en la realidad, debiera contarse necesariamente con normativas de rango constitucional y de legislación básica del ordenamiento jurídico chileno, que llenen vacíos o modifiquen normas existentes. En conclusión se puede indicar que es un desafío de la legislación lograr, pese a la dispersión entre instituciones, y de las interrelaciones entre los distintos componentes de la biodiversidad, mejorar la actual normativa según los vacíos identificados anteriormente.

Pese a esto existen numerosas normas jurídicas aplicables a la biodiversidad y los objetos de conservación descritos en el capítulo anterior. Por esto se realizó una revisión bibliográfica con un análisis y selección de la normativa legal, acotándola a las características del objeto de conservación y la aplicabilidad al área de estudio son sus sistemas. Con una metodología poco difundida se entregan cartas temáticas para las normativas jurídicas seleccionadas, para proporcionar una visión panorámica del nivel de protección de los sistemas estudiados y así, poder contrastarlos las cartas de amenaza. Esto proporcionará una idea espacial de ambos aspectos, para orientar las propuestas de preservación y conservación de la biodiversidad.

Tipos de normas jurídicas

El Código Civil de Chile, en su artículo 1° expresa que la Ley es: "Una declaración de la voluntad soberana que, manifestada en la forma prescrita por la Constitución, manda, prohíbe o permite". La expresión "Ley" comprende distintos tipos de normas jurídicas y según su grado de importancia son:

- *La Constitución Política*. Es la ley fundamental del Estado. Ella establece la forma de gobierno, los poderes públicos, sus atribuciones y determina los derechos y garantías de las personas.
- *Las leyes propiamente tales*. Son las normas aprobadas por el Poder Legislativo, según el procedimiento que la Constitución establece, pudiendo ser de distinta clase según la cantidad de votos que necesita para ser aprobada, modificada o derogada.
- *Los decretos con fuerza de ley*. Son normas dictadas por el Presidente de la República sobre materias propias de ley, en virtud de una autorización que le confiere el Congreso Nacional para ello, la que no puede exceder de un año y debe expresar las materias sobre las cuales versa la delegación. Asimismo, el Presidente de la República está autorizado para dictar DFL para fijar el texto refundido, coordinado y sintetizado de las leyes cuando sea conveniente para su mejor ejecución.
- *Los decretos leyes*. Son normas dictadas por el Presidente de la República sobre materias propias de ley, sin autorización alguna del Congreso Nacional.
- *Los tratados internacionales*. Son acuerdos, pactos o contratos, de carácter internacional, que rigen situaciones jurídicas establecidas de común acuerdo por dos o más Estados soberanos.
- *Normas de inferior jerarquía que las leyes*. La potestad reglamentaria le permite al Presidente de la República y otras autoridades dictar un conjunto de normas de inferior jerarquía que las leyes, como los reglamentos, los simples decretos, las instrucciones, los decretos supremos y las resoluciones.

Toda esta legislación se clasificó, de acuerdo con su nivel jerárquico en: (a) normas constitucionales, (b) normas legales y (c) normas reglamentarias.

2. METODOLOGÍA

2.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica de la legislación vigente en relación a los temas de biodiversidad, humedales y recursos hídricos, incluyendo normas jurídicas, documentos de análisis, descripción y caracterización de normas así como estudios éditos e inéditos (e.g., Maldonado & Chacón 2000, Environmental Law Institute et al. 2003, Hermosilla 2004). Se recopilaron textos legales (leyes, reglamentos, etc.) de los que se extrajeron los documentos que se refieren a los temas ya indicados. En los trabajos desarrollados por la CONAMA (e. g., CONAMA 1996a, 1996b, 1996c, 1996d, 1997a, 1997b) se describen las competencias ambientales de las diferentes reparticiones del Estado, los procedimientos administrativos, la legislación punitiva y sancionatoria ambiental, y se incluye un diagnóstico del ordenamiento jurídico aplicable a la protección de la diversidad biológica, entre otras. También se consideraron los estudios de diversos autores (e. g., Gallardo 1985, 1989, Ortiz 1986, 1990, Castillo 1994, Valenzuela 1994, Hermosilla 2004).

2.2. Análisis y selección

Posteriormente se realizó un análisis y selección de la normativa legal, acotándola a las características de interés en el área de estudio (e. g., flora, fauna, paisaje, recursos hídricos, humedales, cuencas). Se seleccionaron las normas orientadas a proteger y conservar en el área de estudio. Se ordenaron jerárquicamente siguiendo la propuesta de Gallardo (1985, 1989) y se describieron y comentaron utilizando la bibliografía recopilada. La legislación ambiental seleccionada se analizó desde un punto de vista de su aplicación en el Oasis de Calama para describir los factores tensionantes, sus perturbaciones e impactos ambientales relacionados.

2.3. Cartografía

Siguiendo y modificando la metodología usada por Pellet et al. (2005), la legislación seleccionada se expresó cartográficamente, obtenidos de los atributos específicos que la legislación define, generando así tres tipos de cartas:

- *Carta de normativas jurídicas.* Sobre la carta base de cada área se representa la legislación siguiendo las recomendaciones de King (1993), en sistemas de información geográficos visualizando así todos los espacios del territorio que están protegidos desde la perspectiva legal. Como fundamento para la interpretación de la ley, se siguieron los artículos 19 al 24 contenidos en el número 4, Título Preliminar, del código civil chileno.
- *Carta de competencias institucionales.* Se considera la elaboración de un diagrama de instituciones públicas y privadas que proporcionan protección a las áreas de estudio. Con esta información se confeccionará una carta con diferentes niveles de protección, ponderando la superposición de competencias.
- *Carta de Protección.* La carta de síntesis de protección se genera integrando: la carta de normativas jurídicas con la carta de competencias institucionales. Se discrimina en al menos tres niveles de protección según una matriz de ponderación *ad hoc* para este proyecto.

3. RESULTADOS

3.1. Normas constitucionales

Son aquellas normas contenidas en la Constitución Política del Estado. La Constitución Política es importante porque toda norma que se dicte o haya sido dictada debe estar supeditada a sus mandatos (Gallardo 1985). Entre éstos destacan, por estar referidos al ambiente, primero, que es deber del Estado velar porque las personas vivan en un ambiente libre de contaminación y, segundo, tutelar la preservación de la naturaleza.

- El *Artículo 19 Nº 8.* Asegura a todas las personas "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente".

- El *Artículo 19 Nº 24.* Garantiza el derecho de propiedad y considera entre las funciones sociales de la propiedad la conservación del patrimonio ambiental.
- El *Artículo 21 inciso 1º*. Otorga el "derecho a desarrollar cualquiera actividad económica que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulen".
- El *Artículo 20 inciso 2º.* Consagra el recurso de protección para los casos en que "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación sea afectado por un acto arbitrario e ilegal imputable a una autoridad o persona determinada".

3.2. Normas legales

Son aquellas normas contenidas en las leyes, las que también pueden consistir en leyes aprobatorias de Convenciones Internacionales, de Códigos, de Decretos con Fuerza de Ley y de Decretos Leyes. Dentro de esta categoría se encuentran la mayoría de las leyes más conocidas en especial la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que a su vez, se haya supeditada a la Constitución Política de la República.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente

- *Ley Nº 19.300 (D.O. 09/03/94) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.* Contiene las normas generales que regulan las materias relacionadas con “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental” (Artículo 1°, Ley N° 19.300 (D.O. 09/03/94). Esta ley y su reglamento son los pilares del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, constituyen el principal instrumento preventivo de gestión ambiental del país y, a través de su aplicación, es posible detectar los impactos ambientales negativos o positivos de los diversos proyectos o actividades, y al mismo tiempo, tomar las medidas necesarias para evitarlos, minimizarlos, repararlos o potenciarlos (Ruiz 1997).

Tratados internacionales

- *D.S. Nº 531 (23/08/ 1967) del Ministerio de Relaciones Exteriores, referido a La Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América (Convención de Washington).* Esta convención fue firmada en Washington el 12 de octubre de 1940, y aprobada por el Congreso Nacional de Chile, fue ratificada por el Presidente de la República, don Eduardo Frei Montalva, y publicada en el Diario Oficial para su cumplimiento como ley de la República en virtud de Decreto Supremo Nº 531 de 23 de agosto de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores. La Convención está destinada a “proteger y conservar en su medio ambiente natural, ejemplares de todas las especies y géneros de flora y fauna nativas, en número suficiente y en regiones lo bastante vastas para evitar su extinción por cualquier medio al alcance del hombre”. También se orienta a proteger y conservar los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o

científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, en los casos a que esta Convención se refiere.

- *D.S. Nº 141 (D.O. 25/03/75) del Ministerio de Relaciones Exteriores, referido a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).* Esta convención tiene como objetivo regular el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre. Los países que lo suscriben se comprometen a cooperar internacionalmente, adoptando las medidas administrativas y técnicas necesarias para que la explotación de estas especies no afecte su supervivencia. Se clasifica a las especies amenazadas en tres apéndices que poseen mayo o menor grado de exigencias para autorizar su exportación o importación. En Chile las actividades más relevantes que se han desarrollado en el marco de este convenio son la Ley 19.473 (Ley de caza) y el Nuevo Reglamento de la Ley de Caza (17 de noviembre de 1998).

- *D.L Nº 3.485 (11/11/1981) y DS Nº 971 del Ministerio de Relaciones Exteriores de 1986. Referidos a la Convención Relativa a Los Humedales de Importancia Internacional, (Convención de Ramsar).* La Convención sobre los Humedales es un tratado intergubernamental que se adoptó en la ciudad iraní de Ramsar en 1971, entró en vigencia a finales de 1975 y es el único tratado ambiental mundial que trata de un ecosistema en particular. Los países miembros de la Convención abarcan todas las regiones geográficas del planeta y su misión es “la conservación y el uso racional de los humedales, a través de la acción nacional y mediante la cooperación internacional, a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”. Las Partes Contratantes (países miembros) se han comprometido a: (a) Designar por lo menos un humedal que cumpla los criterios para ser inscrito en la Lista de Humedales de Importancia Internacional y a asegurar el mantenimiento de las características ecológicas de cada uno de ellos. (b) Promover el uso racional de todos los humedales de su territorio mediante la planificación nacional del uso del suelo, incluidas la conservación y el manejo de los humedales. (c) Promover la capacitación en materia de investigación, manejo y uso racional de los humedales. (d) Celebrar consultas con otras Partes acerca de la aplicación de la Convención, principalmente con respecto a los humedales transfronterizos, los sistemas hídricos compartidos, las especies compartidas y los proyectos de desarrollo que pudieran afectar humedales (véanse más detalles en Davis 1994, Muñoz-Pedreros 2004). Esta Convención fue ratificada por Chile mediante D.L. Nº 3.485, publicado en el Diario Oficial el 11 de noviembre de 1981. Posteriormente se aprobó un protocolo para enmendar la citada Convención, suscrito en París el 3 de diciembre de 1982, ratificado por Chile mediante Decreto Supremo Nº 971 del Ministerio de Relaciones Exteriores de 1986.

- *Decreto Nº 1963 (6/5/1995)del Ministerio de Relaciones Exteriores, referido a la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB).* Durante el mismo año en la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, este convenio fue firmado por 152 países y la Unión Europea. Los objetivos del Convenio son: (a) la conservación de la biodiversidad biológica, (b) la utilización sustentable de sus componentes y (c) la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. La CDB fue adoptada en 1992 y entró en vigencia internacional en diciembre de 1993, después de la ratificación de 30 Estados. Chile la ratificó en 1994, pasando a constituir ley de la República desde su publicación en el Diario Oficial el 6 de mayo de 1995.

Leyes y Decretos Leyes

- *Ley Nº 11.402 (16/12/53). del Ministerio de Obras Públicas. Sobre las obras de defensa y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros.* Dispone que las obras de defensa y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros que se realicen con participación fiscal solamente podrán ser ejecutadas y proyectadas por la dirección de obras sanitarias del Ministerio de Obras Públicas "y, si se efectúa por cuenta exclusiva de otras entidades o de particulares, serán autorizadas y vigiladas por la misma repartición…" (Artículo 1º). Agrega que estas obras pueden incluir la reforestación de las hoyas hidrográficas, especialmente en las partes altas, y ser hechas por iniciativa particular o fiscal. Los árboles, que serán plantados por el Fisco, pasan a ser de propiedad del dueño del terreno; pero su explotación se podrá realizar con autorización del organismo competente. En el artículo 5º, menciona que el Fisco pagará estas obras en un 65% y los beneficiados deberán cubrir el 35% restante. Es necesario destacar, que cabe la posibilidad de realizar estudios y ejecutar las obras necesarias para la **recuperación** de terrenos inundados periódicamente, desecación de terrenos pantanosos o vegosos y de limpia y regularización de ríos y esteros" (Artículo 8º), a petición y cuenta exclusiva de los propietarios interesados.

  Se ha resaltado en negritas el término "recuperación", por cuanto le confiere a la oración un sentido diametralmente opuesto al que posee desde un punto de vista ambiental. En efecto, los terrenos aludidos son o pueden ser parte de un humedal, de acuerdo con la definición presentada por el D.S. Nº 771 (D.O. 11/11/81) que promulga la Convención sobre zonas húmedas de importancia internacional. En ella se entienden como humedal o zonas húmedas aquellas "áreas de ciénagas, pantanos, áreas de musgos o agua, sean éstas naturales o artificiales, permanentes o temporales, de aguas estáticas o corrientes, frescas, con helechos o saladas, incluyendo zonas de agua de mar cuya profundidad no exceda de seis metros durante la marea baja" (Artículo 1, inciso 1). En todo caso, la aplicación de esta ley deberá estar acorde con la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (19.300).

- *Ley N° 19.473 de 1996 del Ministerio de Agricultura, Ley de Caza.* Sustituye la Ley Nº 4.601, sobre caza, y el Artículo 609 del Código Civil. Establece la prohibición de caza y captura para todos los vertebrados nativos de Chile, con la excepción de peces, reptiles marinos, pingüinos y mamíferos marinos (ballenas, delfines, focas, elefantes, lobos y nutrias), los que están protegidos por normas derivadas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, bajo tuición de la Subsecretaría de Pesca y del Servicio Nacional de Pesca. Fue implementada mediante el Decreto Supremo N° 05, de enero de 1998. La fauna de vertebrados terrestres que viven en Chile, nativos o exóticos asilvestrados, se agrupan en: (a) Especies cuya caza y captura está prohibida, cuya nómina está contenida en el artículo 4° del Reglamento de la Ley de Caza. (b) Especies de caza autorizada para cazadores con permiso de caza vigente, cuyo listado se señala en el artículo 5° del Reglamento de la Ley de Caza y (c) Especies calificadas como perjudiciales o dañinas cuya nómina se señala en el artículo 6° del Reglamento de la Ley de Caza. Las especies protegidas son aquellas para las cuales se han dictado normas de conservación (prohibición de caza y definición de vedas o cuotas, entre otros), es decir aquellas especies contenidas en los artículos 4° y 5° del Reglamento de la Ley de Caza.

- *Ley Nº 18.892, de 1989 del Ministerio de Economía. Ley General de Pesca y Acuicultura,* en texto refundido, coordinado y sistematizado con sus modificaciones. Dentro de sus atribuciones posee facultades de conservación de los recursos hidrobiológicos comprendidas en prohibiciones o medidas de administración de recursos. Éstas se refieren a: a) Veda biológica, temporales o prohibiciones especiales por especie en un área determinada (Ley 18.892, Art. 3º y 64º); b) Prohibición de captura temporal o permanente de especies protegidas por convenios internacionales de los cuales Chile es parte; c) Fijación de cuotas anuales de captura por especie en un área determinada; fijación de tamaños o pesos mínimos de extracción por especie en un área determinada y sus márgenes de tolerancia; y d) Fijación de las dimensiones y características de las artes y los aparejos de pesca (Ley 19.079, Art. 1º, Nº 16, Nº 17., Modificado por la Ley Nº 19.849). Regula además la pesca deportiva (Ley 18.892, Art.73, inciso 1º, Ley 19.079, Art.1º, Nº 107).
- *Ley Nº 18.902/90 del Ministerio de Obras Públicas. Crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios*, otorgándole la responsabilidad de fiscalizar a los prestadores de servicios sanitarios y el control de los residuos líquidos industriales. Luego la Ley Nº 19.549 modificó ésta Ley otorgando a la SISS las facultades para sancionar las infracciones a la normativa sobre descargas de riles o a los instructivos, órdenes y resoluciones dictados por dicha entidad, tipificándose las infracciones y sanciones del caso.
- *Ley 19.253 del 5 de octubre de 1993 (Ministerio de Planificación). Promulga la Ley sobre Protección, Fomento y Desarrollo de los Indígenas (Ley Indígena),* por medio de la cual el Estado reconoce a los mapuche, aymará, rapa nui, atacameños, quechuas y collas y a los kawéskar y yaganes de los canales australes, estableciendo normas sobre protección, fomento y desarrollo de los indígenas. La ley consagra, entre otras garantías, el derecho a la tierra, su protección y ampliación, la protección de las culturas indígenas y sus lenguas, el derecho a la educación intercultural bilingüe y el derecho a la participación y al desarrollo. Junto a ello, se crea la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.
- *Ley Nº 18.362 de 1984 del Ministerio de Agricultura. Crea el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)* administrado por CONAF, para la conservación (planes de manejo y administración) de los ambientes naturales, terrestres o acuáticos dentro de esas áreas. Está formado por: Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales. Actualmente, la región de Antofagasta posee tres unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), la Reserva Nacional Alto Loa, la Reserva Nacional Los Flamencos y el Parque Nacional Llullaillaco. El Parque Nacional Pan de Azúcar también posee parte de su superficie en la región de Antofagasta. Aun cuando un porcentaje relevante del territorio está protegido, no se alcanzan a cubrir todas las áreas representativas de este vasto complejo ecológico que abarca.
- *Ley Nº 17.288 (D.O. 04/02/70) del Ministerio de Educación. Sobre Monumentos Nacionales.* Esta ley señala que el Estado guardará y protegerá los monumentos nacionales a través del Consejo de Monumentos Nacionales; organismo técnico que depende directamente del Ministerio de Educación. Entre otros, pertenecen a la categoría de monumentos nacionales “las piezas u objetos... de formación natural, que existan bajo o sobre la superficie del territorio nacional o en la plataforma submarina de sus aguas jurisdiccionales y cuya conservación interesa a la historia, al arte o a la ciencia” (Artículo 1°, Ley N° 17.288 (D.O. 04/02/70). También establece la categoría de Zonas Típicas o Pintorescas (Art. 29) y los

santuarios de la naturaleza. El concepto de Santuarios de la Naturaleza es definido por el artículo 31º de la misma ley, donde se señala que son "todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado". Véase los sitios o construcciones declarados en alguna de estas categorías en la comuna de Calama en el anexo 7-2.

- *Ley Nº 18.378 (D.O. 29/12/84) del Ministerio de Agricultura. Sobre distritos de conservación de suelos, bosques y aguas; y conservación de la riqueza turística*. Señala que pueden crearse "distritos de conservación de suelos, bosques y aguas", en aquellos predios agrícolas ubicados en zonas erosionadas o en inminente riesgo de erosión, donde se deberán aplicar las técnicas y programas de conservación que determine el Ministerio de Agricultura (Artículo 3º). Además indica técnicas y programas de conservación para su aplicación en los predios agrícolas ubicados en áreas erosionadas o en inminente riesgo de erosión.

  Además, si se requiere conservar la riqueza turística se podrá establecer la prohibición de cortar los "árboles situados hasta a cien metros (100 m) de las carreteras públicas y de las orillas de ríos y lagos que sean bienes nacionales de uso público, como también, en quebradas u otras áreas no susceptibles de aprovechamiento agrícola o ganadero" (Artículo 4º). Esta situación deberá ser establecida por el Servicio Nacional de Turismo a través de un informe al Presidente de la República.

- *DFL Nº 3.557 de 1981 del Ministerio de Agricultura. Ley de protección agrícola*. Fija medidas que deben adoptar los establecimientos industriales, fabriles, mineros y cualquier otra entidad que manipule productos susceptibles de contaminar la agricultura, tendientes a evitar o impedir la contaminación. Decreta las medidas anteriormente señaladas (Artículos 11º 12º y 13º).

- *DFL N° 235 de 1999 del Ministerio de Agricultura. Establece sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados*. Tiene por objeto estimular la ejecución de prácticas destinadas a la recuperación de suelos, que no pueden ser utilizados eficientemente de modo sustentable en la producción agropecuaria (Art. 2º), a través de una bonificación estatal de los costos netos de las prácticas de manejo y de recuperación de suelos tales como la fertilización fosfatada de corrección, el incremento de la potencialidad productiva de los suelos deficitarios, la adición de enmiendas calcáreas, la limpieza, nivelación y habilitación de suelos, la recuperación y el establecimiento de cubiertas vegetales permanentes, la exclusión de uso de áreas de protección, la estabilización de suelos, la regulación de cauces, el control de la salinidad y de los procesos de desertificación de suelos u otras que persigan el mismo objetivo (Art. 3º). Los incentivos se otorgarán a través del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) (Art. 4º).

- *DFL Nº 701 (D.O. 28/10/74) del Ministerio de Agricultura. (Texto reemplazado por el artículo primero del D.L. Nº 2.565, de 1979, D.O. 03/.4/79 y modificado por el D.L. Nº 2.691, de 1979, D.O. 16/06/79, Ley Nº 18.959, D.O. 24/02/90 y por el artículo primero de la Ley Nº 19.561, D.O. 16/05/98). Sobre fomento forestal.* Esta ley tiene por objeto, de acuerdo con su artículo 1°, “regular la actividad forestal en suelos de aptitud preferentemente forestal y en suelos degradados e incentivar la forestación, en especial, por parte de los pequeños

propietarios forestales y aquélla necesaria para la prevención de la degradación, protección y recuperación de los suelos del territorio nacional". El concepto más significativo de esta ley es el *plan de manejo*. Éste regula el uso y aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables, al tiempo que asegura, entre otras materias, "la preservación, conservación, mejoramiento y acrecentamiento" de tales recursos.

- *DFL Nº 1.939 del Ministerio de Bienes Nacionales, D.O. 10.11.1977 Normas sobre adquisición, administración y disposición de bienes del Estado (Con su ultima modificación Ley 20.062 29.10.2005*). Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. Artículo 15.- Las reservas forestales, Parques Nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación y trabajo en cualquier forma comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse o concederse en uso a organismos del Estado o a personas jurídicas regidas por el Título XXXIII del Libro I del Código Civil, para finalidades de conservación y protección del medio ambiente. Artículo 16.- En los contratos de compraventa de terrenos fiscales rústicos y en los decretos o resoluciones que concedan arrendamientos, actas de radicación o títulos gratuitos de dominio, deberán contemplarse, previo informe del Ministerio de Agricultura, las prohibiciones y obligaciones tanto de índole forestal como de protección o recuperación de terrenos a que se someterá el beneficiario. Cuando procediere, podrán imponerse obligaciones para la protección del medio ambiente. Artículo 21.- El Ministerio, con consulta o a requerimiento de los Servicios y entidades que tengan a su cargo el cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, la preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio ecológico, podrá declarar Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines. Estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes. Los predios que hubieren sido comprendidos en esta declaración no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán esta calidad, sino en virtud de decreto del Ministerio, previo informe favorable del Ministerio de Agricultura.

- *DFL Nº 458 18/12/75 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Ley General de Urbanismo y Construcciones (Con su modificaciones y rectificaciones desde el D.O. 17/09/88 al D.O. 29/09/07, DTO-47 05.06.1992).* En el Titulo II, De la Planificación Urbana, Capítulo I indica que se entenderá por Planificación Urbana, para los efectos de la presente ley, el proceso que se efectúa para orientar y regular el desarrollo de los centros urbanos en función de una política nacional, regional y comunal de desarrollo socio-económico. Los objetivos y metas que dicha política nacional establezca para el desarrollo urbano serán incorporados en la planificación urbana en todos sus niveles (Artículo 27º).

    - El Artículo 41º indica que se entenderá por Planificación Urbana Comunal aquella que promueve el desarrollo armónico del territorio comunal, en especial de sus centros poblados, en concordancia con las metas regionales de desarrollo económico-social. La planificación urbana comunal se realizará por medio del Plan Regulador Comunal. El Plan Regulador es un instrumento constituido por un conjunto de normas sobre adecuadas condiciones de higiene y seguridad en los edificios y espacios urbanos, y de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento. Sus disposiciones se refieren al uso del suelo o zonificación, localización del equipamiento comunitario, estacionamiento, jerarquización de la estructura vial, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad, en función de

la factibilidad de ampliar o dotar de redes sanitarias y energéticas, y demás aspectos urbanísticos.

- El Artículo 42º explicita que el Plan Regulador Comunal estará compuesto de: (a) Una Memoria explicativa, que contendrá los antecedentes socio-económicos; los relativos a crecimiento demográfico, desarrollo industrial y demás antecedentes técnicos que sirvieron de base a las proposiciones, y los objetivos, metas y prioridades de las obras básicas proyectadas; (b) Un estudio de factibilidad para ampliar o dotar de agua potable y alcantarillado, en relación con el crecimiento urbano proyectado, estudio que requerirá consulta previa al Servicio Sanitario correspondiente de la Región; (c) Una Ordenanza Local que contendrá las disposiciones reglamentarias pertinentes, y (d) Los planos, que expresan gráficamente las disposiciones sobre uso de suelo, zonificación, equipamiento, relaciones viales, límite urbano, áreas prioritarias de desarrollo urbano, etc.. Para los efectos de su aprobación, modificación y aplicación, estos documentos constituyen un solo cuerpo legal.
- El Artículo 47º indica que deberán contar con el Plan Regulador Comunal: (a) las comunas que estén sujetas a Planificación Urbana-Regional o Urbana-Intercomunal; (b) todos aquellos centros poblados de una comuna que tengan una población de 7.000 habitantes o más; (c) aquellos centros poblados de una comuna que sean afectados por una destrucción total o parcial, y (d) aquellos centros poblados de una comuna que la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo respectiva disponga mediante resolución. La referida Secretaría Regional Ministerial podrá encargarse de la confección del Plan, debiendo, en todo caso, enviarlo a la municipalidad correspondiente para su tramitación de acuerdo al procedimiento señalado en el inciso primero del artículo 43º.

- *DFL Nº 725/67 del Ministerio de Salud. Código Sanitario. Artículo 73º.* Prohíbe descargar las aguas servidas y los residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquiera otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que se señale en los reglamentos. La autoridad sanitaria podrá ordenar la inmediata suspensión de dichas descargas y exigir la ejecución de sistemas de tratamientos satisfactorios destinados impedir toda contaminación.
- *DFL Nº 1.122/81 del Ministerio de Obras Públicas. Código de Aguas.* A continuación se cita el texto completo de los artículos que se considera más relevantes para los fines de este informe.
  - Art. 58º. Cualquiera persona puede explorar con el objeto de alumbrar aguas subterráneas, sujetándose a las normas que establezca la Dirección General de Aguas. Si dentro del plazo establecido en el inciso primero del artículo 142 se hubieren presentado dos o más solicitudes de exploración de aguas subterráneas sobre una misma extensión territorial de bienes nacionales, la Dirección General de Aguas resolverá la adjudicación del área de exploración mediante remate entre los solicitantes. Las bases de remate determinarán la forma en que se llevará a cabo dicho acto, siendo aplicable a su respecto lo dispuesto en los artículos 142, 143 y 144, en lo que corresponda. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, y siempre que se haya otorgado el permiso para explorar aguas subterráneas, para los efectos de lo señalado en artículo 142 inciso primero, se entenderá que la fecha de presentación de la solicitud para constituir el derecho de aprovechamiento sobre aguas subterráneas, será la de la

resolución que otorgue tal permiso. El suelo ajeno sólo se podrá explotar previo acuerdo con el dueño del predio, y en bienes nacionales con la autorización de la Dirección General de Aguas. No se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta, sino con autorización fundada de la Dirección General de Aguas, la que previamente deberá identificar y delimitar dichas zonas.

- Art. 61º La resolución que otorgue el derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas establecerá el área de protección en la cual se prohibirá instalar obras similares (área de protección de los pozos).
- Art. 62º Si la explotación de aguas subterráneas por algunos usuarios ocasionare perjuicios a los otros titulares de derechos, la Dirección General de Aguas, a petición de uno o más afectados, podrá establecer la reducción temporal del ejercicio de los derechos de aprovechamiento, a prorrata de ellos. Esta medida quedará sin efecto cuando los solicitantes reconsideren su petición o cuando a juicio de dicha Dirección hubieren cesado las causas que la originaron.
- Art. 63º La Dirección General de Aguas podrá declarar zonas de prohibición para nuevas explotaciones, mediante resolución fundada en la protección de acuífero, la cual se publicará en el Diario Oficial. La declaración de una zona de prohibición dará origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidos en ella. Las zonas que correspondan a acuíferos que alimenten vegas y los llamados bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores extracciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa. La Dirección General de Aguas deberá previamente identificar y delimitar dichas zonas. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, la Dirección General de Aguas podrá alzar la prohibición de explotar, de acuerdo con el procedimiento indicado en el artículo siguiente.
- Art. 65º Serán áreas de restricción aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que exista el riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él. Cuando los antecedentes sobre la explotación del acuífero demuestren la conveniencia de declarar área de restricción de conformidad con lo dispuesto en el inciso anterior, la Dirección General de Aguas deberá así decretarlo. Esta medida también podrá ser declarada a petición de cualquier usuario del respectivo sector, si concurren las circunstancias que lo ameriten. Será aplicable al área de restricción lo dispuesto en el artículo precedente. La declaración de un área de restricción dará origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidas en ella.
- Art. 66º. La Dirección General de Aguas podrá otorgar provisionalmente derechos de aprovechamiento en aquellas zonas que haya declarado de restricción. En dichas zonas, la citada Dirección limitará prudencialmente los nuevos derechos pudiendo incluso dejarlos sin efecto en caso de constatar perjuicios a los derechos ya constituidos.
- Art. 67º Los derechos de aprovechamiento otorgados de acuerdo al artículo anterior, se podrán transformar en definitivos una vez transcurridos cinco años de ejercicio efectivo en los términos concedidos, y siempre que los titulares de derechos ya constituidos no

demuestren haber sufrido daños. Lo mismo ocurrirá cuando el dueño de los derechos provisionales ejecute obras de recarga artificial que incorporen un caudal equivalente o superior a la extracción que efectúe. La Dirección General de Aguas declarará la calidad de derechos definitivos a petición de los interesados y previa comprobación del cumplimiento de las condiciones establecidas en el inciso precedente.

- Artículo 92º Prohíbe botar a los canales substancias, basuras, desperdicios y otros objetos similares, que alteran la calidad de las aguas. Será responsabilidad de las Municipalidades respectivas, establecer las sanciones a las infracciones de este artículo y obtener su aplicación.

De esta manera, los acuíferos que alimentan los humedales altoandinos quedaron protegidos según la forma que se señala en los artículos 58 a 67 que establece que "las zonas que correspondan a acuíferos que alimentan vegas y bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores explotaciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa". Así, "no se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten vegas y bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta sino con autorización fundada de la DGA". En este mismo ámbito la DGA mediante **Resolución Nº 197 del 24/1/00** declara el agotamiento del río Loa y sus afluentes en la II Región para nuevas extracciones de aguas.

- *DL Nº 19.821/02 del Ministerio de Obras Públicas.* Deroga la Ley Nº 3.133 y modifica la Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales. Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas. Ordena y simplifica los procedimientos administrativos, fortalece las potestades fiscalizadoras y traslada la preocupación estatal desde la gestión de los administrados hacia los resultados que éstos logran alcanzar, en razón de las normas de emisión que deben cumplir.

- *Decreto N°189 del 8 de octubre de 2003. CONADI.* Declara área de Desarrollo Indígena II Región, conforme al artículo 26 de la ley Nº 19.253, el espacio territorial denominado "Alto El Loa", que integra parte del territorio de las comunas de Calama y Ollagüe, en la provincia del Loa, II Región de Antofagasta, y comprende en la provincia Del Loa, el área rural de la comuna de Calama, la comuna de San Pedro de Atacama y la comuna de Ollagüe. Esta declaración del Área de Desarrollo Indígena, tiene por finalidad la focalización de la acción que corresponde desarrollar a los organismos de la administración del Estado en beneficio del desarrollo armónico de los indígenas y sus comunidades.

3.3. Normas reglamentarias

Son aquellas normas contenidas básicamente en Decretos Supremos, donde también se incluyen los reglamentos

- *DS Nº 30 (D.O. 03/04/97) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Refundido en el D.S. Nº 95 de 2001 Ministerio Secretaría General de la Presidencia*. *Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Este reglamento "establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Participación de la Comunidad, de conformidad con los preceptos de la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente" (Artículo 1). Entre otras, identifica los proyectos y actividades que deben ser objeto de una declaración o estudio de impacto ambiental y señala los criterios que permiten definir esta situación. También se refiere a los contenidos mínimos que debe incluir un estudio de este tipo, así como el procedimiento para su presentación ante los organismos competentes. Incluye, además, un título completo referido a la participación de la ciudadanía en estos casos.
- *DS Nº 193 (D.O. 30/10/80) del Ministerio de Agricultura*. Reglamento General D.L. 701. Este Decreto señala los procedimientos administrativos necesarios para calificar un terreno como de aptitud preferentemente forestal, así como los criterios que permiten reconocer las áreas susceptibles de ser beneficiadas con el Decreto Ley 701. También, se refiere a las normas y especificaciones técnicas a que deberán ajustarse los estudios y planes de manejo respectivo. A lo anterior, se agrega un título completo referido al procedimiento judicial cuando corresponda aplicar sanciones y multas como producto del incumplimiento de las normas referidas.
- *DS Nº 259 (D.O. 30/01/80) del Ministerio de Agricultura*. Reglamento técnico del D.L. 701, de 1974. Este reglamento trata las normas que rigen para elaborar planes de manejo orientados al bosque nativo. Para asegurar la regeneración del bosque nativo (“el constituido naturalmente por especies autóctonas y que pueden presentarse formando tipos forestales” (artículo 1°, letra b), D.S. N° 193, D.O. 29/09/98). Se establecen diferentes métodos de corta, desde voltear todos los árboles de una superficie dada hasta la extracción individual de árboles o grupos pequeños de ellos. Luego, se definen doce tipos forestales y los métodos de corta que pueden ser utilizados en su explotación. Sin embargo, para los efectos de reforestar plantea la posibilidad de reemplazar la especie cortada por otra nativa o introducida, previa aprobación del plan de manejo respectivo. Para efectos de los alcances de esta norma es factible su aplicación a especies nativas como *Prosopis* sp.
- *DS Nº 192 (D.O. 03/11/98 del Ministerio de Agricultura*. Reglamento para el pago de las bonificaciones forestales. Para efectos de los alcances de esta norma es factible su aplicación a especies nativas como *Prosopis* sp. Lo que constituiría un incentivo para su aplicación en el Oasis de Calama.
- *DS Nº 1.341 (D.O. 16/12/98*) *del Ministerio de Agricultura*. Reglamento que establece normas contables aplicables a los contribuyentes que realizan actividades forestales de conformidad al D.L. 701, de 1974. Igualmente es factible su aplicación en actividades forestales que incluyan las especies nativas mencionadas. Estos últimos dos decretos complementan la operatividad del D.L. 701 como también la de su reglamento.
- *DS Nº 4.363 (D.O. 31/07/31) del Ministerio de Agricultura*. *Ley de bosques.* Entre los elementos más destacables de esta ley, se encuentran los artículos 5º, 10º, 17º y 19º. Según los cuales no se pueden cortar árboles o arbustos nativos en determinados casos, donde se protege la relación agua-suelo-vegetación; el Presidente de la República puede establecer "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", dos figuras cuyos

objetivos centrales serían "regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje" (Artículo 10º.); se prohíbe el roce a fuego como método de explotación en los terrenos forestales; y, por último, "se autoriza al Presidente de la República para reglamentar la explotación de las cortezas que contengan sustancias tánicas, saponinas y la recolección de los frutos de árboles y arbustos nativos" (Artículo 19º.), respectivamente.

- *DS N° 366 (17 de Febrero de 1944) del Ministerio de Tierras y Colonización. Explotación de tamarugo, algarrobo, chañar, guayacán, olivillo, carbón o carbonillo, espino, boldo, maiten, litre, bollen y quillay*. Art. 1°.- Se considerarán como forestales para los efectos de la explotación de maderas, leñas y carbones, los terrenos de secano no susceptibles de aprovechamiento agrícola inmediato que se encuentren ubicados entre el límite norte de la provincia de Tarapacá y el río Maipo. Art. 2°.- En la región indicada queda prohibida indefinidamente: a) La descepadura de las siguientes especies: "Tamarugo, algarrobo, chañar, guayacán, olivillo, carbón o carbonillo, espino, boldo, maitén, litre y bollén". La corta o explotaciones de estos árboles y arbustos sólo será permitida durante los meses de Abril, Mayo, Junio y Julio de cada año en toda la área de distribución de esta especie en la República. b) La libre explotación de tamarugos, algarrobos y chañares, siendo menester un permiso escrito del Intendente o Gobernador respectivo para poder hacerlo en las épocas señaladas en el inciso anterior. Para obtener este permiso deberá solicitarse por escrito a la autoridad referida, indicándose si el solicitante es dueño o arrendatario del predio, la densidad del bosque, ubicación y número de árboles que va a explotarse, producto que se tendrá de ellos y demás datos necesarios para la resolución de esta solicitud. Se acompañará a dicha solicitud un plano o croquis del terreno en que se va a efectuar la explotación, relacionando su ubicación con el pueblo o estación más cercana. c) La explotación de tamarugos, algarrobos y chañares que vegetan en terrenos fiscales.
- *DS 02 de 2005 Ministerio de Agricultura*. *Declara Monumento Natural las especies de fauna silvestre* Huemul (*Hippocamelus bisulcus*), Chinchilla lanígera, costina o chilena (*Chinchilla lanigera*), Chinchilla cordillerana (*Chinchilla brevicaudata*), Cóndor (*Vultur gryphus*), Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) y Picaflor de Juan Fernández (*Scephanoides fernandensis*).
- *N Ch Nº 1.333 de 1987 del Instituto Nacional de Normalización.* Regula la calidad del agua para diferentes usos.
- *DS N° 75 de 2005 Ministerio Secretaría General de la Presidencia.* El Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, establece las disposiciones que regirán el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a las cuales alude la ley Nº19.300.
- *DS N° 185 de 1991 del Ministerio de Minería. Reglamenta el funcionamiento de establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico.* Establece las normas secundarias de anhídrido sulfuroso: horarias, diarias y anuales a nivel nacional, diferenciadas en zona Norte y Sur del país, con el propósito de protección a los recursos naturales y la salud humana.
- *DS Nº 594 de 2000 del Ministerio de Salud. Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo Artículo 17*. Párrafo 3º De la Disposición de Residuos Industriales. Artículo 17º En ningún caso podrán incorporarse a las napas de agua subterránea de los subsuelos o arrojarse en los canales de regadío,

acueductos, ríos, esteros, quebradas, lagos, lagunas, embalses o en masas o en cursos de agua en general, los relaves industriales o mineros o las aguas contaminadas con productos tóxicos de cualquier naturaleza, sin ser previamente sometidos a los tratamientos de neutralización o depuración que prescriba en cada caso la autoridad sanitaria. En ningún caso podrán incorporarse a las napas de agua subterránea de los subsuelos o arrojarse en los canales de regadío, acueductos, ríos, esteros, quebradas, lagos, lagunas.

- *DS N°148 de 2003 Ministerio de Salud*: *Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos*. Este reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.
- *DS Nº 93 de 1995 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión*. Procedimiento para la dictación de normas de calidad ambiental primarias y secundarias y el procedimiento y los criterios para la revisión de dichas normas, se sujetarán a las disposiciones del presente reglamento.
- *DS N° 94 de 1995 Ministerio Secretaría General de la Presidencia*. *Reglamento que fija el Procedimiento y Etapas para Establecer Planes de Prevención y de Descontaminación*. El procedimiento para la elaboración de los Planes de Prevención y de Descontaminación, y su proposición a la autoridad para su establecimiento, conforme a lo dispuesto en el inciso final del artículo cuarenta y cuatro de la Ley 19.300, se sujetará a las normas del presente reglamento.
- *DS Nº 90 de 2000 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.* Esta norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de los contaminantes asociados a los residuos líquidos que descargan a estos cuerpos receptores. En ella se establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos industriales líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile. Establece que será la Dirección General de Aguas quien determinará el caudal disponible para dilución en un cuerpo receptor, el contenido de captación y el contenido natural del cuerpo receptor. La norma clasifica las aguas en cuatro clases: -Clase excepción: por su extraordinaria pureza y escasez forma parte del patrimonio ambiental; -Clase 1: Muy buena calidad. Apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3; -Clase 2: Buena calidad. Agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.; -Clase 3: Regular calidad. Agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.
- *DS Nº 46 de 2002 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas.* Esta Norma de emisión tiene como objetivo de protección ambiental y prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero, contribuyendo a mantener la calidad de las aguas subterráneas. En ella se determinan las concentraciones máximas de contaminantes permitidas en los residuos líquidos que son descargados por la fuente emisora, a través del subsuelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras destinadas a infiltrarlo. Establece que será la

Dirección General de Aguas quien determinará la vulnerabilidad del acuífero y el contenido natural del cuerpo receptor. Para esos efectos podrá solicitar los antecedentes que estime conveniente al responsable de la fuente emisora.

- *DS Nº 609 de 1998 (DO: 20 de julio de 1998) Ministerio de Obras Públicas. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado*. (Modificada por DS 3592/2000 y por DS 601/2004). Reemplazó a la Norma Técnica Nch 2.280 de similar contenido. El Decreto tiene por objetivo mejorar la calidad ambiental de las aguas servidas crudas que los servicios públicos de disposición de éstas vierten a los cuerpos de agua terrestres o marítimos, mediante el control de los contaminantes líquidos de origen industrial que se descargan en el alcantarillado. Con lo anterior se logra que se dispongan aguas residuales con un bajo nivel de contaminación, protegiendo así los cuerpos de agua receptores. También busca proteger los sistemas mismos de alcantarillado y las plantas de tratamiento de aguas servidas, así como evitar que elementos contaminantes puedan ser liberados al medio ambiente urbano por accidentes del sistema de alcantarillado. La norma establece límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúen a redes de alcantarillado que no cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas y límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúan a redes de alcantarillado que cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas (25 parámetros). También establece los límites máximos de emisión de elementos contaminantes específicos de diversas actividades productivas, por rubros. La norma establece los sistemas de control, las condiciones para la extracción de muestras, los criterios de cumplimiento o incumplimiento de la norma y los métodos de análisis de las muestras, así como las responsabilidades de fiscalización de instancias públicas tales como la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Servicios de Salud y Municipalidades.
- *Normas Secundarias de Calidad Ambiental.* Esta norma establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza. Los objetivos de esta norma son: (a) Mantener o recuperar la calidad de las aguas para proteger y contribuir a la conservación de las comunidades acuáticas. (b) Proteger la calidad de las aguas para la bebida de animales sea que vivan en estado silvestre o bajo el cuidado y dependencia del hombre. (c) Proteger la calidad de las aguas para riego de manera de contribuir a la conservación de los suelos y la flora silvestre o cultivada. (d) Proteger cuerpos o cursos de agua de extraordinaria calidad que constituyen parte del patrimonio ambiental. Actualmente está en elaboración la **Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Superficiales Continentales de la Cuenca el río Loa.**

La Tabla 7-28 resume la legislación aplicable al área de estudio.

TABLA 7-28. LEGISLACIÓN AMBIENTAL REFERIDA A LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL OASIS DE CALAMA.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Norma Constitucional	
Artículo 19, Nº8	Derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
Artículo 19, Nº24	Derecho de propiedad.
Artículo 20, inciso 2º	Consagra el Recurso de protección.
Artículo 21, inciso 1º	Derecho a desarrollar cualquiera actividad económica.
Norma Legal	
Ley Nº19.300	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.
D.L. Nº701	Sobre fomento forestal.
Ley Nº17.288	Sobre Monumentos Nacionales.
Ley Nº11.402	Sobre las obras de defensa y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros.
Ley Nº18.378	Sobre distritos de conservación de suelos, bosques y aguas; y conservación de la riqueza turística.
D.S. Nº141	Aprueba Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).
D.L. Nº3.485	Aprueba convención relativa a las zonas de importancia internacional, especialmente como hábitat de las aves acuáticas, firmada en Ramsar, Irán, el 02 de febrero de 1971
Ley Nº 18.892	Ley de Pesca y Acuicultura
Ley N° 19.473	Ley de Caza
Ley Nº 18.362	Sistema Nacional de Áreas Silvestres del Estado
D.F.L Nº 725/67	Código Sanitario
D.F.L Nº 1.122	Código de Aguas
DL Nº 3.557	Ley de protección agrícola
DL Nº 1.939/77	Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado
DFL Nº 458/75	Ley General de Urbanismo y Construcciones
DL Nº 19.821/02	Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales. Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas
Norma Reglamentaria	
D.S. Nº30/97	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
D.S. Nº193/80	Reglamento General D.L. 701.
D.S. Nº259/80	Reglamento técnico del D.L. 701, de 1974.
D.S. Nº192/98	Reglamento para el pago de las bonificaciones forestales.
D.S. Nº1.341/98	Reglamento que establece normas contables aplicables a los contribuyentes que realizan actividades forestales de conformidad al D.L. 701, de 1974.
D.S. Nº4.363/31	Ley de bosques.
D.S N° 366/44	Explotación de tamarugo, algarrobo, chañar, guayacán, olivillo, carbón o carbonillo, espino, boldo, maitén, litre, bollen y quillay.
D.S. Nº531	Convención de Washington. Dispone que se cumpla y lleve a cabo la “Convención para la protección de la flora la fauna y las bellezas escénicas naturales de América”, firmada en Washington el 12 de octubre de 1940.

D.S. Nº771	Promulga la Convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitats de las aves acuáticas, suscrito en Irán el 02 de febrero de 1971.
D.S. Nº971	Protocolo para enmendar la convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitats de las aves acuáticas.
D.S. Nº2.374	Aprueba el reglamento para la explotación de bosques existentes en las cuencas hidrográficas.
D.F.L. N° 235/99	Establece sistema de Incentivos para la recuperación de suelos degradados.
D.S. N° 75/05	Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres
DS 02/05	Declara Monumento Natural las especies de fauna silvestre Huemul, Chinchilla lanígera, costina o chilena, Chinchilla cordillerana, Cóndor, Picaflor de Arica y Picaflor de Juan Fernández
Ch Nº 1.333/87.	Regula la calidad del agua para diferentes usos
D.S. Nº 594/00	Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo
D.S. N°148/03	Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos
D.S. Nº 93/95	Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión
D.S. Nº 95/01	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
D.S. N° 94/95	Reglamento que fija el Procedimiento y Etapas para Establecer Planes de Prevención y de Descontaminación.
D.S. 90/00	Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales
D.S. 46/02	Norma de Emisión Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas
DS Nº 609/98	Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.
Normas Secundarias de Calidad Ambiental.	Norma Secundaria de Calidad Ambiental
Decreto N°1898/03	Declara área de Desarrollo Indígena "Alto El Loa

3.4. Análisis de la aplicabilidad de la legislación seleccionada

Atendiendo a las características del área de estudio, se han definido seis unidades como sistemas relevantes sobre las cuales se aplicarían, potencialmente, las normas jurídicas, asignándoles aplicabilidad alta, media o baja, según lo que se expresa en cada una de ellas. Estos sistemas, se definieron como tales porque expresan adecuadamente la aplicación de estas normas considerando el objeto de conservación definido con anterioridad: el Oasis de Calama, y sobre los cuales se expresarán cartográficamente las normas jurídicas. Los sistemas son:

I.- Cuerpos de agua;

II.- Humedales palustres;

III.- Praderas, cultivos, matorrales;

IV.- Vegetación arbórea;

V.- Desierto;

VI.- Zona urbana

Normas constitucionales

La constitución no alude en forma explícita a la biodiversidad, lo cual contrasta con el tratamiento que ella da a los componentes ambientales minerales e hídricos, respecto de los cuales existen normas específicas (Valenzuela 1994). Esto es importante porque la Constitución también asegura la propiedad privada y la posibilidad de desarrollar cualquier actividad económica (Artículo 19, números 24 y 21, respectivamente). De este modo, como afirma Valenzuela (1994), en la práctica la diversidad biológica constituye "un objetivo ajeno a la Constitución de 1980" y se puede adquirir libremente la propiedad de sus diversos componentes. En consecuencia, ello abre espacios para hacer un "uso, goce y disposición" de estas propiedades que con mucha frecuencia contrastan con los intereses superiores, más generales y de largo plazo del país (véase Pellet 2005). Mientras se mantenga el actual régimen de protección y garantías del derecho de propiedad en Chile, por sobre el bien común, Hermosilla (2004) estima que ello no contribuirá a la efectiva protección y conservación de la biodiversidad. Para que esto ocurra debiera contarse necesariamente con normativas de rango constitucional y de legislación básica del ordenamiento jurídico chileno, que llenen vacíos o modifiquen normas existentes. Ello implica forzosamente reformas de la Constitución Política del Estado y de Códigos fundamentales como el Civil, de Minería y de Aguas. Lo que se erige como un obstáculo enorme en el camino a la protección de nuestra biodiversidad y por ende del patrimonio ambiental de nuestro país, lo constituye de acuerdo a Hermosilla (2004) el excesivo celo con que el Código Civil chileno, apoyado por la presente Constitución Política del Estado, protege el derecho de dominio del dueño de suelo, (no reconociendo de paso la función social de la propiedad) y otorgándole la más amplias facultades.

Aplicabilidad de los tratados internacionales

En general no existe una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios. Dentro de este contexto, se aprecia la total ausencia, en el ordenamiento jurídico actual de manifestaciones concretas del Principio de Precaución, al que obliga, por ejemplo, la adhesión al Convenio sobre Diversidad Biológica (Hermosilla 2004).

Convención de Washington

En la Convención de Washington, la norma más directamente vinculada a la biodiversidad establece que “los límites de los parques nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos sino por acción de autoridad legislativa competente” disposición que entra en claro conflicto con la normativa nacional que indica que “las unidades de manejo serán creadas, alteradas o reclasificadas mediante sendos decretos supremos expendidos por intermedio de los ministerios que señala” agregando que “la pérdida de su condición de tal quedará sujeta a igual procedimiento administrativo. Aunque, si bien es cierto que esta ley no entra en vigencia aún, queda la incertidumbre de que cobre tal aplicación una vez que se defina la suerte de la nueva CONAF. La otra disposición conflictiva, dispone que “las riquezas existentes en parques nacionales no se explotarán con fines comerciales así como sus disposiciones en el sentido que monumentos naturales deben ser considerados “inviolables”, con las excepciones establecidas en beneficio de las “investigaciones científicas” debidamente autorizadas o para efectuar

inspecciones gubernamentales. Según Hermosilla (2004) el punto crítico radica en que la legislación nacional, para compatibilizar sus normas con los compromisos internacionales asumidos por el país, debiera prohibir la realización de actividades mineras en los parques nacionales o dictar una ley especial para cada caso y con respecto a los monumentos naturales, protegerlos efectivamente asegurando su inviolabilidad.

Convención de Ramsar

El estado de los humedales en la región de Antofagasta es crítica en los oasis, así como en la zona desértica de altura (Comité Nacional de Humedales de Chile, 1998). Los factores tensionantes son las descargas de aguas residuales (domésticas e industriales) sin tratamiento; la falta de una adecuada planificación y ordenamiento territorial, y uso de aguas sin criterios de sustentabilidad ecológica. Algunas normas han significado un relativo avance en resguardo de estos ecosistemas, tales como las disposiciones de protección de vegas y bofedales de las zonas altiplánicas, como también las recientes normas regulatorias de descargas de residuos líquidos industriales a sistemas de alcantarillado y la que se refiere a los cuerpos de aguas superficiales. Sin embargo, el cumplimiento de la Convención no es adecuada (véase Muñoz-Pedreros 2004) ya que el peso del sistema que privilegia el ejercicio del derecho de dominio sobre las aguas y en beneficio de la actividad minera, por sobre consideraciones de protección a estos ecosistemas (Hermosilla 2004). Así, por ejemplo, las principales fuentes de aguas superficiales y subterráneas han sido entregadas en la Región de Antofagasta conforme a los procedimientos legales vigentes, no respetándose varias recomendaciones de la Convención, como los caudales ecológicos. La utilización de esta agua, principalmente por las demandas del sector minero y del crecimiento urbano, ha producido cambios en los ecosistemas. Así el uso de esta Convención no es alta por la inexistencia de una política nacional operativa, normativa nacional específica en Chile que regule con un enfoque integral los humedales, como asimismo, por falta de un solo organismo estatal que se encargue de su manejo y protección (Montenegro et al. 2001).

En la región de Antofagasta existen dos sitios Ramsar, el Sistema Hidrológico Soncor y el salar de Tara, ambos pertenecen a la Reserva Nacional Los Flamencos, sin embargo no son parte de una extensión territorial continua.

Convención de Biodiversidad

En una de sus partes la Convención dispone: "la Conferencia de las Partes examinará sobre la base de estudios que se llevarán a cabo, la cuestión de la responsabilidad y reparación, incluso el reestablecimiento y la indemnización por daños causados a la diversidad biológica, salvo que esa responsabilidad sea una cuestión puramente interna". Existe falta de claridad sobre la materia y el ámbito de los estudios a los que alude el artículo 14 y que estima que éstos deben referirse sólo a materias como la biotecnología o los impactos ambientales que produce la lluvia ácida (UNEP/CBD, 2001). Es decir, busca restringir el ámbito de aplicación de un sistema de responsabilidad en esta materia como posición que no necesariamente se condice con la que tradicionalmente sostienen los países en desarrollo. También resulta patente comprobar la ausencia, dentro de nuestro Derecho Interno, de normativas que recojan el Principio de la precaución. La idea central del principio de precaución es que tanto los intereses privados como

los públicos debieran actuar de manera de prevenir el daño ambiental antes que este ocurra; en contraste con las políticas de mitigación y remediación que adoptan una aproximación reactiva.

Aplicabilidad de normas legales generales

- DFL Nº 458 (V. y U.) 18/12/75. Ley General de Urbanismo y Construcciones (Con su modificaciones y rectificaciones desde el D.O. 17/09/88 al D.O. 29/09/07).

  Plan Regulador de Calama (PRC). Uno de los objetivos prioritarios del PRC es la protección del oasis, para ello la normativa de este sector incluye una serie de restricciones que permitirán mantener esta área como un núcleo rural al interior del casco urbano y las áreas aledañas al oasis, han sido normadas como área de transición, es decir, como zonas de áreas verdes, zonas de muy baja densidad, zonas de equipamiento y áreas verdes. De acuerdo a esto, el objetivo prioritario es no permitir una alta densidad ni la instalación industrial en los sectores colindantes con el oasis. Para la protección del río Loa, como primera medida, se puede señalar la creación de una zona de restricción denominada ZR-2, correspondiente a una Franja de Protección del río de unos 50 metros de ancho para cada lado de la ribera de este. Además se dispuso la distribución de otras zonas entorno al Oasis, tendientes a proteger y salvaguardar el equilibrio de éste. Esto se detalla a continuación por sectores.

  - *Sector Sur del Oasis*. Para la protección del área correspondiente al Oasis de Calama, se ha dispuesto que las zonas aledañas a este, correspondan a áreas que estén destinadas a la conservación y protección del Oasis. Es por esto, que las zonas ubicadas en el área sur del Oasis corresponden principalmente a áreas de restricción como de Equipamiento Exclusivo ZE- 7, además zonas de equipamiento turístico ZE-6. Debido a las características de estas zonas y a las actividades que ahí se generarán, no producirán problemas para la preservación de la zona del Oasis. También en el área sur del Oasis, existen zonas aledañas urbanas ya consolidadas, denominadas ZU. Para que estas zonas no afecten la preservación el Oasis, se dispuso que su denominación principal corresponda a zonas residenciales de densidad baja (ZU- 4).
  - *Sector Este del Oasis*. Con respecto al área Este del Oasis, se encuentra destinada principalmente a zonas de Expansión. Siguiendo con el objetivo de preservación del Oasis se dispuso que estas zonas correspondan a áreas de Expansión Residencial Baja de Densidad Arborizada, evitando así un impacto significativo sobre el Oasis. También se puede encontrar una Franja de Protección de Uso Recreativo Municipal ZR-8, en donde su uso de suelo destinado al espacio público no alterará la zona de Oasis.
  - *Sector Norte del Oasis.* En las áreas ubicadas en el sector Norte del Oasis, se pueden encontrar áreas destinadas a la protección de la Quebrada ZR-7 y de Expansión de Equipamiento Turístico. Siendo la primera de vital importancia, ya que separa a la Zona de Oasis de las zonas industriales, evitando así el impacto que estas últimas pudiesen generar sobre el Oasis.

- *Sector Oeste del Oasis.* En este sector se observa principalmente, zonas aledañas urbanas ya consolidadas, por lo que, para la preservación de Oasis, se dispuso que estas fueran de destino Residencial Bajo, lo cual minimiza el impacto que pudiesen generar las características de estas zonas y las actividades que ahí se desarrollan, sobre el Oasis. También se observa zonas destinadas a la Expansión Residencial de Baja Densidad ZE-4, manteniendo de esta forma el criterio de bajas densidades entrono al Oasis. Cabe destacar finalmente que esta Zona correspondiente al Oasis denominada ZR-1A y ZR-1B, será un área que preservará sus características, siendo considerada como un área que permanecerá sin ser intervenida.

El Oasis Rural (ZR1B) tiene un uso exclusivo silvoagropecuario permitiéndose complementariamente los siguientes usos: áreas verdes a escala vecinal tales como equipamiento deportivo al aire libre, esparcimiento y turismo escala a comunal y vecinal; culto a escala vecinal, servicio artesanales tales como: pequeña agroindustria inofensiva, educación superior universitaria, no más de 1 vivienda. Sus usos prohibidos son uso industrial de todo tipo, edificios de oficinas, cines, bodegas no silvoagropecuaria, todos los no mencionados como usos permitidos. Más aplicaciones del PRC véanse más adelante.

Aplicabilidad de la normativa referente a los humedales y recursos hídricos

Utilizando como base las normas ya señaladas en los puntos anteriores, se puede describir la situación actual del recurso agua desde el punto de vista de la aplicación de la legislación ambiental; al tiempo que se construye su expresión cartográfica.

Áreas de protección

Acuíferos Protegidos que alimentan vegas y bofedales de la I y II Región

Las áreas de protección son sectores protegidos por ley, estas están asociadas a ciertas áreas que son de importancia para la flora y fauna o bien para el consumo humano o animal de localidades indígenas. Dentro de ellas se pueden distinguir: Acuíferos Protegidos de la I y II Región.

La relación de la Dirección General de Aguas con el tema indígena comienza en concreto en el año 1992, cuando a la luz de las políticas de Gobierno impulsadas por el Presidente Aylwin, se modificaron los artículos 58 y 63 del Código de Aguas en el sentido de prohibir la exploración y explotación de aguas subterráneas en los acuíferos alimentadores de las vegas y bofedales de las ex I y II regiones, que son el sustento de las actividades agroganaderas y de sobrevivencia de las comunidades andinas, como una medida de protección de estos ecosistemas únicos y del manejo y uso ancestral que las comunidades habían hecho de ellos. A partir del año 1993 la DGA comenzó a realizar estudios para identificar y ubicar áreas de vegas y bofedales y delimitar sus acuíferos alimentadores. Es así entonces que en 1996 se dictó la Resolución DGA N° 909 que prohibió la exploración y explotación de las aguas subterráneas antes mencionadas. En la Región Antofagasta se protegieron 167 humedales con una superficie asociada de 2.798 km^2, equivalentes al 2.22% de la superficie total de la Región. En el 2006 mediante Resolución DGA Nº 87 se modificó la delimitación de estos acuíferos para la II Región, quedando protegidos 228 humedales y una superficie de 5.149 km2 equivalentes al 4.07% de la superficie

total regional. Puede apreciarse que asociado al Oasis de Calama, se encuentra una extensa superficie de los acuíferos protegidos.

Aunque esta medidas aparentemente protegen las aguas subterráneas, la interpretación que hizo la Contraloría General de la República (véase Muñoz 2003) de la norma ha establecido que la disponibilidad de las aguas subterráneas se comprueba sólo a través de las correspondientes pruebas de bombeo y que la autoridad no está facultada para denegar un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas cuando no existe disponibilidad de agua a nivel de fuente (a nivel de acuífero). Dicha interpretación establece en síntesis, que la Administración no tiene la facultad de denegar un derecho de aprovechamiento de agua subterránea por falta de disponibilidad de agua en el acuífero y que la protección de terceros y del acuífero, está dada sólo por el área de protección de los pozos (art. 61 del Código de Aguas), por la declaración de áreas de restricción (art. 65, 66 y 67 del Código de Aguas), por la declaración de Zonas de Prohibición(art. 63 del Código de Aguas), y por el establecimiento de Reducción Temporal del ejercicio de los derechos (art. 62 del Código de Aguas). Además señalan que dichas declaraciones tienen efecto sólo sobre los derechos que se soliciten después de su dictación, es decir no es de aplicación retroactiva desde el momento en que se produce el efecto nocivo que permitiría hacer dichas declaraciones.

En la práctica, hoy día, la Autoridad está imposibilitada de adoptar alguna medida que tienda a la protección general de los derechos otorgados y del acuífero, salvo que exista una petición expresa en ese sentido por parte de los usuarios. Este hecho obliga a una adecuación de la normativa vigente que permita reflejar la situación existente en los acuíferos del país, de acuerdo con los resultados de las evaluaciones técnicas existentes.

Política Nacional de Humedales (PNRH)

La propuesta para una Política Nacional de Recursos Hídricos fue elaborada por la Dirección General de Aguas, recogiendo los resultados de numerosos estudios y la experiencia del Servicio adquirida a lo largo de 30 años y sometida a un amplio debate. En ella se identifican los principales desafíos a enfrentar en el futuro próximo, los que se identifican con la demanda, los temas ambientales y la variabilidad climática. En el ámbito ambiental la gestión de los recursos hídricos se centran en los requerimientos hídrico para fines ambientales, para la protección de los ecosistemas y de los valores paisajísticos y turísticos asociados; y la contaminación de las aguas.

Los principales objetivos de la PNRH son: Asegurar la disponibilidad de agua para el abastecimiento de las necesidades básicas de la población y mejorar la eficiencia de uso; localizar los recursos hídricos en aquellas demandas que presentan el mayor beneficio económico, social y medio ambiental para el país; maximizar el aporte de los recursos hídricos al crecimiento del país, a través del desarrollo de las fuentes no utilizadas y del reuso; disminuir el impacto de la variabilidad hidrológica en la actividad del país; recuperar el pasivo ambiental existente y; minimizar los niveles de conflicto relacionados con el agua En materia ambiental los principales problemas de contaminación que es necesario resolver se refieren a la contaminación por aguas servidas domésticas, la proveniente de efluentes mineros y residuos industriales líquidos (riles) y la contaminación agrícola y difusa de aguas subterráneas. Las líneas de acción que se propone implementar están referidas a 1) Naturaleza jurídica de los derechos de aprovechamiento y acondicionamiento del marco legal. ii) Estructura institucional, gestión integrada y planificación. iii) Medio ambiente y contaminación. iv) Aprovechamiento de

los recursos hídricos. v) Administración del agua y organizaciones de usuarios. vi) Evaluación y conocimiento de los recursos hídricos y sistemas de información. vii) Formación técnica y educación al público.

Ley General de Pesca y Acuicultura

Específicamente aplica el DS Nº145/86 que establece veda de extracción del camarón de río (hembras ovíparas) *Cryphiops caementarius* entre el 1 de diciembre y el 30 de abril y fija su talla mínima de captura de 30 mm (medido desde órbita derecha hasta el extremo posterior del cefalotórax).

Protección de vegas y bofedales

La Ley Nº19.300, de Bases del Medio Ambiente, de 1994, a través del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, contempla cuatro artículos relativos a las vegas y bofedales, y humedales en general.

- Artículo 3.- Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes: a) Presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas. Se entenderá que estos proyectos o actividades son significativos cuando se trate de: a.2. Drenaje o desecación de vegas y bofedales ubicados en las Regiones I y II, cualquiera sea su superficie.
- Artículo 6.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire. A objeto de evaluar los efectos adversos significativos a que se refiere el inciso anterior, se considerará: n) el volumen, caudal y/o superficie, según corresponda, de recursos hídricos a intervenir y/o explotar en: n.1. vegas y/o bofedales ubicados en las Regiones I y II, que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas;
- Artículo 77.- En el permiso para efectuar exploraciones de aguas subterráneas en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales, en las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, a que se refiere el inciso tercero del artículo 58 del D.F.L. 1.122/81, Código de Aguas, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para la preservación del bofedal o vega, en consideración a: sus características, su régimen de alimentación, el caudal máximo de agua que se pretende alumbrar, los aprovechamientos existentes de las aguas superficiales y subterráneas que se encuentran en la zona que se va a explorar y la ubicación de los terrenos donde se realizarán los trabajos y la extensión que se desea explorar.
- Artículo 78.- En el permiso para realizar nuevas explotaciones o mayores extracciones de aguas subterráneas que las autorizadas, en zonas de prohibición, a que se refiere el artículo 63 del D.F.L. 1.122/81, Código de Aguas, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el

caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para la preservación de acuíferos que alimenten vegas y bofedales en las regiones indicadas, de acuerdo a: las características del acuífero, surégimen de alimentación, el caudal máximo de agua que se pretende explotar y los efectos sobre la recarga artificial del acuífero.

Derechos de agua

En el año 1997 se firmó entre CONADI y la DGA el convenio a que se refería el artículo 3° T de la Ley 19.253, para la protección, constitución y restablecimiento de los derechos de agua de propiedad ancestral de las comunidades aymara y atacameñas.

A partir del año 1998 la Dirección General de Aguas comenzó a trabajar fuertemente el concepto del Manejo Integrado de los Recursos Hídricos a nivel de cuencas hidrográficas para, en 1999, formular la Política Nacional de Recursos Hídricos. Uno de los pilares fundamentales del proceso de gestión sustentable del agua, es el que se realice sobre la base de la participación de todos los usuarios a través de diálogo y colaboración instaladas en la base de la sociedad, esto es, la gestión del agua con la gente y cerca de la gente. Es por lo anterior que la DGA comenzó a trabajar con las comunidades indígenas de manera integrada y coordinada a nivel nacional, como un sector usuario del recurso hídrico que necesita mayor apoyo a fin de integrar adecuadamente este proceso de manejo de cuencas. Dentro de esta línea de trabajo establecida durante el año 2002 se desarrollaron proyectos y actividades de coordinación. Uno de los proyectos fue el desarrollo de Talleres Participativos con las comunidades indígenas aymara, atacameñas y mapuche. A finales del año 2002 se estableció una mesa permanente de trabajo entre la DGA Región de Tarapacá y CONADI Oficina Norte. Igualmente, en enero de este año se conformó la mesa de trabajo CONADI - Bienes Nacionales - DGA en esa misma Región. Las mesas de trabajo CONADI - DGA y CONADI - DGA - Bienes Nacionales en la Región de Antofagasta, vienen funcionando exitosamente desde el año 2001.

Plan Regulador Comunal de Calama (PRC)

- *Canales de riego*. Se conservarán todos los canales de riego, los cuales constituyen servidumbre, en cuanto a su dirección y sentido, sus secciones podrán ser ampliadas y en caso de ser necesarias obras de impermeabilización, entubamiento subterráneo o desvío, estas propuestas deberán ser visadas por la Dirección de Obras Hidráulicas. En todo caso la utilización y delimitación de estos terrenos se encuentran sujeta a lo dispuesto en el D.F.L. Nº1.122 de 1981, del Ministerio de Justicia, sobre código de Aguas.
- *Franja de Protección de Riberas del Río Loa.* Se considera en la zona ZR-2. Estas se extienden a ambos lados del eje del Río Loa, con un ancho mínimo variable de 50 metros, dejando 25 metros como medida de protección en la terraza superior del cajón del Río Loa, tomados desde el vértice o límite hasta cualquier tipo de intervención arquitectónica, según lo señalado en el Plano PRC.
- *Protección de Quebradas*. En la zona ZR-4. Corresponden a diversos brazos de la Quebrada Quetena, al nor-poniente de la ciudad. Debido a los riesgos de escurrimientos violentos de aguas en época de lluvias torrenciales (invierno boliviano), se prohíbe cualquier tipo de construcción sobre ellas. Esta zona podrá ser usada para fines agrícolas o forestales o canchas deportivas. En la ZR- 7 se declara un franja de protección de

quebradas que corresponde a una franja de 50 metros de ancho, ubicada en el borde norte de la quebrada de Yalquincha. Esta franja ha sido proyectada para la protección del lecho o cauce del Río Loa de cualquier agente contaminante que pudiera emanar del barrio industrial designado como ZU-6. Se podrá autorizar en esta franja vialidad de servicio, solamente para vehículos que no transporten sustancias contaminantes ni peligrosas, como también se podrán autorizar proyectos de inversión fiscal relativos a miradores, plazas, áreas verdes, etc.

Aplicabilidad de la normativa referente a la flora y vegetación

Respecto de las especies vegetales, existen varias normas que se refieren desde reglamentar su explotación hasta asegurar la conservación de algunas de ellas.

Ley de bases del Medio Ambiente (Ley Nº19.300, D.O. 09/03/94)

Indica que los organismos competentes del Estado "confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas" (Artículo 38º).

- D.S. Nº 259 (D.O. 30/01/80). Reglamento técnico del D.L. 701, de 1974. Trata las normas que rigen para elaborar planes de manejo orientados al bosque nativo. Para los efectos de reforestar plantea la posibilidad de su aplicación a especies nativas como *Prosopis* sp.
- D.S. Nº 192 (D.O. 03/11/98). Reglamento para el pago de las bonificaciones forestales. Para efectos de los alcances de esta norma es factible su aplicación a especies nativas como *Prosopis* sp. Lo que constituiría un incentivo para su aplicación en el Oasis de Calama.
- D.S. Nº 1.341 (D.O. 16/12/98). Reglamento que establece normas contables aplicables a los contribuyentes que realizan actividades forestales de conformidad al D.L. 701. Igualmente es factible su aplicación en actividades forestales que incluyan las especies nativas mencionadas.
- D.S. Nº 4.363 (D.O. 31/07/31). Ley de bosques. Entre los elementos más destacables de esta ley, se encuentran los artículos 5º, 10º, 17º y 19º, según los cuales no se pueden cortar árboles o arbustos nativos en determinados casos, donde se protege la relación agua-suelo-vegetación; el Presidente de la República puede establecer "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", dos figuras cuyos objetivos centrales serían "regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje" (Artículo 10º); se prohíbe el roce a fuego como método de explotación en los terrenos forestales; y, por último, "se autoriza al Presidente de la República para reglamentar la explotación de las cortezas que contengan sustancias tánicas, saponinas y la recolección de los frutos de árboles y arbustos nativos" (Artículo 19º).
- D.S N° 366 (17 de Febrero de 1944) del Ministerio de Tierras y Colonización. Explotación de tamarugo, algarrobo, chañar, guayacán, olivillo, carbón o carbonillo, espino, boldo, maiten, litre, bollen y quillay. Art. 1°.- Se considerarán como forestales para los efectos de la explotación de

maderas, leñas y carbones, los terrenos de secano no susceptibles de aprovechamiento agrícola inmediato que se encuentren ubicados entre el límite norte de la provincia de Tarapacá y el río Maipo. Art. 2°.- En la región indicada queda prohibida indefinidamente: a) La descepadura de las siguientes especies: "Tamarugo, algarrobo, chañar, guayacán, olivillo, carbón o carbonillo, espino, boldo, maitén, litre y bollén". La corta o explotaciones de estos árboles y arbustos sólo será permitida durante los meses de Abril, Mayo, Junio y Julio de cada año en toda el área de distribución de estas especies en la República. b) La libre explotación de tamarugos, algarrobos y chañares, siendo menester un permiso escrito del Intendente o Gobernador respectivo para poder hacerlo en las épocas señaladas en el inciso anterior. Este permiso deberá solicitarse por escrito a la autoridad referida, indicándose si el solicitante es dueño o arrendatario del predio, la densidad del bosque, ubicación y número de árboles que va a explotarse, producto que se tendrá de ellos y demás datos necesarios para la resolución de esta solicitud. Se acompañará a dicha solicitud un plano o croquis del terreno en que se va a efectuar la explotación, relacionando su ubicación con el pueblo o estación más cercana. c) La explotación de tamarugos, algarrobos y chañares que vegetan en terrenos fiscales.

Plan Regulador Comunal de Calama

- *ZR-5 Forestación.* Corresponde a una franja de 50 metros de ancho ubicada al poniente de la ciudad, entre los vértices 9 y 10 del límite urbano y entre Barrio Industrial camino a Chiu-Chiu y la ciudad. Tendrá usos de forestación destinada a evitar la contaminación de material particulado provocada por el viento del sur-poniente y diseminar los olores que generará la planta de tratamiento de aguas servidas. Se mantendrá la división predial existente permitiéndose la casa del propietario, la del cuidador y actividades deportivas.

Aplicabilidad de la normativa referente a la fauna silvestre

Ley de bases del Medio Ambiente (Ley Nº19.300, D.O. 09/03/94)

Indica que los organismos competentes del Estado "confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas" (Artículo 38º).

Ley N° 19.473. Ley de Caza

Aplicada a todos las especies protegidas, aquellas para las cuales se han dictado normas de conservación (prohibición de caza y definición de vedas o cuotas, entre otros), es decir aquellas especies contenidas en los artículos 4° y 5° del Reglamento de la Ley de Caza.

Aplicabilidad de la normativa referente al paisaje

Plan Regulador Comunal de Calama

- *Arborización.* Se deberá conservar toda la arborización existente en los predios, en los casos que sea de eminente necesidad la eliminación de un árbol, se deberá tener la autorización previa de la IMC, en todo caso cada árbol deberá ser reemplazado por cinco nuevos árboles.
- *Proyectos paisajísticos*. En los usos no agrícolas se deberá presentar un proyecto Paisajístico adjunto a los expedientes de Edificación, visados previamente por la IMC. Este proyecto consiste en un plano de planta general el cual contendrá el emplazamiento de la edificación y definición de las especies a plantar o sembrar, las obras complementarias, croquis de ubicación y una viñeta que contendrá el tiempo de ejecución de las obras paisajísticas, nombre y Rut del propietario. Además se exigirá una declaración jurada simple que asegure el compromiso de realizar las obras de paisajismo y arborización**.** Arborización mínima para los usos no agrícolas: 1 árbol cada 50 M^2 de terreno.
- *Arquitectura.* Se obligará a edificar con una arquitectura concordante con el entorno de oasis y desierto, tomando en cuenta las variables ambientales y climáticas de la zona. Los criterios generales para esta arquitectura son: “Preponderancia de la Masa Sólida de los Muros”, el Cobijo para el Habitante frente a las variables climáticas” y “la Frescura interior y elementos que otorguen sombra en los exteriores”. Para una orientación sobre estos aspectos, se podrá consultar el libro tipologías Arquitectónicas para Calama.
- *Protección de zonas de conservación histórica*. En la zona ZR-6. Se declara con este carácter el sector del Monumento Topater y el “Cementerio de restos indígenas” ubicado al oriente de la ciudad. Las construcciones que se desee realizar sobre estos terrenos requieren, de conformidad a lo dispuesto en el artículo 60 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, un visto bueno previo de la SEREMI de Vivienda y Urbanismo y del Consejo de Monumentos Nacionales.
- *Cumplimiento*. El cumplimiento de las normas de conservación y paisajismo podrá ser fiscalizado por, el Servicio Agrícola Ganadero y la Ilustre Municipalidad de Calama, entidades que podrán establecer sanciones y multas por falta de cumplimiento de las presentes normas.

Resumen de aplicabilidad de normas legales en el Oasis de Calama

En la Tabla 7-29 se resume la aplicabilidad de las diferentes normas jurídicas a la conservación del Oasis de Calama. Sólo se consideraron aquellas regulaciones que tienen expresión a través de los sistemas relevantes anteriormente descritos.

TABLA 7-29. APLICABILIDAD DE LAS DIFERENTES NORMAS JURÍDICAS A LA CONSERVACIÓN DEL OBJETO DE CONSERVACIÓN EN ÁREA DE ESTUDIO. 2007.

NORMAS JURÍDICAS	DESCRIPCIÓN	SISTEMA INVOLUCRADO	APLICABILIDAD POTENCIAL
Ley Nº 19.300	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.	I, II, III, IV, V y VI	Alta
Ley Nº 19.473/96 Ley de Caza	Establece prohibición de caza y captura de todos los vertebrados nativos de Chile.	I, II, III, IV, V y VI	Alta
DL Nº 3.485 Convención de Ramsar DS Nº 971	Promover el uso racional de todos los humedales de su territorio	I y II	Baja
Ley Nº 11.402	Sobre las obras de defensa y regularización de las riberas y cauces de ríos, lagunas y esteros. Artíc.1. Estas obras pueden incluir la reforestación de las hoyas hidrográficas…	I	Medio
DFL Nº 458 Ley gral. de urbanismo y construcciones	Plan Regulador de Calama	Todo el Oasis de Calama contenido en el plan regulador	Alto
DFL Nº 725 Código sanitario Art. 73	Prohíbe descarga de aguas servidas y residuos industriales o mineros en cuerpos de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o balneario sin que antes sea depurado.	I	Alto
DS Nº 4.363 Ley de bosques Art. Nº 5	Prohíbe la corta o destrucción del arbolado situado a menos de 200 metros de radio de los manantiales que nazcan en terrenos planos no regados.	I, II y IV	Alta
DS Nº 4.363 Ley de bosques Art. Nº 19	Reglamenta la explotación de las cortezas que contengan sustancias tánicas, saponinas y la recolección de los frutos de árboles y arbustos nativos.	III y IV	Baja
DS Nº 4.363 Ley de bosques Art. Nº 10	Podrán establecerse "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", con fines de regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje"	I, II y IV	Alta
DS Nº 90/00 Norma de emisión	Regula la emisión de contaminantes asociados a descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales	I y II	Alta
DS Nº 46/02 Norma de emisión	Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas	I y II (incluye napas)	Alta
DS N° 185 de 1991	Reglamenta el funcionamiento de	II	Baja

	establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico.		
DFL Nº 1.122/81 (Código de Aguas)	Regula la exploración en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta. Protege los acuíferos que alimentan los humedales altoandinos (Art. 58 a 67) alimentan vegas y bofedales de la Región de Antofagasta prohibiendo mayores explotaciones que las autorizadas y nuevas explotaciones sino con autorización fundada de la DGA.	I	Alta
Ley Nº 18.378 /84. (de conservación en predios agrícolas)	Permite la creación de distritos de conservación de suelos, bosques y aguas. Permite la creación de áreas de protección turística.	I, II, III y IV	Alta
DL Nº 3.557/81(Ley de protección agrícola)	Fija medidas que deben adoptar los establecimientos industriales, fabriles, mineros y cualquier otra entidad que manipule productos susceptibles de contaminar la agricultura, tendientes a evitar o impedir la contaminación	III	Alta
DFL N° 235/99 Ministerio de Agricultura	Establece sistema de Incentivos para la recuperación de suelos degradados.	III	Alta
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. Artículo 15.- Las reservas forestales, Parques Nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse para finalidades de conservación y protección del medio ambiente. Artículo 16.- En los contratos de compraventa o concesiones de terrenos fiscales rústicos podrán imponerse al beneficiario obligaciones para la protección del medio ambiente. Artículo 21.- Podrán declararse Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines.	I, II, III y IV	Alta
DL Nº 19.821/02 Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº	Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente	I	Alta

18.902 en materia de residuos industriales.	para la protección de las aguas.		
DS Nº 30/97. DS Nº 95/01	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental identificando los proyectos y actividades que deben ser objeto de una declaración o estudio de impacto ambiental y señala los criterios que permiten definir esta situación.	I, II, III, IV, V y VI	Alta
DS Nº 193/80. (Reglamento General) D.S. Nº 259/80 (y técnico del D.L. 701) D.S. Nº 192/98. D.S. Nº 1.341/98.	Varios decretos en relación al DL 701 que establecen mecanismos de fomento a su implementación a través de pago de bonificaciones forestales e incentivos contables, los que podrían aplicarse a plantaciones/reforestaciones con especies nativas como tamarugo, chañar y algarrobo.	IV	Alta
DS N° 366/44	Prohíbe la explotación de tamarugo, algarrobo y chañar	IV	Alta
NCh Nº 1.333/87.	Regula la calidad del agua para diferentes usos, entre ellos la vida acuática, estableciendo concentraciones máximas permitidas.	I	Alta
DS N° 75/05	Reglamenta la Clasificación de Especies Silvestres	I, II, III, IV, V y VI	Alta
DS 46/02	Norma de emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas	I	Alta
DS Nº 609/98	Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.	I	Baja

3.5. Expresión cartográfica

La expresión cartográfica de las leyes se hizo representando en una carta cada una de las normas jurídicas seleccionadas sobre los sistemas relevantes que tiene injerencia en el objeto de conservación del área de estudio.

Cartografía temática

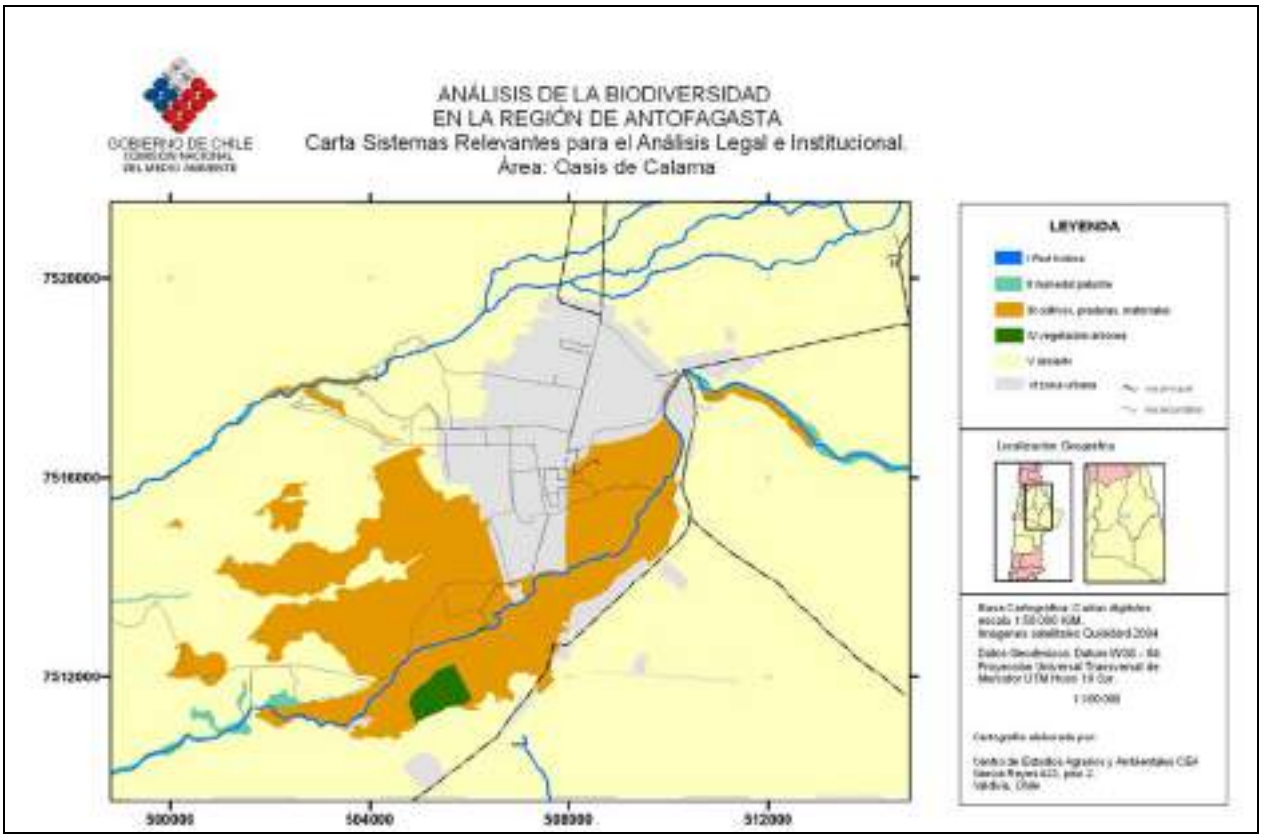


FIGURA 7-3. SISTEMAS RELEVANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

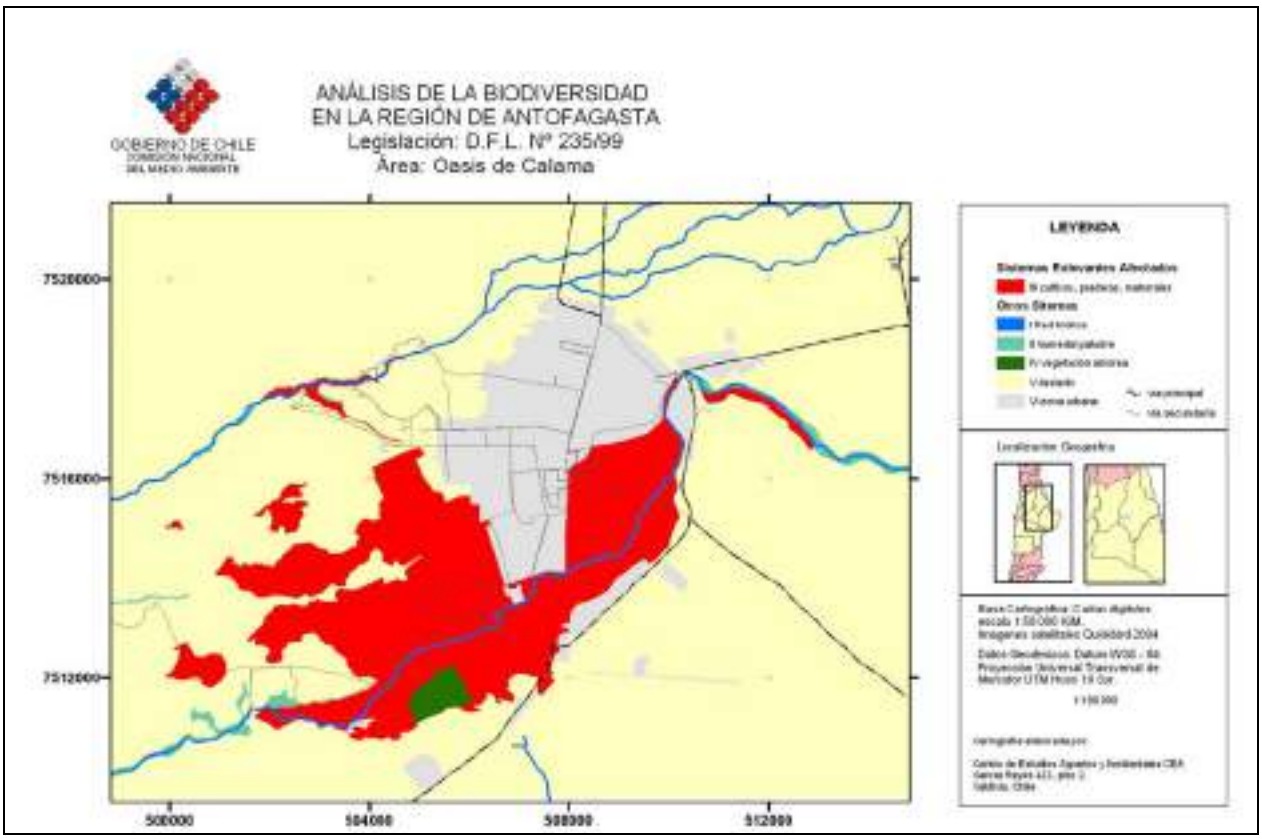


FIGURA 7-4. D. F. L. 235/99 DE INCENTIVOS PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

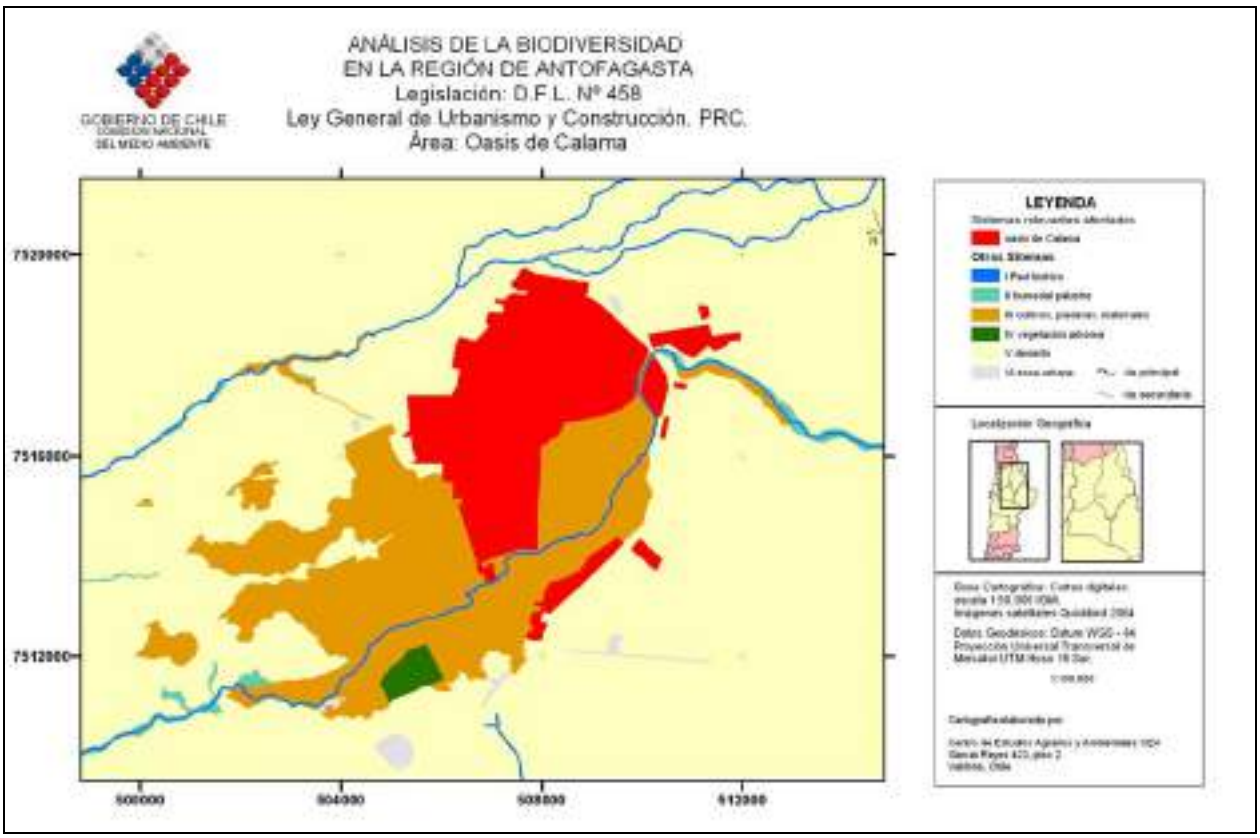


FIGURA 7-5. DFL Nº 458 LEY GRAL. DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

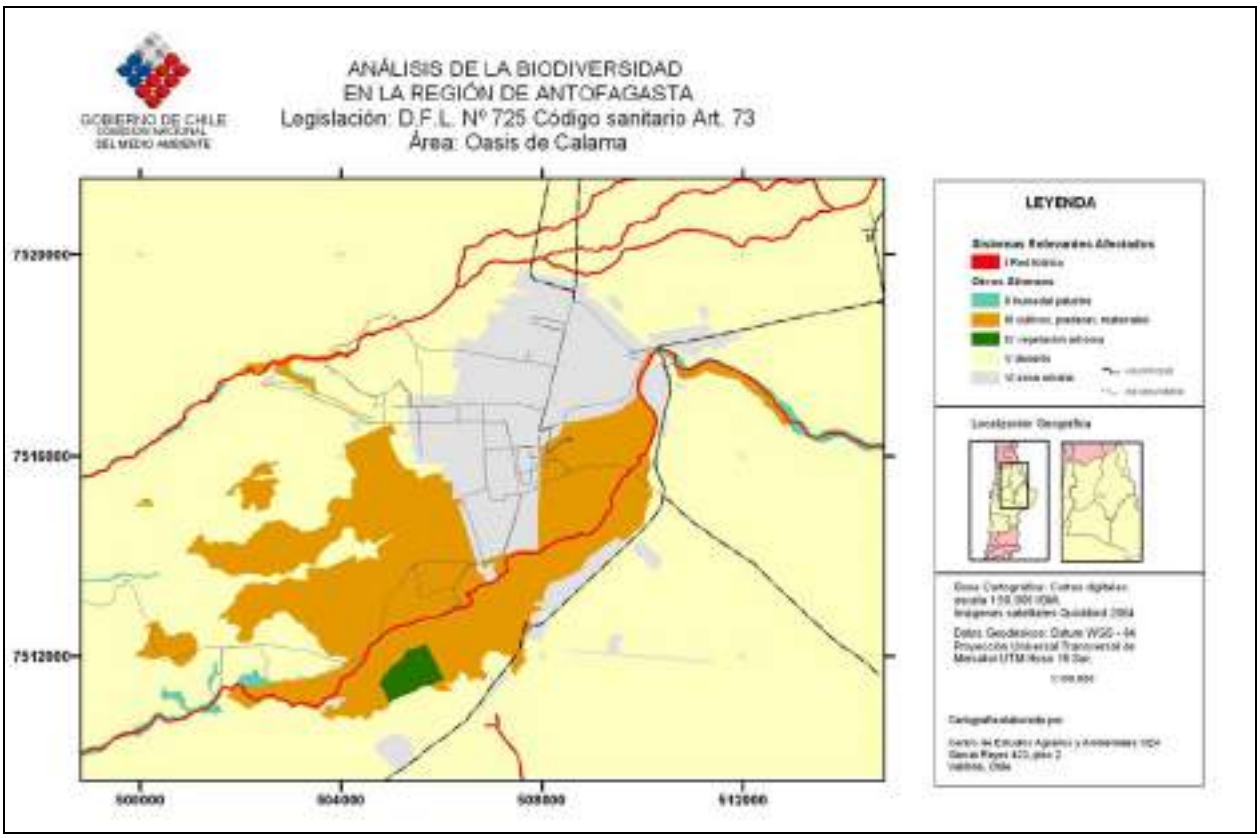


FIGURA 7-6. D.F.L. Nº 725 CÓDIGO SANITARIO ART. 73 EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

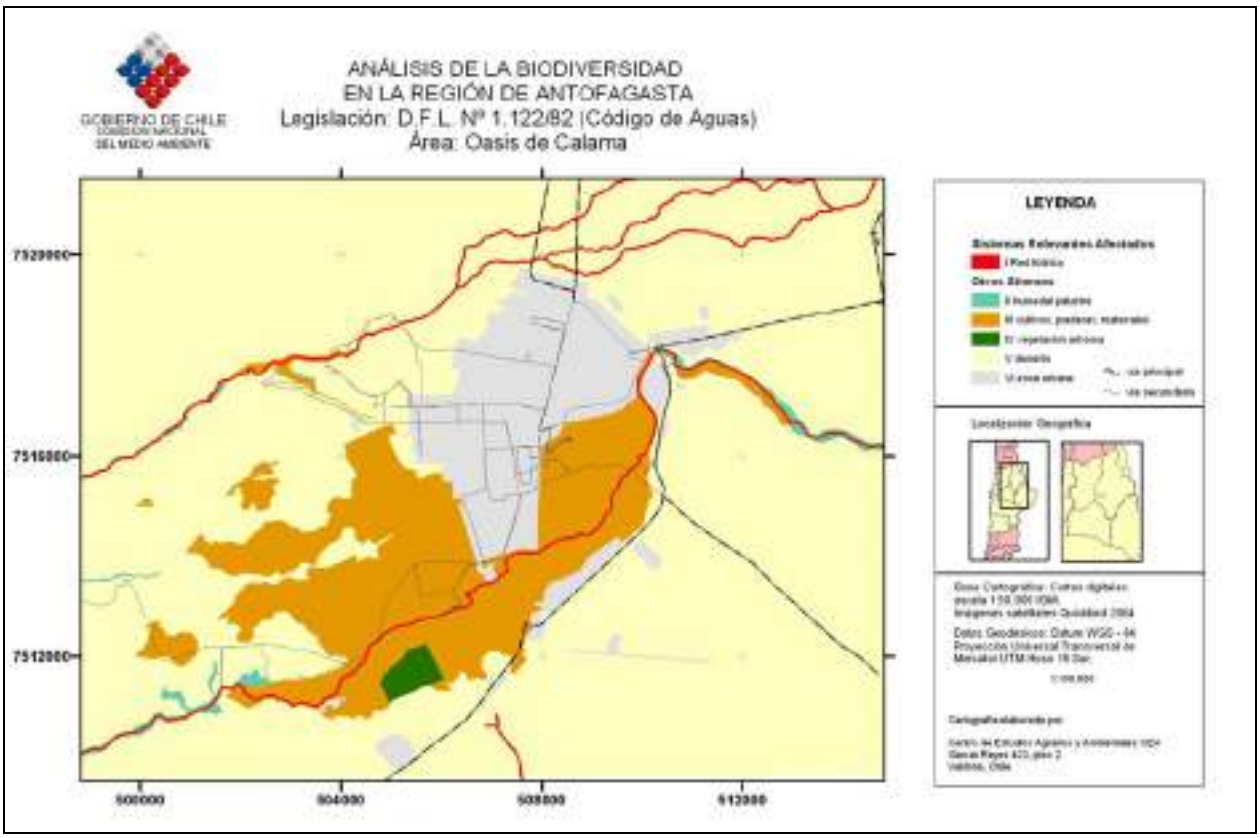


FIGURA 7-7. D.F.L Nº 1.122/81 (CÓDIGO DE AGUAS) EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

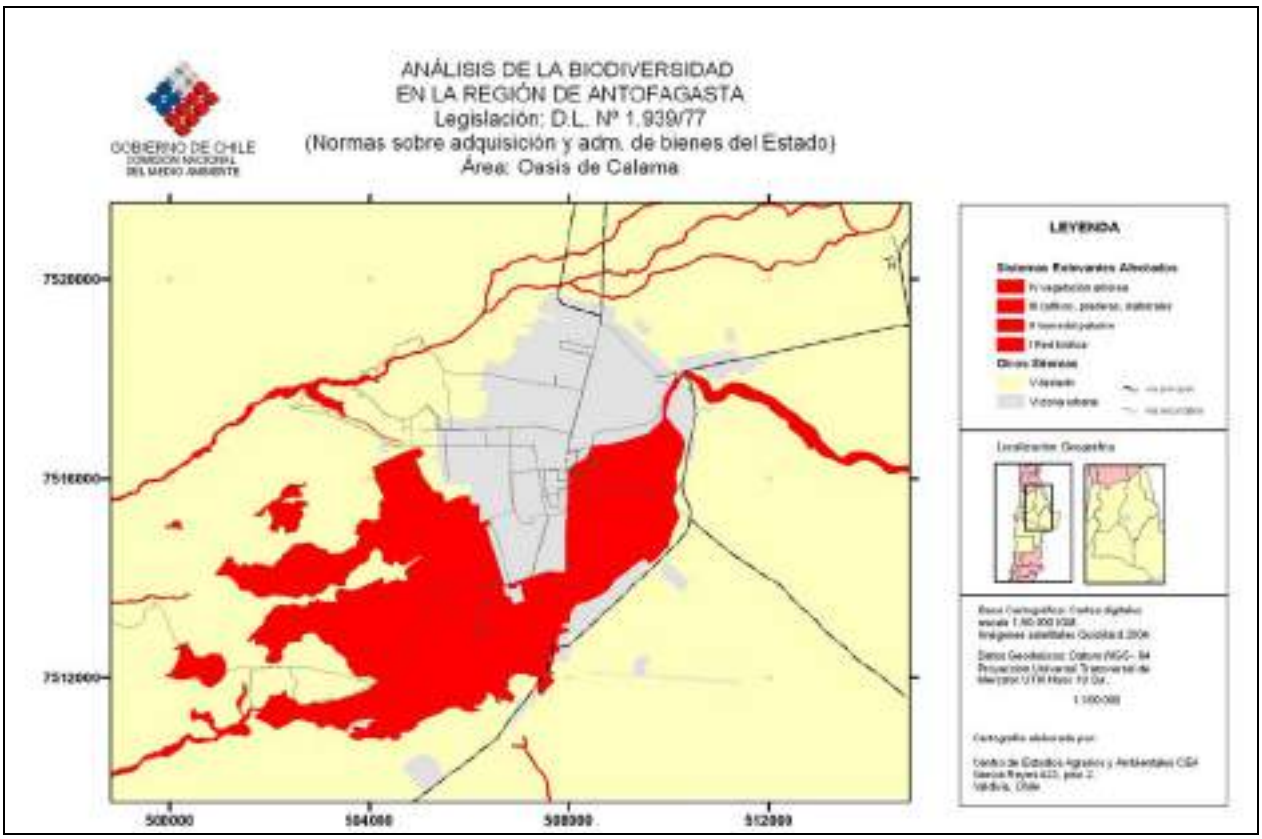


FIGURA 7-8. DL Nº 1.939/77 NORMAS SOBRE ADQUISICIÓN, ADMINISTRACIÓN DE BIENES DEL ESTADO EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

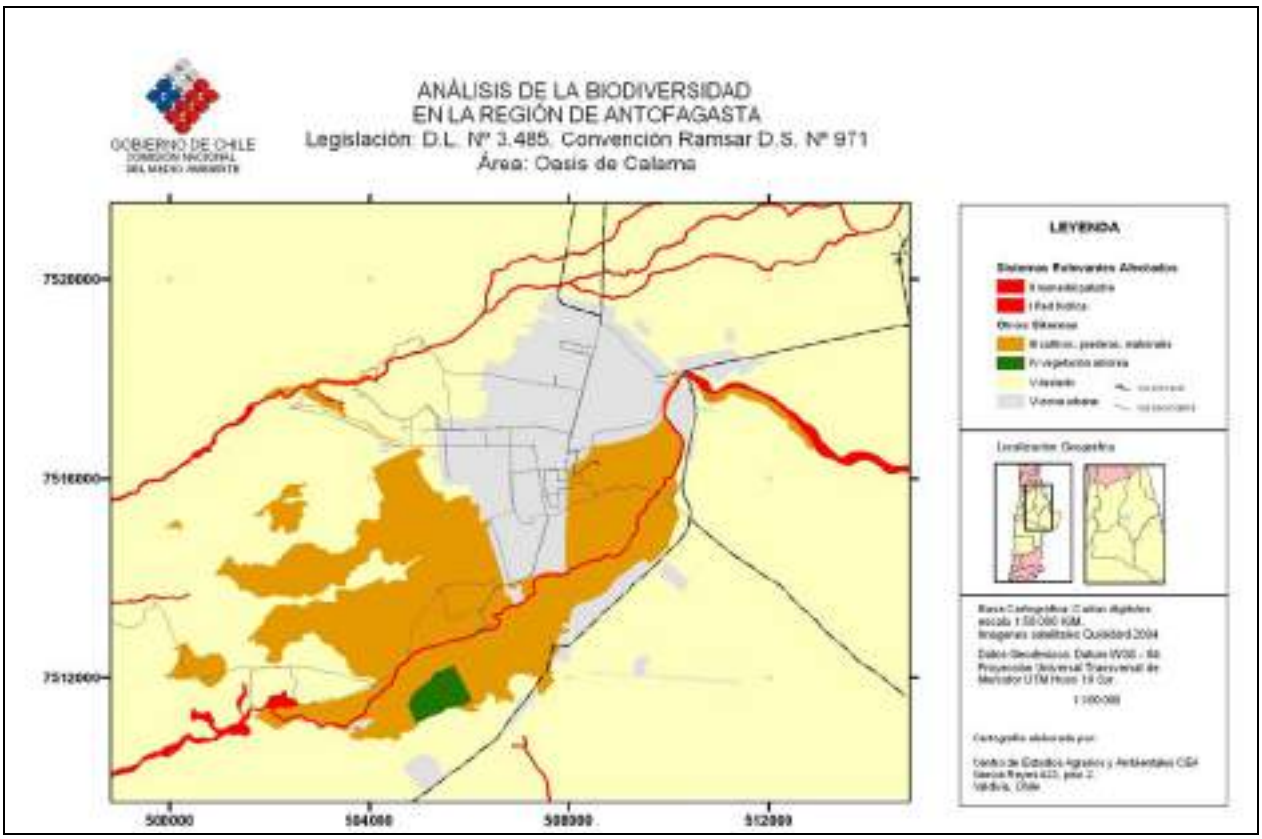


FIGURA 7-9. DL Nº 3.485 CONVENCIÓN DE RAMSAR EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

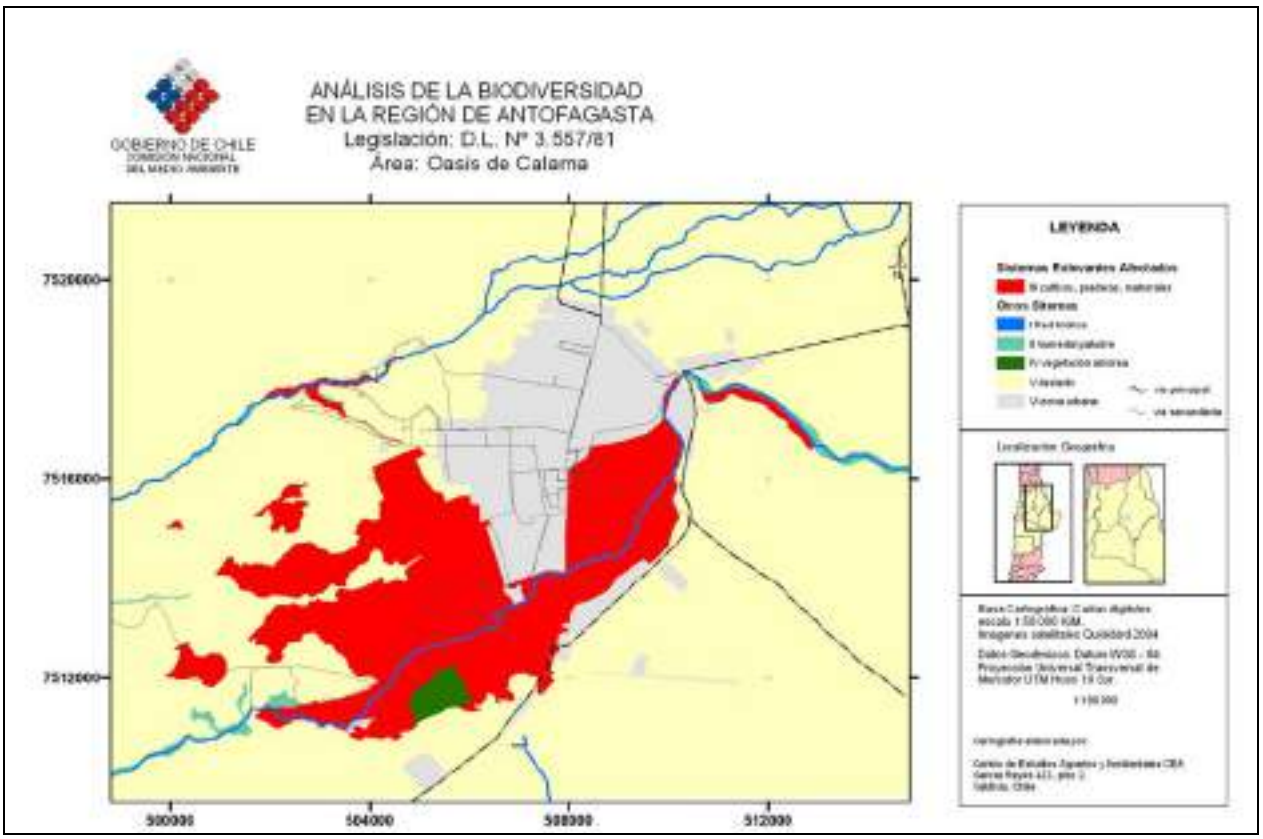


FIGURA 7-10. DL Nº 3.557/81(LEY DE PROTECCIÓN AGRÍCOLA) EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

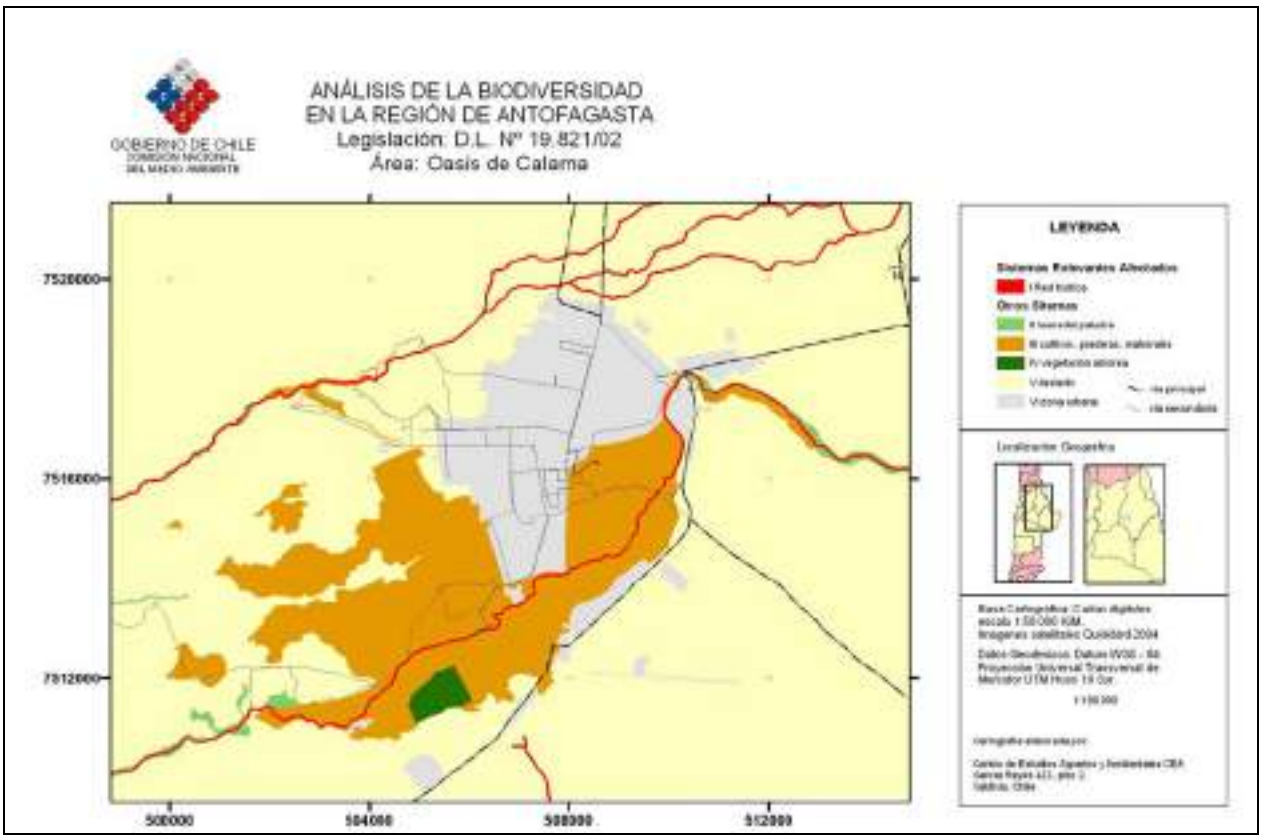


FIGURA 7-11. DL Nº 19.821/02 PROHÍBE LAS DESCARGAS DE AGUAS CONTAMINADAS AL MEDIO AMBIENTE Y PERFECCIONA EL MARCO REGULATORIO VIGENTE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

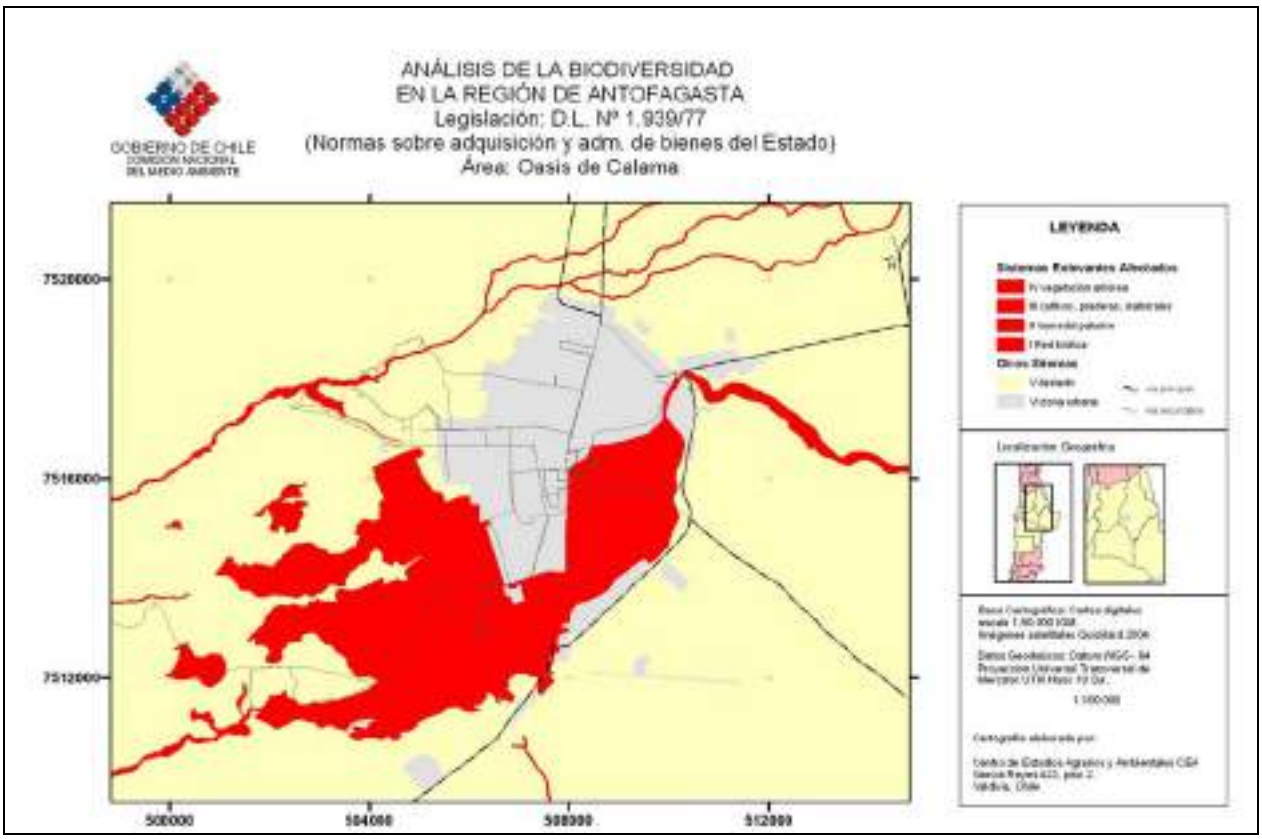


FIGURA 7-12. DL Nº 1.939/77 NORMAS SOBRE ADQUISICIÓN, ADMINISTRACIÓN DE BIENES DEL ESTADO EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

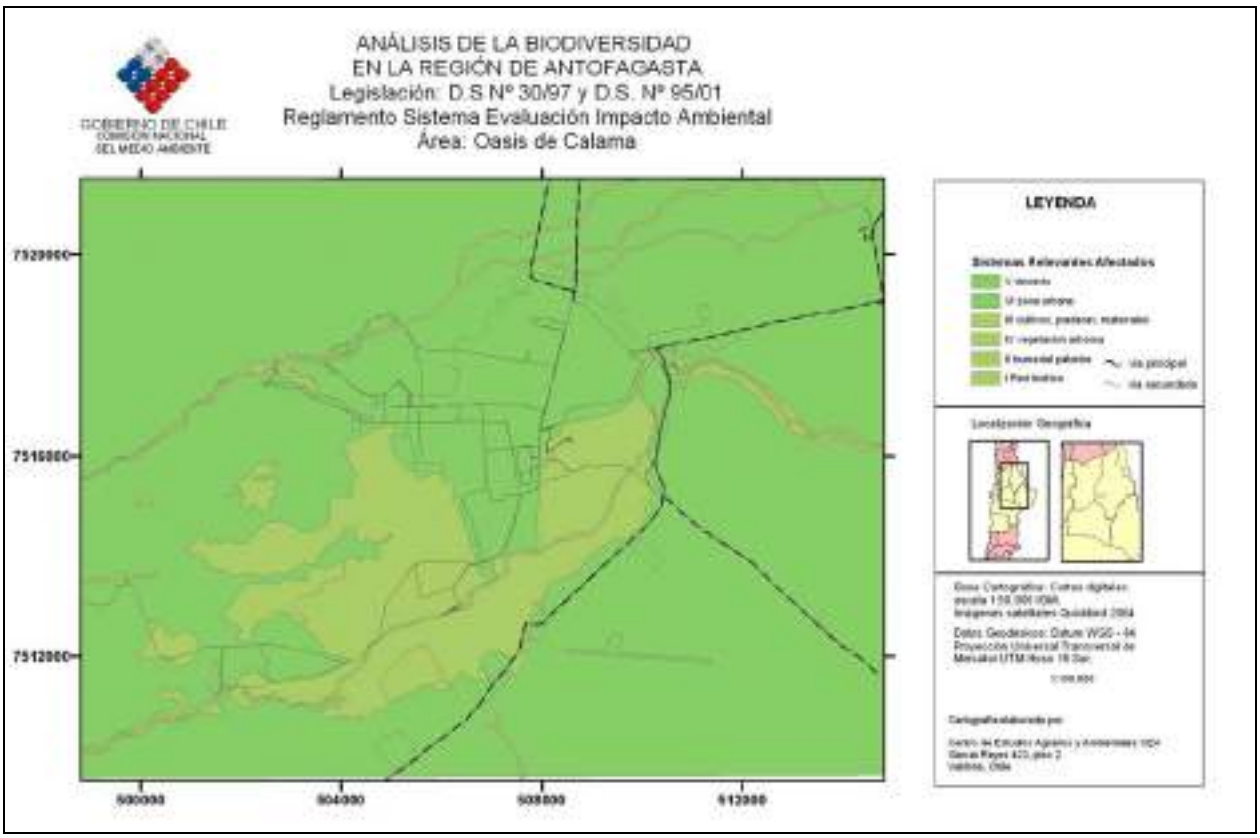


FIGURA 7-13. D.S. Nº 30/97 Y DS. Nº 95/01 REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

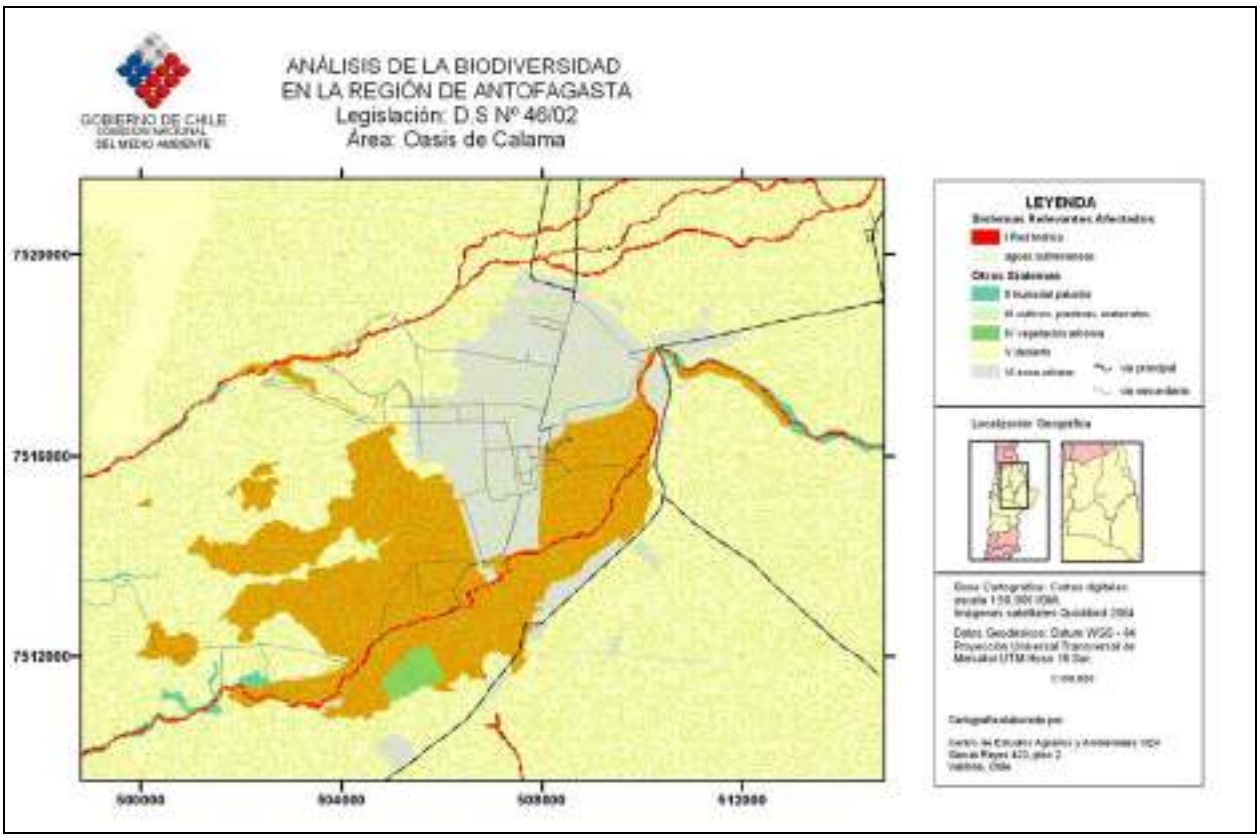


FIGURA 7-14. D.S. 46/02 NORMA DE EMISIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

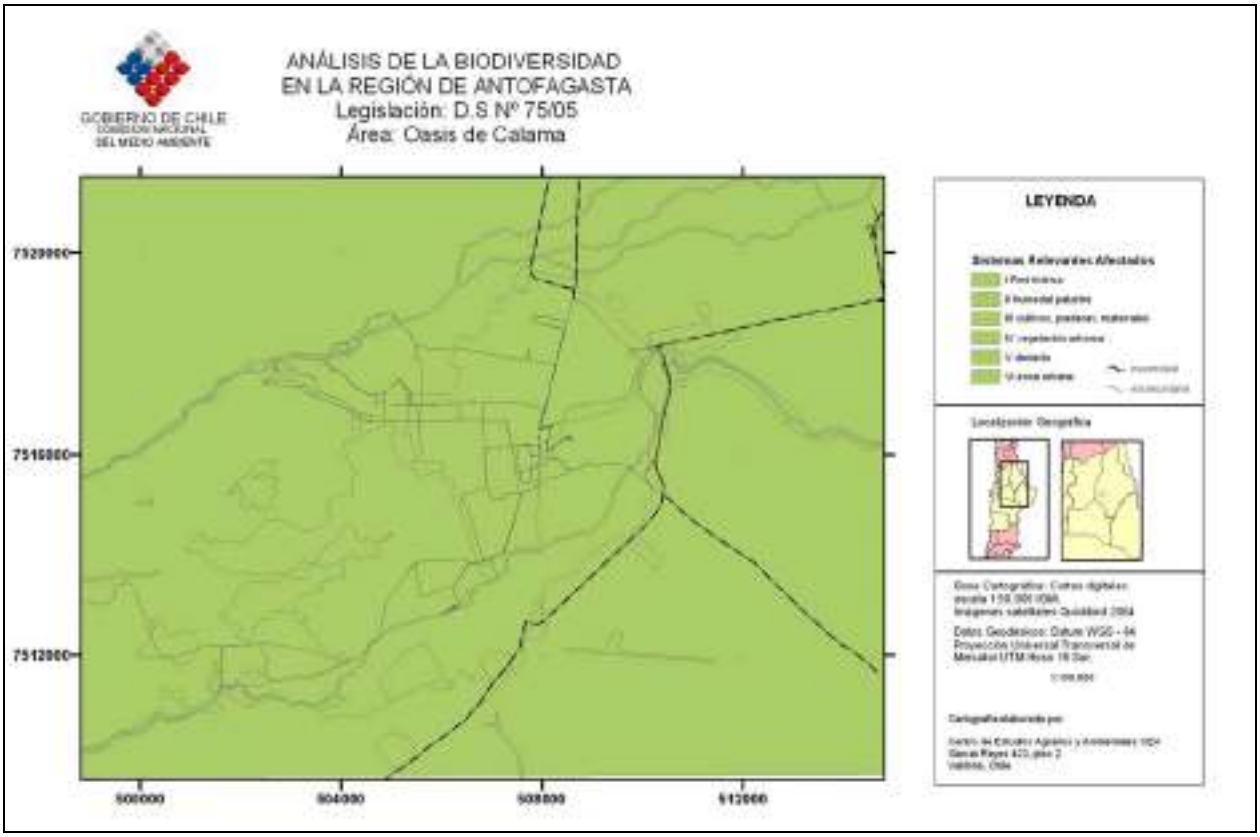


FIGURA 7-15. D.S. N° 75/05 REGLAMENTA LA CLASIFICACIÓN DE ESPECIES SILVESTRES EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

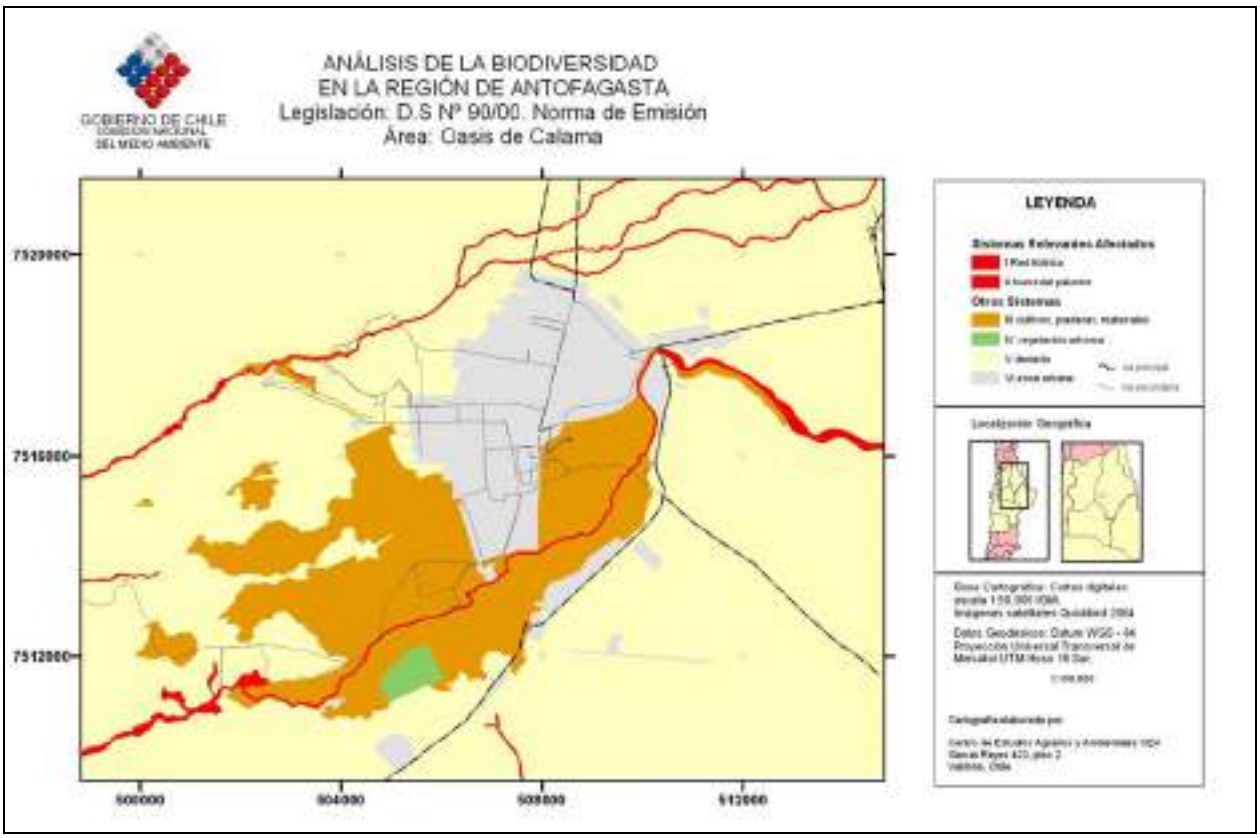


FIGURA 7-16. D.S. N° 90/00 NORMAS DE EMISIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

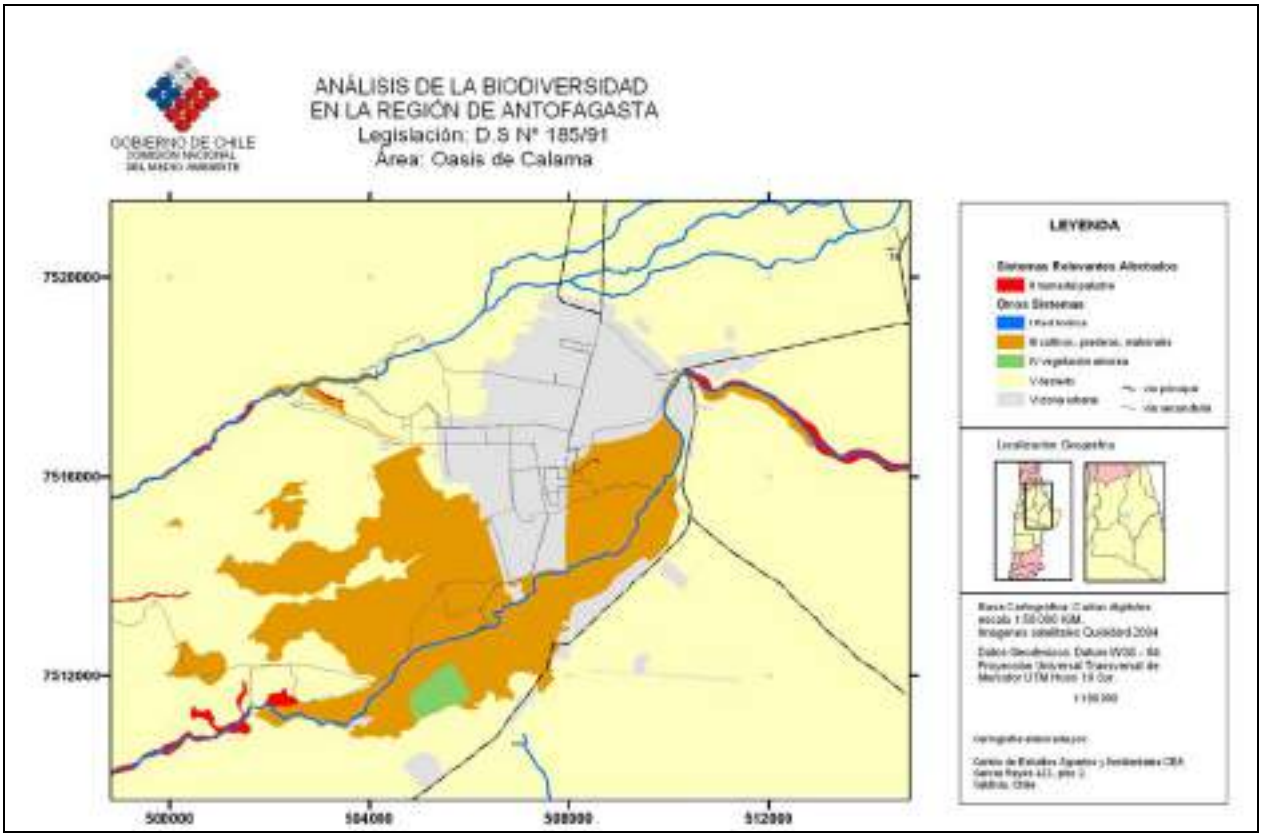


FIGURA 7-17. D.S. N° 185 REGLAMENTA EL FUNCIONAMIENTO DE ESTABLECIMIENTOS EMISORES DE ANHÍDRIDO SULFUROSO, MATERIAL PARTICULADO Y ARSÉNICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

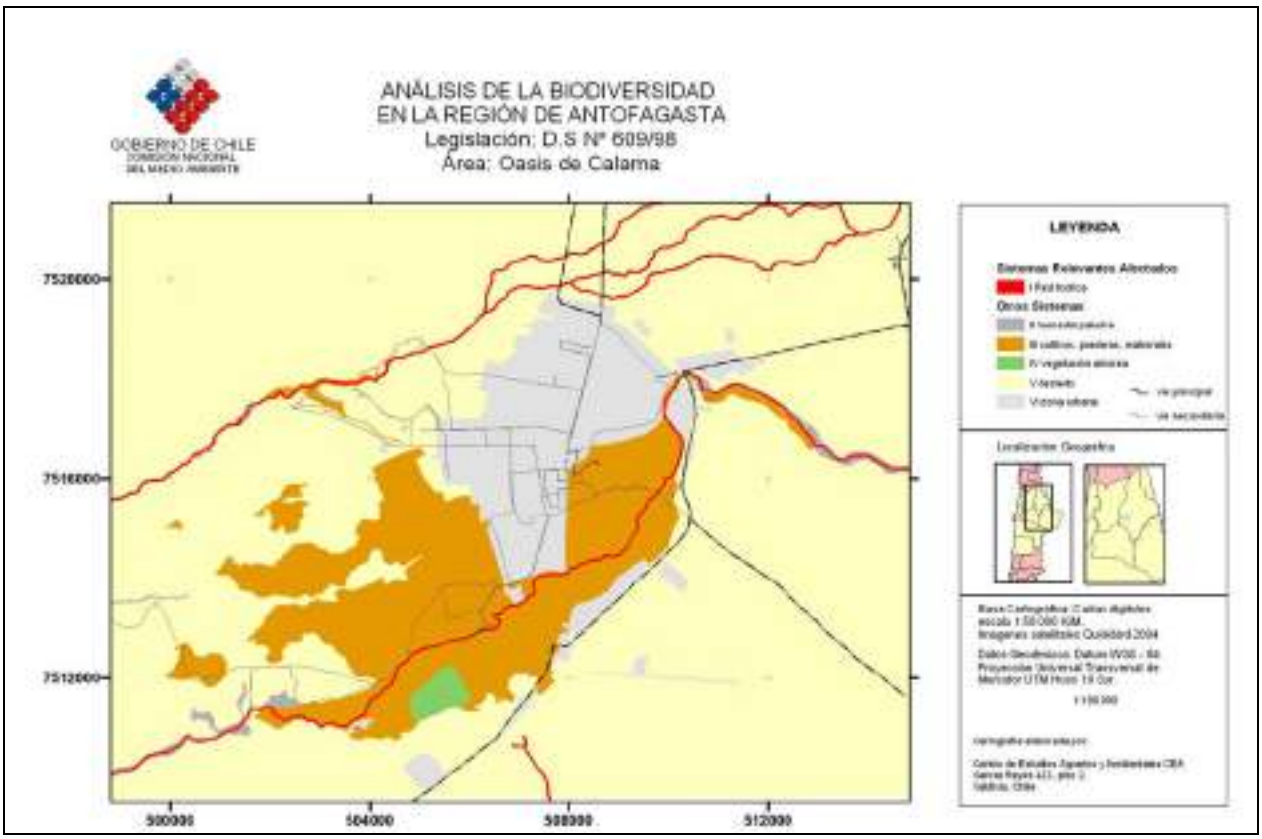


FIGURA 7-18. D.S. Nº 609/98 ESTABLECE NORMA DE EMISIÓN PARA LA REGULACIÓN DE CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS DESCARGAS DE RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS A SISTEMAS DE ALCANTARILLADO EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

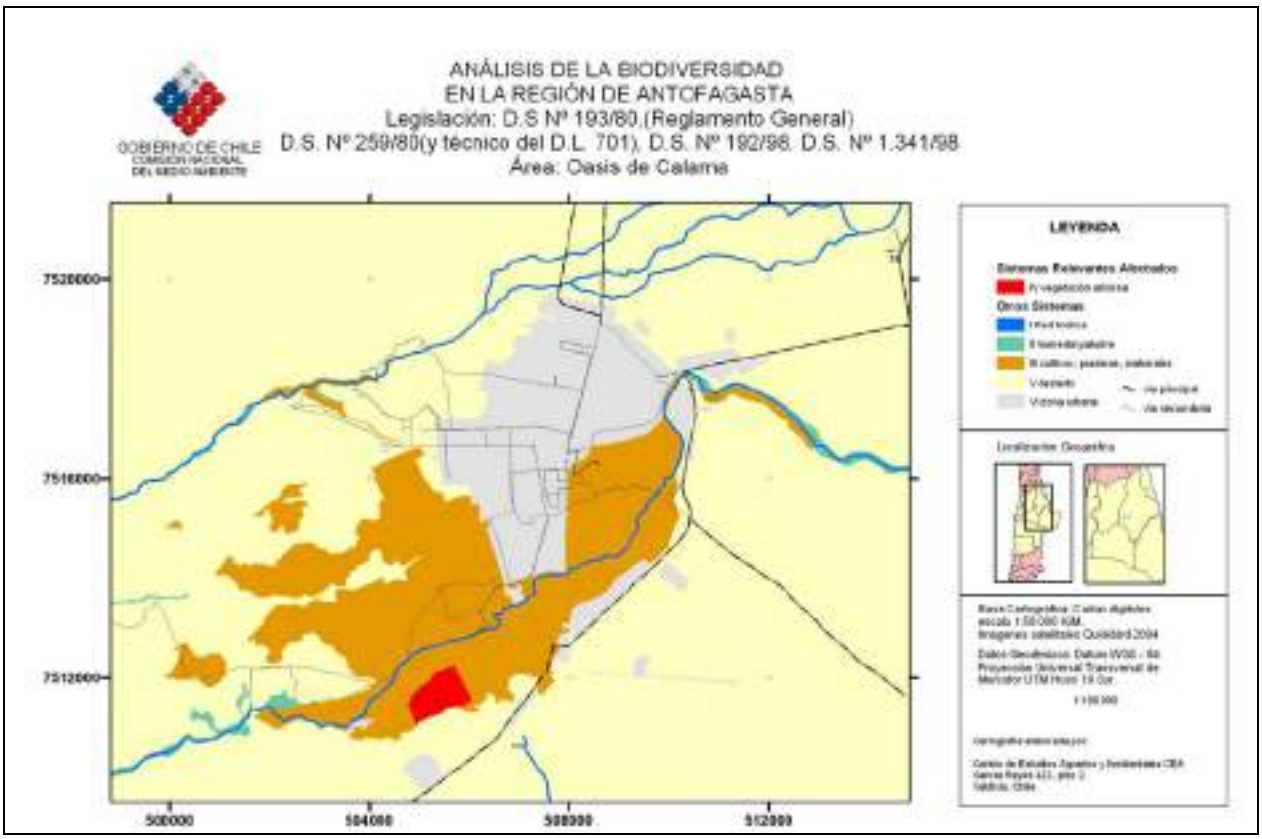


FIGURA 7-19. D.S. Nº 193/80 MECANISMOS DE FOMENTO E INCENTIVOS A PLANTACIONES FORESTALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

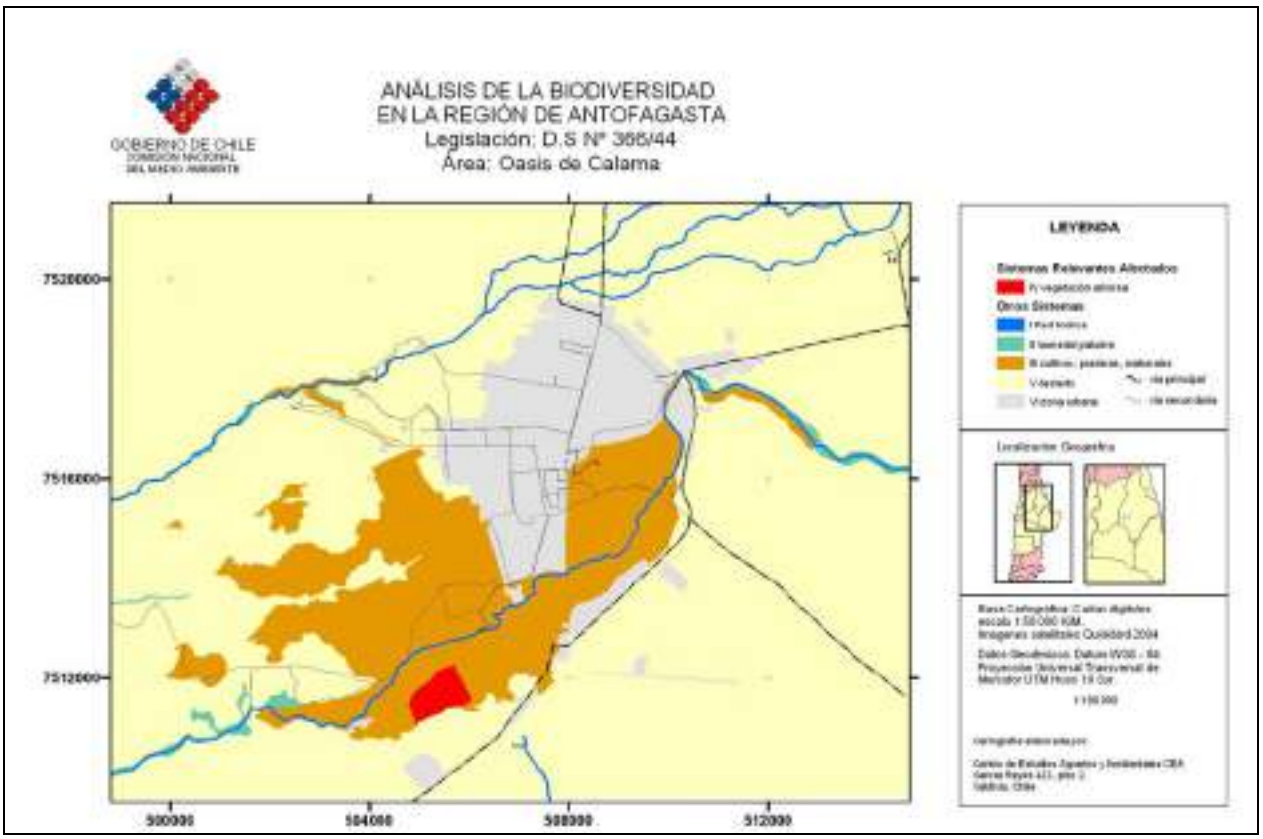


FIGURA 7-20. D.S. Nº 366/44 PROHÍBE LA EXPLOTACIÓN DE TAMARUGO, ALGARROBO Y CHAÑAR EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

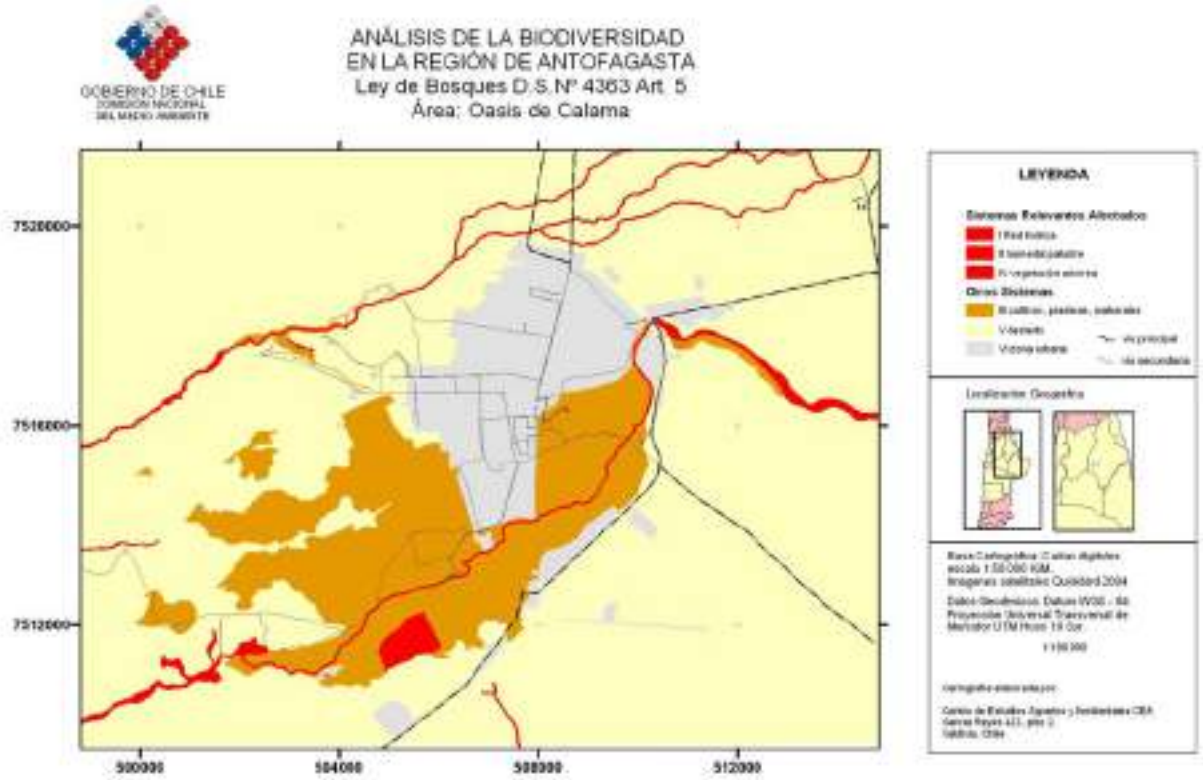


FIGURA 7-21. DS Nº 4.363 LEY DE BOSQUES ART. Nº 5 EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

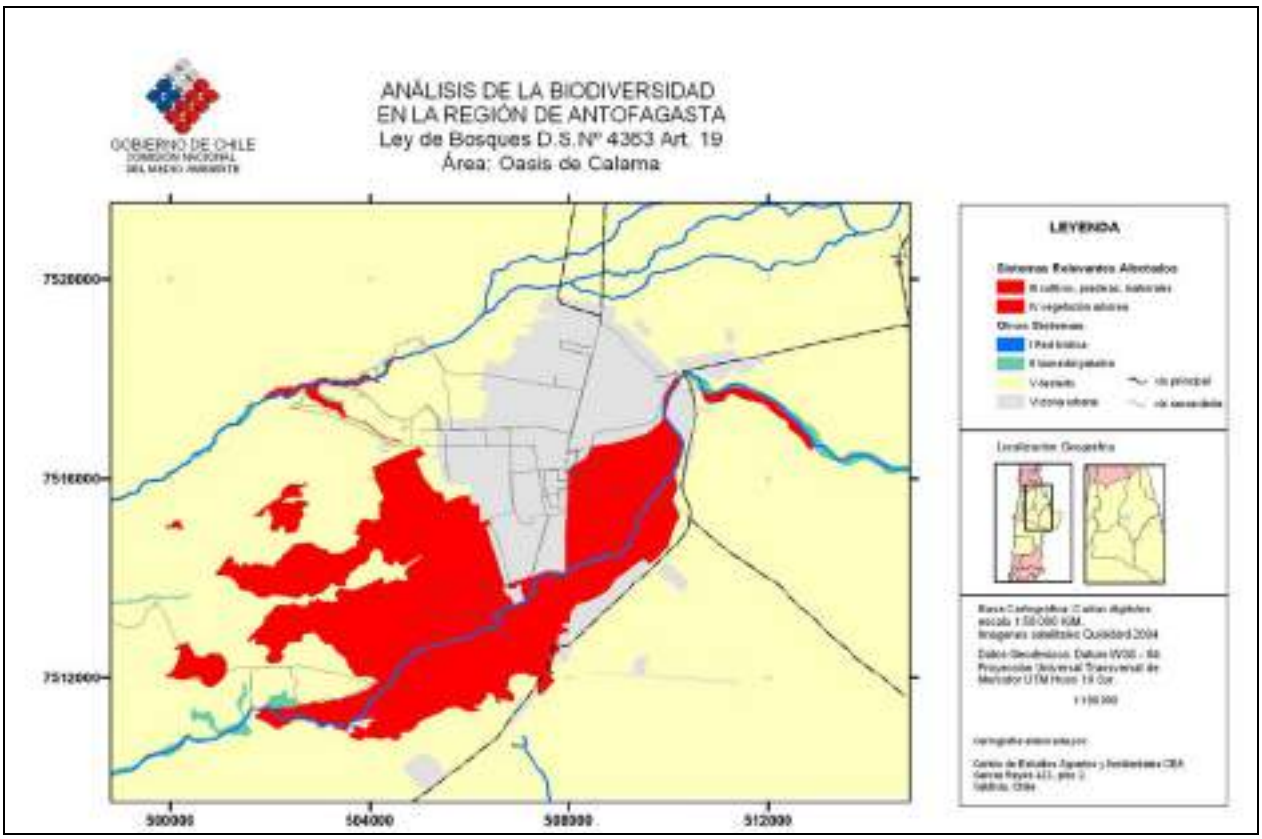


FIGURA 7-22. DS Nº 4.363 LEY DE BOSQUES ART. Nº 19 EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

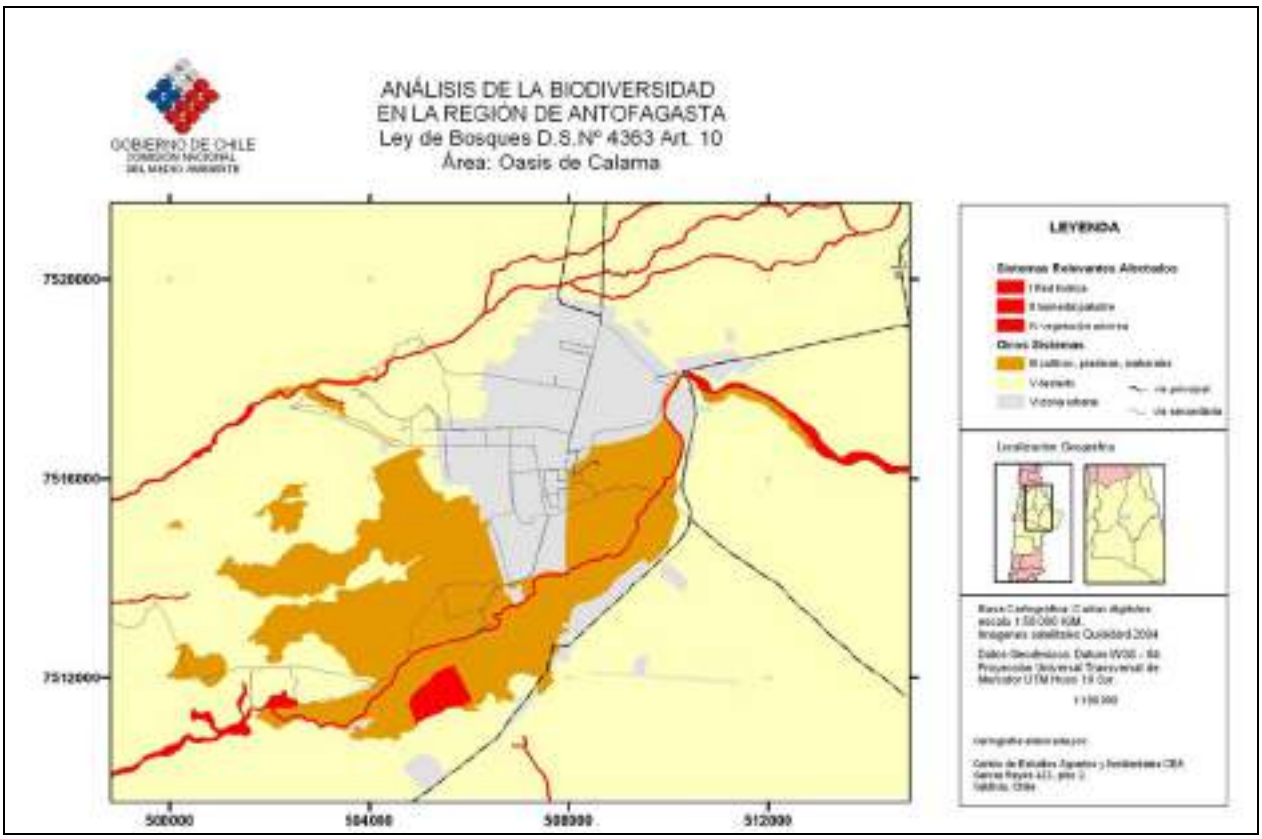


FIGURA 7-23. DS Nº 4.363 LEY DE BOSQUES ART. Nº 10 EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007

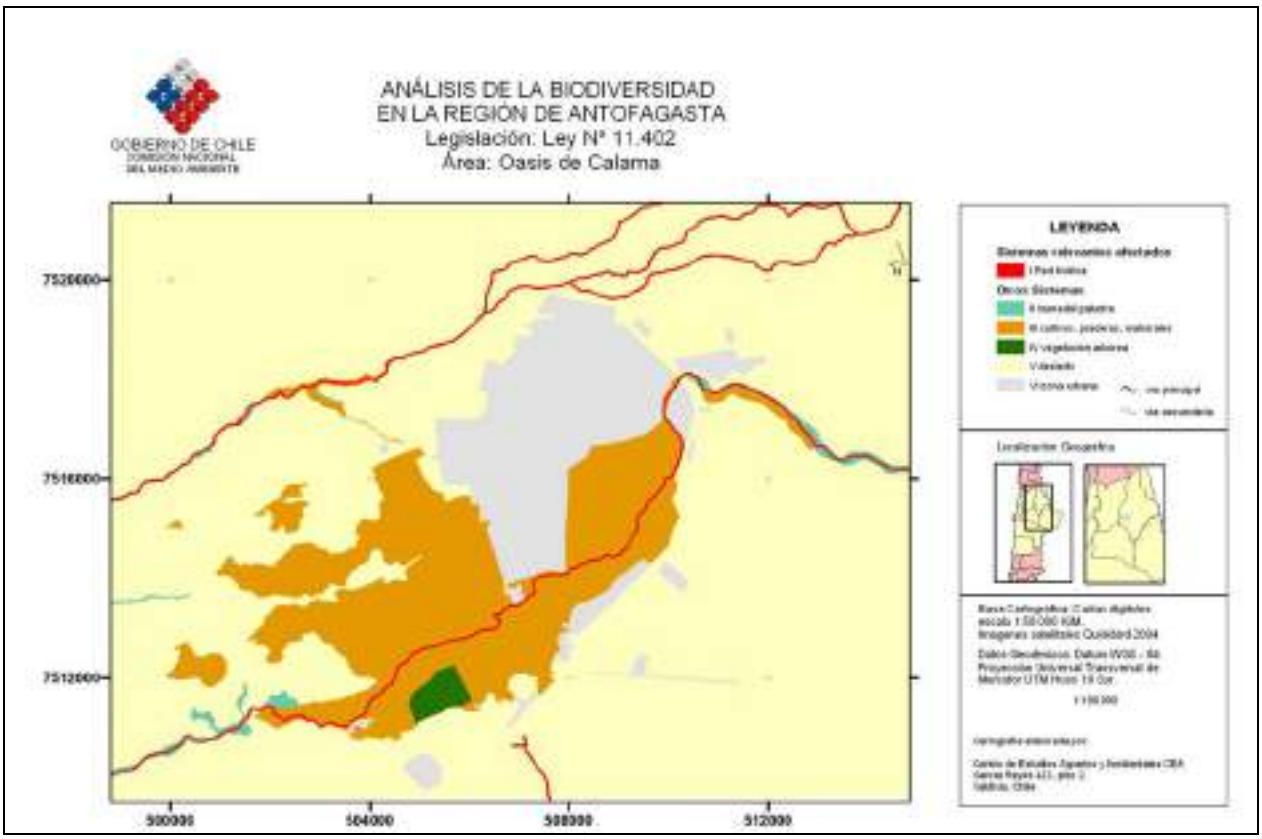


FIGURA 7-24. LEY Nº 11.402 SOBRE LAS OBRAS DE DEFENSA Y REGULARIZACIÓN DE LAS RIBERAS Y CAUCES DE RÍOS, LAGUNAS Y ESTEROS EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

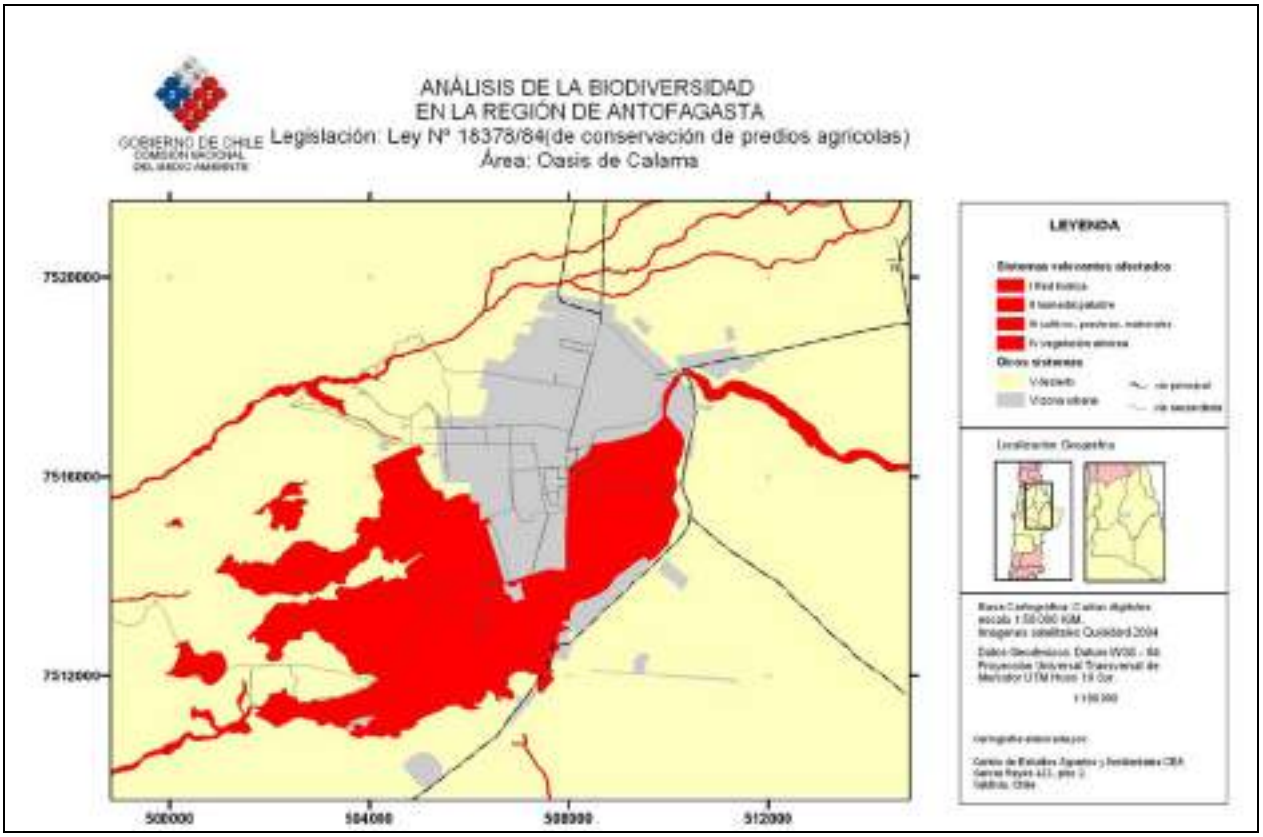


FIGURA 7-25. LEY Nº 18.378 /84. DE CONSERVACIÓN EN PREDIOS AGRÍCOLAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

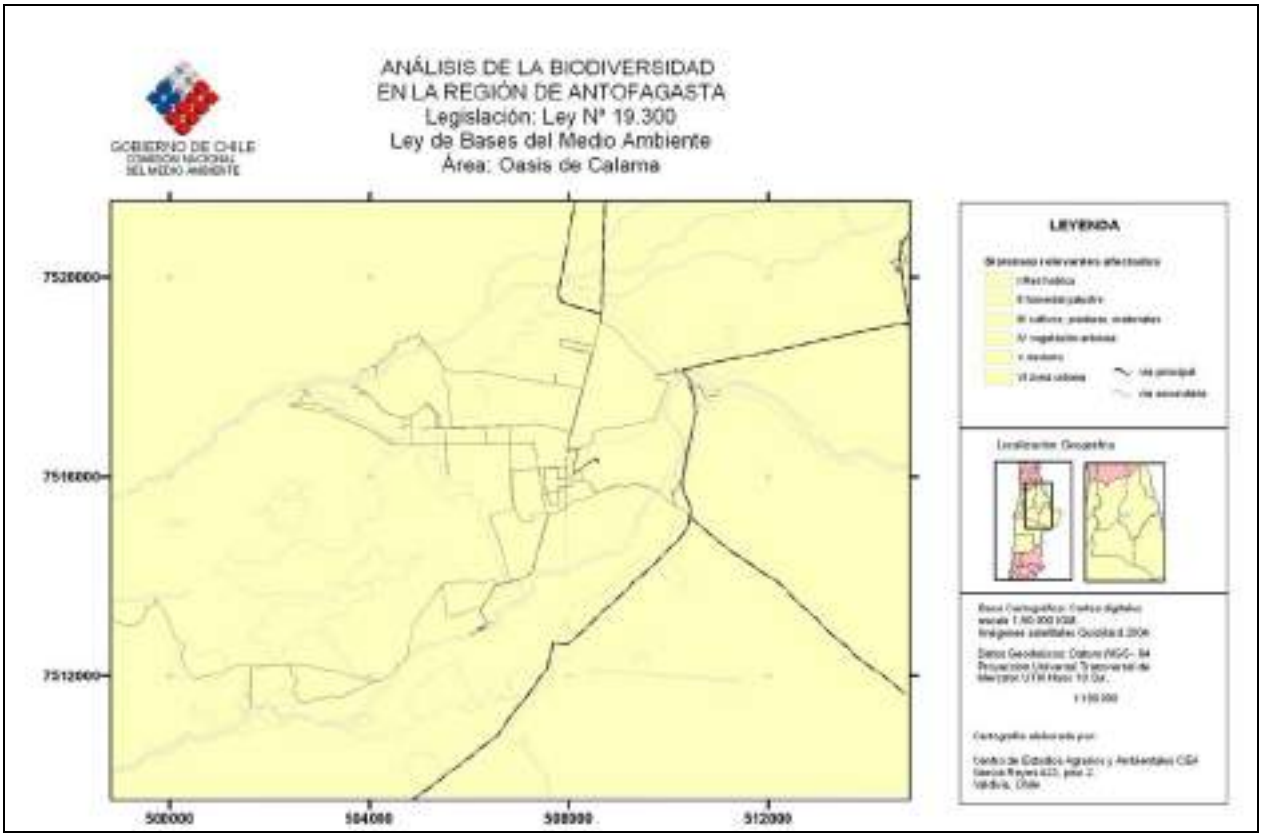


FIGURA 7-26. LEY Nº 19.300 DE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

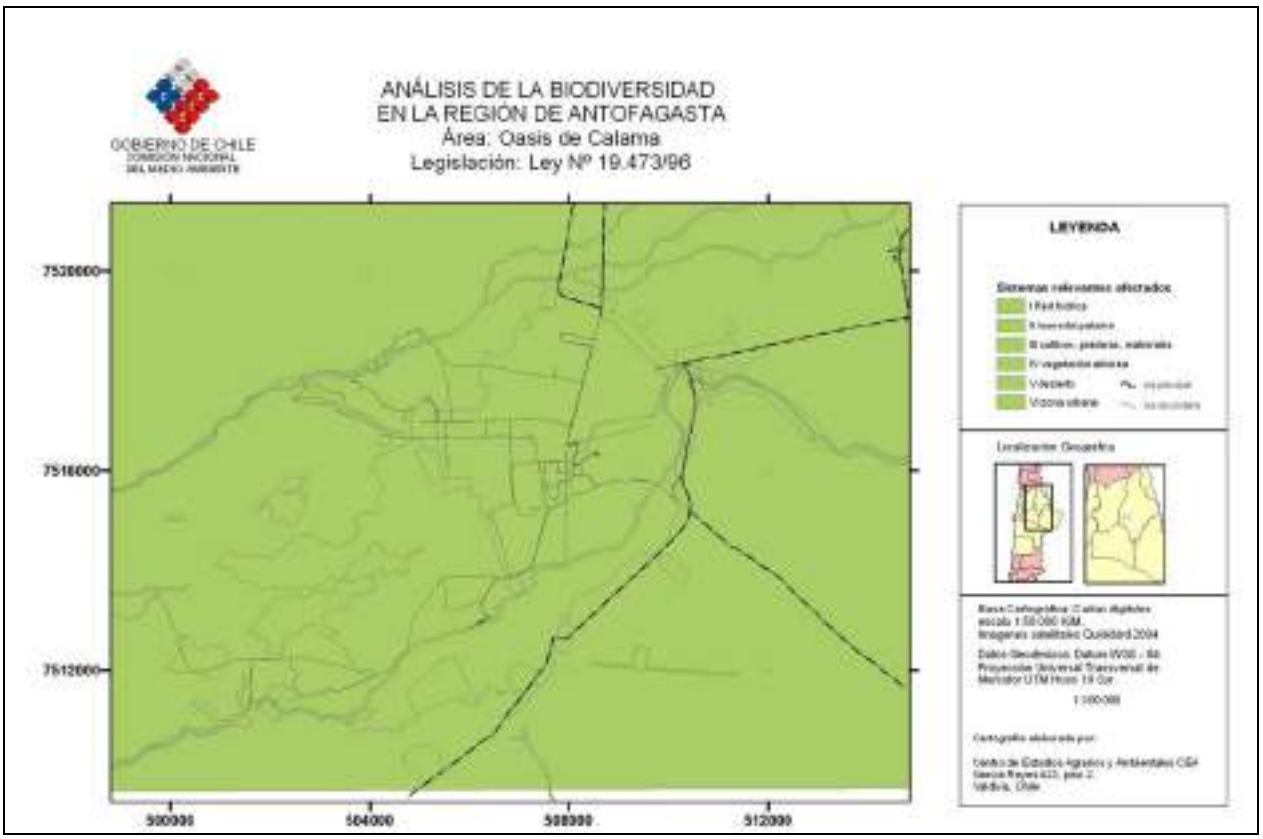


FIGURA 7-27. LEY Nº 19.473/96 LEY DE CAZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

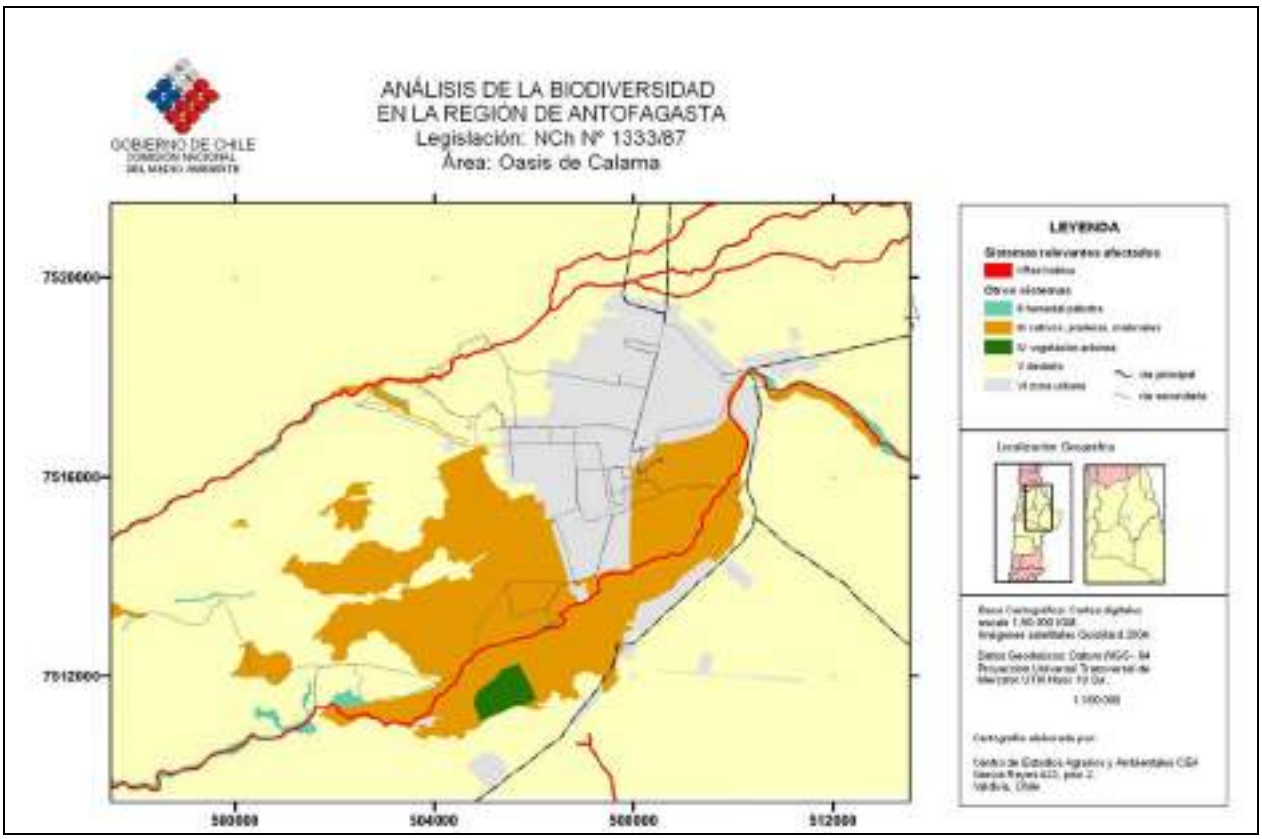


FIGURA 7-28. N CH Nº 1.333/87. REGULA LA CALIDAD DEL AGUA PARA DIFERENTES USOS, ENTRE ELLOS LA VIDA ACUÁTICA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007.

Cartografía de síntesis

Para la construcción de la carta de síntesis de la Protección Legal, se procedió a: a) reunir todas las normas jurídicas involucradas por sistema, para luego considerar tres parámetros. El primero es el **número de normas jurídicas (N)** que tienen efecto sobre el sistema objetivo. El segundo, la **especificidad (E),** se refiere a si la norma jurídica fue promulgada expresamente para los objetivos de conservación del sistema involucrado (valor 3), o si secundariamente puede considerarse (valor 2) y si finalmente sólo tangencialmente está involucrada en este objetivo de conservación sensu estricto (valor 1). El tercer parámetro es la **aplicabilidad (A)**, entendida como la posibilidad de aplicar una norma jurídica determinada en el área de estudio. Los valores de estos tres parámetros se suman y luego se ponderan (multiplican) por la **jerarquía (J)** que la norma jurídica tiene. La máxima jerarquía (valor 3) es la Constitución Política y las leyes propiamente tales. La jerarquía media (valor 2) son los decretos con fuerza de ley y los decretos leyes. Finalmente las normas reglamentarias (e. g., reglamentos, simples decretos, instrucciones, decretos supremos, resoluciones) con un valor 1. En las siguientes tablas se muestran los resultados de estas valoraciones y ponderaciones para los diferentes sistemas considerados para el área de estudio.

Folio008870

TABLA 7-30. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA I (CUERPOS DE AGUA) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE CALAMA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA I (Cuerpos de agua)
OASIS DE CALAMA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURÍDICAS	**Nº**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIÓN**
Ley Nº 19.300	1	3	3	3	18
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DL Nº 3.485 Convención de Ramsar DS Nº 971	3	3	1	2	8
Ley Nº 11.402	4	1	2	3	9
DFL Nº 458 Ley Gral. de Urbanismo y Construcciones	5	2	3	2	10
DFL Nº 725 Código Sanitario. Art. 73	6	3	3	2	12
DS Nº 4.363 Ley de Bosques. Art. Nº 5	7	3	3	1	6
DS Nº 4.363 Ley de Bosques. Art. Nº 10	8	3	3	1	6
DS Nº 90/00 Norma de emisión	9	3	3	1	6
DS Nº 46/02 Norma de emisión	10	3	3	2	12
DFL Nº 1.122/82 (Código de Aguas)	11	3	3	2	12
Ley Nº 18.378 /84 (de conservación en predios agrícolas)	12	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, adm. bienes del Estado	13	2	3	2	10
DL Nº 19.821/02 Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902	14	3	3	2	12
DS Nº 30/97. DS. Nº 95/01	15	3	3	1	6
NCh Nº 1.333/87	16	3	3	1	6
DS N° 75/05	17	3	3	1	6
DS 46/02	18	3	3	1	6
DS Nº 609/98	19	3	3	1	6
TOTAL	**19**				**187**

TABLA 7-31. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA II (HUMEDALES PALUSTRES) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE CALAMA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA II (Humedales palustres)
OASIS DE CALAMA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURÍDICAS	**Nº**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIÓN**
Ley Nº 19.300	1	3	3	3	18
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DL Nº 3.485 Convención de Ramsar DS Nº 971	3	3	1	2	8
DFL Nº 458 Ley Gral. de Urbanismo y Construcciones	4	2	3	2	10
DS Nº 4.363 Ley de Bosques. Art. Nº 5	5	3	3	1	6
DS Nº 4.363 Ley de Bosques. Art. Nº 10	6	3	3	1	6
DS Nº 90/00 Norma de emisión	7	3	3	1	6
DS Nº 46/02 Norma de emisión	8	3	3	2	12
D.S. N° 185 de 1991	9	3	1	2	8
Ley Nº 18.378 /84. (de conservación en predios agrícolas)	10	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, adm. bienes del Estado	11	2	3	2	10
DS Nº 30/97. DS. Nº 95/01	12	3	3	1	6
DS N° 75/05	13	3	3	1	6
TOTAL	**13**				**132**

Folio008871

TABLA 7-32. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA III (PRADERAS, CULTIVOS MATORRALES) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE CALAMA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA III (Praderas, cultivos, matorrales)
OASIS DE CALAMA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURÍDICAS	**Nº**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIÓN**
Ley Nº 19.300	1	3	3	3	18
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DFL Nº 458 Ley Gral. de Urbanismo y Construcciones	3	2	3	2	10
DS Nº 4.363 Ley de Bosques. Art. Nº 19	4	3	1	1	4
Ley Nº 18.378 /84. (de conservación en predios agrícolas)	5	3	3	3	18
DL Nº 3.557/81(Ley de protección agrícola)	6	3	3	2	12
DFL N° 235/99 Ministerio de Agricultura	7	1	3	2	8
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, adm. bienes del Estado	8	2	3	2	10
DS Nº 30/97. DS. Nº 95/01	9	3	3	1	6
DS N° 75/05	10	3	3	1	6
TOTAL	**10**				**110**

TABLA 7-33. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA IV (VEGETACIÓN ARBÓREA) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE CALAMA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA IV (Vegetación arbórea)
OASIS DE CALAMA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURÍDICAS	**Nº**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIÓN**
Ley Nº 19.300	1	3	3	3	18
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DFL Nº 458 Ley Gral. de Urbanismo y Construcciones	3	2	3	2	10
DS Nº 4.363 Ley de Bosques. Art. Nº 5	4	3	3	1	6
DS Nº 4.363 Ley de Bosques. Art. Nº 19	5	3	1	1	4
DS Nº 4.363 Ley de Bosques. Art. Nº 10	6	3	3	1	6
Ley Nº 18.378 /84. (de conservación en predios agrícolas)	7	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, adm. bienes del Estado	8	2	3	2	10
DS Nº 30/97. DS. Nº 95/01	9	3	3	1	6
DS Nº 193/80. DS Nº 259/80 (y téc. DL 701). DS Nº 192/98. DS Nº 1.341/98.	10	3	3	1	6
DS N° 366/44	11	3	3	1	6
DS N° 75/05	12	3	3	1	6
TOTAL	**12**				**114**

TABLA 7-34. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA V (DESIERTO) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE CALAMA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA V (Desierto)
OASIS DE CALAMA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURÍDICAS	**Nº**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIÓN**
Ley Nº 19.300	1	3	3	3	18
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DFL Nº 458 Ley Gral. de Urbanismo y Construcciones	3	2	3	2	10
DS Nº 30/97. DS. Nº 95/01	4	3	3	1	6
DS N° 75/05	5	3	3	1	6
TOTAL	**5**				**58**

Folio008872

TABLA 7-35. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA VI (ZONA URBANA) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE CALAMA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA VI (Zona urbana)
OASIS DE CALAMA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURÍDICAS	**Nº**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIÓN**
Ley Nº 19.300	1	3	3	3	18
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DFL Nº 458 Ley Gral. de Urbanismo y Construcciones	3	2	3	2	10
DS Nº 30/97. DS. Nº 95/01	4	3	3	1	6
DS N° 75/05	5	3	3	1	6
TOTAL	**5**				**58**

Del análisis de las tablas anteriores se puede concluir una valoración final, como se muestra en la Tabla siguiente. En la Figura 7-29 se muestra la carta de síntesis de la protección legal del área de estudio en Calama.

SISTEMA	CÓDIGO	NIVEL DE PROTECCIÓN LEGAL	JUSTIFICACIÓN
Cuerpos de agua	I	Alto	19 normas jurídicas, siete de ellas con valoración > 12, con valoración total de 189
Humedales palustres	II	Alto	13 normas jurídicas, cuatro de ellas con valoración > 12, con valoración total de 132
Praderas, cultivos, matorrales	III	Medio	10 normas jurídicas, cuatro de ellas con valoración > 12, con valoración total de 110
Vegetación arbórea	IV	Medio	13 normas jurídicas, tres de ellas con valoración > 12, con valoración total de 114
Desierto	V	Bajo	5 normas jurídicas, dos de ellas con valoración > 12, con valoración total de 58
Zona Urbana	VI	Bajo	5 normas jurídicas, dos de ellas con valoración > 12, con valoración total de 58

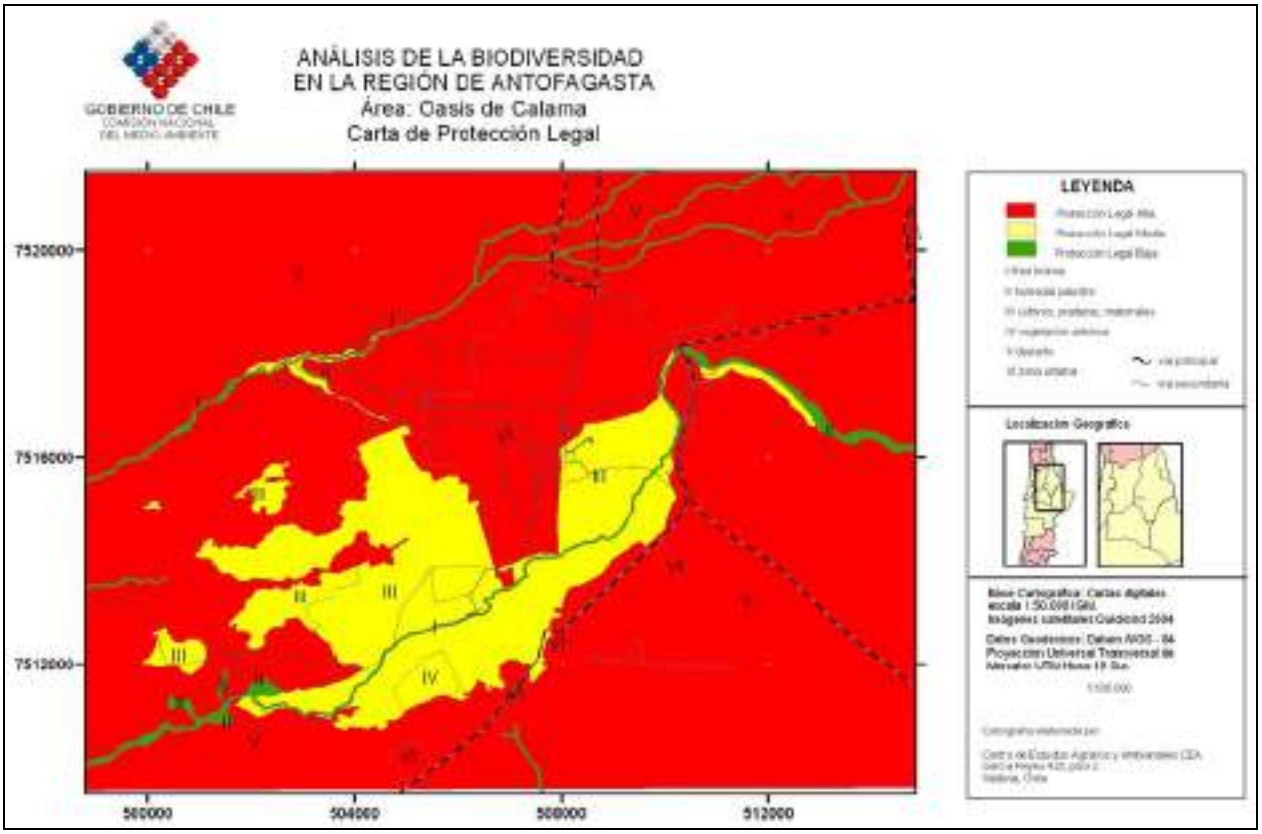


FIGURA 7-29. CARTA DE SÍNTESIS DE LA PROTECCIÓN LEGAL DEL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007

3.6. Competencias institucionales

La existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y más aún responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales pone de manifiesto superposición de funciones y pocas posibilidades de coordinación (Hermosilla 2004).

La institucionalidad ambiental en la Ley 19.300

A continuación se presenta con mayor detalle la institucionalidad ambiental en la Ley 19.300 por ser ésta la ley más relevante en materia ambiental.

La Ley 19.300 en su título final, párrafos 1, 2, 3, 4 y 5, se refiere a la institucionalidad ambiental. En el Art. 69 se crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, como un servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República, a través del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Los órganos de CONAMA son: el Consejo Directivo, la Dirección Ejecutiva, el Consejo Consultivo y las Comisiones Regionales del Medio Ambiente o COREMAS.

El Consejo Directivo

El Consejo Directivo tiene a su cargo la Dirección Superior de CONAMA y está formado por 13 ministros: el ministro Secretario General de la Presidencia, quien lo preside con el título de presidente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente; ministros de Relaciones Exteriores, Defensa Nacional, Economía Fomento y Reconstrucción, Planificación y Cooperación, Educación, Obras Públicas, Salud, Vivienda y Urbanismo, Agricultura, Minería, Transportes y Telecomunicaciones y Bienes Nacionales. Los acuerdos que adopte este Consejo Directivo de CONAMA, deberán ser ejecutados por los

Entre los ministros que no forman parte de este Consejo está el ministro de Hacienda, a pesar de la importancia que tiene para la política nacional ambiental (Fernández 1998).

Dirección Ejecutiva

De conformidad al Art. 75 del párrafo 3° de la Ley 19.300, la administración de la Comisión Nacional del Medio Ambiente corresponde al director ejecutivo, quien es designado por el Presidente de la República. Este director ejecutivo es el jefe superior del servicio.

Consejo Consultivo

Otro de los órganos pertenecientes a la institucionalidad creada por la Ley de Bases es el Consejo Consultivo que tiene por objeto absolver las consultas que le formule el Consejo Directivo, emitir opiniones sobre los anteproyectos de ley y decretos supremos que fijen normas de calidad ambiental, de preservación de la naturaleza y conservación del patrimonio ambiental, planes de prevención y de descontaminación, regulaciones especiales de emisiones y normas de emisión que les sean sometidos a su conocimiento, además de ejercer las funciones que le encomiende el Consejo Directivo y la ley.

Este Consejo Consultivo está formado por las siguientes personas: dos científicos propuestos en quina por el Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas, dos representantes de organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro que tengan por objeto la protección del medio ambiente, dos representantes de centros académicos independientes que estudien o se ocupen de materias ambientales, dos representantes del empresariado, dos representantes de los trabajadores y un representante del Presidente de la República. Estos consejeros son nombrados por el Presidente de la República por un período de dos años.

Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAS)

La Comisión Nacional del Medio Ambiente se desconcentra territorialmente a través de las Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAS). En cada región del país existe una COREMAS que está integrada por el intendente de la región, quien la preside; los gobernadores provinciales de la región, los SEREMIS de los ministerios que forman el Consejo Directivo, cuatro consejeros regionales elegidos por el respectivo Consejo y por el director regional de la Comisión del Medio Ambiente, que actúa como secretario. Conforme a la ley, corresponde a las Comisiones Regionales coordinar la gestión ambiental en el nivel regional y cumplir las demás funciones que le encomiende la ley.

Con respecto a los SEREMIS de los ministerios señalados por el Art. 71 y que forman parte del Consejo Directivo, es necesario tener presente que estos no existen a nivel del Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio Secretaría General de la Presidencia y Ministerio de Defensa.

Comité Técnico

En cada COREMA existe un Comité Técnico integrado por el director regional del Medio Ambiente, quien lo preside, y por los directores regionales de los servicios públicos con competencia en materia de medio ambiente, incluyendo entre ellos al gobernador marítimo correspondiente. Este Comité Técnico es de extraordinaria importancia, ya que es el organismo que hace el análisis técnico de los estudios de impacto ambiental, formulando las recomendaciones pertinentes para su modificación, aprobación o rechazo del mismo. Su informe, si bien es cierto no ha sido debidamente considerado por los COREMAS, sí lo ha sido por la jurisprudencia de los Tribunales de Justicia, los que han tomado en cuenta sus juicios para dirimir los conflictos que han sido sometidos a su competencia.

Consejo Consultivo Regional

En cada COREMA existe un Consejo Consultivo Regional de Medio Ambiente, cuyos miembros son nombrados por el intendente regional, a propuesta en nómina de las respectivas organizaciones que ellos representan. Así, cada Consejo Consultivo Regional está formado por dos científicos, dos representantes de ONGs que tengan por objeto la protección o estudio del medio ambiente, dos representantes del empresariado, dos representantes de los trabajadores y un representante del intendente regional. Su duración en el cargo es de dos años. Son funciones de estos Consejos Consultivos Regionales dar respuesta a las consultas que le formule la Comisión Regional del Medio Ambiente.

Institucionalidad ambiental sectorial

Sin perjuicio de las facultades ambientales que le ley entrega a CONAMA, existen atribuciones ambientales en la mayoría de los ministerios que se ejercen, ya sea a través de las llamadas Unidades Ambientales, o bien, de los servicios públicos con competencias ambientales otorgadas por la ley.

Unidades Ambientales

En algunos ministerios existen las llamadas Unidades Ambientales, cuyo origen es reciente. Su objetivo es colaborar con CONAMA, en especial en apoyo al proceso de evaluación de impacto ambiental. De este modo se potenciaría la capacidad de cada ministerio de responsabilizarse por la gestión de su sector.

Además de esta función, estas Unidades Ambientales tienen algunos otros objetivos, como por ejemplo, asesorar al ministro en la representación del sector en la propia CONAMA, definir políticas y líneas de acción para el sector, diagnosticar el impacto ambiental y evaluar los estudios de impacto ambiental, contribuir a la elaboración de la legislación ambiental, promover

la formación de recursos humanos en esta área, asesorar en la elaboración de planes de descontaminación, detectar y diagnosticar soluciones a problemas ambientales en el ámbito de su ministerio, etc.

En algunos ministerios existen grupos organizados de personas dedicadas a funciones ambientales. Los ministerios que cuentan con Unidades Ambientales hasta el momento son: Economía, Fomento y Reconstrucción, Obras Públicas, Agricultura, Bienes Nacionales, Salud, Minería, Vivienda y Urbanismo, Transportes y Telecomunicaciones, Planificación y Cooperación, Educación, Defensa Nacional, Relaciones Exteriores e Interior.

Servicios públicos con competencia ambiental

Entre las principales instituciones involucradas en la gestión ambiental, podemos citar las siguientes: Ministerio del Interior (ONEMI), Ministerio de Relaciones Exteriores (Dirección del Medio Ambiente, el ICHA), Ministerio de Economía (Subsecretaría de Pesca, SERNAP, CORFO, Comisión Nacional de Riego, INFOR, INÍBP, PONTEE, SIREN, SERNATUR), Ministerio de Educación (CONICYt, Consejo de Monumentos Nacionales), Ministerio de Defensa Nacional (Directemar, SHOA), Ministerio de Obras Públicas (Dirección de Riego, DGA, SISS), Ministerio de Agricultura (SAO, CONAF), Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Salud (SESMA, Servicio de Salud, ISP), Ministerio de Minería (COCHILCO, SERNAGEOMIN, Comisión Chilena de Energía Nuclear, Comisión Nacional de Energía), Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (Subsecretaría de Transportes), Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo), Ministerio de Planificación y Cooperación (CONADI).

Los ministerios antes nombrados con sus respectivos servicios serían los de mayor injerencia ambiental, ya que abarcan diferentes tópicos, como la planificación ambiental sectorial, regulaciones, control ambiental, formación ambiental, prestación de servicios ambientales y reparación de daños ambientales.

Consejo de Defensa del Estado

Además de los órganos citados, posee competencia ambiental el Consejo de Defensa del Estado, el cual tiene una acción de reparación o acción ambiental y una acción indemnizadora.

Competencia ambiental de las municipalidades

Las municipalidades tienen importantes atribuciones ambientales que emanan de la Ley 19.300 y de su propia Ley Orgánica 18.695. Así el Art. 23 de la Ley de Bases del Medio Ambiente establece que los gobernadores, conjuntamente con las COREMAS, deberán coordinar con las municipalidades de su provincia el cumplimiento de lo establecido en el párrafo 2° de la Ley 19.300, que se refiere al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en lo que les sea de su competencia. Por su parte, el Art. 31 señala que las COREMAS deben remitir a las municipalidades, en cuyo ámbito comunal se realizarán las obras o actividades que contemple el proyecto bajo evaluación, una copia del extracto del Estudio de Impacto Ambiental y las listas de los proyectos o actividades sujetos a Declaración de Impacto Ambiental.

En materia de daños, la Ley ambiental señala que cualquier persona puede exigir a las municipalidad en cuyo territorio se desarrollen actividades que causen daño al medio ambiente

para que esta deduzca la acción ambiental, de no hacerlo, la hará solidaria de los perjuicios que el hecho denunciado ocasione, a menos que dentro de un plazo de 45 días haya hecho ver al requirente -fundadamente- que no iniciará acción.

Además, conforme al artículo 56 de la Ley 19.300, las municipalidades y demás órganos competentes del Estado podrán requerir del juez sanciones para los responsables de fuentes emisoras que no cumplan planes de prevención o descontaminación o con las regulaciones especiales para situaciones de emergencia o por incumplimiento de los planes de manejo.

En relación con su ley orgánica citada, las municipalidades tienen también importantes funciones en materia ambiental. Desde luego, pueden desarrollar actividades en la organización de la comunidad, elemento clave en el cumplimiento de las normativas ambientales, en el desarrollo de proyectos ambientales y en la defensa de los intereses de la comunidad.

Además de su participación activa con los grupos de base, tiene funciones de incidencia ambiental específicas como la aplicación de disposiciones sobre transporte y tránsito público dentro de su territorio comunal en la forma señalada en la ley y sin que contravengan disposiciones sobre la materia dictadas por el Ministerio de Transporte; la planificación y regulación urbana de su comuna y la confección del plan regulador comunal; dictar normas sobre aseo y ornato; desarrollar directamente o bien con otros órganos de Administración del Estado, como podría ser CONAMA, funciones relacionadas con la protección ambiental; el turismo; la recaudación, etc.

En relación a los tratados internacionales

Convención de Washington

Las instituciones con competencia en su implementación son: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP), la Subsecretaría de Pesca, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), el Consejo de Monumentos Nacionales, la Comisión Nacional de Diversidad Biológica, organismo asesor de la Comisión, el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Ministerio de Bienes Nacionales y el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR).

Convención Ramsar

Las siguientes instituciones tienen competencia en la implementación del Convenio Relativo a Los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. (Convención Ramsar): la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), el Museo Nacional de Historia Natural y el Ministerio de Relaciones Exteriores.

Convención sobre Diversidad Biológica

Las siguientes instituciones tienen competencia en la implementación de la Convención en Chile: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP), la Subsecretaría de Pesca, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) y la Comisión Nacional de Diversidad Biológica, organismo asesor de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).

Convención CITES

Las instituciones con competencias en esta convención son SAG y CONAF.

Como puede apreciarse existe una gran diversidad y número de instituciones sectoriales que intervienen en estos asuntos y los diferentes campos de intervención que atañen a cada institución. Esta situación se repite en la aplicación de muchas leyes.

En los aspectos de fiscalización

La fiscalización es un componente de gran relevancia en el cumplimiento de las leyes, aspecto que adolece de grandes deficiencias en su aplicación ya sea por aspectos de asignación presupuestaria como de personal. En la Tabla 10-12 se presentan las instituciones de fiscalización que tienen objetivos ambientales, las cuales abarcan distintos componentes del medio ambiente en el ejercicio de sus funciones fiscalizadoras (Tabla 10-13).

TABLA 7-36. INSTITUCIONES FISCALIZADORAS Y SUS OBJETIVOS AMBIENTALES

OBJETIVOS AMBIENTALES DE LAS INSTITUCIONES FISCALIZADORAS		
INSTITUCIÓN	**NORMA QUE ORIGINA LA INSTITUCIÓN**	**OBJETIVOS INSTITUCIONALES**
Aduanas	DFL Nº 30 del 13/04/83	·Vigilar el paso de mercancías por las costas, fronteras y aeropuertos de la República, que perjudiquen los componentes del ambiente y la salud humana.
CONAF	Ley 18.348 del 27/12/1984 DS 728 de 1970	·Contribuir a la protección, conservación, incremento, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales del país, con el fin de lograr un rápido crecimiento y desarrollo de la actividad forestal productiva, en términos conciliables con la protección y conservación del bosque y su medio ambiente.
DGA	Ley 16.640 del 28/7/67	·Resguardar y planificar el recurso agua. ·Velar por el cumplimiento del Código de Aguas.
DIRECTEMAR	DS Nº 1.340, DS Nº 1 Ministerio de Defensa ampliada y potenciada por el DL 2.222	·Aplicar y fiscalizar el cumplimiento de la Ley de Navegación, de los convenios internacionales y de las normas legales y reglamentarias relacionadas con sus funciones. ·Preservar el medio ambiente acuático y la navegación de las aguas sometidas a su jurisdicción.

Municipalidades	Ley Orgánica de Municipalidades Nº 18.695 del 31/3/88	·Satisfacer las necesidades de la comunidad y asegurar su participación en el proceso económico, cultural y social. ·Velar por el cumplimiento de la normativa ambiental vigente de acuerdo a ley y reglamentos. ·Realizar actividades de prevención del deterioro ambiental y educativas.
SAG	Ley 18.775	·Contribuir al desarrollo agropecuario del país mediante la protección y conservación de los recursos naturales renovables que inciden en la producción agropecuaria del país. ·Aplicar el cumplimiento de las normas legales y reglamentarias sobre prevención y erradicación de las plagas vegetales y enfermedades transmisibles de los animales. ·Promover las medidas tendientes a asegurar la conservación de los suelos y aguas que eviten la erosión de éstos, y mejoren su fertilidad y drenaje.
SERNAGEOMÍN	DL 3.525 26/11980	·Fiscalizar los tranques de relaves que puedan causar algún daño en el ambiente. ·Desarrollar la investigación geológica aplicada aportando información técnica y científica asociada a eventos de la naturaleza que sirvan de base para la planificación del uso de áreas territoriales.
SERNAP	DFL Nº 2.442 de 1978 y el DFL Nº 1 de 1992	·Ejecutar la política pesquera nacional y fiscalizar su cumplimiento, en especial, velar por la debida aplicación de las normas legales y reglamentarias sobre pesca, caza marítima y demás formas de explotación de recursos hidrobiológicos.
Autoridad Sanitaria (Servicios de Salud)	DL Nº 2.763, de 1979	·Proteger la salud humana de los daños potenciales existentes en el ambiente. ·Velar por el cumplimiento del Código Sanitario, sus reglamentos y decretos.
SISS	Ley Nº 18.902 del 27/01/90	·Fiscalizar a las empresas prestadoras de servicios sanitarios. ·Interpretar y velar por el cumplimiento de las normas relativas a los servicios sanitarios. ·Proponer normas técnicas relativas al diseño, construcción y explotación de servicios sanitarios. ·Controlar las empresas que emiten residuos líquidos. ·Proponer normas técnicas relativas a la descarga de RILES. ·Aplicar las sanciones a los prestadores de servicios sanitarios.
Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad	Ley 15.840, Art. 16 (modificada por Art. 19 de la Ley 18.267, Art. 2 de la Ley 18.373, DFL 205 de 1976.	·Coordinar las acciones que permitan una adecuada preservación del medio ambiente en todos aquellos aspectos que tengan relación con las obras viales. ·Asesorar al nivel directivo en materia ambiental, proponiendo la clasificación de los proyectos desde el punto de vista ambiental. ·Promover la adecuada coordinación entre las unidades de la Dirección de Vialidad, los bancos internacionales de crédito y otros organismos internos o ajenos al MOP, teniendo presente la legislación y normas vigentes sobre la materia. ·Proponer normas, procedimientos y metodologías para el estudio y mitigación de los impactos ambientales. ·Proponer y llevar a cabo acciones de supervisión, seguimiento y monitoreo de obras en construcción u operación en lo relativo a los aspectos ambientales, y proponer medidas específicas para el control de los impactos negativos asociados al proyecto.

TABLA 7-37. INSTITUCIONES AREA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL POR ORGANISMO

AREA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL POR ORGANISMO													
ORGANISMO	COMPONENTES DEL AMBIENTE									EMISIONES AL AMBIENTE			
	Aire	Aguas Superficiales	Aguas Subterraneas	Aguas Marítimas	Suelos	Flora	Fauna	Paisaje	Areas Silvestres	Emisiones Atmosféricas	RILES	Residuos Sólidos	Ruidos y Vibraciones
Aduanas						X	X					X	
CONAF						X	X	X	X				
DGA		X	X										
DIRECTEMAR		X		X					X		X		
Depto. Fisc. del MINTRATEL										X			
Municipalidades		X			X					X	X	X	X
SAG	X	X	X		X	X	X			X			
SERNAGEOMIN					X							X	
SERNAP		X		X			X						
Autoridad Sanitaria (Serv. Salud reg.)	X	X	X	X						X	X	X	X
SISS										X	X		
Depto. Vialidad del MOP						X		X					

Adicionalmente Carabineros de Chile también posee atribuciones fiscalizadoras en el ámbito forestal y de fauna.

Institucionalidad ambiental en el área de estudio

En la Tabla 7-38 se muestra una compilación de la institucionalidad que se vincula con la normativa asociada al resguardo de los sistemas relevantes en el Oasis de Calama.

TABLA 7-38. INSTITUCIONALIDAD VINCULADA A LOS SISTEMAS RELEVANTES.

SISTEMA	CÓDIGO	SERVICIOS/MINISTERIOS VINCULADOS	NÚMERO DE INSTITUCIONES	PROTECCIÓN INSTITUCIONAL
Cuerpos de agua	I	CONAMA SERNAPESCA SAG DGA SISS Autoridad Sanitaria (Servicio Salud) Instituto Nacional de Normalización Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Economía, Sub.Sec. de Pesca Ministerio de Agricultura Ministerio de Justicia Ministerio de Salud Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Relaciones Exteriores	15	Alta
Humedales palustres	II	CONAMA SAG CONAF Municipalidades Ministerio de Bienes Nacionales Secretaría General de la Presidencia	6	Alta
Praderas, cultivos, matorrales	III	CONAMA SAG CONAF SERNAGEOMIN Autoridad Sanitaria (Servicio Salud) Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Vivienda y Urbanismo Ministerio de Salud Ministerio de Minería Ministerio de Vivienda y Urbanismo	12	Alta
Vegetación arbórea	IV	CONAMA CONAF SAG Municipalidades Secretaría General de la	8	Alta

		Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio de Bienes Nacionales		
Desierto	V	CONAMA SAG CONAF Municipalidades Secretaría General de la Presidencia	5	Alta
Zona urbana	VI	CONAMA Municipalidades Autoridad Sanitaria (Servicio Salud) Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Vivienda y Urbanismo Ministerio de Bienes Nacionales	6	Alta

Como puede apreciarse el sistema vinculado con los cuerpos de agua es el que posee una mayor injerencia de instituciones en aspectos normativos y de competencias legales. Aún así todos los sistemas se consideran suficientemente cubiertos por la institucionalidad

Cartografía de la institucionalidad

El propósito de representar cartográficamente la institucionalidad ambiental con competencias en el área de estudio es establecer la protección ambiental de los distintos sistemas, la que se expresa, en la medida de detectarse diferencias entre los sistemas, que no es el caso para este estudio. Así en la Fig. 7-30 se muestra una carta de protección institucional considerando el **número total de instituciones vinculadas con cada sistema (N)**. Para una eventual construcción de esta carta con mayor desagregación (fuera de los objetivos de este estudio), se pueden considerar, además la **especificidad de la institución (E)** que tienen efecto sobre el sistema objetivo, la **presencia local (P),** referido a si la institución tiene presencia permanente en el lugar, por ejemplo a través de una oficina local (valor 3), o si su presencia es provincial (valor 2) y si sólo está presente a nivel regional (valor 1). Un cuarto parámetro podría ser la **capacidad fiscalizadora (F)**, entendida como la posibilidad concreta y material de ejercer una capacidad de fiscalización permanente en el cumplimiento de las normas jurídicas que aplican en el área de estudio. La caracterización y análisis de estos parámetros adicionales deben ser hechos en un estudio monográfico específico y con paneles de expertos multisectoriales.

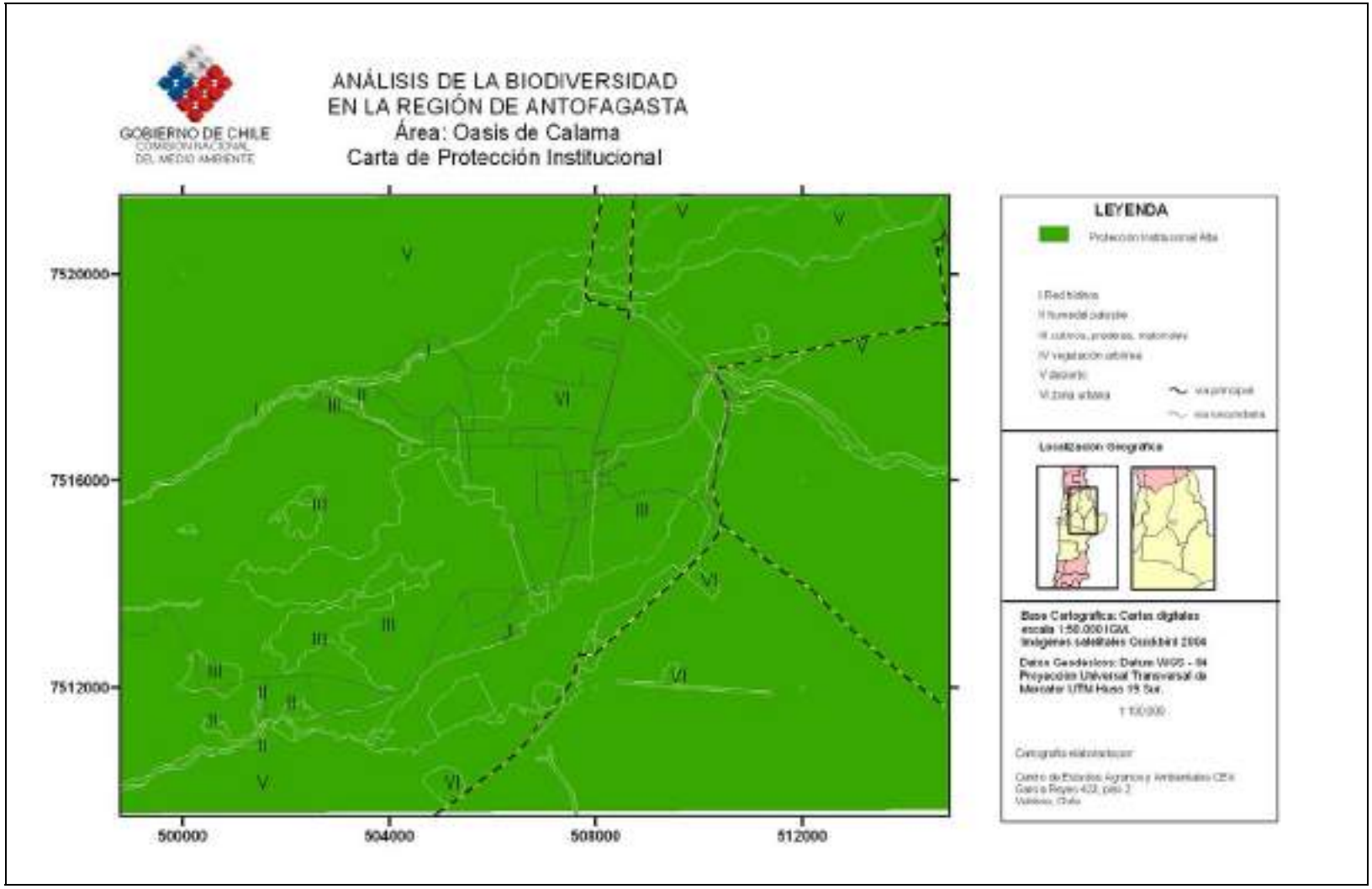


FIGURA 7-30. CARTA DE PROTECCIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO EN CALAMA. 2007

4. CONCLUSIONES

- Existen 19 normas jurídicas que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos; 13 normas que tendrían influencia sobre la conservación de los humedales palustres; diez regulaciones aplicarían sobre el sistema relevante identificado en el oasis como praderas, cultivos y matorrales y 12 normas aplican en el resguardo de la vegetación arbórea.
- El sistema hídrico es el componente ambiental de mayor protección según la cantidad de regulaciones que lo afectan, algunas de éstas abordan el ambiente en su conjunto, otras se refieren a la calidad del agua y a la protección de acuíferos y algunas se orientan a la protección de especies asociadas a ese ambiente. Paradojalmente es, también, el recurso más deteriorado.
- Adicionalmente, en el sistema urbano, aplican cinco normativas que tienen alcances ambientales y en el desierto cuatro.
- Potencialmente existirían las normas jurídicas suficientes de modo que se pueda proteger y/o mejorar las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados.
- No existe una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios. Dentro de este contexto, se aprecia la total ausencia, en el Ordenamiento Jurídico, de manifestaciones concretas del Principio de Precaución, al que obliga la adhesión al Convenio sobre Diversidad Biológica y la Convención de Ramsar.
- La existencia de muchos servicios y organismos estatales, con competencias sectoriales sobre la biodiversidad, y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales, ponen de manifiesto la superposición de funciones y pocas posibilidades de coordinación. Adicionalmente el aspecto de fiscalización, en el cual muchas instituciones tienen atribuciones, se considera un buen resguardo, el que sin embargo en la práctica adolece de grandes falencias debido a la escasez de personal y de recursos asignados.

CAPITULO VIII
ZONIFICACIÓN

CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La zonificación se entiende como parte de un proceso de ordenamiento territorial que consiste en definir las superficies de uso dentro del área de Oasis de Calama, principalmente definiendo el valor de las zonas existentes como objetivos de conservación y/o uso potencial. Este uso de zonificación posee objetivos de desarrollo, los cuales están sujetos a una serie de actividades acordes con el sentido de cada una de estas áreas. El trabajo se ha desarrollado en función de distintos factores considerados variables de determinación, tales como el valor patrimonial del recurso (riqueza de fauna, flora y valor del paisaje perceptual), el valor del uso actual (uso de suelo, asociaciones vegetacionales) y los elementos de protección de los recursos naturales instaurados de manera legal o potencial dentro del territorio. De esta manera, se establecen los siguientes objetivos específicos para el ordenamiento territorial del área de estudio.

- Establecer zonas de manejo de acuerdo a criterios ambientales, sociales y económicos.
- Establecer los objetivos para cada zona propuesta.
- Establecer los programas de manejo para cada una de las zonas potenciales.

El material de trabajo utilizado se basa en la digitalización de unidades cartográficas homogéneas (UCH) sobre un mosaico digital georeferenciado, descrito metodológicamente en el capítulo de análisis cartográfico. En estos shapefiles, se ha volcado la información recopilada en terreno de fauna y flora, además de toda la percepción legal levantada a partir del marco teórico legal de protección de los recursos naturales existentes en la zona de estudio. El detalle de estos levantamientos se presenta en los capítulos respectivos.

El presente proyecto entregará como producto la *zonificación cartográfica* del área Oasis de Calama, donde se establece el valor de conservación nominal en cada una de las zonas resultantes de acuerdo a la información recopilada. Estas zonas deben ser representadas cartográficamente y georeferenciadamente ubicables. El modelo diseñado, debiera ser útil para otras experiencias, lo que implica una homogenización previa y clara de las variables a detectar en terreno y un trabajo claro con respecto a la recopilación y análisis de esta información.

2. ÁREA DE ESTUDIO

Corresponde al área del Oasis de Calama, Región de Antofagasta. Esta área corresponde al oasis donde se emplaza la ciudad de Calama y sus sitios eriazos periurbanos, así como áreas de interés natural cercanos a la ciudad (Fig.8-1).

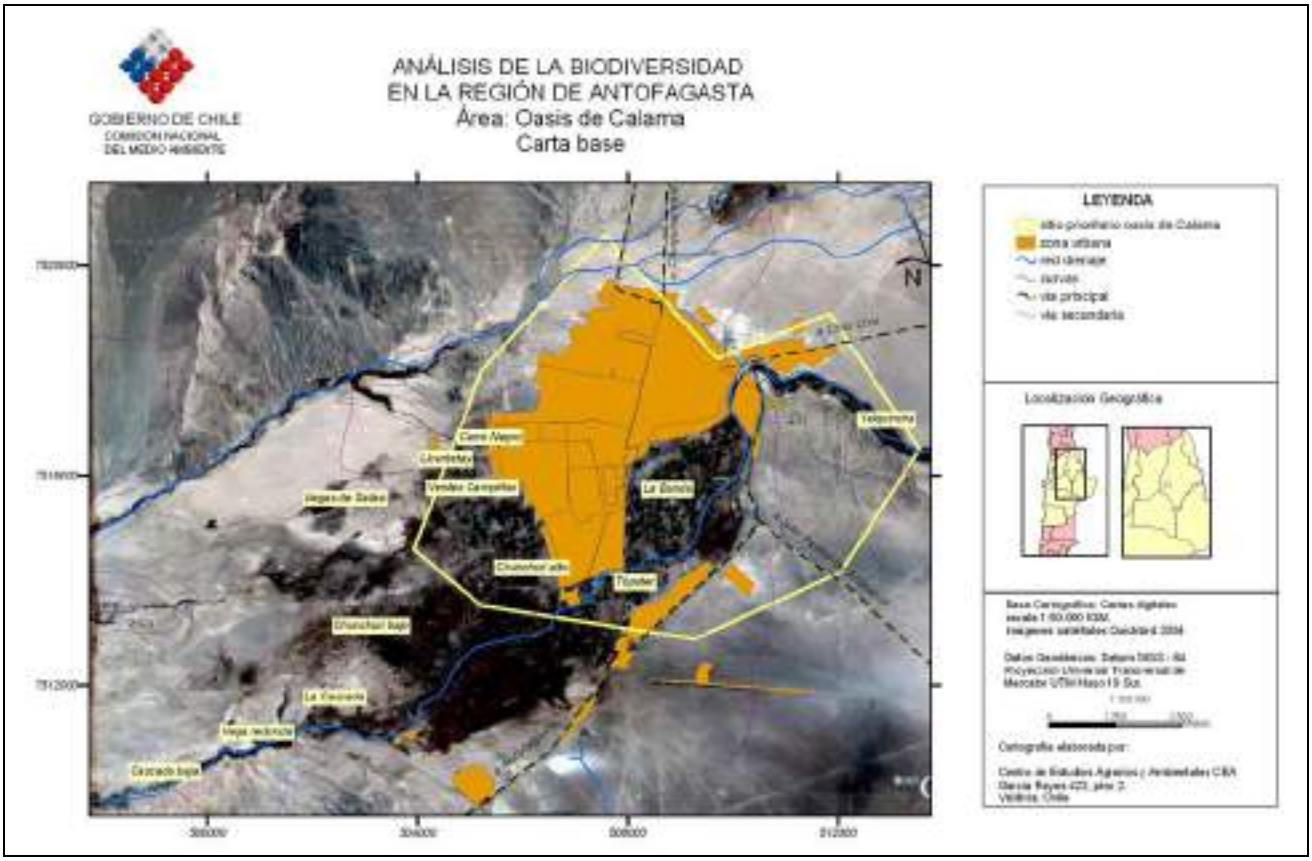


FIGURA 8-1. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA OASIS DE CALAMA.

3. METODOLOGÍA

Para lograr un análisis integral de la información geográfica existente, el CEA ha sistematizado la información entregada por la línea base y la campaña complementaria de terreno. Toda esta información se ha transformado o adaptado en *coberturas geográficas* mediante el uso de un sistema de información geográfico (SIG). Los programas elegidos son el ArcView 3.2 y ArcGIS 8.2, que utiliza el formato shapefile (**.shp*) como archivo *layer*. Una vez recopilada toda la información, se hace necesario un proceso que integre todas las capas generadas de acuerdo a un orden lógico de valoración para cada una de ellas, donde se consideren las virtudes y defectos encontrados y que definan las capacidades de manejo del área.

La metodología propuesta propone un modelo de *zonificación en base a procesos de overlay aritmético*, donde se obtiene la síntesis del valor de uso mediante un solo modelo de overlay planificado gráfica y alfanuméricamente. Todas las capas o layers que ingresan en el modelo corresponden a los parámetros de la zonificación, mientras que las categorías valorizadas son las variables. Para ello, se utiliza un *software sig de proceso (ModelBuilder 2.0a)* lo que facilita el proceso de asignación de valor final a las zonas y las correcciones respectivas (Figura 8-3).

Selección y ponderación de las variables

Con la presente metodología, se propone la elección de las variables que definirán la zonificación y la ponderación de éstas, según lo acordado en el taller de zonificación. Además, se propone una asignación de valor nominal de zonificación a cada una de las variables, con un rango de 5 posibilidades, 1=muy baja importancia a 5=muy alta importancia. De este modo, considerando la totalidad de las variables incluidas, se obtiene una zonificación final en base a la herramienta de evaluación multicriterio (EMC).

La aplicación de esta evaluación multicriterio para la zonificación de las áreas existentes dentro del área de estudio Oasis de Calama, busca asegurar los siguientes objetivos:

- Mantención de la Biodiversidad. Comprendiendo los servicios ecosistémicos entregados por las zonas aledañas y el valor de conservación de ecosistemas únicos, permitiendo la conservación e investigación de estos sitios.

- Uso Apropiado de los Recursos. Aquellas áreas utilizables deben poseer el criterio del manejo apropiado, conociendo las limitantes de los sitios y persiguiendo la mejora estructural de los recursos.

- Enfatizar el Uso Tradicional. Orientando el apoyo técnico hacia un uso múltiple, holístico, en base a los conocimientos, patrimonio y aspiraciones culturales propias de las comunidades asentadas dentro de las áreas y en sectores aledaños o área de influencia de los sitios.

Esta etapa de modelamiento para obtener la *Síntesis* de los parámetros y variables propuestos se basa en procesos sucesivos de *overlay* considerando un modelo algorítmico de *proceso-resultado*. En términos simples, un *overlay* es una sobreposición de dos o más *capas geográficas*. Como resultado, los valores de esas capas (referidos a valores de representación de sus características temáticas) pueden sumarse, restarse, multiplicarse o dividirse entre sí, obteniendo una nueva *capa geográfica resultado* con un valor procesado producto de la interacción de las *capas input*. Es así como hablamos de un *overlay aritmético*, el cual puede ser aditivo, sustractivo o ponderado según las características antes explicadas. En este caso, se propone un *overlay aditivo* entre las capas input para obtener un valor que incorpore todas las capas geográficas a considerar. Sin embargo, los input geográficos (que corresponden a distintas variables de consideración), pueden ser agrupados en *Parámetros*, los cuales pueden ser indistintamente ponderados, dando un porcentaje mayor de *"peso"* a aquellos parámetros que se consideran más relevantes en la búsqueda de una zonificación (realizado en el taller de zonificación del CEA), lo que está determinado principalmente por los objetivos que se persiguen. Es así como la metodología propuesta busca desarrollar un *modelo* en base a *overlays sucesivos* con características *mixtas* entre aditivo y ponderado.

Este modelo será construido en la extensión *Model Builder 2.0* de *ArcView 3.2*, aunque el análisis espacial y la representación de resultados se realizarán en *ArcGis 8.1*. El programa Model Builder permite la programación gráfica y alfanumérica de la serie completa de overlays en un solo procedimiento. En su parte gráfica (Figura 8-2), lo procesos son ordenados desde el establecimiento de las capas a utilizar donde se define el rol temático de la capa a ingresar, hasta la obtención de la Síntesis resultado que nos entrega el valor base de zonificación final, la que puede ser posteriormente revalorada y asignada según las categorías de valor resultantes. Este programa trabaja a tres niveles mínimos, el primero de ellos ingresa los *datos de proyecto*

(cuadros azules) que corresponde al *nodo input*, aquí se presentan las coberturas temáticas a ingresar en el modelo, especificando el formato respectivo. El segundo nivel corresponde al *nodo de función* (óvalo naranja), donde se aplica la operación espacial sobre el nodo input, que va desde una simple transformación de formato (vector a grid o raster, modelo de elevación del terreno, búffer espacial, etc.) y un tercer nivel que corresponde al *nodo de dato derivado* (cuadro verde), que explicita el resultado del nodo de función. A partir de ellos, se pueden obtener sucesivos nodos de datos derivados, lo que explicita el fundamento de los overlays sucesivos. Cada nivel está ligado unidireccionalmente por un *vector de operación* (líneas negras), hasta llegar al resultado final o síntesis (Figura 8-2).

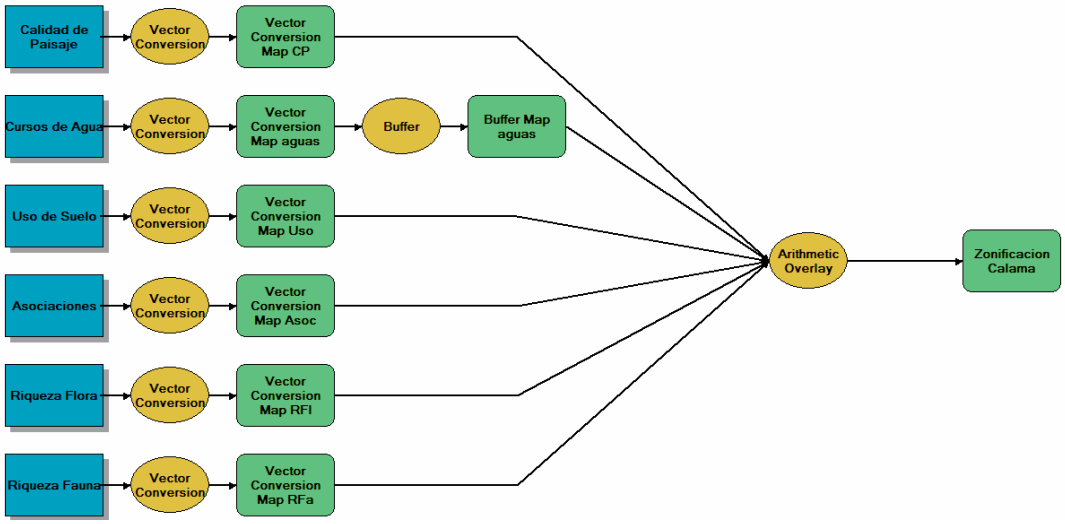


FIGURA 8-2. MODELO GRÁFICO EN MODELBUILDER 2.0 PARA LA OBTENCIÓN DE LA ZONIFICACIÓN DE OASIS DE CALAMA.

Del mismo modo, el programa incluye un módulo tabular en el cual se asignan los valores a ingresar y la ponderación por parámetro según el tipo de overlay deseado. De este modo, el establecimiento de la información y su valoración son ingresadas por el usuario de manera rápida y ordenada, facilitando el procedimiento de síntesis (Fig. 8-3).

FIGURA 8-3. CUADRO DE ASIGNACIÓN DE VALOR POR CATEGORÍA TEMATICA EN EL PROCESO DE MODEL BUILDER 2.0.

4. RESULTADOS

Tal como se observa en la figura 8-2, los parámetros ingresados corresponden a las capas obtenidas en los procedimientos cartográficos y de terreno descritos en cada uno de los capítulos respectivos. Sin embargo, en los siguientes párrafos se entregan detalles de las valoraciones de parámetros y variables ingresados en el proceso de zonificación.

Valor de Paisaje

El valor de paisaje obtenido (según la metodología detallada en el capítulo VI) fue categorizado en 5 variables según taller de zonificación realizado. La ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 12,5%. Estos valores se presentan en la Tabla 8-1.

TABLA 8-1. VALORACIÓN DEL PARÁMETRO VALOR PAISAJE SEGÚN SUS RANGOS NUMÉRICOS (SEGÚN MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 2000).

Rango de Valor de Paisaje	Valor numérico	Valor nominal
1 – 5	1	Muy bajo
6 - 7	2	Bajo
8 - 11	3	Medio
12 – 15	4	Alto
16 - 20	5	Muy alto

Cursos de agua

A los cursos de agua se les estableció dos rangos de protección, 0 – 30 m y 30 – 60 m, valorizando ambas áreas con valores 5 (muy alto) y 3 (medio) para la conservación. La ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 25%.

Uso de Suelo

El uso de suelo se valorizó de acuerdo a su estado, descrito en terreno, y a su valor para la conservación de acuerdo al uso actual (Figura 8-5). La ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 12,5%. Los rangos de valor asignado se muestran en la tabla 8-2.

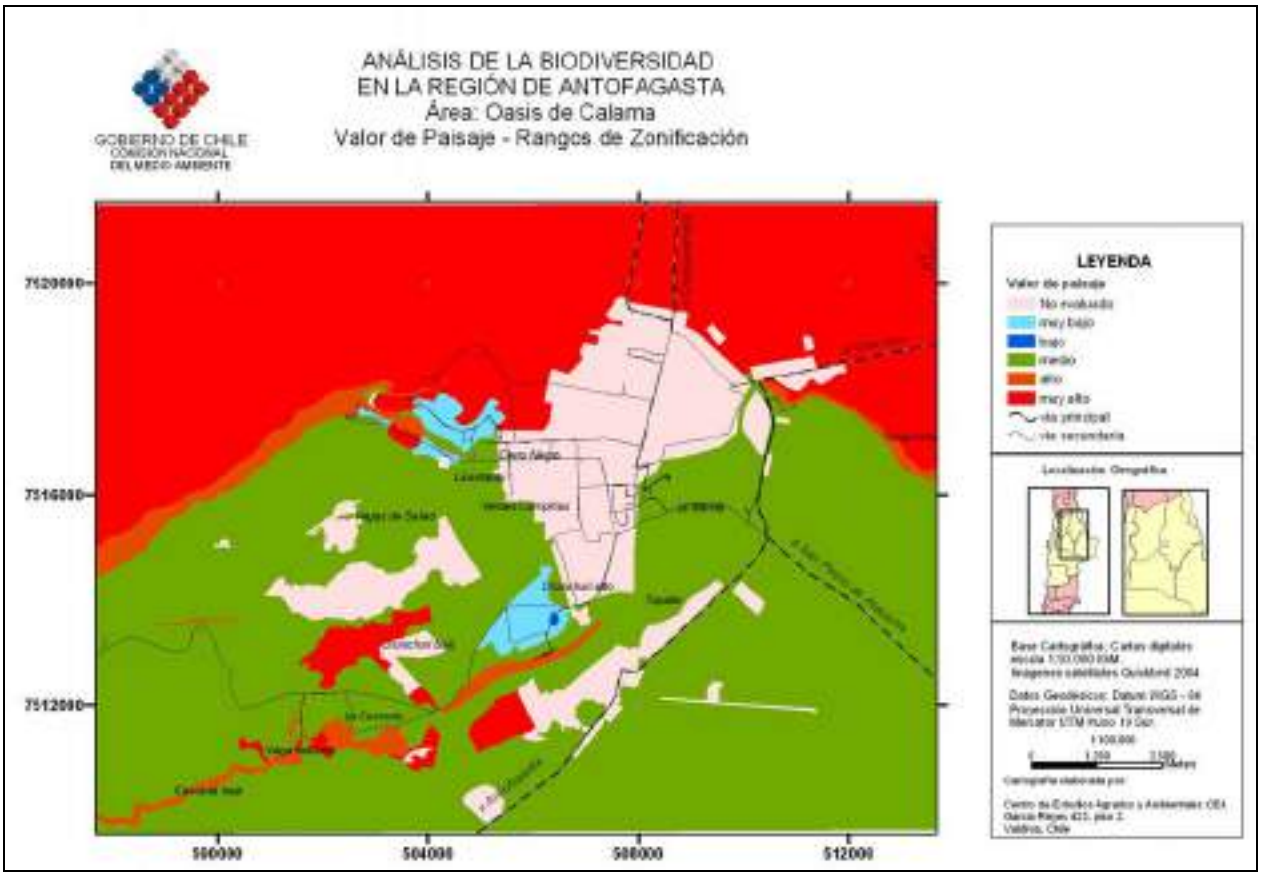


FIGURA 8-4. RANGOS NOMINALES DEL VALOR DE PAISAJE INGRESADOS AL ALGORITMO DE ZONIFICACIÓN.

TABLA 8-2. VALORACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PARÁMETRO VALOR DE USO DE SUELO

Uso de suelo	Valor numérico	Valor nominal
Cultivo	1	Muy bajo
Matorral denso	5	Muy alto
Matorral ralo	3	Medio
Matorral ripario	5	Muy alto
Plantación	2	Bajo
Urbano	2	Bajo

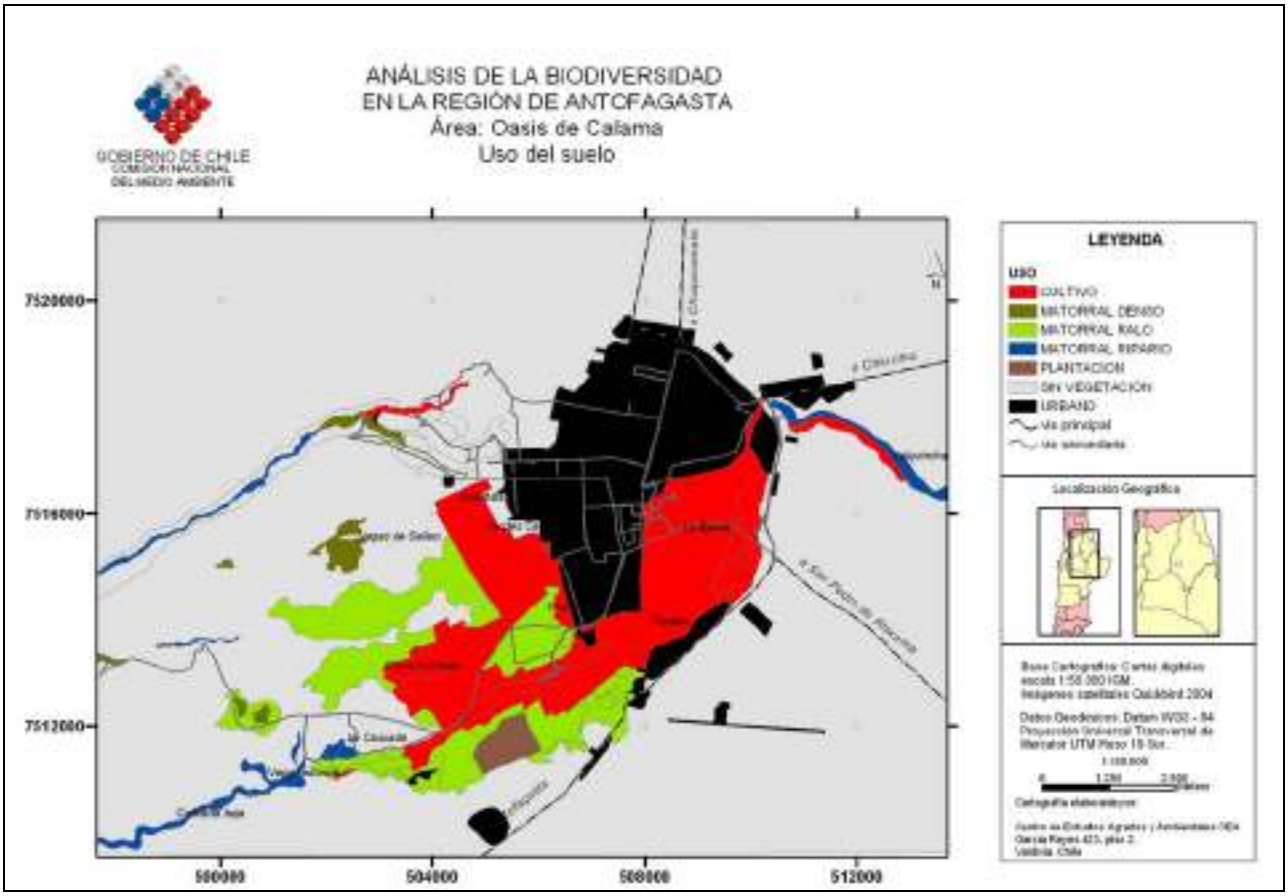


FIGURA 8-5. USO DE SUELO DEL OASIS DE CALAMA.

Asociaciones vegetacionales

De acuerdo al taller de expertos, los valores numéricos fueron asignados teniendo en cuenta el estado de conservación y el valor de protección de las asociaciones vegetacionales en el área del oasis. El valor de ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 25%. Estos valores se presentan en la Tabla 8-3. Los mayores valores de importancia fueron asignados a las áreas naturales, por lo que las plantaciones *Prosopis* spp obtuvo una baja valoración.

TABLA 8-3. VALOR PARA LA ZONIFICACIÓN ASIGNADA A LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES.

ASOCIACIÓN	VALOR NUMÉRICO	VALOR NOMINAL
Atriplex atacamensis – Baccharis petiolata	5	Muy alto
Atriplex atacamensis – Baccharis petiolata – Medicago sativa	4	Alto
Atriplex atacamensis – Baccharis petiolata – Baccharis juncea	4	Alto
Baccharis juncea – Scirpus americanus	5	Muy alto
Distichlis spicata – Medicago sativa	3	Medio
Pluchea absinthioides – Distichlis spicata	5	Muy alto
Pluchea absinthioides – Zea mays	2	Bajo
Prosopis spp. (plantación)	1	Muy bajo
Areas Urbanas	1	Muy bajo

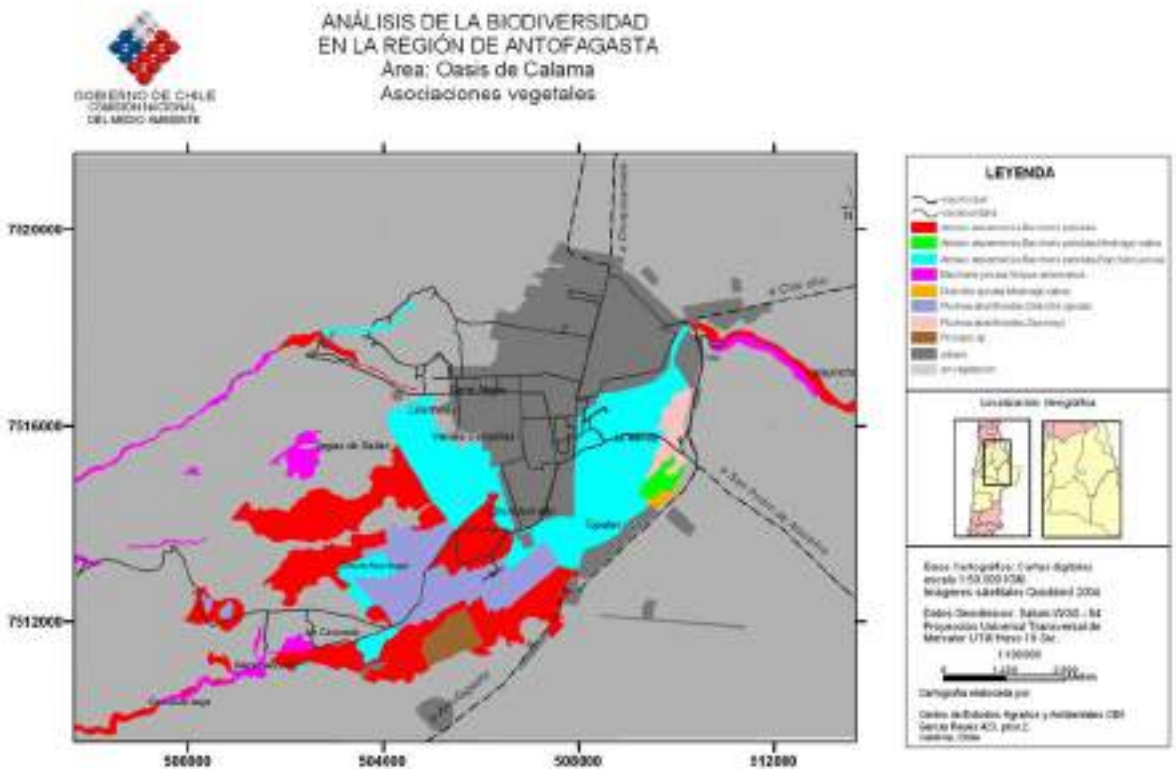


FIGURA 8-6. ASOCIACIONES VEGETACIONALES DE OASIS DE CALAMA.

Riqueza de Flora

La riqueza de flora ingresada al procedimiento de zonificación corresponde a aquella obtenida según los relevamientos de terreno y especificada en la cartografía. El valor de ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 12,5%. De este modo, los rangos de clasificación de la riqueza de flora como variables son los siguientes:

TABLA 8- 4. VALOR DE VARIABLE PARA LOS RANGOS DE RIQUEZA DE ESPECIES DE FLORA EN OASIS DE CALAMA.

Valor de riqueza de especies de Flora	Valor numérico	Valor nominal
1	1	Muy bajo
2	2	Bajo
3-4	3	Medio
5-6	4	Alto
7-8	5	Muy alto

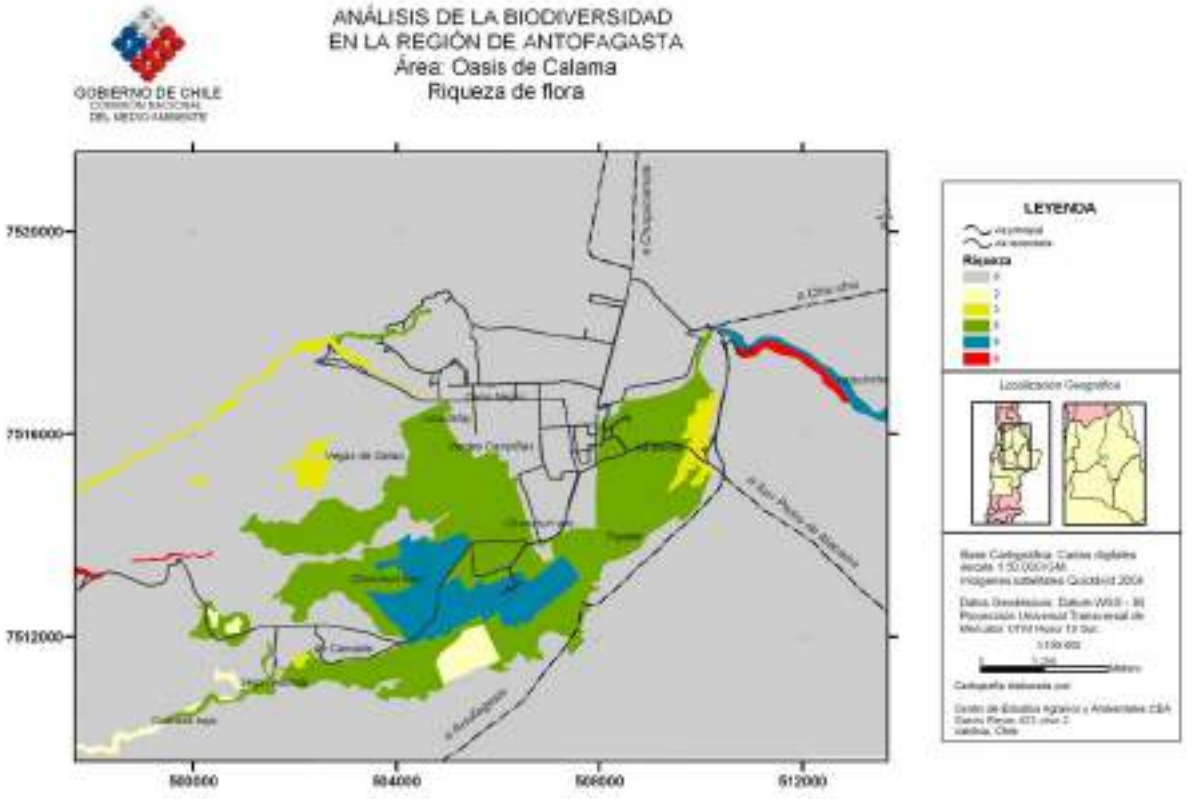


FIGURA 8-7. MAPA DE RIQUEZA DE FLORA EN OASIS DE CALAMA.

Riqueza de Fauna

Al igual que en caso de la flora, la riqueza de fauna ingresada al procedimiento de zonificación corresponde a aquella obtenida según lo especificado en la metodología de relevamiento de fauna. El valor de ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 12,5%. De este modo, los rangos de clasificación de la riqueza de fauna como variables son los siguientes:

TABLA 8-5. VALOR DE VARIABLE PARA LOS RANGOS DE RIQUEZA DE ESPECIES DE FAUNA EN OASIS DE CALAMA.

Valor de riqueza de especies de Fauna	Valor numérico	Valor nominal
0 - 5	1	Muy bajo
6 - 8	2	Bajo
9 - 11	3	Medio
12 - 13	4	Alto
14 - 20	5	Muy alto

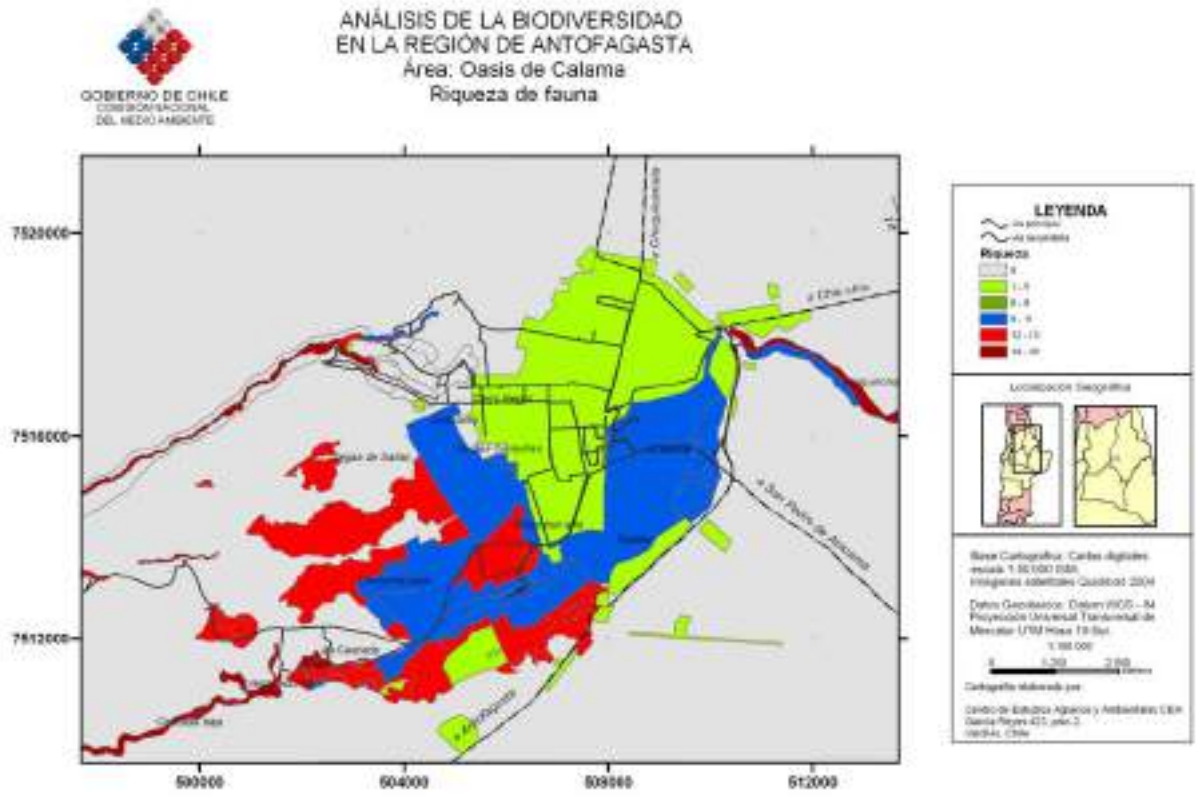


FIGURA 8-8. MAPA DE RIQUEZA DE FAUNA EN OASIS DE CALAMA.

Valor Final de Zonificación. Valor de Conservación

Una vez realizado el procedimiento de overlay, se obtiene un layer aditivo con 5 categorías de uso que corresponde al resultado del proceso. De acuerdo a los criterios utilizados, se trata de la zonificación de acuerdo a los valores según el criterio de *valor de importancia para la conservación.* Este valor se presenta en la siguiente tabla.

TABLA 8-6. VALOR RESULTANTE DEL PROCESO DE ZONIFICACIÓN.

VALOR FINAL DE ZONIFICACIÓN	VALOR NUMÉRICO	VALOR NOMINAL
0 – 8	1	Muy bajo
8 – 16	2	Bajo
16 – 24	3	Medio
24 – 32	4	Alto
32 - 40	5	Muy alto

En la carta zonificación se observa que la mayor parte del Oasis de Calama presenta una categoría media de valor para la conservación, mientras que los valores para la conservación Muy Alto y Alto se concentran en las zonas correspondientes a cursos de agua y las áreas aledañas a éstas, dado la integración de todas las variables consideradas para la obtención de la zonificación final. Por otro lado, existen zonas con bajo valor de conservación, las que en el contexto del territorio, representan zonas muy acotadas y poco extensas. Dentro de esta categoría se encuentra la plantación de algarrobos, ya que se trata de una unidad artificial.

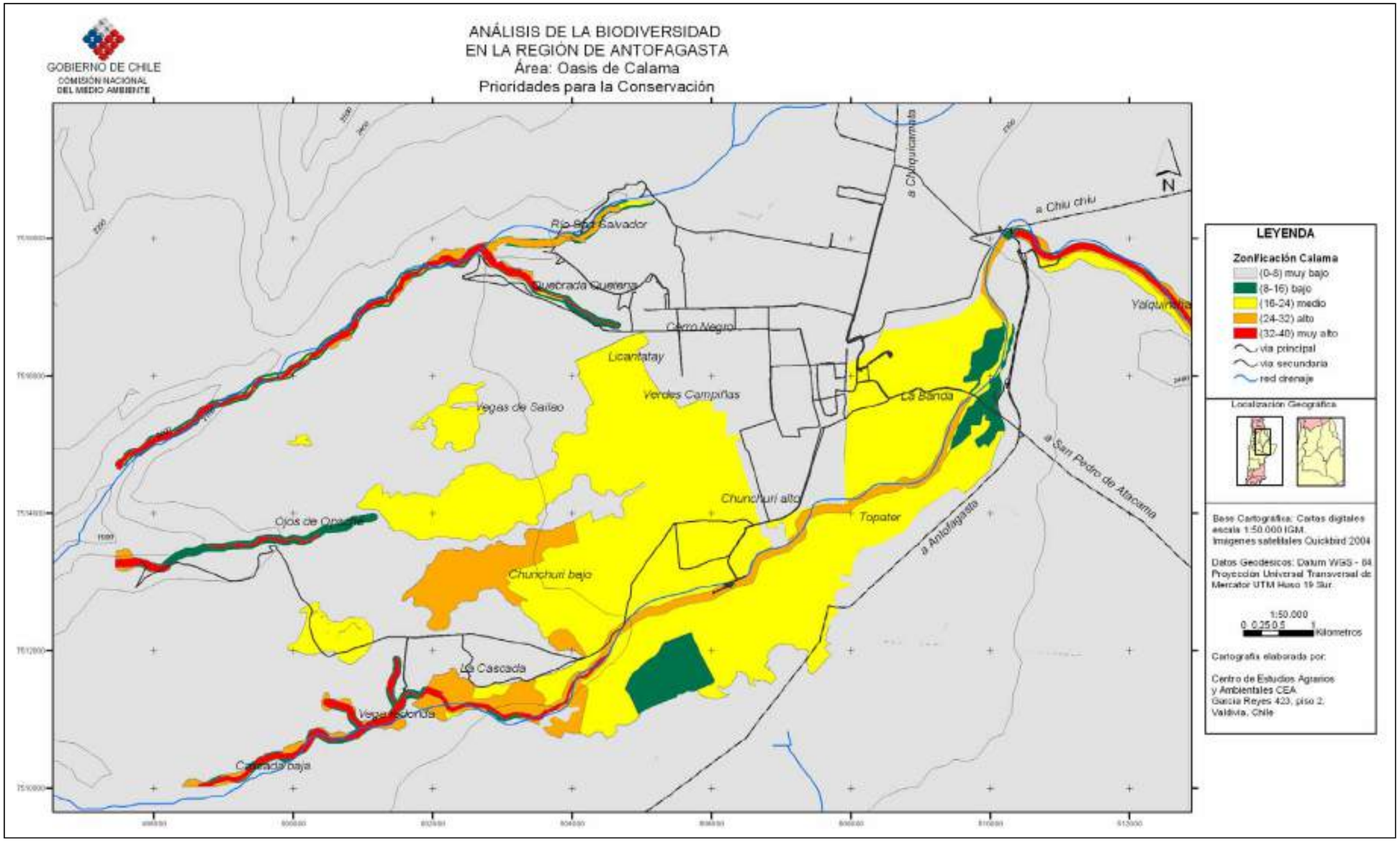


FIGURA 8-8. MAPA DE RIQUEZA DE FAUNA EN OASIS DE CALAMA.

CAPÍTULO IX
PLANES DE MANEJO

CAPÍTULO IX PLANES DE MANEJO

1. OBJETIVOS ESTRATEGICOS

En el taller realizado en Valdivia con fecha 5 de enero 2008, y en el que participaron el equipo ejecutor en su totalidad y tres consultores asociados a este estudio, miembros del Museo Nacional de Historia Natural, se definieron los objetivos estratégicos para las cinco áreas en estudio: a) Oasis de Calama, b) Valle de Quillagua, c) Laguna Lejía, d) Alrededores del Volcán Licancabur y e) Geisers del Tatio. La justificación de estos objetivos, y el análisis final de la situación medio ambiental de cada área de estudio se presentaron en los informes finales para cada área.

Si bien estos objetivos son generales, cada uno de ellos permite recoger las singularidades de cada sitio en particular, lo que se verá reflejado en cada uno de los programas de manejo desarrollados en el siguiente capítulo.

Objetivos estratégicos:

Proteger los ecosistemas representativos y objetos de conservación de presiones antrópicas generadoras de perturbaciones.

Investigar tópicos prioritarios vinculados con área de conservación.

Sensibilizar, educar y concientizar a la población local, visitantes y actores clave sobre la importancia de los ecosistemas existentes en el área prioritaria de conservación.

Promover el manejo sustentable de los recursos existentes en el área prioritaria de conservación.

Recrear a los visitantes en las áreas adecuadas y establecidas para ello en el área prioritaria de conservación.

2. PROGRAMAS DE MANEJO

Los programas de manejo son los elementos de acción donde se definen los lineamientos, directrices, actividades, normas y requerimientos de cada componente de manejo del área objetivo. Estos programas definen las actividades, infraestructura y normas a ser implementadas en cada una de las zonas definidas en el proceso previo de zonificación (Oltremari & Thelen 2003). Los programas de manejo aquí presentados, contienen las actividades a realizar al interior del área de conservación aunque en algunos casos su influencia se extiende más allá de sus límites.

Los programas de manejo deben estar en concordancia con los objetivos estratégicos definidos para el área de conservación. A continuación se presentan los programas de manejo propuestos, con una breve descripción, sus objetivos y principales actividades. Cabe destacar que, dada la naturaleza de este estudio, los planes de manejo se orientan principalmente hacia los aspectos de conservación de los ecosistemas relevantes con énfasis en su biodiversidad, más que en aquellos aspectos de gestión institucional.

3. PROGRAMAS DE MANEJO ESPECÍFICOS

3.1. Programa de protección y recuperación de ecosistemas representativos

Este programa comprende las actividades necesarias para la conservación y recuperarción de los ecosistemas representativos del Oasis de Calama y que presenten algún grado de degradación producto de las actividades antrópicas:

a) Humedales ribereños asociados al río Loa.

b) Humedales ribereños asociados al río San Salvador.

c) Humedales asociados a afloramientos en Ojo de Opache.

d) Humedales asociados a la quebrada de Quetena.

e) Humedales asociados al afloramiento en vega Redonda.

a) Objetivos

- Garantizar la integridad de los humedales ribereños en el oasis del Loa.
- Garantizar la integridad de los humedales asociados a afloramientos (acuíferos).

b) Actividades

- Implementación de un sistema de restricción de acceso e instalación de un sistema autoindicativo de protección (señalética autoindicativa). Corresponde a la primera medida de recuperación natural de áreas y se desarrolla dentro de aquellos sitios más degradados.
- Limpieza y recuperación directa. Eliminar los microbasurales en las riberas. Realizar campañas de extracción de basuras y borrado de rayados en rocas.
- Control de perros vagos, mediante aplicación de procedimientos actualmente en práctica en el país (esterilización de hembras, implante de microchips, campañas de tenencia responsable de mascotas, etc.).
- Mantener las riberas como áreas de protección, aplicando lo señalado para las zonas de restricción en el plan regulador y ampliándolo a toda la extensión del cauce.
- Disminuir la presión de urbanización en las áreas de riberas, estableciendo regulaciones que permitan edificaciones en muy bajas densidades.
- Mejorar el sistema de tratamiento de aguas servidas de la planta actualmente en operación.
- Conservar las áreas de matorrales asociados a los humedales, evitando la quema y el pastoreo del ganado.

3.2. Programa de manejo sustentable de agroecosistemas

Considera matorrales xerófitos densos de los sectores Chunchuri alto y bajo y áreas agrícolas del sector de Yalquincha.

a) Objetivos

- Aumentar la biodiversidad en agroecosistemas de Chunchuri alto y bajo.
- Aumentar la biodiversidad en agroecosistemas de Yalquincha.

b) Actividades

- Regularizar la propiedad de la tierra de las áreas Chunchuri alto y bajo y Yalquincha.
- Asegurar la disponibilidad de agua de riego, para que esta limitante no afecte su disponibilidad para la flora y fauna silvestre asociada a agroecosistemas.
- Diversificar los cultivos agrícolas, de modo que exista una mayor heterogeneidad ambiental.
- Implementar actividades de mejora del hábitat
  - cortavientos con vegetación arbórea (pimiento, chañar y algarrobos) para evitar la erosión eólica y aumentar la heterogeneidad ambiental.
  - Casas anideras, perchas y artificios en general, que mejoren el hábitat para las aves.
- Implementar un sistema de monitoreo de la biodiversidad, focalizando sobre las especies con problemas de conservación y aquellas asociadas a los objetos de conservación definidos en el Oasis de Calama.

3.3. Programa de investigación

El programa de investigación complementará la información existente en la línea base y llenará los vacíos de antecedentes, de manera de obtener el conocimiento suficiente para entender y manejar el Oasis de Calama. Este programa de investigación cruza transversalmente varios de los programas propuestos, ya que establece el conocimiento base para los programas de protección, manejo de agroecosistemas, educación e interpretación ambiental y recreación.

a) Objetivos

- Desarrollar información de áreas no relevadas o abordadas en el estudio de análisis de la biodiversidad de la Región de Antofagasta.
- Generar conocimiento para los programas de protección, manejo de agroecosistemas y educación e interpretación ambiental y recreación.
- Conocer la bioecología local de especies con problemas de conservación, de singularidad taxonómica o de interés ecológico.

b) Actividades

- Evaluar la percepción y actitud de los habitantes de la comuna de Calama hacia el oasis.
- Evaluación de conectividad de ecosistemas prioritarios.
- Caracterizar el efecto de la ganadería sobre la vegetación así como de la capacidad de carga.
- Estudio genético y ecológico de *Mus musculus* como especie asilvestrada.
- Estudio ecológico del impacto de especies de fauna introducidas sobre las nativas.
- Efecto de los diferentes cultivos actuales y potenciales sobre la biodiversidad.
- Estudio de la capacidad de propagación de las especies vegetales con problemas de conservación (*Prosopis* spp.).
- Estudio de la distribución local y abundancia de anfibios.
- Estudiar el impacto sobre la fauna de anfibios que provoca la desecación del río Loa.
- Determinar el caudal ecológico del río Loa.
- Evaluar la necesidad de que frente a todo evento el embalse Conchi mantenga un caudal mínimo para la mantención de las especies acuáticas.
- Estudiar el efecto de la contaminación del río Loa sobre las especies nativas especialmente las más sensibles (crustáceos, anfibios, peces).

3.4. Programa de educación e interpretación ambiental

La educación ambiental posibilita las vías de comprensión de los procesos y componentes de la naturaleza, así como de los problemas multidimensionales causados por el ser humano. Ayuda a fortalecer una ética ambiental que permita modificar las actitudes que no contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas socioeconómicos y a la responsabilidad para con las futuras generaciones. Así, el Oasis de Calama parece presentar recursos educativos e interpretativos para los visitantes. La interpretación es el arte de explicar el lugar del hombre en su medio, con el fin de incrementar la conciencia del visitante acerca de la importancia de esa interacción, y despertar en él un deseo de contribuir a la conservación de su ambiente (Aldridge 1973).

Edwards (1976) indica que la interpretación posee cuatro características que hacen de ella una disciplina especial: es comunicación atractiva, ofrece una información concisa, es entregada en presencia del objeto en cuestión y su objetivo es la revelación de un significado. Peart (1977) agrega que la interpretación es un proceso de comunicación diseñado para revelar al público significados e interrelaciones de nuestro patrimonio natural y cultural, a través de su participación en experiencias de primera mano con un objeto, artefacto, paisaje o sitio. Desde otro ángulo Rideout-Civitarese et al. (1997) definen la interpretación como una actividad de comunicación diseñada para mejorar la calidad de la experiencia recreativa del visitante, y para inspirar, de una forma agradable, un mayor aprecio por el recurso. Finalmente Morales (2000) sintetiza que la interpretación del patrimonio es el arte de revelar *in situ* el significado del legado natural, cultural o histórico, al público que visita esos lugares en su tiempo libre.

a) Objetivos

- Fomentar una ética de conservación hacia el patrimonio natural y cultural en los habitantes de Calama.
- Desarrollar un programa interpretativo del patrimonio del Oasis de Calama.
- Ayudar al público objetivo a comprender y valorar el patrimonio natural y cultural del oasis.

b) Actividades

- Evaluar el Oasis de Calama para su uso educativo e interpretativo.
- Desarrollar un programa de educación ambiental no formal que contribuya al conocimiento y valoración del patrimonio natural del Oasis de Calama, se sugiere abordar los aspectos que le confieren características únicas al lugar (ecosistemas, importancia del agua, adaptaciones al ambiente, relación con elementos culturales, etc.), sin embargo, los aspectos específicos estarán determinados por los resultados de la evaluación de la percepción y actitud de los habitantes de la comuna de Calama hacia el oasis, señalada en el programa de investigación.
- Desarrollar un programa de educación ambiental formal que contribuya al desarrollo de una ética ambiental y la valoración del Oasis de Calama en la población escolar. Se sugiere apoyar su incorporación a través de unidades curriculares pemanentes que se integren a los planes y programas de todas las asignaturas (subsectores).
- Desarrollar un programa de interpretación del patrimonio en los sitios de interés natural o cultural, espacios públicos, etc.

3.5. Programa de comunicación y recreación

El programa de comunicación y recreación tiene como objetivo desarrollar una *imagen promocional* del Oasis de Calama y presentarla entre distintos actores sociales involucrados territorial y extra territorialmente, es decir, actores vinculados al área del Oasis de Calama, que habitan o realizan actividades en el oasis, como aquellos actores que no se vinculen directamente al oasis, como por ejemplo, las comunidades aledañas, a nivel regional o nacional. Esta *imagen* del oasis debe buscar acercar a los potenciales usuarios al patrimonio natural representado, rescatando sus valores ecológicos y paisajísticos como parte de la identidad local. En este sentido, el paisaje visual es uno de los factores a considerar en la determinación del potencial ecoturístico de un sector o localidad, es así como destacan en el Oasis de Calama los paisajes que obtuvieron una mayor calidad de acuerdo a su valoración: “Plantación de algarrobos”, “Cascada quebrada río Loa” y “Laguna vegetación palustre”, siendo unidades con un alto potencial ecoturístico reconocido en la percepción de los habitantes del oasis aún cuando carecen de infraestructura, cuidado y mantención. Además, el programa debe definir estrategias que difundan y minimicen los impactos antrópicos sobre el oasis.

a) Objetivos

- Evaluar el potencial recreativo del Oasis de Calama.
- Desarrollar una estrategia de comunicación patrimonial.

b) Actividades

- Evaluar y delimitar las áreas de alto potencial recreativo.
- Identificación de los públicos objetivo.
- Establecer la capacidad de carga de las áreas de alto potencial recreativo.
- Trazado de una ruta recreacional.

3.6. Programa de monitoreo socio ambiental

La implementación de un monitoreo en el contexto de un programa de manejo tiene tres objetivos principales: verificar el progreso del programa; indicar si la implementación está alcanzando los resultados esperados; recopilar y proporcionar nueva información para actualizar, revisar los programas y decidir sobre las futuras acciones. Es necesario, previo a su instauración, tener claridad en al menos cuatro puntos básicos: propósito, método, análisis e interpretación del programa de monitoreo (National Research Council 1986, Horton et al. 1993, Usher 1995, Gil 2002). Al proporcionar una retroalimentación en el tiempo, un sistema de monitoreo permite mejorar la implementación de las actividades en curso o hacer ajustes en los planes y diseños de investigación, para decidir si la actividad debe continuar como se ha planificado, si deben hacerse cambios importantes en las metas o en los planes, o si debe concluirse (Murphy & Noon 1991, Horton et al. 1993). Hecho de manera correcta, un programa de monitoreo proporciona índices continuos de calidad que pueden señalar degradación o recuperación de un sistema (National Research Council 1986).

La incorporación de la dimensión social en los programas de monitoreo obedece a la necesidad de generar información confiable y objetiva acerca de los posibles impactos que la implementación de iniciativas en el oasis puedan generar en el aspecto social, para lo cual se deben desarrollar actividades de monitoreo en la comunidad que permitan realizar un seguimiento constante, desarrollando indicadores sociales que posibiliten medir cambios en estos aspectos (e.g., acceso a recreación, acceso a la información y el conocimiento a través de los programas de educación e interpretación ambiental, cambios actitudinales hacia el medio ambiente, valoración del patrimonio).

En el diseño del programa de monitoreo socio-ambiental se deben considerar tres aspectos principales:

1. Monitoreo del estado de conservación del patrimonio natural y cultural.
2. Monitoreo de impactos sociales de la implementación de las iniciativas en el oasis y de las medidas de conservación adoptadas.

3. Seguimiento o control de gestión, que considera la evaluación de los principales avances de la ejecución de los programas de manejo, con instrumentos *ad hoc* para cada uno de los aspectos a considerar, así como la sistematización de los aprendizajes.

a) Objetivos

- Seleccionar y aplicar indicadores ambientales para el Oasis de Calama.
- Desarrollar indicadores de impactos sociales de la implementación de iniciativas en el Oasis de Calama.
- Evaluar la gestión de los programas de manejo, adecuando sus actividades según el resultado del monitoreo.

b) Actividades

- Elaborar una matriz lógica de actividades y resultados
- Elaborar y aplicar un plan de monitoreo
- Análisis periódico de los resultados

4. HORIZONTE TEMPORAL Y NIVEL DE URGENCIA

Se entrega en la siguiente Tabla las sugerencias de temporalidad, horizonte de tiempo que es factible ejecutar las actividades y el nivel de urgencia, o prioridad de la actividad (clases: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo).

PROGRAMA	ACTIVIDAD	HORIZONTE DE TIEMPO PARA SU APLICACIÓN	NIVEL DE URGENCIA
Protección y recuperación de ecosistemas representativos	Zonificar el oasis con participación de todos los actores interesados para definir, por ejemplo, zonas de recuperación, de restauración, de uso eco turístico de bajo impacto, de prácticas agrícolas, de urbanización.	1 año	muy alto
	Mejorar el sistema de tratamiento de aguas servidas de la planta actualmente en operación, realizar campañas de eliminación de basuras y control de perros vagos	1 año	alto
	Evaluar la posibilidad de implementar un programa de restauración ecológica en zonas específicas concordadas con la comunidad.	1 año	medio

Manejo sustentable de agroecosistemas	Regularización de la propiedad de la tierra y disponibilidad de agua de riego	1 año	muy alto
	Implementar actividades de mejora del hábitat y diversificación de los cultivos agrícolas para mejorar la heterogeneidad ambiental	1 año	alto
	Implementar un sistema de monitoreo de la biodiversidad. Se proponen como indicadores: la riqueza de avifauna, invertebrados acuáticos y de flora	continuo	muy alto
Investigación	Estudios sobre la conectividad de ecosistemas prioritarios y caudal ecológico y mínimo del río Loa.	1 año	muy alto
	Estudios en herpetofauna y especies sensibles.	1 año	muy alto
	Estudio de la capacidad de propagación de las especies vegetales con problemas de conservación (*Prosopis* spp.).	1 año	alto
	Evaluar la percepción y actitud de los habitantes de la comuna de Calama hacia el oasis.	1 año	alto
	Estudios de especies silvoagropecuarias con efectos potenciales sobre la biodiversidad.	1 año	alto
	Estudio ecológico del impacto de especies de fauna introducidas sobre las nativas incluyendo estudios en *Mus musculus*.	1 año	medio
Interpretación ambiental	Implementar un programa de educación y comunicación ambiental para la población local motivándolos a: (a) valorar el patrimonio natural del oasis, (b) mantener las riberas como áreas de protección de cauces, (c) conservar las áreas de matorrales asociados a los humedales	6 meses	muy alto
	Evaluar el Oasis de Calama para su uso interpretativo	6 meses	muy alto
	Desarrollar un programa de interpretación del patrimonio	6 meses	muy alto
	Evaluar el Oasis de Calama para su uso ecoturístico	6 meses	muy alto
Comunicación y recreación	Evaluar y delimitar las áreas de alto potencial recreativo con participación de los actores interesados y desarrollar el concepto imagen del Oasis de Calama.	1 año	alto
	Establecer la capacidad de carga de las áreas de alto potencial recreativo, trazado e implementación de una ruta recreacional.	2 años	alto
Monitoreo socio ambiental	Elaborar una matriz lógica de actividades y resultados	6 meses	alto
	Elaborar y aplicar un plan de monitoreo	6 meses	alto
	Análisis periódico de los resultados	continuo	alto

CAPÍTULO X
ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

CAPÍTULO X ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos específicos del estudio en ejecución, es diseñar material de difusión de la información obtenida por el estudio, con el propósito de dar a conocer y relevar los objetos de presenten características singulares respecto a su categoría de conservación, taxonomía, atractivo turístico, belleza escénica, geología, valor cultural y arqueológico, entre otros.

En base a estos objetos singulares, se han desarrollado cinco productos, que contribuyen a la divulgación amplia de los aspectos naturales y culturales del Oasis de Calama, con el propósito de motivar la puesta en valor del territorio comunal, especialmente aquel asociado a la ciudad y contenido dentro del sitio prioritario de conservación “Oasis de Calama” en el marco de la Estrategia Regional de Conservación de la Biodiversidad de la Región de Antofagasta.

Se ha determinado que el público objetivo de esta estrategia de difusión lo constituirán las escuelas aledañas de las localidades en particular y las escuelas de la región en general, con especial énfasis en aquellas escuelas certificadas ambientalmente o en proceso de serlo, sin perjuicio de otras que quisieran participar de este programa de difusión.

2. PRODUCTOS CONTENIDOS

2.1. Síntesis patrimonial del Oasis de Calama

Este documento reúne antecedentes naturales y culturales de la ciudad, provenientes tanto de fuentes secundarias como de la información obtenida mediante las investigaciones en terreno en los sitios de estudio. En el caso del Oasis de Calama incorpora áreas aledañas al río Loa, tanto mientras éste cruza la ciudad como en las afueras, como Yalquincha y Mirador, además incorpora información de quebradas cercanas como el río San Salvador, quebrada Quetena y Ojo de Opache. El texto completo en formato WORD de esta síntesis se presenta en anexo 3.

2.2. Portal web

La página web cuenta con un portal de inicio en donde se encuentra información general para las cinco áreas estudiadas, pudiendo ser desplegada desde los botones ubicados en la parte superior de la página (desde donde se podrá tener acceso a la información generalizada para los cinco sitios) encontrándose los siguientes botones:

- "inicio" (lleva al inicio de la pagina),
- "patrimonio cultural" (donde es posible apreciar de forma sintética el patrimonio cultural de los sitios),
- "patrimonio natural" (abarca la flora y fauna en forma de lista general de especies presentes en cada sitio los sitios),
- "videos" (donde es posible observar los videos generados para cada sitio),
- "galería" (muestra una galeria de selección fotográfica para cada sitio),
- "vínculos en la web" (muestra un compilado de direcciones web relacionadas con la biodiversidad y con los sitios bajo estudio).

Los botones al lado izquierdo de la página, llevan a cada uno de los sitios. Al pinchar se desplegara otra corrida de botones que permiten tener acceso inmediato a los temas en específico para cada sitio. Dichos botones se repiten para cada uno de los sitios.

Los botones son los siguientes:

Mapa del sitio: direcciona a un mapa referencial para cada zona (Turistel) en donde es posible pinchar y seleccionar en el sitio específico para ver con mejor detalle a través de un enlace con Google-Earth, desplegando una imagen híbrida de fotos satelitales con mapas camineros.

Generalidades del sitio: direcciona a aspectos que muestran a nivel general el área a visitar, tales como la ubicación, clima, geomorfología, entre otros.

Patrimonio cultural: muestra en específico el patrimonio cultural para cada sitio.

Ecosistemas: muestra los distintos ecosistemas presentes en cada sitio.

Flora: muestra una lista detallada de las especies de flora presentes en el sitio enlazando con imágenes de la galería fotográfica.

Fauna: muestra una lista detallada de las especies de fauna presentes en el sitio enlazando con imágenes de la galería fotográfica.

Educación ambiental: enlaza con los materiales desarrollados para la educación ambiental (e.g., cartillas, diaporamas).

2.3. Álbum fotográfico digital

Compuesto por 181 fotografías, el album está divido en cuatro secciones Flora, Fauna, Paisaje y Misceláneos, con imágenes de la flora y fauna más característica del área de estudio, paisajes y tomas de interés. Las imágenes en formato jpg. se entregan en el CD adjunto al presente informe.

2.4. Video promocional

Tiene una duración de 6 minutos aproximadamente y contiene vistas del área, tomas de la fauna y flora con algunos de los nombres comunes de la avifauna para su identificación, así como también se identifican los distintos sectores que aparecen en las imágenes. Acompañado de música de fondo de Intillimani y Altiplano. La versión en formato mpg. se entrega en el CD adjunto al presente informe.

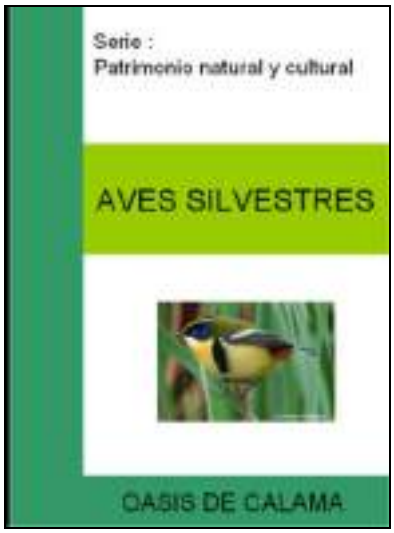
2.5. Cartillas educativas

Son tres cartillas editadas como una serie patrimonial. Cada una consta de al menos ocho páginas y se presentan en un formato de 21 x 25 cm. Reúnen la información obtenida de las prospecciones de biodiversidad realizadas en el área de estudio, información secundaria y aspectos relevantes acerca de la flora, fauna, y culturales e históricos y su emplazamiento en medio del desierto de Atacama.

Las cartillas están dirigidas a todo público, pudiendo ser orientadas a grupos objetivos determinados dependiendo de los objetivos de difusión que se quiera abordar. En principio se presentan como material de apoyo al docente asociado a la propuesta educativa que se acompaña al presente informe. Igualmente pueden ser utilizadas por personas que quieran conocer elementos de la fauna y flora nativa y aprender a identificar algunas de sus especies. Versión de formato pdf de cada cartilla se entregan en el CD adjunto al presente informe.

Aves del Oasis de Calama

Describe las especies encontradas durante las prospecciones de biodiversidad tanto en áreas semiurbanas, ribera del río Loa, como otros lugares que presentan condiciones ambientales favorables para la presencia de aves. Entrega una descripción de sus características principales y dónde viven, su nombre común y científico de modo que se las pueda reconocer en terreno. Además exhibe las especies con problemas de conservación.



Vegetación del Oasis de Calama

Describe el ambiente desértico y las particularidades de la vegetación adaptada a estas condiciones. Se presentan una descripción de las especies en sus diversos ambientes, usos actuales y ancestrales y las que presentan algún grado de amenaza a su conservación.

Nuestros ancestros

Refiere principalmente a la etnia atacameña, o lican antay, sus orígenes y formas de vida, las influencias de pueblos vecinos hasta la llegada de los españoles. Destaca el origen de la ciudad de Calama y su importancia milenaria como centro de comunicaciones y abastecimiento.

3. PROPUESTA EDUCATIVA

3.1. Introducción

Según los datos de Ministerio de Educación, la población total de estudiantes de la Comuna de Calama, en el año 2005, es de 41.441 alumnos y alumnas, distribuidos según se indica en la Tabla 14-1, según Nivel de educación y dependencia:

TABLA 10- 1. TOTAL DE ESTUDIANTES DE LA COMUNA DE CALAMA 2005

	Municipal	Particular pagado	Particular subvencionado	Total
Educación Parvularia	1666	642	1501	**3809**
Educación Especial	190		376	**566**
Educación Básica niños	14732	816	8889	**24437**
Educación Media niños	7900	294	2815	**11009**
Educación Básica adultos	93			**93**
Educación Media adultos	1527			**1527**
Totales	**26108**	**1752**	**13581**	**41441**

Una de las formas de poner en valor los recursos patrimoniales, tanto naturales como culturales es a través de actividades educativas que incorporen elementos propios del entorno de los estudiantes vinculados a los objetivos educativos propuestos en el currículo escolar. Esto permite, además de dar a conocer los recursos naturales y patrimoniales, generar en los alumnos actitudes positivas hacia su entorno, en la medida que se apropian de su identidad y aumentan la valoración de éste.

Para abordar este objetivo se propone desarrollar en las escuelas una estrategia de difusión que incluya al menos una unidad didáctica para cada curso nivel, tanto en enseñanza básica como media, que contenga temas referidos a la flora, fauna, geomorfología y patrimonio cultural de la región; estos temas estarán vinculados a los contenidos curriculares dispuestos por el Ministerio de Educación.

Esta propuesta educativa, pretende entregar sugerencias para trabajar en dos ámbitos:

- **Educación Formal** (especialmente en Educación Básica y Media de niños).
- **Educación No Formal** (con grupos organizados que deseen realizar los planes y proyectos propuestos).

3.2. Educación formal

Para abordar la propuesta educativa en la educación formal se propone la utilización de los materiales de difusión ya descritos, los que servirán de material de complementario y de consulta, además de la elaboración de los siguientes materiales, para ser utilizados por los docentes y alumnos:

Fichas de trabajo de aula para el docente

Este material servirá para que los docentes puedan tener una sugerencia concreta con la cual trabajar en el aula. Cada Ficha debe incluir:

- Objetivos fundamentales a trabajar
- Sector de aprendizaje.
- Curso.
- Contenidos, aprendizaje esperado e indicadores
- Sugerencia metodológica (incluye actividades, materiales, tiempo y tipo de evaluación).
- Relación con otros subsectores.

Las Fichas de Trabajo de Aula, deben ser sugerencias prácticas y sencillas. Idealmente, se debe trabajar cada Indicador en 1 o 2 clases, de manera de no interrumpir el resto de contenidos que deben ser trabajados por el curso. Evidentemente la idea de las Fichas, es que cada temática de los Indicadores tenga directa relación con los antecedentes de la comuna de Calama. En anexos se incluyen dos fichas tipos.

Fichas de trabajo para los alumnos

Es el complemento de la Ficha de Trabajo de Aula del docente. Estas Fichas son el material concreto con el cual los alumnos desarrollaran sus actividades de aprendizaje. Todas las Fichas de Trabajo, elaboradas pueden ser reunidas en una Cartilla o carpeta de presentación motivadora. Las instrucciones deben ser claras y se debe indicar claramente:

- Curso al que está dirigida la actividad.
- Subsector a trabajar.
- Contenidos, aprendizaje esperado e indicador
- Pauta de evaluación de la actividad

Las instrucciones deben ser claras. Todas las fichas de trabajo pueden ser reunidas en una cartilla. En el Anexo 10-2 se incluyen dos fichas tipo a modo de ejemplo.

Jornada de capacitación de los docentes

Una vez desarrollado el material educativo, se debe desarrollar una Jornada para dar a conocer este material (Fichas de Trabajo de Aula del docente, Fichas de Trabajo de los alumnos y Material para el trabajo de aula) y entregar las instrucciones de cómo se utilizan a los docentes de las escuelas seleccionadas para la implementación de esta propuesta educativa. Éstas podrían ser, por ejemplo, aquellas escuelas certificadas ambientalmente o en proceso de serlo, o bien aquellas escuelas que manifiesten interés de participar de la propuesta, para lo cual puede aplicarse un cuestionario, a través de correo electrónico dirigido a los directores de los establecimientos y/o a los encargados de las Unidad Técnico Pedagógica. En esta Jornada se deben tener todos los materiales indicados. Esta actividad, también servirá para conocer experiencias similares realizadas, que puedan servir de motivación y mejoramiento del mismo material, además de responder a las dudas de los docentes sobre el trabajo a realizar, y establecer los compromisos institucionales para el desarrollo de la propuesta y su correcta ejecución.

3.3. Sugerencia de aprendizajes esperados, contenidos e indicadores a trabajar

Para facilitar el trabajo de desarrollo de Fichas del docente y Fichas del alumno, se han seleccionado los Aprendizajes Esperados, Contenidos e Indicadores sobre los cuales se debe realizar las Fichas. Los contenidos seleccionados, se extrajeron del software “Programas de Estudio. Educación Básica y Media. Formación General” (Ministerio de Educación de Chile). Se han ordenado por Curso y Subsectores.

Si bien cada uno de estos Aprendizajes, Contenidos o Indicadores, tiene relación con un sólo tema, al momento de desarrollar las actividades de aprendizajes, se están trabajando otras áreas del conocimiento; por lo que por ejemplo, al realizar una actividad de Naturaleza, que implica redactar un texto y dibujar alguna especie, también se desarrollan los aprendizajes de Lenguaje y Educación Artística.

3.4. Educación no formal

En el trabajo de Educación No Formal, se puede utilizar el material elaborado para el trabajo en Escuelas, Liceos y Colegios, aunque trabajado con dinámicas especiales, propias de la Educación No Formal. De igual manera, este tipo de material, podría ser utilizado en el trabajo de Adultos, tanto en la Educación Formal, como en actividades de Educación No Formal. A continuación, se sugieren dos modalidades de entrega de los contenidos.

Actividades semanales

La idea es trabajar con grupos organizados, como: Clubes, Centros juveniles, Grupos scouts, Grupos de iglesia, etc; cualquier organización de niños, jóvenes que estén interesados en tratar el tema del conocimiento ambiental y cultural de su comuna. Para ello, cualquier docente capacitado en las jornadas indicadas en el ítem Educación Formal, podría servir de monitor de las actividades utilizando el mismo material indicado anteriormente.

Las reuniones y/o sesiones de trabajo, se podrían coordinar semanalmente. Por ejemplo el día sábado o domingo, con una duración de 3 horas. Estas jornadas, deben ser planificadas de tal manera, que se intercalen los contenidos a trabajar, con actividades recreativas.

Actividades en Campamento o Jornada semanal

Una interesante alternativa que puede explorarse es reunir todos los contenidos a trabajar y organizar a entrega de los mismos en Campamentos recreativos o Jornadas semanales, donde el programa se base en la entrega de estos contenidos. Es decir, en unos 5 días continuos. Estos Campamento o Jornadas, deben ser planificadas de tal manera, que se intercalen los contenidos a trabajar, con actividades recreativas y excursiones a lugares de interés que refuercen los contenidos.

CAPÍTULO XI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. SITIO PRIORITARIO OASIS DE CALAMA

La gran particularidad y relevancia de la diversidad biológica en la zona andina del norte de nuestro país es que ha evolucionado bajo los efectos de grandes cambios geomorfológicos, como el alzamiento de las cordilleras. Estos cambios, a su vez, han determinado otras drásticas alteraciones entre las que se encuentran la aridez extrema y la fragmentación de las poblaciones, condicionando las adaptaciones de todas las formas de vida para ocupar, con distinto éxito, cada uno de los hábitats que se fueron generando. Sin embargo, existen también otros factores determinantes en la presencia de las especies. Éstos son a) los regímenes de precipitaciones y una disponibilidad de agua escasa, estacional y cíclica en el corto, mediano y largo plazo (invierno altiplánico y oscilación del Sur o ENSO); b) su inclusión en sistemas hidrológicos en su mayoría endorreicos, con fuertes variaciones en la superficie de los humedales (e.g., lagunas, salares, bofedales) donde se concentra gran parte de la biodiversidad; y c) los gradientes de altitud, con sus variaciones térmicas asociadas, lo que influye especialmente en las comunidades vegetacionales. Como consecuencia de los factores mencionados el área presenta en la actualidad una alta diversidad de ecosistemas con también altos niveles de endemismos.

En la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismo de flora, una asociada a la costa y otra a la cordillera de los Andes. Dentro de esta última, y al norte de la comuna de San Pedro de Atacama, los antecedentes revelan que el nivel de endemismo es de 13,9% para Chile (especies que no están presentes en otro país) y de 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile).

En el Oasis de Calama no se ha registrado la presencia de plantas endémicas, sin embargo el endemismo a nivel de vertebrados es de un 8%, con cuatro especies, siendo el segundo mayor valor de las zonas estudiadas. Tres de estas especies corresponden a reptiles, *Liolaemus paulinae* lagartija de Paulina (endémico de Calama y sus alrededores), *Microlophus theresioides* corredor de Tereza y *Phrynosaura torresi* dragón de Torres (endémico regional); y el anfibio *Telmatobius dankoi* rana acuática de Danko (endémico local).

Los mayores porcentajes de endemismos se encontraron asociados a las zonas de pradera agrícola (18,2%), que es donde se localizaron los reptiles, mientras que la mayor riqueza de especies ocurre en los humedales asociados al río Loa. Estos últimos ambientes son particularmente relevantes por la presencia de avifauna, presentando éste el mayor registro de especies de aves de los sitios de estudio, con 42 especies.

Con respecto a incorporación de especies en categorías de conservación, de las 33 especies nativas de flora registradas, dos, *Prosopis alba* y *P. chilensis* están en la categoría Vulnerable. En cuanto a la fauna, dos de los seis mamíferos nativos en el área muestreada, presentan problemas de conservación según la Ley de Caza. Los zorros *Licalopex griseus* y *L. culpeaus* se consideran Insuficientemente conocidos. Los reptiles corredor de Tereza *Microlophus theresioides* y lagartija de Paulina *Liolaemus paulinae* según la Ley de Caza se consideran con poblaciones reducidas y beneficiosas para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara. En base a Díaz-Paez & Ortiz (2003) la rana acuática de Danko se considera vulnerable. Entre las aves nativas registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera al halcón peregrino *Falco peregrinus* en la categoría de Vulnerable.

En relación con los objetos sobre los cuales deberían orientarse los esfuerzos de conservación en el Oasis de Calama, éste debería ser considerado en su totalidad como objeto dado que posee una alta prioridad ecológica. Así, deben considerarse especialmente las comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales, las que podríamos reunir en el concepto más amplio de oasis, como igualmente el sistema hídrico río Loa y su zona ribereña. Ambos son sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía y están inmersos en una matriz hostil como es el desierto absoluto. Finalmente existen especies de alto interés como las del género *Prosopis*, la lagartijas de Paulina y el corredor de Tereza (*Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides*), el anfibio endémico local ya nombrado (*Telmatobius dankoi*) y el halcón peregrino *Falco peregrinus*, sobre los cuales deberán focalizarse esfuerzos especiales de conservación. Adicionalmente, y aunque no fue registrado en este estudio, se debería agregar a las especies focales *Solanum sitens*, planta de la familia de los tomates, también endémica local, que se distribuye solamente en el borde del desierto absoluto, de la cual no existen más de 500 plantas y que es actualmente usada en el mejoramiento de los tomates de uso agrícola. Es una planta de gran potencial y está considerada como Vulnerable, aunque esta categoría se sugiere revisar, para dimensionar su real grado de amenaza, dada la presión de uso a que está siendo sometida.

En relación a la calidad paisajística del área, ésta se caracteriza por una calidad media del paisaje, siendo la plantación de algarrobos y los unidades asociadas a cuerpos de agua los de mayor valoración. La menor valoración se obtuvo debido a la presencia de basura y escombros, sumado a una baja cobertura vegetal. La calidad predominante la otorgan paisajes mayoritariamente panorámicos y de especial singularidad, con presencia de agua, vegetación, alto contraste cromático y brillo, y por quebradas y planicies desérticas (plantación de algarrobos, la laguna redonda y el sector de la cascada en el río Loa.) En base a sus valores de fragilidad y calidad el paisaje posee un potencial turístico, el que debe ser desarrollado en base a una integración de toda la información disponible, además de considerar los objetivos de la planificación territorial del Oasis de Calama. Los componentes de interés, como ya se mencionó, radican en las particularidades geomorfológicas, la riqueza vegetacional relacionada con el río Loa, y el atractivo que constituye la destacada presencia de avifauna, elementos sobre los cuales podría potenciarse el turismo de naturaleza.

Con respecto a los usos y amenazas registradas en el sitio se concluye que, dada las circunstancias ambientales actuales, el uso del Oasis de Calama es minoritariamente, y en proporción decreciente, agrícola y ganadero, con la presencia mayoritaria de pastizales en diverso grado de degradación y un uso residencial cuya tendencia se evidencia como creciente. Las dos unidades que debieran focalizar los esfuerzos de conservación, el río y su zona ribereña y las comunidades asociadas a las formaciones vegetacionales, se encuentran sometidas a fuertes amenazas, principalmente de origen antrópico, siendo las de mayor intensidad las que derivan de la ocupación del suelo y de la presunta alteración del caudal ecológico del río Loa, las que impactan sobre la mayoría de los componentes del ecosistema, principalmente el agua, la vegetación y la fauna.

Otros impactos intensos, aunque más puntuales sobre ciertos componentes del ecosistema estarían siendo provocados por actividades como la caza y pesca ilegales, y la emisión de RILES y otros contaminantes, los que afectarían principalmente a la fauna.

Las funciones y servicios ecosistémicos que brindan ambos objetos de conservación, están igualmente afectados lo que se manifiesta en una pérdida de la calidad del paisaje, y de los diversos usos con propósitos recreacionales y turísticos. Esto podría tener mayores impactos si

se destinaran estas zonas del oasis a proyectos inmobiliarios, por lo que se recomienda que se regule fuertemente esta tendencia. Finalmente considerando el uso histórico que ha tenido el oasis en términos de productividad agropecuaria, se considera de gran impacto la creciente y sostenida pérdida de esta función.

En relación con la protección legal, existen 19 normas jurídicas que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos; 13 normas que tendrían influencia sobre la conservación de los humedales palustres; diez regulaciones aplicarían sobre el sistema relevante identificado en el oasis como praderas, cultivos y matorrales y 12 normas que aplican en el resguardo de la vegetación arbórea. El sistema hídrico es el componente ambiental de mayor protección según la cantidad de regulaciones que lo afectan, algunas de éstas abordan el ambiente en su conjunto, otras se refieren a la calidad del agua y a la protección de acuíferos y algunas se orientan a la protección de especies asociadas a ese ambiente. Paradojalmente es, también, el recurso más deteriorado.

Así, un análisis general indica que potencialmente existirían regulaciones suficientes que permitan un grado de resguardo de las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados. Sin embargo, existen varias limitantes a ello ya que en su mayoría las regulaciones abordan sólo componentes del ecosistema pero no su dimensión integral. Otra de las grandes limitantes al resguardo de la integridad ecológica de los sistemas naturales está en la inexistencia de una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios; la total ausencia de manifestaciones concretas del Principio de Precaución; la existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales.

En la carta zonificación se observa que la mayor parte del Oasis de Calama presenta una categoría media de valor para la conservación, mientras que los valores para la conservación Muy Alto y Alto se concentran en las zonas correspondientes a cursos de agua y las áreas aledañas a éstas, dado la integración de todas las variables consideradas para la obtención de la zonificación final. Por otro lado, existen zonas con bajo valor de conservación, las que en el contexto del territorio, representan zonas muy acotadas y poco extensas.

En la carta zonificación se observa que la mayor parte del Oasis de Calama presenta una categoría media de valor para la conservación, mientras que los valores para la conservación Muy Alto y Alto se concentran en las zonas correspondientes a cursos de agua y las áreas aledañas a éstas, dado la integración de todas las variables consideradas para la obtención de la zonificación final. Por otro lado, existen zonas con bajo valor de conservación, las que en el contexto del territorio, representan zonas muy acotadas y poco extensas. Dentro de esta categoría se encuentra la plantación de algarrobos, ya que se trata de una unidad artificial.

Finalmente, cuando se establecen objetivos de conservación de la biodiversidad en área de alto interés ecológico como es el Oasis de Calama, los que materializarán a través de programas específicos es fundamental tener claro y presente los mecanismos que pueden extinguir las especies o disminuir sus tamaños poblacionales. Guilpin & Soulé (1986) han propuesto un modelo, del vórtice de extinciones, que señala que: (a) a medida que las poblaciones y su tamaño poblacional efectivo se hace más pequeño, la población se hace más vulnerable a variaciones ambientales y factores de pérdida de variabilidad genética que tienden a reducir aún más el tamaño de la población; (b) las poblaciones reducidas presentan una mayor

depresión por autocruzamiento (expresión de genes nocivos por cruces entre individuos emparentados o genéticamente muy similares), menor variabilidad genética y mayor sensibilidad a los cambios ambientales, disminuyendo aún más el tamaño poblacional, en lo que constituye un verdadero vórtice que lleva, finalmente, a la extinción. Por esto deben considerarse en los objetos de conservación, no sólo aquellas especies que cumplen con los "requisitos" para ser priorizadas, como ya vimos, sino que debe prestarse cuidadosa atención a las especies que están en los anillos más externos del vórtice de extinciones; es decir, aquellas que recién comienzan a ingresar a categorías críticas de amenaza. Y en este contexto, existen varias especies que no se ha evaluado y sobre las cuales casi no existe información disponible que favorezca la toma de decisiones, esto incluye la flora y fauna acuáticas propiamente tales que no fueron objeto de estudio en esta investigación. La extinción a que se refiere el modelo es aplicable tanto a la extinción local (en un área o región específica), como a la extinción global (en el ámbito mundial). Los factores ambientales que desencadenan este vórtice son, entre otros: (a) destrucción del hábitat, (b) fragmentación del hábitat, (c) degradación del ambiente, (d) variaciones del ambiente (naturales o inducidas antrópicamente), (e) sobrecaptura y (f) efecto de las especies invasoras. Aparentemente la mayoría, si no todos, estos factores ambientales estarían actuando sobre el Oasis de Calama, con lo cual la prioridad de acción debería ser alta.

2. RECOMENDACIONES FINALES

El Municipio, a través de las facultades que le otorga la ley (e.g. Plan Regulador, Ordenanzas), podría cumplir un rol más activo en el resguardo de las áreas de humedales urbanos. Se recomienda realizar un estudio de propiedades de modo que se puedan focalizar programas específicos (e.g. de recuperación ambiental, educación ambiental, preservación, etc.) sobre sitios públicos o de propiedad fiscal que puedan estar bajo la tuición municipal. Sería necesario establecer relaciones de coordinación con el Ministerio de Bienes Nacionales en la gestión de conservación de los predios fiscales de alto valor en biodiversidad asociados al río Loa.

Dada las particularidades de endemismos locales y el alto valor ecológico del Oasis de Calama se recomienda evaluar con los antecedentes necesarios la factibilidad de declarar la protección de ciertas especies (e.g. anfibios, peces, *Solanum sitens*) incluyendo la clasificación de sus estados de conservación. Todos estos antecedentes justifican ampliamente la elaboración y aplicación de propuestas de protección legal orientadas a estos fines.

3. PROPUESTA DE PROTECCIÓN LEGAL

Justificación ecológica

La gran particularidad y relevancia de la diversidad biológica en la zona andina del norte de nuestro país es que ha evolucionado bajo los efectos de grandes cambios geomorfológicos. Estos cambios, a su vez, han determinado otras drásticas alteraciones entre las que se encuentran la aridez extrema y la fragmentación de las poblaciones, condicionando las adaptaciones de todas las formas de vida para ocupar, con distinto éxito, cada uno de los hábitats que se fueron generando. Existen también otros factores determinantes en la presencia

de las especies, tales como los regímenes de precipitaciones y una disponibilidad de agua escasa, estacional y cíclica en el corto, mediano y largo plazo; los gradientes de altitud, con sus variaciones térmicas asociadas, lo que influye especialmente en las comunidades vegetacionales. Como consecuencia de los factores mencionados el área presenta en la actualidad una alta diversidad de ecosistemas con también altos niveles de endemismos.

Endemismos

En el Oasis de Calama el endemismo a nivel de vertebrados es de un 8%, con cuatro especies, lo que en términos de lo restringido del territorio es de una gran relevancia. Tres de estas especies corresponden a reptiles, *Liolaemus paulinae* lagartija de Paulina (endémico de Calama y sus alrededores), *Microlophus theresioides* corredor de Tereza y *Phrynosaura torresi* dragón de Torres (endémico regional); y el anfibio *Telmatobius dankoi* rana acuática de Danko (endémico local).

Los mayores porcentajes de endemismos se encontraron asociados a las zonas de pradera agrícola (18,2%), que es donde se localizaron los reptiles, mientras que la mayor riqueza de especies ocurre en los humedales asociados al río Loa. Estos últimos ambientes son particularmente relevantes por la presencia de avifauna, presentando éste el mayor registro de especies de aves de los cinco sitios de estudio, con 42 especies.

Estados de conservación

Con respecto a incorporación de especies en categorías de conservación, de las 33 especies nativas de flora registradas, dos, *Prosopis alba* y *P. chilensis* están en la categoría Vulnerable. En cuanto a la fauna, dos de los seis mamíferos nativos en el área muestreada, presentan problemas de conservación según la Ley de Caza. Los zorros *Licalopex griseus* y *L. culpeaus* se consideran Insuficientemente conocidos. Los reptiles corredor de Tereza *Microlophus theresioides* y lagartija de Paulina *Liolaemus paulinae* según la Ley de Caza se consideran con poblaciones reducidas y beneficiosas para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara. En base a Díaz-Páez & Ortíz (2003) la rana acuática de Danko se considera Vulnerable. Entre las aves nativas registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera al halcón peregrino *Falco peregrinus* en la categoría de Vulnerable.

Uso y amenazas

Los usos y amenazas actuales registradas en el Oasis de Calama revelan un uso minoritariamente, y en proporción decreciente, agrícola y ganadero, con la presencia mayoritaria de pastizales en diverso grado de degradación y un uso residencial cuya tendencia se evidencia como creciente.

Focalización de los esfuerzos de conservación

Con el propósito de conservar este patrimonio natural los esfuerzos de conservación deberían orientarse hacia la totalidad del Oasis de Calama, dado que posee una alta prioridad ecológica. Esto incluye las comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales, y al sistema

hídrico río Loa y su zona ribereña. En cuanto a los esfuerzos específicos de conservación, las especies endémicas y aquellas con problemas de conservación evidentemente deberían focalizarlos (*Prosopis* spp, *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides*, *Telmatobius dankoi* y *Falco peregrinus*, a los que se agrega *Solanum sitens*, planta endémica local de la familia de los tomates, de población restringida que se distribuye solamente en el borde del desierto absoluto, sobre la cual existe una intensa la presión de uso).

Las dos unidades que debieran focalizar los esfuerzos de conservación, el río y su zona ribereña y las comunidades asociadas a las formaciones vegetacionales, se encuentran sometidas a fuertes amenazas, principalmente de origen antrópico, siendo las de mayor intensidad las que derivan de la ocupación del suelo y de la presunta alteración del caudal ecológico del río Loa, las que impactan sobre la mayoría de los componentes del ecosistema, principalmente el agua, la vegetación y la fauna.

Otros impactos intensos, aunque más puntuales sobre ciertos componentes del ecosistema estarían siendo provocados por la emisión de RILES y otros contaminantes, los que afectarían principalmente a la fauna.

Las funciones y servicios ecosistémicos que brindan ambos objetos de conservación, están igualmente afectados lo que se manifiesta en una pérdida de la calidad del paisaje, y de los diversos usos con propósitos recreacionales y turísticos. Esto podría tener mayores impactos si se destinaran estas zonas del oasis a proyectos inmobiliarios, por lo que se recomienda que se regule fuertemente esta tendencia. Finalmente considerando el uso histórico que ha tenido el oasis en términos de productividad agropecuaria, se considera de gran impacto la creciente y sostenida pérdida de esta función.

Protección legal

En relación con la protección legal, existen 19 normas jurídicas que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos; 13 normas que tendrían influencia sobre la conservación de los humedales palustres; diez regulaciones aplicarían sobre el sistema relevante identificado en el oasis como praderas, cultivos y matorrales y 12 normas que aplican en el resguardo de la vegetación arbórea. El sistema hídrico es el componente ambiental de mayor protección según la cantidad de regulaciones que lo afectan, algunas de éstas abordan el ambiente en su conjunto, otras se refieren a la calidad del agua y a la protección de acuíferos y algunas se orientan a la protección de especies asociadas a ese ambiente. Paradojalmente es, también, el recurso más deteriorado.

Así, un análisis general indica que potencialmente existirían regulaciones suficientes que permitan un grado de resguardo de las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados. Sin embargo, existen varias limitantes a ello ya que en su mayoría las regulaciones abordan sólo componentes del ecosistema pero no su dimensión integral. Otra de las grandes limitantes al resguardo de la integridad ecológica de los sistemas naturales está en la inexistencia de una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios; la total ausencia de manifestaciones concretas del Principio de Precaución (ya que, si bien el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental posee una orientación precautoria, en la práctica operan la política de mitigación y remediación que adoptan una aproximación reactiva, no preventiva del daño ambiental); la existencia de muchos

organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales.

De acuerdo a la zonificación efectuada para el área se observa que los mayores valores para la conservación se concentran en las zonas correspondientes a cursos de agua y las áreas aledañas a éstas. Por otro lado, existen zonas con bajo valor de conservación, las que en el contexto del territorio, representan zonas muy acotadas y poco extensas. Dentro de esta categoría se encuentra la plantación de algarrobos, ya que se trata de una unidad artificial. Sin embargo esta unidad debe considerarse igualmente importante ya que se trata de una forestación con especies nativas y obtuvo una alta valoración en términos paisajísticos.

Cuando se establecen objetivos de conservación de la biodiversidad en área de alto interés ecológico como es el Oasis de Calama, es fundamental tener claro los dos aspectos que mayor atentan en su contra, éstos son los procesos y mecanismos que actúan tanto sobre la extinción de las especies o la disminución de sus tamaños poblacionales, lo que las hace inviables. Guilpin & Soulé (1986) explican como funcionan estos procesos, proponiendo un modelo del vórtice de extinciones, que señala que: (a) a medida que las poblaciones y su tamaño poblacional efectivo se hace más pequeño, la población se hace más vulnerable a variaciones ambientales y factores de pérdida de variabilidad genética que tienden a reducir aún más el tamaño de la población; (b) las poblaciones reducidas presentan una mayor depresión por autocruzamiento (expresión de genes nocivos por cruces entre individuos emparentados o genéticamente muy similares), menor variabilidad genética y mayor sensibilidad a los cambios ambientales, disminuyendo aún más el tamaño poblacional, en lo que constituye un verdadero vórtice que lleva, finalmente, a la extinción. Por este motivo deben considerarse como objetos de conservación no sólo aquellas especies que cumplen con los “requisitos” para ser priorizadas, como ya vimos, sino que debe prestarse cuidadosa atención a las especies que están en los anillos más externos del vórtice de extinciones; es decir, aquellas que recién comienzan a ingresar a categorías críticas de amenaza. Y en este contexto, existen varias especies que no se ha evaluado y sobre las cuales casi no existe información disponible que favorezca la toma de decisiones, esto incluye la flora y fauna acuática propiamente tales que no fueron objeto de estudio en esta investigación. La extinción a que se refiere el modelo es aplicable tanto a la extinción local (en un área o región específica), como a la extinción global (en el ámbito mundial). Los factores ambientales que desencadenan este vórtice son, entre otros: (a) destrucción del hábitat, (b) fragmentación del hábitat, (c) degradación del ambiente, (d) variaciones del ambiente (naturales o inducidas antrópicamente), (e) sobrecaptura y (f) efecto de las especies invasoras. Aparentemente la mayoría, si no todos, estos factores ambientales estarían actuando sobre el Oasis de Calama, con lo cual la prioridad de acción debería ser alta.

Instrumentos de conservación

La forma más económica y eficaz para conservar la biodiversidad es a través de la protección *in situ* que garantice el mantenimiento de todos los procesos ecológicos en un sistema en pleno funcionamiento. Uno de los instrumentos más requeridos para este tipo de conservación son las áreas silvestres protegidas. Es bajo este marco, en una primera instancia, que debiera focalizarse la conservación del Oasis de Calama. Para ello nuestra nuestra legislación ofrece diversas opciones. Para situarse en el contexto institucional el Reglamento del SEIA define que se entenderá por Área protegida “cualquier porción de territorio, delimitada geográficamente y

establecida mediante acto de autoridad pública, colocada bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental" (CONAMA 2008). Para que un Área protegida pueda ser considerada como tal, debe cumplir con los siguientes tres requisitos fundamentales:

1) *El área debe haber sido creada mediante un acto formal por parte de una autoridad que posee facultades legales para tal efecto.* Normalmente dicho acto se expresa a través de una Resolución o Decreto Supremo.

2) *El objetivo de la creación del área obedece a razones ambientales*. Para ello debe obedecer a los propósitos de: a) asegurar la diversidad biológica, b) tutelar la preservación de la naturaleza y c) conservar el patrimonio ambiental.

3) *El área comprende un territorio geográficamente delimitado*. Ello significa que existe claridad respecto de la localización y los límites del área, es decir, se conoce su perímetro y dimensión espacial.

Por otro lado, para efectos del SEIA se identifican 17 categorías de áreas protegidas, las que para este efecto cumplen con los requisitos de a) estár instituida legalmente la facultad de la autoridad para establecerla como área de esta naturaleza y b) su creación o establecimiento obedece a razones ambientales.

En la tabla siguiente (Tabla 11.1.) se muestran aquellas categorías existentes y su fuente legal, excluyéndose las áreas protegidas marinas.

TABLA 11.1. CATEGORÍAS DE PROTECCIÓN DE ÁREAS Y FUENTE LEGAL. MODIFICADO DE ASTORGA 2006.

CATEGORÍA DE AREA PROTEGIDA	FUENTE LEGAL
Reserva de Regiones Vírgenes	DS Nº 531/ 67 Ministerio de Relaciones Exteriores (Convención de Washington 1940)
Parque Nacional	DS Nº 531/ 67 Ministerio de Relaciones Exteriores DS 4363 / 31 Ministerio de Tierras y Colonización DL Nº 1939 / 77 (artículo 21)
Reserva Nacional	DS Nº 531/ 67 Ministerio de Relaciones Exteriores
Reserva Forestal	DS 4363/ 31 Ministerio de Tierras y Colonización (artículo 10) DL Nº 1939 / 77 (artículo 21)
Monumento Natural	DS Nº 531/ 67 Ministerio de Relaciones Exteriores
Santuario de la Naturaleza	Ley Nº 17.288 / 70 de Monumentos Nacionales (artículo 31)
Zonas Húmedas de importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas (comúnmente conocidas como sitios Ramsar)	DS Nº 771 / 81 Ministerio de Relaciones Exteriores
Monumentos Históricos	Ley Nº 17.288 / 70 de Monumentos Nacionales (artículo 31).

Zonas Típicas o Pintorescas	Ley Nº 17.288 / 70 de Monumentos Nacionales (artículo 31).
Zonas o Centros de Interés Turístico Nacional	Decreto Ley Nº 1.224 / 75
Zonas de Conservación Histórica	DFL Nº 458 / 75 Ministerio de Vivienda y Urbanismo (artículo 60)
Áreas se Preservación Ecológica contenidas en los Instrumentos de Planificación Territorial Según OGUC vigente se denominan Areas de Protección de Recursos de Valor natural o Patrimonio Cultural.	DFL 458 / 75 Ley General de Urbanismo y Construcciones y el DS Nº 47 / 92 Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y sus modificaciones.
Acuíferos que alimentan vegas y bofedales en las regiones de Tarapacá y Antofagasta	DFL 1122 / 81 Código de aguas, art. 63
Inmuebles fiscales destinados por el Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación ambiental, protección del patrimonio y/o planificación, gestión y manejo sustentable de sus recursos	DL 1939 7 77, artículos 1º, 19 y 56.

El desarrollo integral de un sistema nacional de áreas protegidas para la región de Antofagasta, así como para todo el país, debe considerar tanto al Estado (Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado SNASPE) como a los privados (Áreas Privadas Protegidas APP). Si bien un amplio territorio regional es fiscal y puede aportan con importantes áreas a la conservación, este debe ser complementado con áreas protegidas privadas que presenten una alta biodiversidad, como es el caso del Oasis de Calama que se encuentra en parte inmerso en el área urbana y además fuertemente influenciado por ésta.

En el ámbito de la conservación estatal la legislación chilena ha definido un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), que está conformado por seis categorías de manejo, de las cuales cuatro categorías aplican a la áreas terrestres: Parque Nacional, Reserva Nacional, Monumento Natural, y Reserva de Regiones Vírgenes.

Una *Reserva de Región Virgen* corresponde a un área donde existen condiciones primitivas naturales de flora, fauna, vivienda y comunicaciones, con ausencia de caminos para el tráfico de vehículos motorizados, y vedada a toda explotación comercial. En Chile, no existe alguna unidad de esta categoría.

Un *Parque Nacional* es un área generalmente extensa, donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad ecológica natural del país, no alterados significativamente por la acción humana, capaces de autoperpetuarse, y en que las especies de flora y fauna o las formaciones geológicas son de especial interés educativo, científico o recreativo (CONAF 1989).

Un *Monumento Natural* es un área generalmente reducida, caracterizada por la presencia de especies nativas de flora y fauna o por la existencia de sitios geológicos relevantes desde el punto de vista escénico, cultural, educativo o científico (CONAF 1989).

Una *Reserva Nacional* es un área cuyos recursos naturales es necesario conservar y utilizar con especial cuidado, por la susceptibilidad de éstos a sufrir degradación o por su importancia relevante en el resguardo del bienestar de la comunidad (CONAF 1988).

Adicionalmente, la categoría de *Monumento Natural*, definido como las regiones, los objetos o las especies vivas de animales o plantas de interés estético o valor histórico o científico, a los cuales se les da protección absoluta. Los Monumentos Naturales se crean con el fin de conservar un objeto específico o una especie determinada de flora o fauna declarando una región, un objeto o una especie aislada, monumento natural inviolable excepto para realizar investigaciones científicas debidamente autorizadas, o inspecciones gubernamentales, se representa de dos formas diferentes, un espacio natural, o bien un objeto o especie viva. Por esta razón, se encuentran áreas que constituyen monumento natural, como especies que también son consideradas tales.

Los *Santuarios de la Naturaleza* e *Investigaciones Científicas* son todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuyas conservaciones sea de interés para la ciencia o para el Estado. Los sitios mencionados que fueren declarados santuarios de la naturaleza quedarán bajo la custodia del Consejo de Monumentos Nacionales, el cual se hará asesorar para los efectos por especialistas en ciencias naturales.

Son *Zonas Húmedas de Importancia Internacional o sitios Ramsar* son humedales que cumplen con los requisitos de ser representativos, raros o únicos y de importancia para conservar la diversidad biológica (basado en especies y comunidades biológicas, aves acuáticas, peces), con los cuales Chile adhiere a la convención de Ramsar y se compromete a gestionarlos en un marco de sustentabilidad, velando por su conservación.

TABLA 11.2. CATEGORÍAS QUE NO CONSTITUYEN ÁREAS DE PROTECCIÓN PARA EFECTOS DEL SEIA. CONAMA 2008.

CATEGORÍA	FUENTE LEGAL	OBSERVACIONES
Distritos de Conservación de Suelos, Bosques y Aguas	Ley Nº 1.8378/84 (artículos 3 y 5)	No cumple criterio en tanto el objeto esencial es la protección de la agricultura.
Áreas de Prohibición de Caza	Ley Nº 19.473/96 de Caza (artículo 4)	No cumple criterio en tanto el objetivo esencial es la protección de la actividad de caza.
Lugares de Interés Histórico-Científico	Ley Nº 18.248/83, Código de Minería	No cumple criterios en tanto regula actividad minera.
Áreas de Protección para la Conservación de la Riqueza Turística	Ley 18.378 (artículo 4)	Corresponde a una norma de prohibición de corta de árboles. La mayoría de las áreas de este tipo existentes, no cumplen con el criterio de delimitación geográfica.
Áreas de Desarrollo Indígena	Ley Nº 19.253 (artículo 26)	No cumple criterio en tanto su propósito es focalizar en esos territorios la acción del Estado que reporte beneficio al desarrollo de las comunidades indígenas

Marco legal e institucional para la creación de un área silvestre protegida terrestre

El actual marco regulatorio involucra diferentes ministerios dentro del procedimiento para declarar un área silvestre protegida terrestre, entre los cuales están más directamente involucrados dos:

Ministerio de Agricultura, como administrador del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), debe suscribir el decreto de creación de las ASP en el ámbito terrestre. La creación de un área protegida se basa en fundamentos técnicos que la justifican como de valor nacional, los cuales son elaborados por este ministerio.

Ministerio de Bienes Nacionales, como responsable de la tenencia y tuición de tierras fiscales, debe suscribir el decreto de creación de las ASP terrestre, ya que en la actualidad todas las unidades se decretan sobre terrenos fiscales. Por ello, es necesaria la adquisición de los terrenos, ya sea por compra o expropiación, para posteriormente inscribirlos en el Conservador de Bienes Raíces a nombre del fisco y luego transferirlos para su administración y tuición a CONAF.

Asociado a las facultades del Ministerio de Bienes Nacionales reviste interés considerar la autodestinación de terrenos fiscales para fines de Conservación del Patrimonio Natural. Esta conforma otra figura de protección oficial y puede coincidir con sitios prioritarios que se encuentren en estos terrenos, o por motivos de la existencia de estos sitios prioritarios, en la cual el Ministerio autodestina ese predio para fines de conservación de los recursos naturales. Así, el Ministerio de Bienes Nacionales, refuerza y realiza una gestión especial de administración de determinados terrenos fiscales, cuya vocación principal y finalidad es la conservación ambiental, protección del patrimonio y/o planificación, gestión y manejo sustentable de sus recursos (Cabrera 2008). Estos territorios contienen en su interior recursos del patrimonio natural, histórico y paisajístico, que interesa proteger para el uso y goce de las generaciones actuales y futuras (excluyendo las propiedades fiscales integradas al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, SNASPE, administradas por CONAF).

La autodestinación contempla en una primera etapa que el inmueble fiscal siga siendo administrado por el Ministerio de Bienes Nacionales, y dedicado exclusivamente a los objetos indicados en la destinación, pudiendo ser compatible esta destinación con otros actos de administración. Para ello se contempla, en una segunda etapa por ejemplo, concesiones de uso a privados, manteniéndose el uso de conservación indicado en la destinación. Para este uso por parte de privados, el predio debe contar con una línea de base y plan de manejo. Lo anterior obedece a tres grandes programas y políticas: la Estrategia Nacional de la Biodiversidad, los Programas Sendero de Chile y Rutas Patrimoniales y el Sistema Concesional de Bienes Nacionales (Cabrera 2008).

Criterios a tener en cuenta en la creación de un área silvestre protegida

Cualquier iniciativa para incorporar un territorio al SNASPE debe basar sus justificaciones técnicas en los siguientes criterios, según CONAF (1997b):

Representatividad y Exclusividad: Estos dos términos pueden llegar a ser los dos extremos de un espectro. Un área puede ser representativa de un gran bioma, ejemplificando procesos, áreas de transición o ecotonales, situaciones climax, etc. Es decir, es representativa pero no

exclusiva de dicho bioma. En cambio un área exclusiva es única en su género y ejemplifica procesos únicos, hábitats raros, etc. En el caso de la exclusividad la ponderación del área será alta, en el caso de la representatividad, su ponderación será variable.

Diversidad: Se refiere a la inclusión de varios tipos de hábitat y asociaciones bióticas como marismas, estuarios, lagunas y albúferas costeras, zonas bénticas o drenajes de ríos, etc. en una sóla área protegida. Aunque el criterio de diversidad confiere una alta prioridad a un área, no por ello áreas con poca diversidad pero de alguna forma única deberían dejarse de lado o excluirse.

Pristinidad o Primitivismo: Se refiere al grado de perturbación del área por el hombre. La pristinidad o primitivismo no excluye el uso humano, ya que un sistema puede mantener su estabilidad o equilibrio aún cuando existan actividades humanas, siempre que dichas prácticas no sean degradatorias. Las áreas perturbadas no perderán ponderación en la medida de que su restauración sea factible.

Tamaño y presencia de Zonas Buffer (Tampón): Un área a preservar debe ser lo suficientemente amplia o, en su defecto, poseer una zona tampón adecuada para permitir un dinamismo natural físico, químico y biológico, es decir, debe ser una "Unidad Natural", lo que le confiere una alta ponderación.

Complejidad: El grado en el cual procesos vitales esenciales o incluso el ciclo biológico completo de una o varias especies se desarrolle dentro de un área, es un importante criterio de ponderación. Casos obvios son aquellos de áreas donde se desarrollan especies raras o en peligro de extinción. Un área puede llegar a poseer un gran valor por ser área única de alimentación, de reposo o de reproducción de ciertas especies.

A estos criterios se debe agregar casos en los cuales la justificación está dada por el valor escénico natural y elementos culturales ligados al ambiente natural, como se presenta en el Oasis de Calama. La identidad nacional está dada en muchas ocasiones por la singularidad de algunos paisajes naturales que debe ser asegurada su protección dentro del Sistema (CONAF 1988, 1989).

La conservación en sitios de propiedad privada

El gran dilema de la conservación en predios de alto valor ecológico se presenta en aquellos sitios de propiedad privada, ya que hasta ahora no se cuenta con el diseño institucional apropiado para fomentar y apoyar la creación de áreas protegidas en dichos terrenos. Desde principios de los años 90 ha habido una importante incorporación de privados a la conservación, sumando un 2% del territorio (1,4 millones de há). La diversidad de estas áreas es grande, con superficies de pocas a cientos de miles de hectáreas, con objetivos prioritarios que van desde la conservación a desarrollos eco-inmobiliarios y gestores y motivaciones tambien variados (comunidades de conservación, inmobiliarias, empresas con compensaciones del SEIA, etc.)

El escenario institucional a favor de la conservación privada ha variado poco en los últimos años, a pesar de lo cual se ha avanzado en la elaboración de un reglamento para las áreas protegidas privadas como en las bonificaciones en la ley sobre bosque nativo, con lo cual se espera que los actuales propietarios privados interesados en la conservación formalicen el estatus legal de sus iniciativas como una forma de garantizar su perpetuidad y tal vez contribuya a aumentar la superficie privada protegidas en el largo plazo. En ese sentido, el plan

de concesiones de bienes fiscales impulsado por el Ministerio de Bienes Nacionales pueda tener una mayor influencia (Sepúlveda 2004), aunque su propósito expreso no sea el de la conservación.

La propiedad privada de los predios asociados al Oasis de Calama y el eventual poco interés de sus propietarios en destinarlos a la conservación puede ser un escollo importante en la conservación del sitios prioritario. Dos categorías de áreas protegidas a la cuales se han destinado extensiones de propiedad privada son los Santuarios de la Naturaleza y las Áreas de Protección Turísticas, pero su nivel de manejo y control es menos explícito y exigente. Incluso existe un área Ramsar en sitio privado.

Las facultades de los instrumentos de planificación territorial (la Ley General de Urbanismo y Construcciones) en la conservación

Los instrumentos de planificación territorial (IPT), tienen su contexto normativo en la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) junto a su Ordenanza (OGUC) (Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2005, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2006). Cabe señalar, que la División de Desarrollo Urbano del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (MINVU), ha oficializado instructivos técnicos sobre contenidos y metodologías para complementar lo establecido en la LGUC y OGUC. Estos instructivos, son las denominadas Circulares DDU (División de Desarrollo Urbano), que se presentan según el nivel de planificación (al plan regional de desarrollo urbano, plan regulador intercomunal y plan regulador comunal).

Dentro de la LGUC se sitúan las zonas de riesgo y de protección, bajo el carácter de no edificables e indivisibles, así, la Ordenanza en su artículo 2.1.8, permite definir áreas de protección de recursos de valor natural o patrimonio cultural, cuando proceda y previo estudio fundado. En dichas áreas de protección se determinarán zonas no edificables o de condiciones restringidas de edificación. Por recursos de valor natural la OGUC considera los siguientes: a) bordes costeros, marítimos, lacustres o fluviales; b) parques nacionales, reservas nacionales y monumentos nacionales; c) altas cumbres y d) todas aquellas áreas o elementos naturales específicos protegidos por la legislación vigente.

La circular DDU 26 indica que, adicionalmente a las áreas del SNASPE deben considerarse “aquellas que deben ser protegidas por constituir ecosistemas valiosos, recursos naturales necesarios para la vida humana, recursos naturales con valor paisajístico por su belleza escénica siendo parte integrante de esta categoría, los enclaves de flora, los refugios de fauna, los sectores altos de las cuencas y microcuencas hidrográficas, los reservorios de agua y cauces naturales; las áreas de preservación del recurso nieve, para su utilización como fuente de agua potable” y “la zona costera, constituida por playas, acantilados, ojos de agua y dunas, que llevan asociada una importante vida silvestre que se debe preservar, y que a la vez, constituyen un importante recurso paisajístico de gran relevancia par el país”. En ese sentido pueden constituir éstas zonas de protección requiriendo del Plan exigencias que aseguren un uso cuidadoso por parte de la población. Consecuentemente, el Plan sólo debe permitir en ellos el desarrollo de actividades que aseguren la permanencia de esos valores, admitiendo -en forma restringida-, aquellos equipamientos e instalaciones indispensables para su habilitación, condicionados a una baja intensidad de utilización. Lamentablemente, estas disposiciones no tienen carácter normativo, siendo solo indicativas para la protección de un lugar.

Propuesta de instrumento

Considerando que no existe Ley expresa para la conservación de la biodiversidad, pero se aceptan como principios orientadores el Convenio de la Diversidad Biológica y las medida allí abordadas, todos los instrumentos ya descritos, así como conciencia y directrices que permitirían incorporar los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad a las áreas de protección oficial, se sugieren la siguientes opciones que permitan incluir el Oasis de Calama de forma definitiva en la planificación y regulación territorial regional. Esto es a través del establecimiento de zonas de protección ecológica que resguarden todas las medidas en el instrumento de planificación territorial con que se cuenta como es el Plano Regulador. Ello debería incluir una zonificación acorde las características, los usos de suelo compatibles para la conservación, en las áreas circundantes al sitio prioritario y como áreas de amortiguamiento.

Por otra parte, y dada la expresa mención a la superficie del área involucrada es factible considerar la categoría de **Monumento Natural** como una de las figuras más idónea para la conservación del Oasis de Calama. Sin embargo, dado que las unidades de áreas silvestres protegidas se decretan sobre terrenos fiscales, habría que evaluar si se dispone de una extensión territorial contínua que justifique esta designación.

Por otro lado y de acuerdo a la prioridad de conservación asignada al ecosistema acuático del río Loa, su designación como **sitio Ramsar** es también una opción viable, aunque al no existir un reglamento que rija su aplicación en Chile, su poder como instrumento de conservación es limitado.

Un sitio prioritario tiene un carácter eminentemente ambiental, sin embargo, en el caso del Oasis de Calama también se asocia al mismo, una importancia cultural. En este sentido, incrementa su valor como sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad, el que además de excepcionales características biológicas, presente un alto valor como patrimonio cultural. Finalmente, la gestión de incorporación en la estrategia regional de conservación de la biodiversidad, un fuerte énfasis público-privado, en que las instituciones del Estado lideren dicha estrategia que facilite la participación del sector privado es altamente recomendable.

LITERATURA CITADA Y CONSULTADA

ABELLO R, F BERNALDEZ & E GALIANO (1986) Consensus and contrast in landscape preference. Environment and Behavior 18 (2):155-178.

ALBINO A (1996) The South Amertican fósil Squamata (Reptilia: Lepidosauria). Munchner Geowiss. Abh. (A) 30: 185-202.

ALDRIDGE D (1973) Mejora de la Interpretación de los Parques y la Comunicación con el Público. UICN (ed), Segunda Conferencia Mundial sobre Parques Nacionales; Yellowstone Grand Teton, EE.UU., 18-27 septiembre de 1972. Informe 25.

ALDUNATE C, J ARMESTO, V CASTRO & C VILLAGRÁN (1981) Estudio etnobotánico de una comunidad en una comunidad precordillerana de Antofagasta, Toconce. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (38) 183 –223. Santiago, Chile.

ALVA LM (2003) Expedición a la cordillera de los Andes: consideraciones sobre el hierro y estudio del yacimiento ferrífero el Laco, Chile. Instituto de Geofísica, UNAM Cd. Universitaria, Del. Coyoacán Cuaderno 14. México, D. F. 54 pp.

AMADO N & W SIELFELD (1994) Registro de Garcita Azulada *Butorides striatus* Ciconiiformes: Ardeidae en el río Loa. Boletín Chileno de Ornitología 1:27-28.

AMADO N, J HERREROS & W SIELFELD (1991) Registros de pato silbón (*Dendrocygna viudata*) en la I y II Región de Chile. Boletín Informativo UNORCH 12: 11-13.

ARAYA B & G MILLIE (1996) Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 406 pp.

ARAYA B & G MILLIE (2000) Guía de campo de las aves de Chile. Ninth Ed. Editorial Universitaria. Santiago, 406 pp.

ARAYA B & M BERNAL (1995) Aves. En: Diversidad biológica de Chile. Eds. Simonetti, Arroyo, Spotorno & Lozada. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Santiago, Chile.

ARAYA B, BERNAL M, SCHLATTER RP & M SALABERRY 1995. Lista Patrón de las aves chilenas. Ed. Universitaria, 35 pp.

ARROYO MTK, C CASTOR, C MARTICORENA, M MUÑOZ, L CAVIERES, O MATTHEI, FA SQUEO, M GROSJEAN & R RODRÍGUEZ (1998) The flora of Llullaillaco National Park located in the transitional winter-summer rainfall area of the northern Chilean Andes. Gayana Bot. 55(2): 93-110.

ARROYO MTK, C VILLAGRÁN, C MARTICORENA & JJ ARMESTO (1982) Flora y relaciones biogeográficas de los Andes del norte de Chile (18-19°S). En: Veloso A & E Bustos (eds.), El Hombre y ecosistemas de montaña. Programa MAB-6 Vol. 1. 71-92.

ARROYO MTK, F SQUEO, JJ ARMESTO & C VILLAGRÁN (1988) Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: results of a natural experiment. Annals of the Missouri Botanical Garden 75(1): 55-78.

ARROYO MTK, F SQUEO, H VEIT, L CAVIERES, P LEON & E BELMONTE (1997) Flora and vegetation of northern chilean Andes. Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos, pp. 167-178. Universidad de Chile, Santiago, CL.

ASTORGA E (2006) Derecho Ambiental Chileno. Editorial Lexis Nexis, Chile. 402pp.

AVISE JC (2000) Phylogeography: the history and formation of species. Harvard University Press, London. 464 pp.

BARRERA-CATAÑO JI, C VALDÉS-LÓPEZ (2007) Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Universitas Scientiarum. Edición especial II, 12: 11-24.

BECERRRA P & L FAÚNDEZ (2001) Vegetación del desierto interior de Quillagua, Región de Antofagasta (II), Chile. Chloris Chilensis 4(2).

BEHN F, JOHNSON AW & MILLIE G (1957) Expedició ornitológica al norte de Chile (enero - febrero 1957). Boletín Sociedad Biología de Concepción 32: 95-131.

BENAVIDES AG, A VELOSO, P JIMÉNEZ & MA MENDEZ (2005) Assimilation efficiency in *Bufo spinulosus* tapdoles (Anura: Bufonidae): effects of temperatura, diet quality and geographic origin. Revista Chilena de Historia Natural 78: 295-302.

BENAVIDES E, JC ORTIZ & JR FORMAS (2002) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica. 58(2):210-220.

BENOIT IL ed (1989) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. CONAF, Santiago de Chile. 157 pp.
BIBBY C, JN D BURGESS & DA HILL (1992) Bird census techniques. Academic Press, London.
BOLOS M (1992) Manual de ciencia del paisaje. Teoría métodos y aplicaciones Colección de Geografía. Ediciones Masson S.A. Barcelona. 273 pp.
BÖRGEL R (1983) Geomorfología. Colección Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar.182 pp.
BRAUN-BLANQUET J (1964) Pflanzensoziologie-Grundzuge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien. 865 pp.
BROWN FE & JE SALDIVIA (2000) Informe nacional sobre la gestión del agua. http:/Eclac.cl/DNRI/Proyectos/SAMTAC/InCh01100.pfd.
BROWN S & AE LUGO (1994) Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. Restoration Ecology 2 (2): 97-111.
BRUFORD MW, DG BRADLEY & G LUIKART (2003) DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. Nature Genetics Reviews 4: 900-910.
BRUGGEN J (1950) Fundamentos de la geologia de Chile. Instituto Geográfico Militar. Chile.
CABRERA AL & A WILLINK (1973) Biogeografía de América Latina. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Depto. de Asuntos Científicos, Secretaría General de la OEA. Serie de Biología, Monografía N° 13. 120 pp.
CABRERA C (2007) Sitios prioritarios y su protección oficial. En: Serey, I., M. Ricci & C. Smith-Ramírez (Eds.) 2007. Libro Rojo de la Región de O'Higgins. Corporación Nacional Forestal - Universidad de Chile, Rancagua, Chile, 222 pp.
CANTO J, R FARIÑA, J YÁÑEZ & D FRASSINETTI (2008) Paleoecología y paleoambientes de los mamíferos fósiles de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 299-304. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
CARO MT & D O'DOHERTY (1999) On the use of surrogate species in conservation biology. Conservation Biology 13:805-814.
CASERTANO L & BAROZZI R (1961) Informe sobre el sistema volcánico del Lascar. Universidad de Chile, Faculdad de Cencias Fisico y Materiali, Instituto de Geologica, Publicaciones, 23, 304–315.
CASTILLO M (1994) Régimen jurídico de protección del medio ambiente. Aspectos generales y penales. Segunda edición. Ediciones Bloc, Santiago.329 pp.
CASTRO V (1997) Huacca Muchay. Evangelización y religión andina en Charcas, Atacama La Baja. Tesis para optar al grado de Magister en Historia, mención Etnohistoria. Departamento de Ciencias Históricas, Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad de Chile. Santiago.
CASTRO V (2002) Ayquina y Toconce: paisajes culturales del norte árido de Chile. En Paisajes Culturales en los Andes, pp. 209-222. Representación de la UNESCO en Perú, Lima.
CASTRO V, C ALDUNATE & V VARELA (2004) Ocupación humana del paisaje desértico de Atacama, Región de Antofagasta ARQ .57, p.14-17. ISSN 0717-6996.
CAVIEDES CN & JA IRIARTE (1989) Migration and distribution of rodents in central Chile since the Pleistocene: the palaeogeographic evidence. Journal of Biogeography 16: 181-187. MARQUET PA (1989) Paleobiogeography of South American cricetid rodents: a critique to Caviedes & Iriarte. Revista Chilena de Historia Natural 62: 193-197.
CAVIERES L, MTK ARROYO, P POSADAS, C MARTICORENA, O MATTHEI, R RODRIGUEZ, F SQUEO & G ARANCIO (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301-1311.
CEA (2003) Vocalizaciones de aves rapaces. Proyecto CHI/01/G09 GEF/PPS/PNUD. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales. CEA Ediciones, Valdivia. (Cassette).
CEA (2008) Estudio línea de base Oasis de Calama. Informe final. Ministerio de Bienes Nacioales, Doc. Tecnico (en elaboración).
CEI JM (1962) Batracios de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cviii + 128 pp.
CLAYTON JD & CM CLAPPERTON (1995) The last glacial cycle and paleolake synchrony in the southern Bolivia altiplano: Cerro Azanaques Case Study. Bulletin Ins.T. Fr. de Etudes Andines 24(3): 563-571.
CODY ML (1985) Habitat selection in birds. Academic Press, Orlando

COFRÉ H & P MARQUET (1999) Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: an assessment. Biological Conservation, 88:53-68.
CONAF (1988) Políticas Técnicas Para el Manejo de las Reserva Nacionales de Chile. Manual Técnico Nº 9, Ediciones CONAF, Santiago de Chile. 80 pp.
CONAF (1989) Políticas Técnicas para el manejo de los Parques Nacionales y Monumentos Naturales. Manual Técnico Nº 12, Ediciones CONAF, Santiago de Chile. 75 pp.
CONAF (1997a). Evaluación de la Situación del Manejo en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Ediciones CONAF, Santiago de Chile. 36 pp.
CONAF (1997b) Informe Chileno Primer Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y Otras Areas Protegidas. 21 al 28 de Mayo de 1997, Santa Marta Colombia. 56 pp.
CONAF (1999) Programa para la Conservación de la Flora y Fauna Silvestre Amenazada de Chile. Ediciones CONAF, Santiago de Chile. 129 pp.
CONAMA (1992) Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile.
CONAMA (1993) Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile. Suplemento No.1.
CONAMA (1994) Ley de Bases del Medio Ambiente. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Chile. 44 pp.
CONAMA (1994) Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2º edición. Santiago de Chile. 128 pp.
CONAMA (1996a) Flora, competencias ambientales. Documento Nº4, Serie Jurídica.
CONAMA (1996b) Áreas protegidas, competencias ambientales. Documento Nº6, Serie Jurídica.
CONAMA (1996c) Aire, flora, fauna, áreas silvestres protegidas, procedimientos administrativos ambientales. Documento Nº13, Serie Jurídica.
CONAMA (1996d) Diversidad biológica, identificación y diagnóstico preliminar del ordenamiento jurídico aplicable a la protección de la diversidad biológica. Documento Nº16, Serie Jurídica.
CONAMA (1997a) Áreas silvestres protegidas, legislación punitiva y sancionatoria ambiental. Documento Nº27, Serie Jurídica.
CONAMA (1997b) Áreas silvestres protegidas, legislación sancionatoria ambiental. Documento Nº28, Serie Jurídica..
CONAMA Chile (1998) Documento de Discusión: Gestión Integrada del Recurso Agua www.conama.cl/cds/cat_10acta.
CONAMA (2008) El concepto de área protegida en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Santiago de Chile. 5 pp
CONESA V (1995) Guía Metodológica para el Desarrollo de la Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones MundiPrensa. 2º Edición. Madrid, España. 390 pp.
CONTRERAS L & J TORRES-MURA (2008) Biogeografía de mamíferos terrestres de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 305-314. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
CORTÉS A, E MIRANDA, M ROSENMANN & JR RAU (2000) Thermal biology of the fossorial rodent Ctenomys fulvus from the Atacama desert, northern Chile. Journal of Thermal Biology 25: 425-430.
CORTÉS A, JR RAU, E MIRANDA & JE JIMENEZ (2002) Hábitos alimenticios de Lagidium viscacia y Abrocoma cinerea: roedores sintópicos en ambientes altoandinos del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 75: 583-593.
CUEVAS CC & JR FORMAS (2002) *Telmatobius philippii*, una nueva especie de rana acuática de Ollagüe norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 75: 245-258.
DAVIS TD ed (1994) The Ramsar Convention Manual. Ramsar Convention Bureau, Gland Switzerland. 207 pp.
DAYTON PK (1971) Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. Ecocolical Monography 41:351-389.
DAZA R (2005) Programa monitoreo Parque Nacional Sajama, SERNAP Programa BIAP. 79 pp
DAZA VON BOECK R (2005) Programa de Monitoreo de la Conservación Parque Nacional Sajama. SERNAP Programa BIAP. Bolivia. 78 pp.

DEMETRIO L (1993) Algunos comentarios sobre la presencia de golondrinas en Calama. Boletín Informativo UNORCH 15: 17.
DERUELLE B (1979) Petrologie d'un volcanisme de marge active: Atacama et Andes Meridionales. PhD Thesis, Université de Paris.
DERUELLE B (1985) Le Volcan Lascar: géologie et pétrologie. Actas 4° Congreso Geológico Chileno 4, Antofagasta, Chile, 120–137.
DGA (1999) Política Nacional de Recursos hídricos. Disponible en www.dga.cl
DGA (2002) Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos. www.dga.cl/secuencias/servicios/derech_criterios.htm.
DGA (2004) Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca río Loa. Diciembre de 2004. Elaborado por CADE - IDEPE.
DGA (2005) Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Loa. Informe técnico realizado por: Departamento de Administración de Recursos Hídricos S.D.T. Nº 192 Santiago, enero del 2005.
DI CASTRI F & E HAJEK (1976): Bioclimatología de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile.
DI CASTRI F (1968) Esquisse écologique du Chili. Biologie de la Amérique Australe 4 :7-52.
DI CASTRI F (2003) Globalización y biodiversidad. En: E Figueroa & J Simonetti eds Globalización y biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena: 285-323. Editorial Universitaria. 327 pp.
DÍAZ N (1983) Bibliografía sobre anuros chilenos 1962-1982. Resúmenes y comentarios. Medio Ambiente (Chile) 6: 80-98.
DÍAZ-PAÉZ E & J ORTIZ (2003) Evaluación del Estado de conservación de los anfibios en Chile. Revista Chilena de Historia Natural 76: 509-525.
DONOSO-BARROS R (1961) Three new lizards of the genus Liolaemus from the highest Andes of Chile and Argentina. Coepia 1961 (4): 387-391.
DONOSO-BARROS R (1966) Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cxliv + 458 pp.
DONOSO-BARROS R (1970) Catálogo herpetológico chileno. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 31: 49-124.
DUELLMAN WE (1993) Amphibian species of the world: additions and corrections. The University of Kansas, Museum of Natural History, Special Publications, Lawrence, Kansas. iii + 372 pp.
DUGAN PJ & TA JONES (1993) Ecological change in wetlands: A global view. En: Waterfowl and Wetland Conservation in the 1990s - A global perspective, eds M Moser RC Prentice & J van Vessem. IWRB Special Publication No 26, Slimbridge UK: 34-38.
DUGAN PJ ed (1990) Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. IUCN The World Conservation Union, Gland, Switzerland. 96 pp.
ECONAT Consultores (2005) Análisis general del impacto económico de norma secundaria de calidad de aguas del río Loa en el sector silvoagropecuario. Informe Final.
EDWARDS RY (1976) Interpretation: What Should it Be? Journal of Interpretation 1(1).
EGLI G (1998) Voces de la Fauna Chilena. (Compact Disc).
EISENDECHER P (2001) Regulación de las areas silvestres protegidas en Chile y la inclusión de las areas privadas de conservación en la Ley 19.300. Revista de Derecho, Vol. XII, 149-167 pp.
ELGUETA E (2006) Estudio de flora y fauna vertebrada terrestre del oasis de El Loa. Proyecto Educativo Manuel Montt y Centro Recreativo Pukará Country Club. 16 pp.
ELLENBERG H & D MUELLER-DOMBOIS (1966) A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. Ber. Geob. Inst. ETH Stiftung Rubel, Zurich 37: 56-73.
ERDRA (2000). Estrategia Regional de Desarrollo de la Región de Antofagasta. Gobierno de Chile. Región de Antofagasta 2000-2006.
ESCRIBANO M, M DE FRUTOS, E IGLESIAS, C MATAIX & I TORRECILLA (1991) El Paisaje. Unidades temáticas ambientales de la Secretaría del Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Ministerio de Obras Publicas y Transportes de España. 177 pp.

EUROCHILE- CORFO (sin fechar) Estudio de Capacidad de Carga Turística de San Pedro de Atacama, un proyecto que avanza en la constitución del primer destino en Chile con un sistema de gestión sustentable del turismo. (Documento disponible en la Red, versión PDF.

FARINA A (1998) Principles and methods in landscapes ecology. Chapmen & Hall, London. 235 pp.

FEITO R & MH GALLARDO (1982) Sperm morphology of the Chilean species of Ctenomys (Rodentia, Octodontidae). Journal of Mammalogy, 63: 658-661.

FERNÁNDEZ P (1998) Insitucionalidad ambiental en Chile. Rev de Derecho 9, suplemento especial: 35-42.

FIGUEROA E, C BRAVO & R ÁLVAREZ (2003) Biodiversidad y turismo: oportunidades para el desarrollo económico y la conservación en Chile. En: E Figueroa & J Simonetti eds Globalización y biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena: 23-49. Editorial Universitaria. 327 pp.

FINES KD (1968) Landscape evaluation: A research project in east Sussex. Regional studies (2): 41-55.

FJELDSA J (1985) Origin, evolution, and status of the avifauna of Andean wetlands. Ornithological Monographs 36: 85-112.

FLANAGAN JNM, I FRANKE & L SALINAS (2005). Aves y endemismo en los bosques relictos de la vertiente occidental andina del norte del Perú y sur del Ecuador. *Rev. peru biol.*12(2): 239-248.

FLORES L (1997) Marco jurídico aplicable a las Áreas Silvestres Protegidas. Santiago, Chile.

FORMAN RTT & M GODRON (1986) Landscape Ecology, John Wiley, New York. 619 pp.

FORMAN RTT (1995) Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge U.K.

FORMAS JR, CC CUEVAS & JJ NUÑEZ (2006) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica 62: 173–183.

FORMAS JR. E BENAVIDES & C CUEVAS (2003) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Río Vilama, northern Chile, and the redescription of *T. halli* Noble. HerpetologicA 59 (2): 253-270.

FORMAS R (1995) Anfibios. En: Simonetti J, M T K Arroyo, A. Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad biológica de Chile. Imprenta Talleres de Artegrama Ltda. Santiago de Chile. 364 pp.

FORMAS R. I NORTHLAND, J CAPETILLO, J NUÑEZ, C CUEVAS & L BRIEVA (1999) *Telmatobius dankoi,* una nueva especie de rana acuática del norte de Chile (Leptodactylidae). Rev. Chil. Hist. Nat. 72: 427- 445.

FULLER M & MOSHER (1987) Raptor survey techniques. En: BA Giron Pendleton, BA Millsap, KW Cline & DM Bird (eds). Raptor Management Techniques Manual: 37–65. National Wildlife Federation, Washintong, D.C. EE.UU. 276 pp.

GAJARDO R (1994) La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 pp.

GALLARDO E (1985) Legislación sobre protección de la flora arbórea y arbustiva nativa chilena. En: Benoit IL (ed) Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Primera Parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 157 pp.

GALLARDO E (1989) Legislación sobre protección de la flora arbórea y arbustiva nativa chilena. En: I Benoit (ed): 51-64. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (primera parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago de Chile, Chile, 157 pp.

GALLARDO E (1989) Marco jurídico del bosque nativo y su manejo. Exposición efectuada en las jornadas sobre el bosque nativo y su manejo durante el 17 y 18 de noviembre en Concepción. Concepción, Chile. 14 pp.

GARDEWEG M, R SPARKS & S MATTHEWS (1997) (1998) Evolution of Lascar Volcano, Northern Chile. Journal of the Geological Society. Vol 155: 89-104.

GARDEWEG M, R SPARKS & S MATTHEWS (1997) La evolución del volcán lascar y su relación con el clima del Pleistoceno superior-holoceno de los andes centrales. Actas del VII congreso geológico chileno, sesión temática 2: 327-331.

GIL C (2002) Monitoreo ambiental, una herramienta invaluable en el manejo de ecosistemas. Gestión Ambiental 8: 29-44 (2002)

GILPIN ME & ME SOULÉ (1986) Minimum viable populations: Processes of species extinctions. En Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity, M.E. Soulé (ed.), pp. 19-23. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
GLADE A (Ed) (1993) Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago Chile.
GODOY R, C RAMÍREZ, H FIGUEROA & E HAUENSTEIN (1981) Estudios ecosociológicos en Pteridófitos de comunidades boscosas valdivianas, Chile. Bosque 4(1): 12-24.
GOLDSMITH FB (Ed) (1995) Monitoring for conservation and ecology. Chapman & Hall, London.
GOLTE J (2001) Migración andina y cultura peruana en Historia de la cultura peruana. Fondo Editorial del Congreso del Perú. Tomo II. Lima
GONZÁLEZ A (2000) Evaluación del recurso vegetacional en la cuenca del río Budi, situación actual y propuestas de manejo. Tesis Licenciatura en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco. 110 pp.
GRANIZO T, ME MOLINA, E SECAIRA, B HERRERA, S BENÍTEZ, O MALDONADO, M LIBBY, P ARROYO, S ÍSOLA & M CASTRO (2006) Manual de planificación para la conservación de áreas, PCA. The Nature Conservancy y USAID. Impresora Flores, Quito, Ecuador. 204 pp.
GRIGERA (2002) III Taller Criterios para la evaluación del estado de conservación de la fauna silvestre. Gestión Ambiental 8: 71-72.
GROSJEAN M & L NÚÑEZ (1994) Lateglacial, Early and Midldle Holocene Environmentens, human occupation, and resourse use in the Atacama (Northern Chile). Geoarchaeology: An International Journal Vol. 9. No. 4, 271-286.
GROSJEAN M (1994) Paleohydrology of the Laguna Lejía and climatic implications for late-glacial times. Palaeoecology 109: 89-100.
GROSJEAN M (1995) Late Quaternary Geology and Hydrology of Laguna Lejía (Northchilean Altiplano) and Paleoclimatic Implications. In A. Saez (ed) Cenozoic and Quaternary lacustrine systems in northern Chile (Central Andes, Arc and Fore-Arc zones) p. 63-68. IGCP324. GLOPALS-IAS, Antofagasta 1995.
GROSJEAN M, GEYH M.A, MESSERLI B & SCHOTTERER U (1995) Late-glacial and early Holocene lake sediments, groundwater formation and climate in the Atacama Altiplano 22-24°S. Journal of Paleolimnology 14/3, 241-252.
GROSSMAN DH, P BOURGERON, WDN BUSCH, D CLELAND, W PLATTS, GC RAY, CR ROBERTS & G ROLOFF (1999) Principles for ecological classification. In: NC Johnson, AJ Malk, RC Szaro & WT Sexton Common Reference for Ecosystem Manegement 2: 353-393. Elsevier Science, Oxford, UK.
GROVES CR (2003) Drafting a Conservation Blueprint: A Practitioner´s Guide to Planning for Biodiversity. Washington DC: Island Press y The Nature Conservancy.
GUEST JE (1969) Upper Tertiary ignimbrites in the Andean cordillera of part of the Antofagasta province of northern Chile. Geol. Soc. Am. Bull. v80:337-362.
GUTIERREZ J, F LÓPEZ-CORREA & P MARQUET (1998) Vegetation in an altitudinal gradient along the Rio Loa in the Atacama Desert of northern Chile. Journal of Arid Environment 40: 383-399.
HAUENSTEIN E, C RAMÍREZ, M LATSAGUE & D CONTRERAS (1988) Origen fitogeográfico y espectro biológico como medida del grado de intervención antrópica en comunidades vegetales. Medio Ambiente 9(1): 140-142.
HELAWELL J (1995) Development of a rationale for monitoring. En: Goldsmith FB (ed) Monitoring for conservation and ecology: 1-14. Chapmam & Hall, London.
HELLMAYR CE (1932) The birds of Chile. Pub. 308. Field Museum of Natural History. Zoological Serie 19. Chicago.
HERMOSILLA J (2004) Tratados Internacionales vigentes en Chile en materia de protección a la Biodiversidad y su relación con la legislación interna. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Escuela de Derecho Universidad Austral De Chile.
HESS GR & TJ KING (2002) Planning open spaces wildlife. I Selecting focal species using a Delphi survey approach. Landscape and urban Planning 58: 25-40

HICKMAN GC (1985) Surface-mound formation by the Tuco-tuco, *Ctenomys fulvus* (Rodentia: Ctenomyidae), with comments on earth-pushing in other fossorial mammals. Journal of Zoology (London) 205: 385-390.
HOFFMANN A (1989) Cactáceas en la flora silvestre de Chile. 1ª ed. Fundación Claudio Gay, Santiago. 272 pp.
HOFFMANN A, MK ARROYO, F LIBERONA, M MUÑOZ & J WATSON (1998) Plantas altoandinas en la flora silvestre de Chile. 1ª ed. Fundación Claudio Gay, Santiago. 281 pp.
HOLDRIDGE (1967) Determination of world plan formation from simple climatic data. Science 105: 367-368.
HORTON PB, AA MCCONNEY, M GALLO, AL WOODS, GJ SENN, & D HAMELIN (1993) An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. Science Education, 77(1), 95-111.
HOWELL SNG & S WEBB (1995) Noteworthy bird observations from Chile. Bull. Brit. Orn. Cl. 115: 57-66.
HÜCKINGHAUS F (1961) Vergleinchende Untersuchungen ber die Formenmannigfaltigkeit der Unterfamilie Caviinae Murray 1886. (Ergebnisse der Südamerikaexpedition Herre/Röhrs 1956- 1957). Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie 166: 1-98.
HUGHES RA (1970) Notes on the birds of the Mollendo district, southern Peru. Ibis 112: 229-241.
HUMPRIES CJ, PH WILLIAMS & RI VANE-WRIGHT (1995) Measuring biodiversiti value for conservation. Annual Review of Ecology and Systematics 26: 93-111.
HUNTER ML (2004) A mesofilter conservation strategy to complement fine and coarse Filtres. Conservation Biology 19(4): 1025-1029.
IBARRA-VIDAL H (1989) Impacto de las actividades humanas sobre la herpetofauna en Chile. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Chile) 3: 33-39.
IMILAN W (2007) Socaireños en movimiento: Atacameños y Calama. Estudios atacameños: Antropología y arqueología surandinas nº 33. Pp. 105- 123
JARAMILLO A (2005) Aves de Chile. Guía de Campo de las aves de Chile. Lynx ediciones, Barcelona. 239 pp.
JENSEN A (1992) Las cuencas aluvio lacustres Oligoceno-Neogenas de la región del Ante-Arco de Chile septentrional entre los 19º y 23º Sur. Ph D. Thesis Universidad de Barcelona.
JEREZ V (2000) Diversidad y patrones de distribución geográfica de insectos coleópteros en ecosistemas desérticos de la región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 79-92.
JIMÉNEZ J (1996) The extirpation and current status of wild chinchillas Chinchilla lanigera and C. brevicaudata. Biological Conservation, 77: 1-6.
JOHNSON AW, RA HUGHES, JD GOODALL, WR MILLIE & G MOFFETT (1972) Supplement to the birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Perú. Platt Establecimientos Gráficos S. A. Buenos Aires.
JOHNSON WA (1965) The Birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Peru. Volume 1. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires
KEITER R (1998) Ecosystems and the law: toward an integrated approach. Ecological Applications 8(2): 332-341.
KING C (1993) La expresión territorial planimétrica de la legislación ambiental: Ley de Bosques y Reglamento del Decreto Ley 701. Seminario de título para optar al Diplomado en Análisis y Gestión del Ambiente. Escuela de Graduados Universidad de Concepción. 60 pgs.
KLOHN W (1972) Hidrografía de las zonas desérticas de Chile. Ed. por Jean Burz. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Chile.
KOFORD CB (1968) Peruvian desert mice water independence, competition, and breeding cycle near the Equator. Science 160: 552-553.
KRAMER KM, JA MONJEAU, EC BIRNEY y RS SIKES. 1999. Phyllotis xanthopygus. Mammalian Species 617:1-7.
KREBS C (1985) Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2 Edición. Editorial Interamericana. 753 pp.

Folio008938

LAGOS V, JM TORRES & C NOTON (2001) Conservación de la Diversidad Biológica: El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) como Herramienta de Gestión para la Región de Coquimbo. En Squeo FA, G Arancio y JR Gutiérrez (Eds.) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile., 388 pp.

LAHSEN A (1982) Upper Cenozoic volcanism and tectonism in the Andean of northern Chile. Earth Science Reviews, Vol. 18, p. 285-302.

LATORRE C, JL BETANCOURT, KA RYLANDER, J QUADE & O MATTHEI (2003) A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23ºS) over the last 13500 years. Palaeo 194: 223-246.

LINHART SB & FF KNOWLTON (1975) Determining the relative abundance of coyotes by scent station lines. Wildlife Society Bulletin 3:119-124.

LÓPEZ M (1991) Alimentación de flamencos altiplánicos, con énfasis en *Phoenicoparrus andinus* (Philippi) en Salar de Carcote, Chile. En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 84-89.

LUEBERT F & R GAJARDO (1999) Adiciones y notas a la flora del parque nacional Llullaillaco (Región de Antofagasta, Chile). Noticiero Mensual Museo Nacional de Historia Natural 339: 3-6.

LUEBERT F & R GAJARDO (2000) Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile. Lazaroa 21: 111-130

LUEBERT F & R GAJARDO (2005) Vegetación altoandina de Parinacota (norte de Chile) y una sinopsis de la vegetación de la Puna meridional. Phytocoenologia 35(1): 79-128.

LUEBERT F (2004) Apuntes sobre la vegetación de bosque y matorral del desierto precordillerano de Tarapacá (Chile). Chloris Chilensis 7(1). URL: www.chlorischile.cl (Julio-2005)

LYNCH JD (1975) A new Chilean frog of the extrandean assemblage of *Telmatobius* (Amphibia-Leptodactylidae). Bull South Acad Sci 74: 160-161.

MAGURRAN AE (1998) Ecological diversity and its measurament. Princeton University Press, New Jersey. 179.

MALDONADO V & CM CHACÓN (2001) Trabajando en marcos jurídicos apropiados para la conservación privada: la experiencia en Chile y Costa Rica. Alianza Regional para Políticas de Conservación en América Latina y el Caribe, 38 p.

MARÍN M (2003) Un nuevo registro de benteveo *Pitangus sulphuratus* para Chile. Cotinga 19: 82-83.

MARÍN M (2004) Lista comentada de las aves de Chile. Lynx Edicions, Barcelona. 141 pp.

MARÍN M, LF KIFF & LG PEÑA (1989) Notes on Chilean birds, with descriptions of two new subspecies. Bull. Brit. Orn. Cl. 109: 66-82.

MARQUET P (1994). Diversity of small mammals in the Pacific coastal desert of Peru and Chile and adjacent Andean area: biogeography and community structure. Australian Journal of Zoology 42:527-542.

MARQUET P, F BOZINOVIC, GA BRADSHAW, C CORNELIUS, H GONZÁLEZ, JR GUTIERREZ, ER HAYEK, JA LAGOR, F LÓPEZ-CORTEZ, L NUÑEZ, EF ROSELLO, C SANTORO, H SAMANIEGO, VG STANDEN, JC TORRES-MURA & FM JAKSIC (1998) Los ecosistemas del desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 593-617.

MARQUET PA (1989) Paleobiogeography of South American cricetid rodents: a critique to Caviedes & Iriarte. Revista Chilena de Historia Natural 62: 193-197.

MÁRQUEZ C, I SÁNCHEZ & J RAU (2004) Técnicas de Observación y Estimación de Abundancia de Aves Rapaces. En: Muñoz-Pedreros A, Rau J & Yáñez J (eds). Aves Rapaces de Chile. CEA Ediciones, Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, Valdivia, Chile. 387 pp.

MARTICORENA A (2005) Malvaceae. Cap. 35, pp. 22-105. En: Marticorena C & R Rodríguez. eds Flora de Chile. Vol. 2(3). Plumbaginaceae - Malvaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 128 pp.

MARTICORENA C & M QUEZADA (1985) Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Bot. 42(1-2): 1-155.

MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (1995) Flora de Chile. Vol. 1. Pteridophyta-Gymnospermae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 351 pp.

MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2001) Flora de Chile. Vol. 2(1) .Winteraceae-Ranunculaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 99 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2003) Flora de Chile. Vol. 2(2). Berberidaceae-Betulaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 93 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2005) Flora de Chile. Vol. 2(3). Plumbaginaceae - Malvaceae. Editorial Universidad de Concepción, Chile. 128 pp.
MARTICORENA C, O MATTHEI, R RODRÍGUEZ, MK ARROYO, M MUÑOZ, F SQUEO & G ARANCIO (1998) Catálogo de la flora vascular de la segunda región (Región de Antofagasta), Chile. Gayana Bot. 55(1): 23-83.
MARTÍNEZ JL (1998) Pueblos del chañar y el : los atacameños en el siglo XVII. Santiago, Chile: DIBAM. Universidad de Chile.
MARTÍNEZ-PARDO R & R MARTÍNEZ-GUZMÁN (1997) Neogene Southest paleogeography, the opening of the Drake passaje and the Humboldt Current history: The Chilean micropaleontologycal perspective. Actas VIII Congreso Geológico Chileno, Universidad Católica del Norte 1: 525-529.
MATTHEI O (1995) Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabeta Impresores, Santiago, Chile. 545 pp.
MAZAR BARNETT J & G KIRWAN eds (1999a) Neotropical notebook. Cotinga 11: 96-105.
MAZAR BARNETT J & G KIRWAN eds (1999b) Neotropical notebook. Cotinga 12: 79-88.
MCALEECE (1997) Biodiversity Profesional Beta Program. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science.
MEFFE GK & CR CARROLL (1994) Genetics: conservation of diversity within species. In: GK Meffe & CR Carroll eds. Principles of conservation biology: 143-178. Sinauer Associates Inc. Sunderland, MA.
MESERVE PL & DA KELT (1990) The role of aridity and isolation on central Chilean small mammals: a reply to Caviedes & Iriarte (1989). Journal of Biogeography 17: 681-684.
MESSERLI B, GROSJEAN M & VUILLE M (1997) Water Availability, Protected Areas, and Natural Resources in the Andean Desert Altiplano. Mountain Research and Development 17/3, 229-238.
MESSERLI B, M GROSJEAN, G BONANI, A BURGI, MA GEYH, K GRAF, K RAMSEYER, H ROMERO, USCHOTTERER, H SCHREIER & M VUILLE (1993) Climate Change and Natural Resource Dynamics of the Atacama Altiplano during the Last 18,000 Years: A Preliminary Synthesis. Mountain Geoecology of the Andes: Resource Management and Sustainable Development. Mountain Research and Development13(2): 117-127.
MIDEPLAN (1994) Métodos y Técnicas de Planificación Regional. Ministerio de Planificación y Cooperación. Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD). 1ª Edición. Editores Asociados Ltda. Chile. 155 pp.
MINISTERIO DE AGRICULTURA (s/f) Ley 19.473 y Reglamento de la Ley de caza.
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE (1992) Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: contenidos y metodologías. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), Madrid, España. 809 pp.
MONTENEGRO G, ME ALJARO & J KUMMEROW (1979) Growth dynamics of chilean matorral shrubs. Botanical Gazette 140:114-119.
MONTENEGRO S, D HERVE & V DURÁN (2001) Los tratados ambientales: principios y aplicación en Chile. 1a. ed. Edición Marie Claude Plumer.Santiago de Chile. CONAMA.
MONTTI S & H HENRIQUEZ (1970) Interpretación hidrogeológica de la génesis de salares y lagunas del altiplano chileno. Segundo congreso geológico chileno. Instituto de investigaciones Geológicas. Santiago, Chile. 13 pp.
MOONEY HA & J KUMMEROW (1971) The comparative water economy of representative evergreen sclerophyll and drought deciduous shrubs of Chile. Botanical Gazzete 132: 245-252.
MOP (2007) Declaración de impacto ambiental proyecto conservación y mejoramiento conexión vial San Pedro – El Tatio (rutas B-245-235) región de Antofagasta.
MOPT (1994) Guía para la Elaboración de Estudio del Medio Físico. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Madrid, España. 809 pp

MORALES H (1997) Pastores transhumantes al fin del mundo. Un enfoque cultural de la tecnología en una comunidad andina de pastores. Tesis de Grado de Antropología Social. Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile, Santiago.
MORALES J (2000) Claves para la interpretacion del patrimonio: un valioso apoyo a la gestión. Gestión Ambiental 6: 1-10.
MORENO C (2001) Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA. Volúmen 1. Zaragoza, España. 84 pp.
MORENO S & J GARCIA-ABAD (1996) Cartografía de la calidad visual del paisaje; reflexiones teóricas y ejemplo de aplicación. Serie Geográfica; el paisaje en el mapa, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares 6: 115-129.
MORENO, R.A. & H. IBARRA-VIDAL. 2004. Additions to the herpetological catalogue of the Museo del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. Gayana, 68(1), 93-97
MUELLER-DOMBOIS D & E ELLENBERG (1974 Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York. 547 pp.
MUÑOZ C (1966) Sinopsis de la flora chilena. 2a ed. Universidad de Chile, Santiago. 500 pp.
MUÑOZ J (2003) Perspectivas para el desarrollo de las aguas subterráneas en Chile. Taller Nacional-Chile hacia un plan nacional de gestión integrada de los recursos hídricos. CEPAL/SAMTAC-GWP/Comisión Nacional de Riego- Dirección General de Aguas de Chile/Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile/AIDIS. Santiago de Chile. 16 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & E PALMA (2008) Marsupiales de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez (eds) Mamíferos de Chile, segunda edición. CEA Ediciones. 573 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & J YAÑEZ (eds) (2000) Mamíferos de Chile. CEA Editorial. Valdivia. 417 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & J YÁÑEZ (eds) (2008) Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Segunda Edición corregida y ampliada (en prensa).
MUÑOZ-PEDREROS A & P MÖLLER (eds) (1997) Conservación de Humedales. Taller Bases para la Conservación de Humedales. CEA Ediciones/Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Valdivia. 118 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A (1992) Ecología de la asociación de micromamíferos presentes en un agroecosistema forestal de Chile Central. Revista Chilena Historia Natural.65: 417-428.
MUÑOZ-PEDREROS A (2004) La evaluación de paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77 (1): 139-156.
MUÑOZ-PEDREROS A, A BADILLA & H RIVAS (1993) Evaluación del paisaje en un humedal del sur de Chile: El caso de Valdivia (X Región). Revista Chilena de Historia Natural 66: 403-417.
MUÑOZ-PEDREROS A, C GODOY & L OLIVARES (1993b) Santuario Carlos Anwandter: proposiciones para su manejo. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Concepción) 7: 33-47.
MUÑOZ-PEDREROS A, J MONCADA & A LARRAIN (2000) Variación de la percepción del recurso paisaje en el sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 681-690.
MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU & J YÁÑEZ (EDS) (2004) Aves Rapaces de Chile Ediciones. 387 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU, V QUINTANA, M VALDEBENITO & D MARTÍNEZ (1995) Densidad de pumas (Felis concolor) en un ecosistema forestal del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 68(4): 501-509.
MURPHY DD & BD NOON (1991) Coping with uncertainty in wildlife biology. J. Wildl. Manage. 55:773-782.
MURRA J (1972) El "control vertical" de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. En Visita a la provincia de León de Huanuco (1562), J. Murra (Ed.), pp. 429-476. Universidad Hermilio Valdizán, Huanuco.
NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1986) Ecological knowledge and environmental problem solving: concepts and case studies. Committee on the Application of Ecological Theory to Environmental Problems; Commission on Life Sciences; National Academy Press, Washington D.C.
NAVARRO G & S RIVAS-MARTÍNEZ (2005) Datos sobre la fitosociología del norte de Chile: la vegetación en un transecto desde San Pedro de Atacama al volcán Licancabur (Antofagasta, II Región). Chloris Chilensis Año 8 Nº 2. URL: http://www.chlorischile.cl

NAVARRO G (1993) Vegetación de Bolivia: El altiplano meridional. Rivasgodaya 7: 69-98
NAVAS ME (1973, 1976, 1979) Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Tres tomos. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
NIEMEYER H & P CERECEDA (1984) Hidrografía. Geografía de Chile. Tomo VIII. Instituto Geográfico Militar. Chile.
NOSS RF (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology 4:355-364.
NOWAK RM (1999) Walker's mammals of the world. Sixth edition. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 1936 pp.
NÚÑEZ H & A VELOSO (2001) Distribución geográfica de las especies de lagartos de la Región de Antofagasta, Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 109-120.
NÚÑEZ H & F JAKSIC (1992) Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 43: 63-91.
NÚÑEZ H & JL YÁÑEZ (1983) *Ctenoblepharis adituvelatus* new species, a lizard from northern Chile (Reptilia: Iguanidae). Copeia 1983: 454-457.
NÚÑEZ H & JL YÁÑEZ (1983-84) *Ctenoblepharis erroneus* Nov. sp. de Iguanidae para la zona norte de Chile (Reptilia: Iguanidae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 40: 91-95.
NÚÑEZ H & SF FOX (1989) *Liolaemus puritamensis*, a new species of iguanid lizard previously confused with *Liolaemus multiformis* (Squamata: Iguanidae). Copeia 1989: 456-460.
NÚÑEZ H (1992) Geographical data of Chilean lizard and snakes in the Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. Smithsonian Herpetological Information Service 91. 29 pp.
NUÑEZ H, D PINCHEIRA-DONOSO & C GARIN (2004) *Liolaemus hajeki*, nueva especie de lagartija de Chile (Squamata, Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 53: 85-97.
NÚÑEZ H, J NAVARRO & A VELOSO (2000) *Liolaemus foxi*, una nueva especie de lagarto para el Norte de Chile (Squamata: Reptolia: Sauria) Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 17: 257-268.
NÚÑEZ H, J NAVARRO & J LOYOLA (1991) *Liolaemus_maldonadae* y *Liolaemus cristiani*, dos especies nuevas de lagartijas para Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 42: 79-88.
NÚÑEZ H, J NAVARRO, C GARIN, D PINCHEIRA-DONOSO & V MERIGGIO (2003) *Phrynosaura manueli* y *Phrynosaura torresi*, nuevas especies de lagartijas para el norte de Chile (Squamata: Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 52: 67-88. .
NÚÑEZ H, J NAVARRO, J SUFAN & JL GALAZ (1998) Distribución geográfica de *Phrynosaura* (Reptilia: Tropiduridae). Noticiario Mensual Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 334: 11-14.
NÚÑEZ H, JA SCHULTE & C GARIN (2001) *Liolaemus josephorum*, nueva especie de lagartija para el norte de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 91-107.
NÚÑEZ H, MA LABRA & J YÁÑEZ (1982) Hábitos alimentarios de dos poblaciones andinas de *Bufo spinulosus* Wiegmann, 1835 (Anura: Bufonidae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 39: 81-91.
NUÑEZ H, V MALDONADO & R PÉREZ (1997) Reunión de trabajo con especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 329: 12-19.
NÚÑEZ L & T DILLEHAY (1979) Movilidad giratoria , armonía social y desarrollo en los Andes meridionales: patrones de tráfico e interacciones económicas. Antofagasta , Chile: Universidad del Norte.
OLTREMARI J & K TELEN (1999) Manual para la formulación de Planes de Manejo en áreas silvestres protegidas privadas. Producto final del estudio “Análisis y Diseño Metodológico para la Elaboración de Planes de Manejo en Áreas Silvestres Protegidas Privadas”. Informe Final, Tomo II. CONAMA. Santiago.
ORTIZ JC & P MARQUET (1987) Una nueva especie de lagarto altoandino: *Liolaemus islugensis* (Reptilia-Iguanidae). Gayana: Zoología (Chile) 51: 59-63.
ORTIZ JC (1994) Una nueva especie de lagarto altoandino del género *Liolaemus* (Sauria, Tropiduridae). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile) 65: 191-195.

ORTIZ S (1986) Legislación vigente en el ámbito del manejo de cuencas hidrográficas. Corporación Nacional Forestal Octava Región, Concepción, Chile. 35 pp.
ORTIZ S (1990) La actividad forestal y su regulación ambiental. Seminario CORMA sobre "Legislación forestal y su dimensión en el derecho ambiental". Concepción, Chile, noviembre 1990.
OSGOOD WH (1943) The mammals of Chile. Field Museum of Natural History, Zoological Series 30: 1-268.
OYARZO H & H CORREA (1991) Comunidad avial asociada a la laguna del Negro Francisco (II Región, Atacama). En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 122-131.
PARADA M (1991) Flamencos en el norte de Chile, distribución, abundancia y fluctuaciones estacionales del número. En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 52-66.
PATTERSON B & R PASCUAL (1972) The fossil mammal of South America.In: A Keast, F Erk & B Glass, Evolution, Mammals and Southern Continents: 247-310. State University of New York Press, Albany.
PEART B (1977) Definition of Interpretation. Paper at: Association of Interpreters Naturalists Workshop, Texas A & M University, April 1977. USA.
PELLET P, E UGARTE, E OSORIO & F HERRERA (2005) Conservación de la biodiversidad en Chile, ¿legalmente suficiente? La necesidad de cartografiar la ley antes de decidir. Revista Chilena de Historia Natural 78: 125-141.
PEÑA L (1968) Aves observadas y colectadas en la cordillera de Antofagasta. Noticiario Mensual del Museo de Historia Natural 13(145): 8-11.
PEÑA LG (1961) Results of research in the Antofagasta ranges of Chile and Bolivia. Postilla 49: 3-42.
PHILIPPI RA (1964) Catálogo de las aves de Chile con su distribución geográfica. Investigaciones Zoológicas Chilenas 11: 1-179.
PHILIPPI RA (1967) Tres especies de aves capturadas por primera vez en Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 29: 121-124.
PHILIPPI RA, AW JOHNSON & JD GOODALL (1944) Expedición ornitológica al norte de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 22:65-120.
PICHLER & ZEIL (1972) Paleozoic and Mesozoic ignimbriles of Northern Chile. N. Jb. Miner. Abh.,116, 196-207
PIELOU EC (1984) Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc. New York, 165 pp.
PINCHEIRA-DONOSO & H NUÑEZ (2005) Las especies chilenas del género Liolaemus Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae) Taxonomía, sistemática y evolución. Museo Nacional de historia Natural, Chile. Publicación Ocasional 59: 1-486.
PINE RH, SD MILLER & ML SCHAMBERGER (1979) Contributions to the mammalogy of Chile. Mammalia 43: 339-376.
POIANI KA & BD RICHTER (2000) Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad. Documentos de Trabajo para la Ciencia de la Conservación Nº 1. Herdnon, VA: The Nature Conservancy.
QUINTANILLA V (1977) Zonación altitudinal de la vegetación en el norte árido chileno, a la latitud del trópico de Capricornio. Revista de Geografía Norte Grande 5: 17-39
QUINTANILLA V (1988) Fitogeografía y cartografía de la vegetación de Chile árido. Contribuciones Científicas y Tecnológicas, Área Geociencias 82: 1-28.
RAMÍREZ C & M GARDEWEG (1982) Hoja Toconao, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 54, 122 pp.
RAMIREZ C & R WESTERMEIER (1976) Estudio de la vegetación espontánea del Jardín Botánico de la Universidad Austral de Chile (Valdivia), como ejemplo de tabulación fitosociológica. Agro Sur 4(2): 93-105.
RAMIREZ C (1988) Formas de vida, fitoclimas y formaciones vegetales. El Arbol...Nuestro Amigo, Temuco 4: 33-37.
RAMÍREZ G & D PINCHEIRA-DONOSO (2005) Fauna del altiplano y desierto de Atacama. Vertebrados de la provincia de El Loa. Phrynosaura Ediciones. Calama, Chile. 395 pp.

RAU J, C ZULETA, A GANTZ, F SAIZ, A CORTES, L YATES, A SPOTORNO & E COUVE (1998) Biodiversidad de artrópodos y vertebrados terrestres del Norte Grande de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 527-554.

RAU JR, M DELIBES & J F BELTRÁN (1987) Estudio comparado de la dieta de los zorros mediterráneos (Carnivora, Canidae). Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (Chile) 18: 163-168.

RECA A, C UBEDA, D GRIGERA, M BECACECCI, C BERTONATTI, J BIANCHINI, M BOLKOVIC, N BONINO, C BORGHI, E CABEZAS, C CAMPAGNA, H CASTELLO, M COZZUOL, E CRESPO, J CRESPO (1994) Conservación de la fauna de tetrápodos. Un índice para su evaluación. Mastozoología Neotropical 1 (1):17-28.

REDFORD KH & JF EISENBERG (1992) Mammals of the Neotropics. Volume 2, the southern cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, ix + 430 pp.

REIG OA (1981) Teoría del origen y desarrollo de la fauna de mamíferos de América del Sur. Monographiae Naturae 1: 1-162.

REIG OA (1986) Diversity pattern and differentiation of high Andean rodents. In: Vuillemier F & M Monasterio (eds) High altitude tropical biogeography: 404-439. Oxford University Press, New York, New York.

REIG OA (1987) An assessment of the systematics and evolution of the Akodontini, with the description of new fossil species of Akodon (Cricetidae: Sigmodontinae). Pp. 347-399 en Patterson, B. D. & R. M. Timm (Eds.) Studies in neotropical mammalogy: essays in honor of Philip Hershkovitz. Fieldiana: Zoology, New Series 39. vii + 506 pp.

REISE D & W VENEGAS (1987) Catalogue of records, localities and biotopes from research work on small mammals in Chile and Argentina. Gayana, Zool. 51:103-130.

RIDEOUT-CIVITARESE S, MH LEGG & DM ZUEFLE (1997) More thoughts on the differences betwen environmental interpretation and environmental education. Legacy 8(6): 10,28-29.

RIDES (2003) Contribución de los Estudios de Biodiversidad en la Evaluacion Integrada del Salar de Atacama, 79 pp.

RIDGELY RS & G TUDOR (1994) The birds of South America. Vol II the suboscine passerines. University of Texas Press, Austin. USA.

RIEU M (1975) Les formations sédimentaires de la pampa del Tamarugal et le rio Loa. (Ct norte Grande)) du Chili). Cah. ORSTOM, sér. Géol. 7(2) : 145-164.

RISACHER F, H ALONSO & C SALAZAR (1999) Geoquímica de aguas en cuencas cerradas. I, II y III Regiones de Chile. Ministerio de Obras Publicas, Universidad Católica del Norte, Institut de Recherche pour le Développement (Ex Orstom), Dirección General de Aguas. S.I.T. N 51. 89 pp.

ROCHELLE JA (1994) Maintenance of late sucessional ecosystem values in the pacific northwest: evolving methodologies to guide habitat planning and policy making. En VA Sample (ed) Remote sensing and GIS in ecosystem management: 43-47 Island Press, Washington D.C.

ROMERO H (1985) Geografía de climas en geografía de Chile. Ediciones Instituto Geográfico Militar (IGM). Tmo XI. 243 pp.

ROZZI R, JJ ARMESTO, A CORREA, JC TORRES-MURA & M SALLABERRY (1996) Avifauna de bosques primarios templados en islas deshabitadas del Archipiélago de Chiloé, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 69: 125-139.

SALABERRY M, J AGUIRRE & J YÁÑEZ (1992) Adiciones a la lista de aves de Chile: descripción de nuevas especies para el país y otros datos ornitológicos. Noticiero Mensual del Museo de Historia Natural 321: 3-10.

SCHAT H & M SCHOLTEN (1986) Effects of salinity on growth, survival and life of four short-lived pioneers from brackish dune slacks. Acta Oecologica. 7:221-231.

SCHLATTER R & W SIELFELD (2006) Avifauna y mamíferos acuáticos de humedales de Chile. En I Vila, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez eds Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile: 141-187. Editorial Universitária, Santiago de Chile. 188 pp.

SCHLATTER R, J SALAZAR, A VILLA & J MEZA (1991) Demography of black-necked swans, *Cygnus melancoryphus* in three chilean wetland areas. Wildfowl Suppl. 1: 88-94.

SCHMIDT-NIELSEN K (1979) Animal physiology adaptation and environment. Cambridge University Press. Cambridge.
SEPÚLVEDA C (2004) ¿Cuánto hemos avanzado en conservación privada de la biodiversidad?: el aporte de las Áreas Protegidas Privadas en perspectiva. Ambiente y Desarrollo 20(1): 75-79. CIPMA. Santiago.
SERNATUR (2004) Actualización plan maestro turístico" Dirección Regional de Turismo. II Región de Antofagasta. I Etapa. Diagnóstico de la situación actual de la actividad turística. Elaborado por la Universidad Andrés Bello.
SGA-GND (2007) Estudio de impacto ambiental para la perforación geotérmica profunda el Tatio Fase I.
SHUMWAY S & M BERTNESS (1992) Salt stress limitation of seedling recruitment in a saltmarsh plant community. Oecologia 92: 490-497.
SIELFELD W & N AMADO (1994) Nuevos antecedentes sobre la presencia de la tagüita purpúrea (*Porphyrula martinico* Linnaeus, 1776) Gruiforme, Rallidae, en la primera región de Tarapacá, Chile. Boletín Chileno de Ornitología 1:24.
SIELFERLD W, N AMADO, J HERRERO, R PEREDO & A REBOLLEDO (1996) La avifauna del salar de Huasco: primera región, Chile. Boletín Chileno de Ornitología 3: 17-24.
SIMONETTI (1995) Diversidad Biológica: algo más que nombres, algo más que números. En Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad Biologica de Chile. CONICYT
SIMONETTI J & A VELOSO (2003) Contribución de los estudios de biodiversidad en la evaluacion integrada del Salar de Atacama. Programa de Estudios Interdisciplinarios en Biodiversidad/RIDES.
SIMONETTI JZ, & A SPOTORNO (1980) Posición taxonómica de *Phyllotis micropus* (Rodentia: Cricetidae).An. Mus. Hist. Nat. Valparaiso 13 285–297.
SOULÉ ME & KA KOHM (1989) Research Prirorities for Conservation Biology. Island Press. Washington, D. C.
SOUSA W (1984) The role of disturbance in natural comunities. Annual Review of Ecology and Systematics 15: 353-391.
SPELLERBERG IF (1994) Monitoring ecological change. Cambridge University Press, Cambridge.
SPOTORNO A, C ZULETA, A GANTZ, F SAIZ, J RAU, M ROSSEMAN, A CORTES, J RUIZ, L YATES, E COUVE & J MARIN (1998) Sistemática y adaptación de mamíferos, aves e insectos fitófagos en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 71: 501-526.
SPOTORNO A, L WALTER, SV FLORES, M YEVENES, JC MARIN & C ZULETA (2001) Evolución de los filotinos (Rodentia, Muridae) en los Andes del Sur. Revista Chilena de Historia Natural. (47) 1:
SPOTORNO AE & A VELOSO (1990) Flora and fauna of the altiplano. En: R Fernández (ed) Strategies in human adaptation to a rigorous environment: the Aymara: 19-32. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 265 pp.
SPOTORNO AE (1986) Systematics and evolutionary relationships of Andean phyllotine and akodontine rodents. Tesis Doctoral, University of California, Berkeley, California. 219 pp.
SPOTORNO AE, JP VALLADARES, JC MARÍN & H ZEBALLOS (2004b) Molecular diversity among domestic guinea-pigs (*Cavia porcellus*) and their close phylogenetic relationship with the Andean wild species *Cavia tschudii*. Revista Chilena de Historia Natural 77: 243-250.
SPOTORNO AE, JP VALLADARES, JC. MARIN, RE PALMA & C ZULETA (2004) Molecular divergence and phylogenetic relationships of chinchillids (rodentia: chinchillidae). Journal of Mammalogy 85: 384–388.
SPOTORNO AE, LI WALKER & JC MARÍN (2008) Origen, evolución y domesticación de los mamíferos chilenos. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 269-284. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
SQUEO FA, LA CAVIERES, G ARANCIO, JE NOVOA, O MATTHEI, C MARTICORENA, R RODRIGUEZ, MTK ARROYO & M MUÑOZ (1998) Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 571-591.
STATTERSFIELD AJ, ML CROSBY, AJ LONG, & DC WEGE (1998) Endemic bird areas of the world: priorities for biodiversity conservation. Bird Life Conservation Series N.º 7. Cambridge: Bird Life International.

STEPPAN S (1998) Phylogenetic relationships and species limits within Phyllotis (Rodentia: Sigmodontinae): concordance between mtDNA sequence and morphology. Journal of Mamalogy.
STEUBING L, R GODOY & M ALBERDI (2001) Métodos de Ecología Vegetal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 345 pp.
STORK NE & MJ SAMWAYS (1995) Inventorying and Monitoring. En Global Biodiversity Assessment (ed. Heywood, V.H.), pp. 453-544, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
TEILLIER S & P BECERRA (2003) Flora y vegetación del salar de Ascotán, Andes del Norte de Chile. Gayana Bot. 60(2): 114-122.
TEILLIER S (2000) Flora del salar de Ascotán, Región de Antofagasta (II Región), Chile. Chloris Chilensis Año 3 N° 1. URL: http://www.chlorischile.cl
TEILLIER S (2004) La vegetación de la cuenca media-alta del río Loa (3100-4150 msnm). Región de Antofagasta (II), Chile. Chloris Chilensis Año 7 N° 2. URL: http://www.chlorischile.cl
TORRES-MURA JC, M LEMUS & C GARIN (2003) Registro del turpial norteño, *Icterus galbula* (Aves: Icteridae) em Calama, II región, Chile. Noticiero Mensual del Museo de Historia Natural 351: 9-12.
TREVIZAN J, L BARRIOS, C FONFACH & R ROJAS (2001) Caracterización y delimitación del Oasis de Calama, Provincia del Loa, Región de Antofagasta. JJ Consultores Asociados. 57 pp.
UICN (2007) IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org
UNEP (1992) Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. Nairobi, Kenia.
USHER M (1995) Scientific requirements of a monitoring program. En FB Goldsmith (ed) Monitoring for conservation and ecology: 15-32. Chapman & Hall, London.
VALENZUELA R (1994) Diagnóstico preliminar del ordenamiento jurídico vigente, en lo que se refiere a la protección de la diversidad biológica. Contrato N° 01-0007-001 preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 47 pp.
VALLADARES J, R ETHERIDGE, J SCHULTE, G MANRIQUEZ & A SPOTORNO (2002) Nueva especie de lagartija del norte de Chile, Liolaemus molinai (Reptilia: Liolaeminae). Revista Chilena de Hitoria Natural. 75:473-489.
VAN ANDEL J & JP VAN DEN VERGH (1987) Disturbance of grasslands. Outline of the theme. In: J Van Andel, JP Bakker & RW Snaydon (eds) Disturbance in grasslands, causes, effects and processes. Geobotany 10, Junk, Dordrecht, 3-13.
VELLARD J (1951) Estudios sobre batracios andinos. I- El grupo *Telmatobius* y formas afines (Estudios sobre batracios andinos). Mem Mus Hist Nat Jav Prado 1: 1-90.
VELOSO A & J NAVARRO (1988) Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Boll. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino 6: 481-539.
VELOSO A & L TRUEB (1976) Description of a new species of Telmatobiine frog, *Telmatobius* (Amphibia: Leptodactylidae), from the Andes of northern Chile. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 62: 1-10.
VELOSO A (2006) Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. Pp. 103-140 En: Vila I, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez (Eds) (2006) Macrofitas y Vertebrados de los sistemas limnicos de Chile.
VELOSO A, JC ORTIZ, J NAVARRO, H NÚÑEZ, P ESPEJO & MA LABRA (1995) Reptiles. Pp. 326-335 en Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (Eds.) Diversidad biológica de Chile. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Santiago. xii + 364 pp.
VELOSO A, M SALLABERRY, J NAVARRO, P ITURRA, J VALENCIA, M PENNA & N DÍAZ (1982) Contribución al conocimiento de la herpetofauna del extremo norte de Chile. Pp. 135-268 en Veloso, A. & E. Bustos-Obregón (Eds.) El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, Lat. 18° 28'S). Volumen I, Proyecto MAB-6, UNEP-UNESCO 1105-77-01, ROSTLAC, Montevideo.
VIDAL M (2004) Reptiles terrestres de Chile. Guías de Identificación y Biodiversidad Fauna Chilena. Apuntes de Zoología, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. 15 pp.
VILLAGRÁN C & V CASTRO (1999) Etnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas en el Loa Superior, Andes de Antofagasta, Norte de Chile. Chungará 29 (2): 275-304.

VILLAGRÁN C, J ARMESTO & MTK ARROYO (1981) Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro Leon in northern Chile. Vegetatio 48: 3-16.
VILLAGRÁN C, MTK ARROYO & C MARTICORENA (1983) Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 56(2): 137-157.
VILLAGRÁN C,MTK ARROYO & J ARMESTO (1982) La vegetación de un transecto altitudinal de los Andes del norte de Chile (18-19º S). En: El ambiente natural y las poblaciones humanas de Los Andes del Norte Grande de Chile (Arica, lat. 18º28' S) (Veloso, A. y E. Bustos, eds.), Vol. 1, pp. 13-70. UNESCO, Montevideo, UY.
VUILLEUMIER F (1997) An overview of field guides to neotropical birds with remarks on their role in the development of neotropical ornithology. Ornitología Neotropical 8: 195-236.
WALKER LI, M ROJAS, S FLORES, AE SPOTORNO & G MANRÍQUEZ (1999) Genomic compatibility between two phyllotine rodent species evaluated through their hybrids. Hereditas 131: 227-238.
WHITTAKER RH (1972) Evolution and measurement of species diversity. Taxon 21 (2/3): 213-251.
WHITTAKER RH (1975) Communities and Ecosystems, segunda edición. Nueva York: Macmillan.
WIKUM D & GF SHANHOLTZER (1978) Application of the Braun-Blanquet cover – abundance scale for vegetation analysis in land development studies. Environmental Management 2(4): 323-329
WING, E. 1986. Domestication of Andean Mammals. Pp: 246-264, en: Vuilleumier, F. & M. Monasterio (Eds). High Altitude Tropical Biogeography. Oxford University Press. 649 pp.
YÁÑEZ J & A MUÑOZ-PEDREROS (2008) Mamíferos vivientes de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez (eds) Mamíferos de Chile, segunda edición. CEA Ediciones. 573 pp.
YÁÑEZ JL & H NÚÑEZ (1983) *Liolaemus fabiani*, a new species of lizard from northern Chile (Reptilia: Iguanidae). Copeia 1983: 788-790.
YOUNGMAN, K.J. (1984) Hydrothermal alteration and fluid-rock interaction in the El Tatio geothermal field, Antofagasta province, Chile. MSc Thesis, University of Auckland, NZ
ZINZMEISTER W (1978) Effect of the west Antarctic ice sheet on shallow-water marine fauna of Chile. Antarctic Journal 13: 25-26.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXOS CAPITULO IV

ANEXO 4-1. INVENTARIO FLORÍSTICO DE CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

ESPECIES	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS DE CALAMA	VOLCAN LICANCABUR	LAGUNA LEJÍA	GÉISERS EL TATIO
Algae					
Chara sp.	X	X			
Cladophora sp.	X	X			
Nostoc sp		X			
Spirogyra sp.	X	X			
Stygeoclonium sp.	X	X			
Pteridophyta (Filicopsida)					
Azolla filiculoides Lam.	X	X			X
Notholaena nivea (Poiret) Desv.			X		
Pinophyta (Gnetopsida)					
Ephedra breana Phil.			X		X
Ephedra multiflora Phil. ex Stapf			X		X
Ephedra rupestris Benth.					X
Angiospermae (Magnoliophyta)					
Dicotyledoneae (Magnoliopsida)					
Acacia macracantha Humb. & Bonpl.ex Willd.	X	X			
Acantholippia punensis Botta			X		
Adesmia aphylla Clos			X		
Adesmia atacamensis Phil.			X		X
Adesmia echinus K. Presl			X		
Adesmia kingii Phil.			X		
Adesmia melanthes Phil.			X		
Adesmia polyphylla Phil.			X		X
Adesmia sp.			X		
Adesmia spinosissima Meyen ex Vogel					X
Adesmia subterranea Clos			X	X	
Ambrosia artemisioides Meyen et Walp.			X		
Arenaria rivularis Phil.				X	X
Astragalus sp			X		X
Atriplex atacamensis Phil.	X	X			
Atriplex imbricata (Moq.) Dietr.			X		
Atriplex semibaccata R. Br.		X			
Azorella compacta Phil.					X
Azorella cryptantha (Clos) Reiche			X		
Baccharis boliviensis (Wedd.) Cabr.			X		X
Baccharis incarum Wedd.			X		X
Baccharis juncea (Cass.) Desf.	X	X			X
Baccharis petiolata DC.	X	X	X		
Belloa virescens (Wedd.) Cabrera					X

Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze		X			
Cajophora superba Phil.					X
Calandrinia occulta Phil.				X	
Calandrinia salsoloides (Barnéoud) Carolin ex Hershk.	X		X		
Calceolaria stellariifolia Phil.				X	X
Chaetanthera dioica (Remy) B.L. Rob.			X		X
Chaetanthera revoluta (Phil.) Cabr.			X	X	X
Chenopodium petiolare H.B.K.			X		
Chenopodium sp.		X			
Chuquiraga atacamensis O.K.			X		X
*Cistanthe salsoloides (*Barnéoud) Carolin ex Hershk.		X			
Cotula mexicana (DC.) Cabr.					X
Cumulopuntia hystrix F.Ritter			X		
Diplostephium meyenii Wedd.			X		X
Erigeron andicola DC.			X		X
Erigeron senecioides Weed.		X			
Fabiana densa Remy var. ramulosa			X		X
Fabiana denudata Miers			X		X
Fabiana squamata Phil.			X		
Geoffroea decorticans (Guillies ex Hook. & Arn.) Burkart	X				
Gnaphalium sp.			X		X
Haplopappus rigidus Phil.			X		
Heliotropium curassavicum L.	X	X			
Hoffmanseggia sp.			X		
Hypochaeris taraxacoides (Walp.) Benth. et Hooker					X
Junellia minima (Meyen) Mold.					X
Junellia seriphioides (Gill. et Hook.) Mold.			X		X
Junellia tridactyla (Phil.) Mold.				X	X
Krameria lappacea (Dombey) Burdet & B.B. Simpson			X		
Lampaya sp.			X		
Lenzia chamaepitys Phil.				X	X
Lilaeopsis macloviana (Gand.) A.W. Hill					X
Limosella australis R. Br.			X		
Lobivia formosa (Pfeiff.) Dodds					X
Lucilia sp					X
Lupinus oreophilus Phil.			X		
Lycium humile Phil.					X
Lycopersicon chilense Dunal			X		
Lythrum sp		X			
Malesherbia sp.	X				
Medicago sativa L.	X	X			
Menonvillea sp.			X	X	
Mimulus glabratus H.B.K. var. *glabratus*					X
Moschopsis monocephala (Phil.) Reiche			X	X	
Mulinum crassifolium Phil.			X	X	X
Mutisia lanigera Wedd.					X

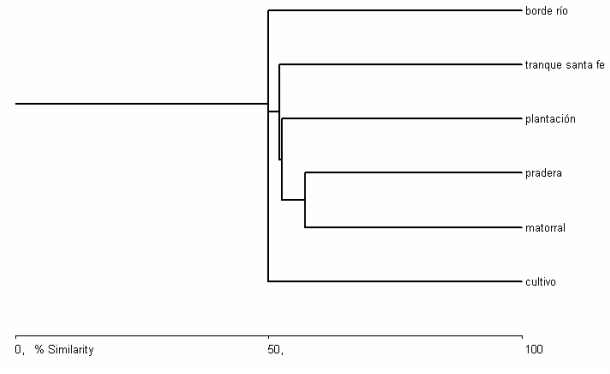
Myriophyllum quitense H.B.K.					X
Neuontobothrys linifolius (Phil.) O.E. Schulz			X		
Nototriche argentea A.W. Hill					X
Nototriche auricoma (Phil.) A.W. Hill			X	X	
Nototriche cfr. *pulvinata*			X		
Nototriche sp.				X	
Nototriche sp.1				X	
Opuntia conoidea (Back.) A. Hoffmann			X		X
Opuntia ignescens Vaupel			X		X
Opuntia sp					X
Oreocereus leucotrichus (R.Phil.) Wagenkn.					X
Oxalis erythrorrhiza Gill. ex H. et A.				X	
Oxalis pycnophylla Wedd.					X
Parastrephia lucida (Meyen) Cabr.					X
Parastrephia phylicaeformis (Meyen) Cabr.			X		X
Parastrephia quadrangularis (Meyen) Cabr.			X		X
Parastrephia teretiuscula (O.K.) Cabr.			X		
Perezia atacamensis (Phil.) Reiche			X	X	X
Perezia pygmaea Wedd.			X		X
Polyachyrus carduoides Phil.			X		
Prosopis alba Griseb.	X	X			
Prosopis chilensis Stuntz	X	X			
Prosopis tamarugo Phil.	X				
Pycnophyllum bryoides (Phil.) Rohrb.			X	X	X
Pycnophyllum macropetalum Mattf.			X	X	X
Pycnophyllum molle Remy					X
Reicheella andicola (Phil.) Pax					X
Satureja parvifolia (Phil.) Epling					X
Schinus molle L.		X			
Senecio adenophyllus Meyen ex Walp.			X		
Senecio atacamensis Phil.			X		
Senecio cfr. *algens*			X		
Senecio cfr. *socompae*			X		
Senecio graveolens Wedd.			X		
Senecio puchii Phil.			X	X	X
Senecio rosmarinus Phil. var. *rosmarinus*			X		X
Senecio sp		X			
Sisymbrium amplexicaule A. Gray			X		
Sisymbrium sp					X
Solanum furcatum Dunal ex Poir. var. *furcatum*			X		
Solanum sp.		X			
Tagetes multiflora H.B.K.			X		X
Tarasa operculata (Cav.) Kapov.			X		
Tephrocactus atacamensis (Phil.) F. Ritter			X		
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) H.Rob. & Cuatrec.	X	X			X
Tiquilia sp.			X		

Trichocereus atacamensis (Phil.) Backeb			X		X
Trichocline caulescens Phil.			X		
Urbania pappigera Phil.			X	X	X
Urtica trichantha (Wedd.) Acev. ex L.E. Navas					X
Valeriana nivalis Wedd.			X		
Valeriana urbanii Phil.					X
Werneria aretioides Wedd.			X		
Werneria denticulata Blake			X		X
Werneria glaberrima Phil.					X
Werneria incisa Phil.				X	
Werneria pinnatifida J. Rémy					X
Werneria poposa Phil.			X		
Monocotyledoneae (Liliopsida)					
Aristida adscensionis L.			X		X
Aristida asplundii Henrard.			X		
Arundo donax	X				
Carex gayana Desv.					X
Carex maritima Gunn. var. Misera				X	
Cortaderia atacamensis (Phil.) Pilger		X	X		X
Cyperus sp					X
Deyeuxia antoniana (Griseb.) Parodi				X	X
Deyeuxia breviaristata Wedd.					X
Deyeuxia cabrerae (Parodi) Parodi				X	X
Deyeuxia chrysantha J. Presl					X
Deyeuxia crispa Rugolo et Villav.			X		
Deyeuxia curvula Wedd.					X
Deyeuxia deserticola Phil.			X		
Deyeuxia eminens J. Presl					X
Deyeuxia sp.			X		X
Deyeuxia velutina Nees et Meyen					X
Dielsiochloa floribunda (Pilger) Pilger			X		X
Distichlis humilis Phil.			X		
Distichlis spicata (L.) Greene	X	X			X
Festuca chrysophylla Phil.			X	X	X
Festuca deserticola Phil.					X
Festuca hypsophila Phil.					X
Festuca orthophylla Pilger			X		X
Festuca sp.			X	X	
Hordeum chilense Roem. & Schult.	X				
Hordeum sp.				X	
Juncus acutus L.		X			
Juncus articus Willd.		X			X
Juncus dombeyanus J.Gay ex Laharpe		X			
Lemna minor L.					X
Myriophyllum quitense H.B.K.		X			
Oxychloe andina Phil.					X

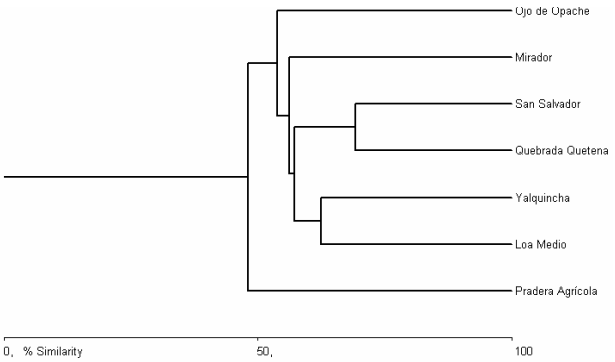
Phragmites australis (Cav.) Trin. Ex Steud.	X	X			
Poa sp.		X			
Polypogon australis Brongn.			X		X
Polypogon monspeliensis (L.) Desf.		X			
Potamogeton strictus Phil. ENDEMICA		X			
Puccinellia frigida (Phil.) I. M. Johnst.				X	
Puccinellia sp					X
Ruppia maritima L.	X	X			
Scirpus americanus Pers.	X	X			
Stipa bomanii Haum.			X		
Stipa chrysophylla Desv.			X		
Stipa frigida Phil.			X	X	
Stipa nardoides (Phil.) Hackel ex Hitchc.			X	X	X
Stipa speciosa Trin. et Rupr.			X		
Stipa venusta Phil.			X		X
Zameioscirpus atacamensis (Phil.) Dhooge & Goetgh.					X
Zea mays L.		X			
TOTAL ESPECIES	24	37	93	29	92

Folio008953

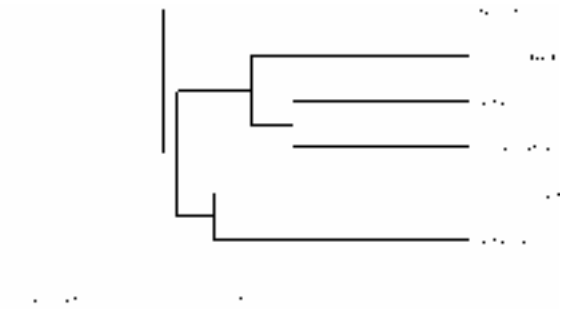
ANEXO 4-2. SIMILITUD ENTRE DIFERENTES ESTACIONES EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.



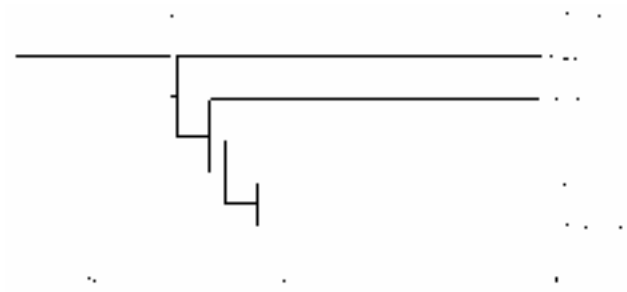
Oasis de Quillagua



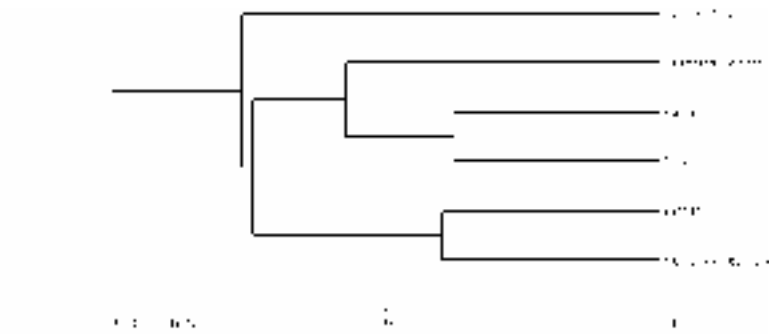
Oasis de Calama



Laguna Lejía



Volcán Licancabur



Géiseres del Tatio

ANEXO 4-3. MAMÍFEROS PRESENTES EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. EC= estado de conservación. 1= Ley de Caza, 2= Glade (1993), 3= UICN (2007), 4= Cofré & Marquet (1998).

	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa sub desértica de la puna de Atacama	Humedales ripariano del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
ÁREAS		Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur, Tatio	Licancabur, Tatio	Tatio	Tatio
MAMÍFEROS													
Myotis atacamensis	V[3]	x											
Chaetophractus nationi	P[1]									x	x		
Akodon albiventer									x	x	x		
Abrothrix olivaceus		x		x									
Abrocoma cinerea							x	x		x	x	x	x
Abrothrix andinus							x			x	x	x	
Eligmodontia puerulus	LR/lc[3]									x	x		
Phyllotis rupestris				x						x	x		
Phyllotis magister	NP[4]			x			x	x	x	x	x	x	x
Auliscomis sublimis												x	x
Lagidium viscacia	P[1]						x			x	x		
Chinchilla brevicaudata							x						
Ctenomys fulvus	V[1]					x			x	x	x		
Ctenomys opimus										x	x		
Rattus norvergicus				x									
Rattus rattus		x	x	x	x								
Mus musculus		x	x	x	x								
Lycalopex culpaeus	I[1]			x		x		x	x	x	x	x	x
Lycalopex griseus				x									
Leopardus colocolo	P[1]							x	x				
Vicugna vicugna	P[1]						x			x	x	x	x
Lama glama							x					x	
Lama guanicoe									x				
Equus asinus									x			x	
Oryctolagus cuniculus				x	x								

Folio008955

ANEXO 4-4. AVES PRESENTES EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. EC= ESTADO DE CONSERVACIÓN. 1= LEY DE CAZA, 2= GLADE (1993), 3= UICN (2007).

ESPECIE	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
		Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur, Tatio	Licancabur, Tatio	Tatio	Tatio
Agriornis andicola	V[3]									x	x	x	
Agriornis montana				x	x								
Anas cyanoptera		x		x									
Anas flavirostris		x		x				x				x	
Anas georgica		x		x				x	x			x	
Anas puna												x	
Asthenes modesta							x			x	x	x	
Athene cunicularia				x									
Attagis gayi	R[1]					x							
Bolborhynchus aurifrons							x						
Bubo magellanicus				x	x								
Buteo polyosoma		x		x						x	x	x	
Calidris bairdii						x						x	
Calidris minutilla		x											
Carduelis atrata							x	x		x	x	x	
Charadrius alticola						x							
Chloephaga melanoptera	V[1]					x						x	
Chordeiles acutipennis		x		x									
Cinclodes atacamensis								x				x	
Cinclodes fuscus				x									
Circus cinereus				x	x								
Columba livia				x	x								
Conirostrum cinereum			X										
Conirostrum tamarugense			X										
Dendrocygna viduata				x									

Egretta caerulea				x									
Falco femoralis		x		x						x	x	x	
Falco peregrinus	V[1]			x	x								
Falco sparverius				x	x								
Fulica ardesiaca		x		x									
Fulica gigantea	V[1]											x	
Gallinago andina												x	
Geositta cunicularia						x							
Geositta punensis						x	x						
Geranoaetus melanoleucus				x	x								
Icterus galbula				x									
Larus modestus	V[1]	x											
Larus serranus	V[1]					x						x	
Leptasthenura aegithaloides				x				x				x	
Lessonia oreas								x				x	
Lophonetta specularioides						x						x	
Metriopelia melanoptera				x					x	x	x	x	
Metropelia aymara										x	x	x	x
Muscisaxicola flavinucha						x				x	x	x	
Muscisaxicola frontalis						x	x						
Muscisaxicola maclovianus		x	X										
Muscisaxicola maculirostris		x	X	x						x	x		
Muscisaxicola rufivertex				x		x	x		x	x	x	x	x
Nycticorax nycticorax				x									
Oreotrochilus estella							x						
Oreotrochilus sp.										x	x		
Pardillarus sanguinolentus		x		x									
Passer domesticus		x	X	x									
Petrochelidon pyrrhonota				x									
Steganopus tricolor				x		x							
Phalcoboenus megalopterus				x			x			x	x	x	
Phleocryptes melanops		x		x									
Phoenicoparrus andinus	V[1]					x						x	
Phoenicoparrus jamesi	V[2]					x							
Phoenicopterus chilensis	V[3]					x						x	
Phrygilus atriceps							x	x	x	x	x	x	
Phrygilus dorsalis										x	x	x	x

Phrygilus fruticeti				x				x					
Phrygilus gay				x									
Phrygilus plebejus						x	x	x		x	x		
Phrygilus unicolor							x			x	x		
Pterocnemia pennata	P[1]						x						x
Pygochelidon cyanoleuca		x		x				x				x	
Riparia riparia				x									
Sicalis auriventris						x	x	x	x	x	x		
Sicalis olivascens						x	x						
Sicalis uropygialis						x	x						
Tachuris rubrigastra		x		x									
Thinocorus orbignyianus												x	
Tinamotis pentlandii	V[1]									x	x		x
Tringa flavipes												x	
Troglodytes aedon		x	X	x	x			x					
Turdus chiguanco								x					
Tyrannus savana		x											
Tyrannus tyrannus				x									
Tyto alba				x	x								
Upucerthia dumetaria			X	x	x		x						
Upucerthia ruficaudus							x			x	x		
Vultur gryphus	V[1]									x	x	x	x
Zenaida auriculata			X	x	x								
Zenaida meloda				x									
Zonotrichia capensis		x	X	x	x			x					

ANEXO 4-5. HERPETOFAUNA PRESENTE EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. EC= estado de conservación. 1= Ley de Caza, 2= UICN (2007), 3= Veloso (2006).

ESPECIE	E	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
ÁREAS			Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur Tatio	Licancabur Tatio	Tatio	Tatio
Liolaemus andinus								x		x	x	x	x	
Liolaemus erguetae											x	x		
Liolaemus barbarae	E										x	x		
Liolaemus constanzae		R[1]							x	x	x	x		
Liolaemus fabiani	E	R[1]								x				
Liolaemus hajeki	E													x
Liolaemus paulinae	E	R[1]			x									
Liolaemus puritamensis	E							X			x	x		
Microlophus theresioides	E	R[1]	x	X	x	x								
Phrinosaura audivelata	E	R[1]								x				
Phrynosaura torresi	E				x									
Phyllodactylus gerrhopygus					x									
Tachymenis peruviana										x	x	x		
Bufo spinulosus		V[1]							x				x	
Telmatobius dankoi	E	I[3]			x									
Telmatobius vilamensis	E	DD[2]							x					

ANEXO 4-6. CATÁLOGO DE VERTEBRADOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO OASIS DE CALAMA. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. O= ORIGEN EC= ESTADO DE CONSERVACIÓN.

ORDEN	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	O	EC
MAMÍFEROS				
RODENTIA	*Abrothrix olivaceus*			
	Phyllotis rupestris	lauchón orejudo	N	
	Phyllotis magister	lauchón orejudo grande	N	
	Rattus norvegicus	guarén	I	
	Rattus rattus	rata negra	I	
	Mus musculus	laucha	I	
LAGOPHORMA	*Oryctolagus cuniculus*	conejo	I	
CARNIVORA	*Lycalopex culpaeus*	zorro culpeo	N	I
	Lycalopex griseus	zorro chilla	N	I
CICONIFORMES	*Egretta caerulea*	garza azul	N	
	Nycticorax nycticorax	huairavo	N	
AVES				
ANSERIFORMES	*Anas flavirostris*	pato jergón chico	N	
	Anas georgica			
	Anas cyanoptera	pato colorado	N	
	Dendrosygna viduata	pato silbón de cara blanca	N	
FALCONIFORMES	*Buteo polyosoma*	aguilucho	N	
	Phalcoboenus megalopterus	carancho cordillerano	N	
	Falco sparverius	cernícalo	N	
	Falco femoralis	halcón perdiguero	N	
	Falco peregrinus	halcón peregrino	N	V
	Circus cinereus	vari ceniciento	N	
	Geranoaetus melanoleucus	águila de pecho negro	N	
GRUIFORMES	*Pardirallus sanguinolentus*	pidén	N	
	Fulica ardesiaca	tagua andina	N	
CHARADIFORMES	*Steganopus tricolor*	pollito de mar tricolor	N	
COLUMBIFORMES	*Columba livia*	paloma	I	
	Zenaida meloda	paloma de alas blancas	N	
	Zenaida auriculata	tórtola	N	
	Metriopelia melanoptera	tórtola cordillerana		
STRIGIFORMES	*Tyto alba*	lechuza blanca	N	
	Bubo magellanicus	tucúquere	N	
	Athene cunicularia	pequén	N	
CAPRIMULGIFORMES	*Chordeiles acutipennis*	gallina ciega peruana		
PASSERIFORMES	*Upucerthia dumetaria*	bandurrilla	N	
	Cinclodes fuscus	churrete acanelado		
	Leptasthenura aegithaloides	tijeral	N	

	Phleocryptes melanops	trabajador	N	
	Agriornis montana	mero gaucho	N	
	Muscisaxicola maculirostris	dormilona chica	N	
	Muscisaxicola rufivertex	dormilona de nuca rojiza	N	
	Tachuris rubrigastra	siete colores	N	
	Pygochelidon cyanoleuca	golondrina dorso negro	N	
	Troglodytes aedon	chercán	N	
	Zonotrichia capensis			
	Phrygilus fruteceti	yal	N	
	Passer domesticus	gorrión	I	
	Tyrannus tyrannus	benteveo blanco y negro	N	
	Riparia riparia	golondrina barranquera	N	
	Petrochelidon pyrrhonota	golondrina grande	N	
	Phrygilus gay	cometocino	N	
	Icterus galbula	bolsero de Baltimore	N	
REPTILES				
SQUAMATA	*Liolaemus paulinae*	lagartija de Paulina	N	R
	Microlophus theriesiodes	corredor de Tereza	N	R
	Phrynosaura torresi	dragón de Torres-Mura	N	
	Phyllodactylus gerrhopygus	salamanqueja	N	
ANPHIBIA	*Telmatobius dankoi*	rana acuática de Danko	N	I

ANEXOS CAPITULO VI

ANEXO 6-1BASE DE DATOS TABULADOS PARA LOS VALORES DE CALIDAD VISUAL DE LAS UP REGISTRADAS EN EL ÁREA, SEGÚN EL MÉTODO DE MUÑOZ-PEDREROS ET AL. (1993). N= NÚMERO IDENTIFICADOR DE LAS IMÁGENES O PAISAJES, G1= EVALUACIÓN DEL GRUPO DE EXIGENTES, G2= EVALUACIÓN DEL GRUPO TRANSFORMADOR DEL PAISAJE, G3= EVALUACIÓN DEL GRUPO CONTROL, X1= VALOR PROMEDIO QUE CADA GRUPO EVALUADOR LE ASIGNO A CADA PAISAJE, X2= VALOR PROMEDIO QUE CADA GRUPO LE ASIGNO A LA UP, X3= VALOR PROMEDIO DE CADA PAISAJE, X4= VALOR PROMEDIO DE LA UP, DE= DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

UP	1	2	3	4	5	X1	X2	DE	1	2	3	4	5	X1	X2	DE	1	2	3	4	5	X1	X2	DE	X	X4	DE
Cascada quebrada río Loa	22	22	15	18	3	16	16	0,3	13	22	15	16	21	17	18	0,4	22	24	23	16	24	22	18	4,8	18	17	1,4
Cascada quebrada río Loa	13	20	17	16	16	16			22	23	9	16	20	18			18	17	10	15	15	15			16		
Quebrada con vegetación	7	20	20	9	16	14	14	0,4	6	6	13	12	17	11	15	3,9	16	9	17	15	15	14	16	1,2	13	15	1,6
Quebrada con vegetación	11	13	21	12	11	14			19	18	7	23	15	16			16	18	17	16	13	16			15		
Quebrada con vegetación	13	13	18	12	15	14			24	17	9	23	18	18			16	23	18	12	15	17			16		
Construcción muralla quebrada	3	4	6	10	8	6	9	3,3	16	7	5	13	3	9	11	3,6	5	5	15	15	6	9	11	2,8	8	10	2,5
Muralla quebrada	3	16	7	9	10	9			23	5	8	16	23	15				12	9	9	10	10			11		
Construcción	9	3	12	7	6	7			6	7	5	7	4	6			11	6	10	4	5	7			7		
Construcción	13	15	15	15	19	15			10	19	15	11	16	14			10	15	7	13	12	11			14		
Construcción	7	6	9	5	9	7			23	15	5	11	8	12			4	20	16	6	6	10			10		
Construcción	12	5	12	10	10	10			6	10	6	10	10	8			20	23	15	10	10	16			11		
Pradera de brea con basura	9	1	5	1	3	4	5	1,5	3	3	2	6	2	3	5	2,3	3	3	1	6	5	4	6	2,5	4	5	2,0
Pradera de brea con basura	7	2	2	2	2	3			3	3	1	3	3	3			2	3	1	3	4	3			3		
Pradera de brea con basura	9	6	7	7	6	7			6	9	7	12	4	8			5	10	6	10	10	8			8		
Pradera de brea con basura	10	5	8	5	6	7			6	9	9	10	2	7			4	7	6	10	9	7			7		
Pradera de brea con basura	9	3	2	3	10	5			7	10	5	12	5	8			2	16	20	5	5	10			8		
Pradera de brea con basura	7	3	3	2	4	4			3	3	5	6	3	4			3	5	4	10	10	6			5		
Pradera de brea con basura	8	3	5	5	4	5			3	3	5	5	2	4			3	5	4	10	10	6			5		
Planicie desierto con basura	10	3	3	3	3	4	5	1,8	3	3	3	6	2	3	5	2,9	3	5	3	5	5	4	5	2,8	4	5	2,1
Planicie desierto con basura	7	3	4	3	3	4			5	3	3	7	2	4			3	6	6	2	5	4			4		
Planicie desierto con basura	6	2	1	3	4	3			3	3	3	6	3	4			1	3	5	2	3	3			3		
Planicie desierto con basura	4	3	5	3	6	4			4	3	1	6	2	3			2	5	2	10	3	4			4		
Planicie desierto con basura	5	3	2	3	3	3			4	2	1	7	2	3			2	3	3	1	2	2			3		
Planicie desierto con basura	6	4	8	2	3	5			3	2	3	5	2	3			2	2	2	3	2	2			3		
Planicie desierto con basura	4	3	3	3	5	4			13	3	6	5	2	6			16	15	18	3	4	11			7		
Planicie desierto con basura	4	2	2	2	4	3			2	2	3	4	2	3			2	3	10	3	3	4			3		
Planicie desierto con basura	7	5	9	5	11	7			1	18	11	15	12	11			2	2	2	13	15	7			9		
Planicie desierto con basura	11	5	12	5	7	8			15	10	5	10	3	9			8	10	10	4	5	7			8		
Cerro desierto con basura	10	3	2	2	4	4	4	0,0	1	3	1	6	12	5	5	0,0	3	3	10	1	2	4	4	0,0	4	4	0,0
Quebrada río Loa vegetación riparia	13	23	16	7	17	15	13	2,8	23	18	13	23	5	16	15	2,1	23	16	16	3	15	15	14	3,3	15	14	2,1
Quebrada río Loa vegetación riparia	14	23	17	10	11	15			16	18	14	17	15	16			15	18	13	16	15	15			15		
Quebrada río Loa vegetación riparia	14	18	21	18	13	17			24	18	7	25	8	16			23	21	17	16	18	19			17		
Quebrada río Loa vegetación riparia	3	24	13	5	11	11			24	24	16	21	9	19			19	20	22	20	18	20			17		
Quebrada río Loa vegetación riparia	7	23	18	13	19	16			16	23	9	21	22	18			6	7	18	16	17	13			16		
Quebrada río Loa vegetación riparia	10	18	11	15	10	13			16	10		20	23	17			5	12	9	10	15	10			13		
Quebrada río Loa vegetación riparia	16	15	17	1	9	12			3	23	17	13	14	14			6	7	5	14	15	9			12		
Quebrada río Loa vegetación riparia	12	5	6	3	11	7			23	18	11	10	5	13			18	24	22	11	11	17			13		

Folio008962

Quebrada río Loa vegetación riparia	7	10	14	5	11	9			11	13	11	12	13	12			7	15	10	13	14	12			11		
Quebrada río Loa vegetación riparia	15		15	16	15	15			16	18	10	15	17	15			16	16	8	14	14	14			15		
Quebrada río Loa vegetación riparia	13		16	16	10	14			24	10	9	15	17	15			23	18	16	14	14	17			15		
Quebrada río Loa vegetación riparia	6	18	11	7	11	11			5	15	15	15	12	12			6	10	10	12	13	10			11		
Quebrada río Loa vegetación riparia	8	15	11	11	10	11			21	14	5	14	13	13			5	18	16	15	13	13			13		
Quebrada río Loa vegetación riparia	9	20	16	2	9	11			23	3	14	16	18	15			10	16	11	14	13	13			13		
Laguna vegetación palustre	15	24	23	15	14	18	18	0,0	17	24	20	23	17	20	20	0,0	16	16	14	16	17	16	16	0,0	18	18	0,0
Quebrada desierto	9	23	16	14	16	16	15	0,3	24	9	12	22	16	17	16	0,6	15	16	9	17	18	15	14	1,0	16	15	0,6
Quebrada desierto	9	26	9	17	15	15			24	9	9	20	17	16			11	15	9	18	15	14			15		
Cerros desierto	10	24	16	17	16	17	17	0,0	24	9	7	22	14	15	15	0,0	15	18	16	15	16	16	16	0,0	16	16	0,0
Lomaje desierto	4	23	8	11	8	11	10	1,4		9	9	18	7	11	11	1,9	15	10	15	26	10	15	13	3,2	12	11	1,7
Lomaje desierto	5	23	5	11	6	10			27	10	9	18	1	13			5	10	9	9	10	9			11		
Lomaje desierto	5	23	10	11	10	12			18	7	9	19	11	13			22	17	17	10	10	15			13		
Lomaje desierto	9	15	7	3	9	9			11	9	11	10	4	9			10	15	11	10	10	11			10		
Embalse vegetación riparia	16	23	11	2	16	14	14	0,0	23	23	20	14	4	17	16	0,7	21	23	13	15	15	17	18	0,3	16	16	0,1
Embalse vegetación riparia	12	20	13	8	15	14			4	23	21	16	15	16			24	20	16	14	15	18			16		
Valle praderas grama y brea	8	23	12	12	11	13	13	1,2	27	18	9	21	10	17	19	1,4	23	16	16	5	17	15	15	0,6	15	16	0,6
Valle praderas grama y brea	7	24	7	11	10	12			29	18	12	22	15	19			18	20	11	9	15	15			15		
Valle praderas grama y brea	13	25	14	11	10	15			28	17	13	23	14	19			22	17	11	12	13	15			16		
Valle praderas grama y brea	12	23	14	5	9	13			29	18	18	22	15	20			22	18	12	15	13	16			16		
Planicie desierto	5	23	5	11	7	10	10	0,6	28	17	5	16	12	16	12	2,4	6	10	9	16	10	10	11	1,5	12	11	0,9
Planicie desierto	6	18	10	11	7	10			15	6	7	16	6	10			11	16	11	10	10	12			11		
Planicie desierto	7	18	1	11	7	9			14	7	5	17	7	10			5	11	11	10	10	9			9		
Planicie desierto	6	18	9	11	6	10			14	9	10	17	9	12			11	15	10	10	10	11			11		
Planicie desierto	7	15	9	10	9	10			24	10	9	15	5	13			13	15	16	10	10	13			12		
Planicie desierto	10	9	10	10	10	10				9	5	12	11	9			16	18	13	10	9	13			11		
Río praderas brea	7	18	14	5	10	11	11	0,1	28	17	17	13	13	18	18	0,3	22	23		14	13	18	17	1,0	15	15	0,2
Río praderas brea	14	16	14	2	9	11			24	17	18	16	15	18			20	21	15	14	13	17			15		
Praderas cultivo en desuso	13	20	12	3	11	12	10	1,7	23	16	15	17	13	17	12	4,6	24	23	16	10	11	17	12	4,2	15	11	3,4
Praderas cultivo en desuso	10	5	7	10	10	8			14	16	7	12	5	11			10	13	10	10	10	11			10		
Praderas cultivo en desuso	10	5	11	11	10	9			7	10	5	11	6	8			8	11	5	10	10	9			9		
Praderas brea	5		7	10	12	9	9	0,0	22	7	6	16	17	14	14	0,0	14	10	11	10	10	11	11	0,0	11	11	0,0
Praderas cultivo maíz	10	5	11	3	6	7	9	3,4	3	16	10	12	5	9	10	0,7	5	7	22		12	12	11	0,4	9	10	1,2
Praderas cultivo maíz	11	10	15	12	11	12			4	18	12	13	4	10			16	5	13	10	11	11			11		
Pradera de chilca y brea	12	5	11	10	7	9	9	1,1	7	8	9	9	8	8	9	1,3	3	5	3	10	7	6	8	2,2	8	9	1,1
Pradera de chilca y brea	14	5	10	3	7	8			4	16	6	9	3	8			9	11	11	10	7	10			8		
Pradera de chilca y brea	9	10	12	11	10	10			14	5	6	10	7	8			5	10	5	10	10	8			9		
Pradera de chilca y brea	9	10	10	10	9	10			7	9	10	12	15	11			6	11	15	10	11	11			10		
Pradera atriplex y brea	3	5	9	5	11	7	7	0,9	17	10	13	11	4	11	9	1,8	23	18	16	10	10	15	11	3,7	11	9	1,9
Pradera atriplex y brea	3	5	9	5	12	7			4	10	13	11	4	8			7	11	5	10	10	9			8		
Pradera atriplex y brea	4	3	7	5	11	6			4	9	9	12	5	8			7	11	5	10	10	9			7		
Pradera atriplex y brea	7	10	9	5	10	8			17	9	10	14	7	11			22	18	15	10	9	15			11		
Pradera atriplex y brea	9	5	7	10	7	8			6	9	7	12	5	8			7	7	5	10	10	8			8		
Planicie con escombros	7	5	10	5	6	7	7	0,0	6	5	9	11	10	8	8	0,0	3	7	5	5	6	5	5	0,0	7	7	0,0
Pradera de grama salada	6	10	10	10	9	9	9	0,0	7	18	6	16	9	11	11	0,0	3	10	5	9	9	7	7	0,0	9	9	0,0
Plantación de algarrobos	12	25	17	18	18	18	18	0,4	20	15	19	21	23	20	20	0,0	19	25	23	18	18	21	21	1,7	19	19	0,7
Plantación de algarrobos	12	23	17	18	17	17			20	15	19	21	23	20			19	15	21	18	18	18			18		

Folio008963

ANEXO 6-2. BASE DE DATOS TABULADOS PARA EL ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS VISUALES BÁSICAS DE LAS UP REGISTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

CODIGO UP	Foto	Forma	Línea	Tono	Brillo	Grano	Densidad	Regularidad	Contraste	Escala	Compos espacial	Posición
CRL	1	tridimensional	borde definido	claro	brilante	medio	medio	en grupo	muy alto	relativa	Fig. dominante	media ladera
QV	2	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	Fig. dominante	Pie de ladera
CON	3	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	denso	al azar	medio	relativa	Cerrado	contra el terreno
PBB	4	tridimensional	borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
PBB	5	tridimensional	borde difuso	claro	brillante	medio	medio	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PDB	6	tridimensional	borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
PDB	7	tridimensional	borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
PDB	8	tridimensional	borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
CDB	9	tridimensional	borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
QLV	10	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	denso	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	llanura
QLV	11	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	llanura
LVP	12	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	muy alto	relativa	Fig. dominante	Pie de ladera
QD	13	tridimensional	borde definido	claro	mate	fino	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	ladera/cumbre
QD	14	tridimensional	borde definido	claro	mate	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	llanura
CD	15	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	llanura
QV	16	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	en espesura	Pie de ladera
QV	17	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	muy alto	relativa	en espesura	Pie de ladera
QLV	18	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	muy alto	relativa	encajado	fondo del valle
CON	19	tridimensional	borde difuso	claro	brillante	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	en espesura	media ladera
QLV	20	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	fondo del valle
LD	21	tridimensional	borde difuso	claro	brillante	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	en espesura	media ladera
LD	22	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	ladera/cumbre
PDB	23	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PDB	24	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PDB	25	tridimensional	borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	focalizado	llanura
VPGB	26	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
PD	27	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	ladera/cumbre
VPGB	28	tridimensional	borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
VPGB	29	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
VPGB	30	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
RPB	31	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	focalizado	pie de ladera
RPB	32	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	denso	al azar	alto	relativa	focalizado	pie de ladera
EVR	33	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	denso	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	pie de ladera
EVR	34	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
PCD	35	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	panorámico	llanura
PDB	36	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	en grupo	medio	relativa	panorámico	llanura
PDB	37	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PDB	38	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
PB	39	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	ladera/cumbre
QLV	40	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	medio	relativa	focalizado	pie de ladera
LD	41	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	fino	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	ladera/cumbre
QLV	42	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	medio	relativa	panorámico	pie de ladera
PD	43	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	ladera/cumbre
PD	44	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PD	45	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	fino	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	llanura
PD	46	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	ladera/cumbre
PDB	47	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	fino	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	llanura
PCM	48	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	denso	ordenado	alto	relativa	panorámico	llanura

CON	49	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	Fig. dominante	llanura
PCHB	50	tridimensional	Borde difuso	oscuro	brillante	medio	denso	en grupo	medio	relativa	panorámico	llanura
PCHB	51	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	llanura
QLV	52	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	focalizado	llanura
QLV	53	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	media ladera
QLV	54	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	llanura
LD	55	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	disperso	al azar	medio	relativa	en espesura	ladera/cumbre
PCM	56	tridimensional	Borde difuso	oscuro	brillante	grueso	denso	ordenado	alto	relativa	panorámico	llanura
CON	57	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	en grupo	alto	relativa	en espesura	ladera/cumbre
QLV	58	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	focalizado	pie de ladera
QLV	59	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	medio	medio	en grupo	medio	relativa	panorámico	media ladera
CRL	60	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	denso	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	media ladera
PAB	61	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
PAB	62	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
PAB	63	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
QLV	64	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	medio	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
PAB	65	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	focalizado	llanura
PCD	66	tridimensional	Borde definido	oscuro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PAB	67	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Grueso	denso	al azar	medio	relativa	panorámico	media ladera
PBB	68	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	Grueso	medio	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PBB	69	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Grueso	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PE	70	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	Medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	pie de ladera
PBB	71	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Grueso	denso	en grupo	medio	relativa	en espesura	llanura
PGS	72	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Fino	disperso	ordenado	bajo	relativa	panorámico	llanura
CON	73	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	Medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	llanura
QLV	74	tridimensional	Borde definido	oscuro	brillante	Medio	medio	en grupo	alto	relativa	panorámico	llanura
PD	75	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	media ladera
QLV	76	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	Grueso	denso	en grupo	alto	relativa	focalizado	pie de ladera
CON	77	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Medio	medio	en grupo	medio	relativa	en espesura	llanura
PCD	78	tridimensional	Borde difuso	oscuro	brillante	Medio	medio	al azar	bajo	relativa	panorámico	media ladera
PCHB	79	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	Medio	medio	al azar	medio	relativa	en espesura	media ladera
PCHB	80	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Medio	medio	al azar	bajo	relativa	focalizado	llanura
PBB	81	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Medio	medio	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PBB	82	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Medio	medio	al azar	medio	relativa	panorámico	media ladera

Folio008965

O 6-3. BASE DE DATOS TABULADOS PARA VALORES DE FRAGILIDAD. D= DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN; E= DIVERSIDAD DE ESTRATOS; A= ALTURA DE LA VEGETACIÓN; ES= ESTACIONALIDAD DE LA VEGETACIÓN; CV= CONTRASTE CROMÁTICO V/V; CS= CONTRASTE CROMÁTICO V/S; P=PENDIENTE Y H= VALOR HISTÓRICO Y CULTURAL; X=VALOR DE FRAGILIDAD PARA LA UP; DE=DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

										VPSUP		VFUP	
CODIGO UP	Foto	D	E	A	ES	CV	CS	P	H	x	DE	X	DE
Cerros desierto	15	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1,1	1	0,0
Cerro desierto basura	9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5	1	0,0
Construcción	3	3	3	3	3	3	1	3	1	3	0,9	1	1,0
	19	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1,1		
	49	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	57	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
	73	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	77	3	1	1	2	2	3	1	1	2	0,9		
Cascada quebrada río loa	1	3	2	3	1	1	3	2	2	2	0,8	2	0,4
	60	3	2	2	2	3	3	3	3	3	0,5		
Embalse vegetación riparia	33	3	2	2	1	1	2	1	3	2	0,8	2	0,1
	34	3	3	2	1	1	2	1	3	2	0,9		
Lomaje desierto	21	0	0	0	0	0	0	3	3	1	1,4	1	0,2
	22	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1,1		
	41	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
	55	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1,1		
Laguna vegetación palustre	12	3	2	3	1	1	3	2	1	2	0,9	2	0,0
Pradera atriplex y brea	61	2	2	2	1	3	2	1	1	2	0,7	2	0,1
	62	2	2	2	1	3	2	1	1	2	0,7		
	63	2	2	2	1	1	2	1	1	2	0,5		
	65	2	2	2	1	3	1	1	1	2	0,7		
	67	1	2	2	2	1	2	2	1	2	0,5		
Pradera brea	39	0	0	0	0	0	0	3	3	1	1,4	1	0,0
Pradera brea y basura	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	1	0,4
	5	2	3	3	1	3	3	1	1	2	1,0		
	68	2	2	2	2	1	2	1	1	2	0,5		
	69	2	2	2	2	1	2	1	1	2	0,5		
	71	2	2	2	2	1	2	1	1	2	0,5		
	81	2	2	2	2	2	2	1	1	2	0,5		
	82	2	2	2	3	3	3	2	1	2	0,7		
Pradera cultivo desuso	35	3	2	2	2	2	3	1	1	2	0,8	2	0,1
	66	3	3	3	2	3	2	1	1	2	0,9		
	78	3	2	3	0	3	3	2	1	2	1,1		
Pradera cultivo maíz	48	3	3	3	2	3	2	1	2	2	0,7	2	0,6
	56	3	1	2	2	1	1	1	1	2	0,8		
Pradera chilca y brea	50	3	3	3	2	1	3	1	1	2	1,0	2	0,3
	51	3	2	2	2	2	2	1	1	2	0,6		
	79	3	3	2	2	3	3	3	1	3	0,8		
	80	3	2	2	2	1	3	2	1	2	0,8		
Planicie desierto	27	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7	1	0,1

Folio008966

	43	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	44	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	45	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	46	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1,1		
	75	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
Planicie desierto basura	6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5	1	0,5
	7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	8	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	23	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
	24	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
	25	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
	36	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	37	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	38	3	2	2	2	3	2	1	1	2	0,8		
	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
Planicie con escombros	70	3	0	0	0	0	0	2	1	1	1,2	1	0,0
Pradera grama salada	72	3	1	3	1	2	2	1	1	2	0,9	2	0,0
Quebrada desierto	13	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1,1	1	0,0
	14	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1,1		
Quebrada río loa vegetación riparia	10	3	2	3	1	1	1	1	2	2	0,9	2	0,4
	11	3	2	3	1	1	1	1	2	2	0,9		
	18	3	1	2	1	1	2	1	3	2	0,9		
	20	3	2	3	1	1	3	3	2	2	0,9		
	40	3	2	2	1	1	2	3	2	2	0,8		
	42	3	0	0	0	0	0	3	2	1	1,4		
	52	3	2	2	2	1	3	2	2	2	0,6		
	53	3	2	2	2	2	3	3	1	2	0,7		
	54	3	2	2	1	1	1	1	1	2	0,8		
	58	3	3	2	1	3	3	3	3	3	0,7		
	59	3	3	2	2	1	2	3	3	2	0,7		
	64	3	1	2	2	1	2	3	2	2	0,8		
	74	3	2	2	2	1	3	1	1	2	0,8		
	76	2	1	2	2	1	1	2	1	2	0,5		
Quebrada con vegetación	2	3	3	2	3	3	3	3	1	3	0,7	2	0,5
	16	3	1	2	1	1	2	1	2	2	0,7		
	17	3	1	2	1	1	2	1	3	2	0,9		
Río pradera brea	31	3	2	2	3	2	3	1	1	2	0,8	2	0,1
	32	3	2	2	3	1	2	2	1	2	0,8		
Valle pradera grama y brea	26	3	2	2	1	1	3	3	3	2	0,9	2	0,2
	28	3	2	2	1	1	3	1	2	2	0,8		
	29	3	2	2	1	1	3	1	1	2	0,9		
	30	3	2	2	1	1	3	1	2	2	0,8		
Plantación de algarrobos	82	1	2	1	3	1	2	1	1	2	0,8	2	0,2
	83	2	2	1	3	1	3	1	1	2	0,9		

ANEXO 6-3. Ficha de caracterización de los evaluadores de paisaje.
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 6-4. Planilla para la evaluación de la calidad del paisaje.
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXOS CAPITULO VII

ANEXO 7-1. Encuesta General. Caracterización Socioeconómica-Cultural
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 7-2. Entrevista General. Actores Relevantes
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 7-3. CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA EN LA COMUNA DE CALAMA

El río Loa y sus tributarios sustentan la actividad agropecuaria que se desarrolla principalmente en el Oasis de Calama y en las comunidades indígenas de Chiu Chiu, Lasana, Ayquina y Caspana, entre otras. A continuación, se presenta información del censo agropecuario de 1997 y resultados peliminares del censo agropecuario 2007 disponible de nivel comunal, con el fin de caracterizar la actividad agropecuaria de la comuna de Calama y evaluar su tendencia en la última década.

En el cuadro siguiente se presenta la superficie dividida en los principales usos del suelo a nivel comunal. Si se comparan ambos censos se aprecia muy incrementada la superficie agropecuaria total de 2007 en comparación con la del año 1997. Sin embargo este incremento sólo está referido a las praderas naturales. El resto de las explotaciones en su mayoría disminuyeron sus superficies de uso, con excepción de las áreas forestadas. De la tabla siguiente puede extraerse que la actividad agropecuaria ha disminuido en los últimos 10 años.

USO DEL SUELO AGROPECUARIO EN LA COMUNA DE CALAMA. CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 1997 Y 2007

TIPOS DE SUELO	Censo AP 1997 Hectáreas	Censo AP 2007 Hectáreas
TOTAL EXPLOTACIONES		
Número de predios	774	676
Superficie	6.631,9	99.113,39
SUELOS DE CULTIVO	2.300,5	1.286,84
Cultivos anuales y permanentes	447,9	359,87
Praderas sembradas perm. y de rotación	608,3	335,97
En barbecho y descanso	1.244,3	591,00
OTROS SUELOS	4.331,4	97.826,55
Praderas mejoradas	84,1	12,60
Praderas naturales	2.951,3	93.509,49
Plantaciones forestales	40,8	83,26
Bosques naturales y montes	0,5	4,38
Matorrales		36,66
De uso indirecto (infraestructura)	38,8	3.640,39
Estériles (áridos, pedreg. y arenales)	1.215,9	539,77

Una situación similar a la anterior se muestra en la siguiente en que se muestra la tendencia a la disminución de las superficies de los distintos tipos de cultivo, salvo el cultivo de cereales que ha visto incrementada, notoriamente, su superficie. Aparentemente la condición proveedora de chacarería de la comuna ya no es tal.

SUPERFICIE TOTAL SEMBRADA O PLANTADA POR GRUPOS DE CULTIVOS EN LA COMUNA DE CALAMA. CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 1997 Y 2007

ESPECIE	Censo AP 1997 Hectáreas	Censo AP 2007 Hectáreas
Cereales	16,2	131,41
Chacras	0,8	0,84
Industriales	0,0	0,1
Hortalizas al aire libre e invernadero	414,3	207,73
Flores	3,5	4,02
Forrajeras anuales y permanentes	608,3	336,97
Frutales caseros y de plantación	13,7	4,35
Viñas y parronales	0,0	0,0
Viveros	0,0	0,17
Semilleros	0,2	11,43
Forestales	40,8	83,09
Total superficie cultivada	1.097,8	665
Total superficie explotaciones comerciantes	2.556,6	780,11

Con disminuciones en las superficies destinadas a forrajeo es razonable prever también una disminución en la ganadería. Efectivamente, según se aprecia en el cuadro siguiente esta actividad ha mermado en la última década. Las principales especies de crianza son los ovinos, caprinos y camélidos andinos.

EXISTENCIA DE GANADO EN LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS EN LA COMUNA DE CALAMA, POR ESPECIE. VI CENSO NACIONAL AGROPECUARIO - AÑO 1997, CENSO PECUARIO SAG 2004-2005, CENSO AGROPECUARIO 2007.

ESPECIE	1996/97 (Nº DE CABEZAS)	2004/05 (Nº DE CABEZAS)	2007 (Nº DE CABEZAS)
Bovinos	314	217	152
Ovinos	6.283	6.886	4.539
Porcinos	1.381	1.265	984
Equinos (caballares, mulares, asnales)	699	1.095	394
Caprinos	2.364	2.903	2.070
Camélidos (alpacas, llamas)	1.716	2.871	1.777
Conejos			(4.942)
Otros (jabalíes, ciervos)			(12)
Total cabezas	12.757	15.237	9.916

La ganadería puede realizarse en suelos que reciben aportes hídricos desde el río Loa y sus afluentes en forma natural, como es el caso de las vegas, sin embargo, las actividades de cultivo requieren necesariamente de riego. Los humedales, en sus formaciones de vegas y

bofedales, han constituido el centro de la economía pastoril altoandina. El ciclo anual de pastoreo contempla una tipología de humedales de acuerdo a estacionalidad y tiempo de uso. El tiempo de uso se refiere al tiempo que el ganado puede permanecer en un lugar considerando la percepción de capacidad de carga que posea el pastor. En general, el pastoreo en humedales suele estar asociado con técnicas de conducción y almacenamiento -canales y represas- del agua, con la finalidad de lograr, tanto la reproducción de las especies vegetales que lo conforman como la ampliación de la superficie. Es notable constatar de la información del último censo, que si bien la superficie de praderas naturales es aparentemente extensa ésta no se acompaña de un incremento en la actividad ganadera. La disminución de las fuentes de agua subterráneas es señalada en las localidades rurales como la gran responsable de la pérdida de superficies proveedoras de forraje que sustentaban antiguamente la ganadería.

La información entregada en ambos censos revela una disminución en la superficie regada, mientras el censo nacional agropecuario de 1997, reporta un total de 1.126. hectáreas regadas en la comuna, en el censo de 2007 esta condición la presentaban 775,9 ha. En ambos casos el riego más frecuente es el gravitacional. Ello, puede ser identificado como un indicador del desarrollo de una agricultura tradicional, lo cual se asocia a cultivos básicos y mercados locales. No obstante lo anterior, en la zona el uso de sistemas de riego tecnificado puede presentar la desventaja de aumentar la salinidad de los suelos en el caso de realizarse sin un adecuado control ni lavado de suelos. Sin perjuicio de lo anterior, el riego tradicional también puede conducir a una salinización si no se agrega una fracción de lavado.

Tal como se puede apreciar en el cuadro siguiente, la infraestructura de distribución del riego también es bastante básica.

CARACTERÍSTICAS DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO DE LAS PRINCIPALES LOCALIDADES DE LA COMUNA DE CALAMA

Localidad	Número de canales	Características	Superficie regable (ha.)
Lasana	8	Sin revestir	100
Chiu Chiu	4	s/i	s/i
Calama	12	Sin revestir y con revestimiento	1600

ANEXO 7-2. MONUMENTOS NACIONALES Y ZONAS TIPICAS EN LA COMUNA DE CALAMA

MONUMENTOS NACIONALES			
LUGAR	CONSTRUCCIÓN	DECRETO M. EDUCACIÓN	FECHA
Caspana	Iglesia	Nº 5058	6-7-51
Chiu-Chiu	Iglesia	Nº 5058	6-7-51
Chiu-Chiu	Pukará	Nº 36	7-1-82
Ayquina	Pueblo	Nº 862	27-8-74
Turi	Pukará	Nº 36	7-1-82
Conchi Viejo	Iglesia	Nº 274	14-5-96
ZONA TIPICA			
Ayquina	Pueblo de Ayquina y campos de cultivo	Nº 0862	27-8-74
Conchi Viejo	Caserío de Conchi Viejo	Nº 274	14-5-96

ANEXOS CAPITULO X

ANEXO 10-1. DOS EJEMPLOS DE FICHAS DE TRABAJO DE AULA PARA EL DOCENTE

Ficha de Actividad “LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS”
1. Objetivo Fundamental Verticales Conocer las características principales de los pueblos originarios de Chile.
2. Sector de Aprendizaje Comprensión del Medio Natural, Social y Cultural
3. Curso 4º básico
4. Aprendizaje esperado Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.
5. Indicador Comparan diferentes formas de vida de algunos pueblos originarios.
6. Sugerencia metodológica Actividades - El docente preguntará a los alumnos que pueblos originarios de Chile conocen y con que características los relacionan. - El docente afirmará o corregirá la información entregada. - El docente preguntará a los alumnos, que conocen del pueblo “atacameño”. - Observarán imágenes sobre la cultura “atacameña” (restos arqueológicos, manifestaciones culturales actuales, etc). Y se comentará lo observado. - Los alumnos colorearán imágenes de objetos y ceremonias propias del pueblo atacameño. - Los alumnos consultarán en sus casas, a sus vecinos o en software educativos, información sobre las imágenes coloreadas. La siguiente clase se comentará los resultados de la tarea.
7. Materiales - Pizarra y plumón. - Presentación en power point sobre el pueblo o los pueblos “atacameños”. - Cartilla de trabajo de los alumnos - Texto con información sobre características de los pueblos atacameños - Software sobre culturas indígenas nortinas.
8. Tiempo 90 minutos (2 horas pedagógicas)
9. Tipo de Evaluación - Se evaluará la participación de los alumnos, tanto en el aporte de ideas como en la información entregada. - Se evaluará el trabajo realizado en la cartilla (realización del trabajo, orden y calidad de la información).
10. Relación con otros subsectores - Artes: colorear imágenes - Lenguaje: entrevistas y escritura de información obtenida.

Ficha de Actividad: "VEGETACION DEL OASIS DE CALAMA"
1. Objetivo Fundamental - Identificar a las especies y poblaciones biológicas como niveles de organización de vegetales, animales y seres humanos.
2. Sector de Aprendizaje Estudio y Comprensión de la Naturaleza
3. Curso 5º básico
Contenido: Recursos naturales y conservación: conocimiento de especies animales y vegetales nativas y reconocimiento de la importancia comercial de algunas de ellas; señalar estrategias básicas de cuidado y conservación de Especies animales y vegetales; consecuencias positivas y negativas del uso y explotación de las especies sobre la calidad de vida de los habitantes en su región.
5. Aprendizaje esperado Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí.
6. Sugerencia metodológica Actividades - Previamente, los alumnos visitaran el Oasis de Calama y fotografiaran las diferentes especies encontradas. - Revisando un texto o software con información de la vegetación del oasis, por parejas, identificaran el nombre de cada especie. - Imprimirán 6 especies las que pegaran en la Cartilla y anotaran su nombre y principales características. - El profesor explicará cuales son las características geográficas, que permiten la existencia de esas especies en el oasis. - Los alumnos preguntaran a su familia, que otras especies conocían y/o han desaparecido del oasis. La información la anotaran en su cartilla y se comentará la clase siguiente.
7. Materiales - Pizarra y plumón. - Fotografías de especies vegetales del Oasis de Calama (previamente obtenidas). - Cartilla de trabajo de los alumnos. - Computadores e impresora. - Texto o software con información sobre vegetación del Oasis de Calama. - Presentación en power point, sobre características geográficas de la comuna de Calama
8. Tiempo 90 minutos (2 horas pedagógicas)
9. Tipo de Evaluación - Se evaluará el cumplimiento en traer imágenes de vegetales. - Se evaluará el trabajo de búsqueda de información (pertinencia, claridad y trabajo en equipo). - Se evaluará el trabajo realizado en la cartilla (realización del trabajo, orden y calidad de la información).
10. Relación con otros subsectores Lenguaje: entrevistas y escritura de información obtenida.

ANEXO 10-2. DOS EJEMPLOS DE FICHA DE ACTIVIDAD DE CARTILLA DE ALUMNOS

Ficha de Actividad “LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS”
Curso: 4º básico
Subsector: Estudio y Comprensión de la Naturaleza
Aprendizaje esperado: Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.

A trabajar…
En esta ficha, tienes 4 imágenes que representan aspectos culturales de los pueblos atacameños.

Consulta con tus familiares, personas mayores o busca en algún libro o CD… y averigua a que corresponde cada imagen

_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Evaluación:
Responde brevemente:
¿A quién consulté por las imágenes?

¿Hice mi tarea con suficiente anticipación?

Ficha de Actividad “VEGETACION DEL OASIS DE CALAMA”
Curso: 5º básico
Subsector: Estudio y Comprensión de la Naturaleza
Aprendizaje esperado: Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí.

A trabajar…
Imprime y pega las imágenes de 6 plantas encontrados en el Oasis de Calama, luego escribe su nombre y las principales características que posee.

1	2
Nombre	Nombre
Características	Características

3	4
Nombre	Nombre
Características	Características

5	6
Nombre	Nombre
Características	Características

Tarea:
Averigua con los adultos de tu casa o familia, ¿Qué otras especies vegetales existían en el Oasis de Calama?

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Evaluación:
Responde brevemente:

¿Conseguí las imágenes con suficiente anticipación?

¿A quién consulté sobre las plantas que existían en el Oasis?

¿Fui ordenado al realizar mis tareas?

ANEXO 10-3. SUGERENCIA DE APRENDIZAJES ESPERADOS, CONTENIDOS E INDICADORES A TRABAJAR

A continuación, se entregan Aprendizajes Esperados, Contenidos e Indicadores, según corresponda, sobre los cuales se debe realizar las fichas. Los contenidos seleccionados, se extrajeron del software "Programas de Estudio. Educación Básica y Media. Formación General" (Ministerio de Educación de Chile). Se han ordenado por curso y subsectores.

1º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Identifican y caracterizan sus grupos de pertenencia a nivel familiar, escolar, local y nacional	- Describen sus grupos de pertenencia: familia, escuela, vecindario o localidad y país. - Describen algunas tradiciones regionales o nacionales: mitos, leyendas, celebraciones y comidas.
Describen algunas plantas y animales de su entorno y reconocen la importancia de su cuidado	- Observan plantas y animales de su entorno más cercano. - Identifican plantas y animales de su entorno. - Relatan como es el lugar donde viven los animales y plantas observadas. - Dan ejemplos de cómo cuidar plantas y animales.
Establecen relaciones entre el pasado y el presente y proyectan acciones a desarrollar en el futuro	- Distinguen situaciones, hechos, objetos y costumbres del pasado y del presente. - Establecen semejanzas y diferencias entre las situaciones, hechos, objetos y costumbres del pasado y del presente.

2º BÁSICO. COMPRENSION DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Identifican diferentes actividades laborales y valoran la importancia del trabajo para el desarrollo de la vida en sociedad.	• Nombran profesiones y oficios que se realizan en la región donde viven. • Describen la función que cumplen trabajadores que se desempeñan en diferentes actividades laborales.
Comprenden la importancia del uso de instrumentos para percibir características no observables a simple vista en organismos de su entorno.	• Comparan observaciones realizadas con lupa y sin ella. • Describen rasgos de organismos del entorno, a partir de observaciones realizadas con instrumentos.
Manifiestan curiosidad para ampliar su conocimiento del entorno.	• Formulan preguntas para profundizar el conocimiento del entorno. • Buscan y comparan información para aclarar sus interrogantes.
Caracterizan diferentes paisajes, agudizando su capacidad de observación.	• Reconocen diferentes elementos del paisaje, tales como cordillera, cerro, valle, nubes, viento, agua, animales, plantas, construcciones, caminos, campos cultivados. • Distinguen elementos naturales y elementos culturales de los paisajes.
Caracterizan flora y fauna típica de Chile y señalan las medidas adoptadas para su protección.	• Reconocen flora y fauna típica de Chile. • Describen características de algunas plantas y animales de Chile. • Señalan algunas especies de plantas y animales que están en peligro de extinción en nuestro país. • Identifican instituciones, locales y nacionales, que protegen a la flora y fauna. • Dan ejemplos de medidas adoptadas para la protección de la flora y fauna.
Reconocen diferentes formas en que animales y	• Definen, con sus propias palabras, el concepto de "hábitat"

plantas se relacionan con su hábitat.	como el lugar donde los organismos viven y encuentran lo que necesitan para vivir: refugio, aire, agua, alimento y espacio. • Describen distintas formas de interacción de animales y plantas con su hábitat: de alimentación, de defensa y de refugio.
Describen diferentes maneras en que el ser humano se relaciona con su medio ambiente y reconocen la importancia de su cuidado	• Reconocen la necesidad que tiene el ser humano de interactuar con el medio ambiente. • Describen situaciones que muestran cómo los seres humanos interactúan con su medio ambiente. • Dan ejemplos de conductas de las personas que contribuyen al cuidado del medio ambiente. • Relacionan el cuidado del medio ambiente con la salud de las personas.

3º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Describen interacciones entre plantas, animales y el medio.	• Describen experiencias que muestran que las plantas fabrican su propio alimento. • Distinguen entre organismos productores y organismos consumidores. • Identifican animales carnívoros, herbívoros y omnívoros.
Comprenden el concepto de recurso natural como todo elemento que el ser humano obtiene de la naturaleza para satisfacer sus necesidades.	• Identifican recursos naturales. • Dan razones que muestran la importancia de cuidar los recursos naturales. • Identifican los principales recursos naturales que se explotan en Chile, y los localizan en el mapa. • Nombran y describen actividades productivas relacionadas con la obtención de recursos naturales

3º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Aprendizaje esperado	Indicadores
Reconocen propiedades estéticas de diversos materiales en elementos naturales, objetos y obras de arte, por ejemplo: piedra, cuero, huesos, madera, arcilla, fibras, textiles, metal, papel, cartón, vidrio, plástico, otros.	• Identifican diversos materiales en el entorno natural y cultural.
Exploran manifestaciones musicales folclóricas mediante la ejecución grupal vocal e instrumental de danzas y canciones.	• Ejecutan danzas folclóricas, incorporando elementos del entorno cultural.
Reconocen y exploran diversas formas de interacción de las manifestaciones artísticas entre sí y con el entorno social y cultural. Emplean combinaciones de medios artísticos para expresarse.	• Relacionan diferentes manifestaciones artísticas en cuanto a: medios, temáticas, formas, personajes, ideas o sentimientos expresados. • Expresan sentimientos, emociones e ideas combinando diferentes medios de expresión artística.
Recrean en trabajos de grupo manifestaciones lúdicas del folclor por medio de la música y la expresión corporal, con movimiento corporal, expresión verbal y cantada, apropiados a cada caso.	• Practican, conocen y valoran distintas manifestaciones lúdicas del folclor (danzas imitativas, juegos, rondas y otros). • Ejecutan cantos tradicionales con acompañamiento instrumental.

4º BÁSICO. LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

Aprendizaje esperado	Indicadores
Escuchan comprensivamente cuentos, fábulas, leyendas poemas y noticias; captando la información explícita e implícita que contienen.	• Reconocen información explícita sobre personajes, acciones o lugares de las narraciones escuchadas. • Demuestran la comprensión de lo escuchado a través de preguntas pertinentes, comentarios, opiniones y expresiones artísticas.
Relatan diversas narraciones en forma clara y coherente y recitan poemas con expresión de las emociones que contienen.	• Relatan cuentos, leyendas, fábulas, experiencias personales, hechos y películas, escuchados, vistos o leídos, utilizando oraciones completas y bien construidas. • Recitan poemas, de tres estrofas o más, dándoles la adecuada entonación a sus versos.

4º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Caracterizan la diversidad geográfica en Chile en relación a su clima, flora y fauna.	• Localizan en el mapa: el norte, el centro y el sur del país. • Describen las principales características del norte, centro y sur del país, en relación a su clima. • Identifican fauna y flora típica del norte, centro y sur de Chile.
Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.	• Nombran y ubican en el mapa pueblos originarios de Chile. • Comparan diferentes formas de vida de algunos pueblos originarios. • Señalan aportes de los pueblos originarios a la cultura nacional.
Caracterizan la diversidad de plantas y animales, los clasifican según criterios convencionales y reconocen la importancia de su cuidado.	• Describen la diversidad de plantas y animales existente en distintos hábitat. • Clasifican plantas usando categorías convencionales: con flores y sin flores. • Clasifican animales usando categorías convencionales, como vertebrados (mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces) e invertebrados (insectos y arañas). • Dan razones de la importancia de la preservación de la diversidad de organismos presentes en el planeta.
Identifican características de adaptación en plantas y animales.	• Relacionan características morfológicas de plantas con su hábitat. • Relacionan características morfológicas de animales con su hábitat. • Identifican mecanismos de adaptación relacionados con la defensa y la alimentación.

4º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTÍSTICA

Aprendizaje esperado	Indicadores
Aprecian manifestaciones artísticas, identifican en ellas elementos que reflejan su diversidad (etnias, culturas, contextos geográficos y estilos) y emiten opiniones al respecto.	• Observan y analizan obras artísticas visuales provenientes de diferentes etnias, culturas y contextos geográficos, reconociendo en ellas semejanzas y/o diferencias en términos estéticos (formas, colores, materiales, temáticas). • Manifiestan sus opiniones acerca de obras artísticas visuales.
Aprecian y valoran las diversas funciones y posibilidades expresivas de las artes en la naturaleza y la sociedad, demostrando una capacidad reflexiva y crítica adecuada al nivel.	• Investigan, conocen y reflexionan acerca de las posibilidades expresivas de los distintos lenguajes artísticos. • Expresan sentimientos e ideas artísticos utilizando distintos materiales sonoros, visuales, plásticos, literarios y otros). • Conocen y valoran mediante la práctica grupal de cantos, música instrumental y danzas, distintas funciones de la música en diferentes sociedades.

5º BÁSICO. LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Lectura y audición de leyendas y cuentos tradicionales chilenos que representen la diversidad cultural del país.	• Valoran las leyendas y cuentos tradicionales como un medio de aproximación a la diversidad cultural del país.

5º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Niveles de organización de los seres vivos: diferenciar especies vegetales y animales; apreciar diferencias entre especies animales y la especie humana; establecer relaciones entre especies y población; apreciar el papel que los procesos de mortalidad, natalidad y migratorios desempeñan en los cambios de magnitud de una población.	• Identifican, a partir de observación y consulta en fuentes diversas, diferentes plantas y animales. • Conocen y utilizan algunos descriptores para identificar y clasificar representantes de los reinos: animal, planta, fungi, protista y monera. • Conocen por qué los hongos (Fungi), los protozoos, las algas (Protista) y las bacterias (Monera) son seres vivos. • Usan claves dicotómicas para identificar animales vertebrados. • Demuestran que en todos los ambientes es posible encontrar diversidad de seres vivos.
• Recursos naturales y conservación: conocimiento de especies animales y vegetales nativas y reconocimiento de la importancia comercial de algunas de ellas; señalar estrategias básicas de cuidado y conservación de especies animales y vegetales; consecuencias positivas y negativas del uso y explotación de las especies sobre la calidad de vida de los habitantes en su región.	• Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí. • Identifican procesos de natalidad, mortalidad y migratorios como factores que determinan la magnitud de una población. • Determinan usos dados a las especies y poblaciones de la región y algunas consecuencias posibles de la sobre-explotación de especies para la calidad de vida de sus habitantes.

5º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Tipos de mapas: reconocimiento de ejemplos y comprensión de la funcionalidad de mapas de tipo físico y político.	• Distinguen y confeccionan distintos tipos de mapas con simbología convencional. • Entienden la funcionalidad de los mapas físicos y políticos.
• Pueblos precolombinos: localización y caracterización de sus formas de vida.	• Ubican espacial y temporalmente las culturas maya, azteca e inca. • Describen las principales características de la organización de la sociedad en las culturas maya, azteca e inca. • Valoran el desarrollo cultural americano antes de la llegada del europeo.
• Relación sociedad-paisaje: valoración de los procesos de producción agropecuaria y forestal, urbanización, construcción de áreas verdes, erosión, contaminación y reservas naturales.	• Comparan las características del mundo rural y urbano. • Caracterizan los procesos de producción agropecuaria y forestal en Chile. • Identifican y valoran la importancia de las reservas naturales en América. • Distinguen factores naturales y humanos que inciden en el deterioro de la naturaleza. • Buscan información y comunican los resultados de su indagación en torno a temas medioambientales.

5º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• El arte indígena chileno: conocer y apreciar producción en escultura, alfarería, textiles: - Las artes visuales como actividad humana fundamental en los pueblos indígenas. - Aplicación de temáticas y técnicas del arte indígena en la creación personal y en la elaboración de proyectos artísticos integrados.	• Comprenden el arte y el quehacer artístico como una actividad humana fundamental tanto en el presente como en el pasado. • Reconocen y aplican elementos visuales y técnicas del arte indígena chileno en composiciones creativas. • Reconocen en imágenes y objetos concretos, las formas y colores característicos del arte de las culturas atacameña, diaguita y mapuche. • Aplican o adaptan creativamente temáticas y técnicas del arte indígena en la producción y/o decoración de objetos de uso cotidiano. • Reconocen en el arte del presente, huellas o influencias del pasado indígena chileno. • Elaboran proyectos grupales que consideran el uso de diferentes lenguajes artísticos en la expresión de creencias, mitos, ritos y costumbres del presente o del pasado.
• Folclor regional: conocer, identificar y valorar las diversas manifestaciones de la expresión artística regional.	• Entienden y valoran el canto y la danza folclóricos como formas de expresión propias y representativas de las comunidades. • Cantan canciones pertenecientes a la tradición musical de su región, en forma afinada, con precisión rítmica y adecuada posición corporal, respiración, fraseo y dicción. • Escuchan variada música folclórica de su región, reconociendo auditivamente los instrumentos musicales utilizados y las diferentes modalidades de interpretación vocal e instrumental.

5º BÁSICO. EDUCACIÓN FISICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Actividades de expresión rítmica-corporal: danzas folclóricas, bailes populares y danza.	• Asocia e interpreta con gracia y coordinadamente movimientos y ritmos mediante la práctica de danzas folclóricas nacionales, en parejas o en grupos.

6º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSION DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
	• Conocen tipos de energía. • Interpretan situaciones cotidianas y experimentales en términos de transformaciones y transferencias de energía.
	• Caracterizan un ecosistema como una unidad ecológica en que interactúan el biotopo y la biocenosis. • Reconocen que el flujo de materia y energía se produce en cadenas y tramas alimentarias.
	• Analizan críticamente información relativa al impacto ambiental que tiene en la sociedad actual la generación y el consumo de energía, y evalúan propuestas de solución. • Asumen una posición crítica y fundamentada acerca de los efectos de la acción humana sobre diferentes ecosistemas.

6º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Las grandes unidades de relieve, clima y vegetación en las regiones geográficas naturales de Chile.	• Distinguen las regiones geográficas naturales de Chile y sus características en cuanto a relieve, clima y vegetación. • Valoran las regiones geográficas naturales como ecosistemas particulares.
• Las regiones administrativas de Chile.	• Identifican las regiones administrativas del país.
• La Guerra del Pacífico: Consecuencias para Chile, Perú y Bolivia. La vida cotidiana durante la guerra.	• Comprenden el factor económico como uno de los que originan la Guerra del Pacífico.
• Recursos naturales y actividades económicas en el país y en la región. • Actividades económicas principales del país por sector económico.	• Describen las principales actividades económicas del país, y su distribución geográfica.
• Población económicamente activa de la región: trabajos representativos y sectores económicos.	• Caracterizan las regiones de Chile desde una perspectiva económica, distinguiendo población económicamente activa y pasiva, y sectores económicos.

6º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Conocimiento de las principales características de las diversas manifestaciones artísticas del período colonial. Por ejemplo: formas, técnicas, colores, materiales, simbología y otros elementos de la arquitectura, imaginería, pintura, objetos y artesanía de la época.	• Reconocen elementos básicos de la arquitectura, imaginería, pintura, objetos y la representación de costumbres en el arte colonial.
• Percepción, experiencia personal y registro del color en el entorno natural y cultural.	• Identifican y registran colores del entorno natural y cultural.
• Sentido de la música en la cosmovisión de algunas etnias nacionales: aymará, mapuche, rapa-nui.	• Discriminan auditivamente características de timbre, rítmicas y melódicas de la música de las distintas etnias que habitan nuestro territorio.
• La música de las diferentes zonas folclórico-musicales del país: especies cantadas y música de danzas; instrumentos y música instrumental.	• Establecen, en términos generales, diferencias musicales (rítmicas, melódicas, armónicas, de timbre y de interpretación) entre la música tradicional del norte, el centro y el sur del país.
• Ejecución de un instrumento melódico.	• Ejecutan individual y/o grupalmente música instrumental de alguna región del país, utilizando el instrumento que estudian.
• Baile de una danza tradicional del país	

7º BÁSICO. EDUCACIÓN MATEMÁTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Comparación de la escritura de los números en el sistema decimal con la de otros sistemas de numeración en cuanto al valor posicional y a la base (por ejemplo, egipcio, romano, maya).	• Conocen otros sistemas de numeración, sus usos en otras culturas, sus usos actuales.

7º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Alimentación en el ser humano. Alimentación sana. Enfermedades asociadas a la alimentación. Salud dental.	• Aprecian la importancia para el ser humano de una alimentación sana en el mantenimiento de la salud.

7º BASICO. ESTUDIO Y COMPRENSION DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
• La revolución agrícola y su influencia en las primeras Civilizaciones.	• Valoran el esfuerzo y las habilidades técnicas e inventivas del hombre y mujer prehistórico para adaptarse y transformar el medio, reconociendo la creación de herramientas y símbolos como aportes muy significativos del período.

7º BÁSICO. EDUCACIÓN TECNOLOGICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
	• Aplican los conocimientos sobre formas de energías no convencionales y usos eficientes de la energía y de los materiales en el diseño y construcción de un objeto tecnológico.

7º BÁSICO. ARTES VISUALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Descubrimiento del entorno natural como referente de distintas áreas del diseño.	• Descubren formas, estructuras y colores del entorno natural y las asocian a diversas modalidades del diseño.
• Percepción y registro de formas, estructuras y colores del entorno natural empleados en el ámbito del diseño.	• Reconocen el diseño en objetos y otros elementos del entorno cultural.
• Aplicación de formas, estructuras y colores del entorno natural en la elaboración de diseños en el plano y/o el volumen.	• Emplean formas, estructuras y colores del entorno natural en la elaboración de diseños en el plano y el volumen.
• Reconocimiento y registro de diseños que dan cuenta de nuestra identidad, en diferentes épocas, regiones y ámbitos socioculturales.	• Reconocen y caracterizan diseños representativos de diversas localidades y regiones de Chile.
• Apreciación de manifestaciones del diseño en rituales, fiestas religiosas, carnavales, celebraciones, etc.	• Identifican áreas del diseño en festividades de diferentes épocas, regiones y ámbitos socioculturales. • Aprecian elementos utilizados en la celebración de festividades tales como: trajes típicos, adornos, objetos, etc.
• Diseño y elaboración de máscaras, vestuario, objetos y otros elementos necesarios para la celebración de festividades propias del entorno cultural.	• Realizan diseños de elementos necesarios para la celebración de festividades.

1º MEDIO. HISTORIA Y CIENCIAS SOCIALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Grandes unidades naturales que caracterizan la región.	• Identifica y localiza las grandes unidades naturales que caracterizan la región (cordillera de Los Andes, cordillera de la Costa, planicies litorales, depresión intermedia, valles fluviales, áreas desérticas, zonas de islas y fiordos).
• Clima, relieve, vegetación y fauna de la región y su variación entre unidades naturales.	• Diferencia las grandes unidades naturales de la región en términos de relieve, clima, vegetación y fauna.
• Causas y factores explicativos de las variaciones del clima entre unidades naturales (altitud, latitud, orografía, continentalidad).	• Caracteriza el clima de la región y explica su variación entre unidades naturales, considerando como factores explicativos la latitud, la altitud, la orografía, la continentalidad.
• El paisaje natural y su transformación por la acción humana.	• Aprecia el papel de la sociedad en la creación del paisaje. • Valora la preocupación por los efectos ambientales de la acción humana.
• Problemas ambientales.	• Discute la existencia de problemas ambientales en su región, distinguiendo sus causas, las distintas posiciones en juego y las alternativas para enfrentarlos.
• Recursos naturales de la región.	• Conoce la existencia y distribución de los recursos naturales de la región; identifica aquellos que sirven de sustento a las actividades productivas más destacadas: suelos, aguas, vegetación, recursos mineros, pesqueros, etc.; y los diferencia en recursos renovables y no renovables.
• Población regional: volumen, densidad, distribución por sexo y edad, condición urbano-rural.	• Describe la población regional en términos de su volumen, densidad, distribución por sexo y edad, y condición urbano-rural.
• Dinámica demográfica: natalidad, mortalidad, migraciones.	• Reconoce la natalidad, la mortalidad y las migraciones como los grandes factores de cambio demográfico.
• Caracterización de la población en términos socioeconómicos.	• Conoce la distribución de la población regional por sectores económicos. • Opina sobre la desigualdad socio-económica de la población, y valora la equidad social.
• Diversidad cultural en la región.	• Reconoce similitudes y diferencias entre grupos sociales y culturales en la región. • Comprende el significado de los conceptos cultura, costumbre y diversidad cultural, y los aplica al análisis de la realidad regional. • Valora su propia identidad e historia local.

1º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Influencia humana en el ecosistema.	• Los diversos aspectos de la relación humana con el ambiente, que satisfacen necesidades orgánicas, tecnológicas y estéticas. • El valor de la responsabilidad y preocupación individual y colectiva por el ambiente.

1º MEDIO. QUÍMICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Mineralogía: cristales, minerales metálicos y no metálicos; minerales primarios y secundarios; distribución geográfica de los minerales en Chile.	•. Identifiquen, a lo menos, cinco minerales metálicos y cinco no metálicos producidos en Chile. •. Distingan entre minerales primarios y secundarios.

1º MEDIO. EDUCACIÓN FISICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Formas y técnicas de exploración básicas de al menos un entorno natural, tal como: espacio abierto dentro del establecimiento educacional, espacio natural cercano a éste, zona precordillerana, zona desértica, terreno costero, etc.	•. Demuestren sensibilidad y valoración de los recursos naturales desde puntos de vista diversos: deportivo, estético, lúdico, descanso, salud, diversión, económico, etc. •. Dominen las técnicas que les permitan relacionarse debidamente con el entorno natural, por ejemplo, manejo de desechos, manejo del fuego, cuidado de especies naturales, purificación del agua para consumo humano, etc. •. Exploren en forma segura, reconozcan especies de flora y fauna del lugar, y respeten la realidad sociocultural de los lugares visitados.
• Técnicas de seguridad en al menos un espacio físico natural, tal como: espacio abierto dentro del establecimiento educacional, espacio natural cercano a éste, zona precordillerana, zona desértica, terreno costero, etc.	•. Se desenvuelvan con seguridad y confianza en los medios físicos naturales, previniendo riesgos derivados de las condiciones climáticas o de higiene. •. Muestren capacidad para relacionarse positivamente y trabajar con compañeros en el logro de objetivos comunes durante situaciones adversas y de incertidumbre generadas en ambientes físicos naturales.
• Técnicas de campamento en un terreno geográfico natural, tal como: espacios abiertos dentro del establecimiento educacional, espacios naturales cercanos a éste, zonas precordilleranas, zonas desérticas, terrenos costeros, etc.	•. Apliquen técnicas básicas que se relacionan con la selección, armado y cuidado de un campamento. •. Conozcan los elementos básicos para cuidar y dar buen uso a los recursos naturales existentes en lugares seleccionados para el armado de un campamento. •. Seleccionen el lugar de campamento considerando criterios de seguridad pertinentes.

2º MEDIO. HISTORIA Y CIENCIAS SOCIALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
• América Precolombina. Las grandes civilizaciones precolombinas. Los pueblos pre-hispánicos en el actual territorio chileno.	• Reconoce que el continente americano estaba poblado en el siglo XV por una multiplicidad de grupos humanos, distinguiendo a mayas, aztecas e incas, y los pueblos indígenas en el actual territorio de Chile. • Aplica el concepto antropológico de cultura para caracterizar los pueblos indígenas de América.
• La conquista española. Principales características y propósitos de la empresa de conquista de los españoles en América y sus efectos para los pueblos indígenas. La conquista de Chile: la ocupación del territorio.	• Reconoce los efectos que tuvo la conquista española en los pueblos indígenas y distingue las distintas políticas que la Corona y la Iglesia mantuvieron en su relación con ellos.
• Relaciones entre españoles e indígenas: trabajo obligatorio, mestizaje, evangelización, sincretismo cultural y resistencia mapuche.	• Entiende que la historia de los pueblos indígenas no termina con la llegada de los europeos y visualiza las dificultades que tienen actualmente estos pueblos para insertarse en las naciones-estados latinoamericanos. • Vincula la situación actual de los grupos indígenas en Chile con la relación entre españoles e indígenas iniciada en la Colonia, y comprende que este es un proceso que afecta diferentes pueblos indígenas del continente. • Describe las características principales de la empresa de conquista en América, con énfasis en la conquista del territorio de Chile. • Caracteriza la sociedad colonial, en términos de sus instituciones políticas, las actividades económicas preponderantes, la vida cotidiana en la ciudad y fuera de ella. • Reconoce que la identidad cultural latinoamericana se construyó en el encuentro entre españoles e indígenas.

2º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
1. Biodiversidad y factores que la afectan.	• La biodiversidad como el número de especies (riqueza específica) en un cierto hábitat, producto de la interacción entre genoma, especie y ecosistema; que el cuidado de la biodiversidad demanda el estudio de múltiples factores que la determinan.
2. Recursos naturales.	• Que las perturbaciones introducidas por la actividad humana pueden resultar en destrucción de hábitats naturales o su conversión a actividades incompatibles con la conservación de la biodiversidad.
3. Preservación, conservación y protección	• El concepto de desarrollo sustentable como la forma de explotar los excedentes biológicos sin agotar el capital, asegurando que las generaciones futuras tengan las mismas oportunidades de beneficiarse que las actuales. • Cómo evaluar éticamente la conveniencia de perturbar ecosistemas frágiles y aquilatar los costos biológicos del desarrollo, apreciando que el ser humano no es el dueño final de la biodiversidad, sino que debe legarla a futuras generaciones.

4º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Ecología y sociedad	• La estructura y composición de especies de los ecosistemas presentan un equilibrio en el tiempo, que puede perdurar por años sin grandes variaciones, a menos que se altere por factores externos o ruidos, principalmente actividad humana (ej. Sobreexplotación. de especies y contaminación), con consecuencias a veces catastróficas. • El desarrollo tecnológico ha traído consigo un uso creciente, actualmente de gran magnitud, de recursos naturales no renovables, tales como petróleo (carbono fósil) y minerales, generando grandes fuentes de contaminación. • La velocidad de recuperación de un sistema ecológico dañado es mayor mientras mayor sea su diversidad específica. Por esto los daños por intervención humana pueden ser dramáticos si atentan contra la diversidad específica, especialmente en los biomas menos diversos y de hábitat extremos (desérticos, polares o de grandes alturas). La intervención humana en un ecosistema debe ser cuidadosamente estudiada para no ocasionar daños irreversibles y los gobiernos han adquirido la obligación de velar por el cuidado de sus comunidades biológicas.

ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD REGIÓN DE ANTOFAGASTA

FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL FNDR
CÓDIGO BIP 30065576- 0

INFORME FINAL
ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales

Julio 2008

Institución responsable

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, CEA

Representante legal: Patricia Möller Doepking

Equipo de trabajo

Andres Muñoz Pedreros
Médico Veterinario
Magíster en Ecología
Doctor en Ciencias Ambientales

Claudia Gil Cordero
Médico Veterinario.
Magíster en Ecología

Patricia Möller Doepking
Bióloga Marina
Doctora en Ciencias Marinas y Limnológicas (c)

Patricio Contreras Bravo
Biólogo en Gestión de Recursos Naturales

Carolina Gónzalez Olave
Bióloga en Gestión de Recursos Naturales

Luis Faundez Yancas
Ingeniero Agrónomo
Magíster Planificación y Gestión Ambiental (c)

Enrique Hauenstein Barra
Biólogo
Magíster en Botánica

Patricio Rutherford Yobánolo
Ingeniero Forestal
Magíster en Recursos Hídricos

Cristián Jaramillo Delgado
Profesor de Estado

Jorge Pantoja Pinilla
Técnico Agrícola
Profesor de Estado

Marcia Egert Laporte
Antropóloga

Moira Barrientos Aros
Licenciada en Antropología

Viviana Solivelles Ulloa
Geógrafo

Kraus Contreras Cortés
Licenciado en Ciencias Ecológicas
Ecólogo Marino mención Impacto Ambiental

Consultores
José Yáñez Valenzuela
Licenciado en Biología.
Eq. Magíster en Ciencias

Herman Núñez Cepeda
Licenciado en Biología.
Eq. Magíster en Ciencias

Jaime Rau Acuña
Biólogo
Magíster en Ecología
Doctor en Biología

Asistentes de terreno y gabinete
Jorge Vega Codd
Biólogo en Gestión de Recursos Naturales (e)

Rocío Sanhueza Caba
Bióloga en Gestión de Recursos Naturales
Magíster en Producción Manejo y
Conservación de Recursos Naturales (e)

Pamela Sánchez Pérez
Profesora de Ciencias Naturales
Magíster en Ecología

Javier Vásquez
Ingeniero Forestal

Secretaria
Paola Ávila Montecinos

ÍNDICE

CAPÍTULO I TÉRMINOS DEL ESTUDIO 9
1. Justificación del estudio 9
2. Objetivos 11
2.1. Objetivos generales 11
2.2. Objetivos específicos 11
2.3. Resultados esperados 11
3. Flujo metodológico 12
4. Estructura del Informe 13
CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 16
1. Ubicación y acceso 16
1.1. Ubicación 16
1.2. Descripción del acceso 16
2. Clima 16
3. Geología y geomorfología 18
3.1 Generalidades 18
3.2 Principales unidades de relieve 19
3.3 Factores geomorfológicos 20
3.4 Geología General 21
3.5 Unidades geográficas 22
CAPÍTULO III BIODIVERSIDAD 26
FLORA Y VEGETACIÓN 26
1. Introducción 26
2. Metodología 26
2.1. Flora 26
2.2. Fitosociología 28
3. Resultados 29
3.1. Flora 29
3.2. Fitosociología 34
4. Conclusiones 39
FAUNA 40
1. Metodología 40
1.1 Estaciones de Muestreo 40
1.2 Micromamíferos 42
1.3 Carnívoros 42
1.4 Aves 43
1.5 Herpetofauna 44
2. Análisis de la información de la fauna de vertebrados 44
2.1 Inventarios 44
2.2 Datos censales y análisis estadísticos 45
2.3 Similitud faunística entre hábitats 45
3. Resultados 45
3.1. Estructura comunitaria de la fauna silvestre 45
3.2. Mamíferos 46

3.3. Aves 48
3.4. Herpetofauna 52
3.5. Síntesis de la fauna registrada por estación de muestreo 54
4. Conclusiones 56
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD 58
1. Biodiversidad, conceptos y mediciones 58
1.1. Concepto de biodiversidad 58
1.2. Medición de la biodiversidad 58
1.3. Selección de métodos 60
1.4. Procedimiento de análisis de la biodiversidad 61
2. Análisis de la diversidad vegetacional 62
2.1. Diversidad y endemismo vegetacional de la región de Antofagasta 62
2.2. Diversidad vegetacional del Valle de Quillagua 62
2.3. Diversidad vegetacional del Oasis de Calama 64
2.4. Diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama 66
2.5. Diversidad vegetacional en Laguna Lejía 66
2.6. Diversidad vegetacional en Alrededores del Volcán Licancabur 69
2.7. Diversidad vegetacional en los Geisers del Tatio 72
2.8. Diversidad vegetacional en las cinco áreas de estudio 75
3. Análisis de la diversidad faunística 80
3.1. Diversidad de anfibios 80
3.2. Diversidad de reptiles 84
3.3. Diversidad de aves 91
3.4. Diversidad de mamíferos 106
3.5. Diversidad de vertebrados 123
CAPÍTULO V CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD 128
1. Procedimientos 128
2. Identificación de los ambientes a evaluar 128
3. Endemismos 135
3.1. Endemismos en las áreas por ambiente 137
3.2. Endemismos por áreas de estudio 142
4. Estados de Conservación 143
4.1. Legislación vigente 143
4.2. Estado de conservación por áreas de estudio 146
4.3. Estado de conservación en cinco áreas de estudio 156
4.4. Conclusiones 160
5. Objetos de conservación 163
5.1. Definición de los objetos naturales de conservación 163
5.2. Estimación del valor de importancia 165
5.3. Objetos de conservación 167
5.4. Objetos de conservación en las cinco áreas 179
5.5. Consideraciones finales 180
CAPÍTULO VI ESTUDIO DE PAISAJE 183
1. Introducción 183
2. Metodología 183
2.1 Registro de imágenes 183

2.2 Definición y asignación de unidades homogéneas de paisaje 183
2.3 Análisis de la calidad visual del paisaje 184
2.4 Análisis de la fragilidad visual del paisaje 185
2.5 Capacidad de uso según características de calidad y fragilidad del paisaje 187
3. Resultados 187
3.1. Definición de unidades homogéneas de paisaje 187
3.2. Unidades homogéneas de paisaje 187
3.3. Calidad visual del paisaje 189
3.4. Fragilidad visual del paisaje 191
3.5. Capacidad de uso del paisaje 191
4. Conclusiones 194
CAPÍTULO VII USOS Y PROTECCIÓN 196
USOS Y AMENAZAS EN LAGUNA LEJÍA, VOLCÁN LICANCABUR Y EL TATIO 196
1. Introducción 196
2. Antecedentes socioeconómicos 196
2.1. Antecedentes comunales 196
2.2. Actividades económicas y uso del suelo 197
2.3. Antecedentes socioculturales de las áreas 203
2.4. Uso ancestral de recursos naturales 205
2.5. Otras presiones sobre los ecosistemas de las áreas de estudio 208
3. Uso actual de los tres sitios 210
3.1. Metodología 210
3.2. Resultados y discusión 213
3.3. Clasificación de perturbaciones/impactos 222
4. Valoración de las perturbaciones ambientales en el sitio Alrededores del Volcán Licancabur 228
5. Objetos naturales de conservación y su grado de amenaza en el sitio Alrededores del Volcán Licancabur 238
6. Conclusiones 239
ANÁLISIS JURÍDICO E INSTITUCIONAL APLICABLE AL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR 241
1. Introducción 241
2. Metodología 242
2.1. Revisión bibliográfica 242
2.2. Análisis y selección 242
2.3. Cartografía 243
3. Resultados 243
3.1. Normas constitucionales 243
3.2. Normas legales 244
3.3. Normas reglamentarias 249
3.4. Análisis de la aplicabilidad de la legislación seleccionada 252
3.5. Expresión cartográfica 263
3.6. Competencias institucionales 283
4. Conclusiones 293
CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN 295
1. Aspectos generales 295

2. Uniformidad del territorio 295
3. Planificación de la zonificación 301
4. Resultados 302
CAPÍTULO IX PROGRAMAS DE MANEJO 306
1. Introducción 306
2. Programas específicos de manejo 306
2.1. Programa de protección de ecosistemas representativos 306
2.2. Programa de investigación 307
2.3. Programa de interpretación ambiental 308
2.4. Programa de monitoreo de la biodiversidad 309
2.5. Programa de monitoreo socio ambiental 310
3. Horizonte temporal y nivel de urgencia 311
CAPÍTULO X ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN 315
1. Introducción 315
2. Productos contenidos en la estrategia 315
2.1. Síntesis patrimonial del sitio Alrededores del Volcán Licancabur 315
2.2. Portal web 315
2.3. Árchivo fotográfico digital 316
2.4. Diaporamas sobre flora 316
2.5. Video promocional 317
2.6. Cartillas educativas 317
3. Propuesta educativa 318
3.1. Introducción 318
3.2. Educación formal 319
3.3. Educación no formal 320
CAPÍTULO XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 323
1. Conclusiones Sitio prioritario Alrededores del Volcán licancabur 323
2. Recomendaciones finales 325
LITERATURA CITADA Y CONSULTADA 326
ANEXOS 342
ANEXOS CAPÍTULO IV 342
ANEXOS CAPÍTULO VI 354
ANEXOS CAPÍTULO VII 357
ANEXOS CAPÍTULO X 358

CAPÍTULO I
TÉRMINOS DEL ESTUDIO

CAPÍTULO I TÉRMINOS DEL ESTUDIO

1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La creciente preocupación mundial por la pérdida progresiva de los ambientes naturales y la fuerte presión antrópica de estos hábitats está provocando graves problemas ambientales a nivel global, los que se traducen en el deterioro y degradación de los diversos ecosistemas y de las especies que en ellos se desarrollan. Es por ello, que durante las últimas décadas se han firmado diversos convenios internacionales que buscan movilizar a los países para enfrentar esta difícil situación. En ese marco de acción, nuestro país, el año 1994, ratificó el Convenio sobre Diversidad Biológica, firmado en el año 1992, impulsando la elaboración de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, con sus respectivas Estrategias Regionales, las que constituyen un instrumento orientador de todas las acciones tendientes a la protección y conservación del patrimonio natural del territorio nacional. Durante el año 2002, mediante un proceso participativo, que involucró a diversos actores regionales y expertos, se elaboró la Estrategia Regional de Biodiversidad (ERB), que se inició con la confección un diagnóstico de la situación de la biodiversidad de la región, permitiendo identificar 14 sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en la región de Antofagasta (Fig. 1-1).

La región de Antofagasta posee ecosistemas únicos con una alta diversidad de especies de flora y de fauna con una distribución biogeográfica definida por dos franjas longitudinales, asociadas a los ecosistemas de ambientes marino-costeros y a la zona altoandina, además, de la cuenca del río Loa.

Desde la elaboración de la ERB, se han realizado diversos estudios que han permitido tener una visión general de la situación de la biodiversidad de los sitios asociados principalmente en los ambientes marino-costeros, pero existe un vacío de información hacia otros sitios asociados a la zona altoandina, que debe explorarse con el propósito de tener una base ambiental que permita conocer los requerimientos de manejo de estos ambientes de alta vulnerabilidad y con un alto valor ecológico y patrimonial. Asimismo, es importante contar con información de línea de base para los sitios que conforman la cuenca del río Loa, permitiendo con ello disponer de información sistematizada que sirva de aporte al Manejo Integrado de Cuencas, uno de los principales desafíos que se debe abordar en el mediano plazo.

En este estudio consideraremos los sitios prioritarios: Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Laguna Lejía, Valle de Quillagua y Oasis de Calama, los que fueron seleccionados en función de la importancia que reviste la zona altoandina como ecosistema regional, el cual alberga una gran diversidad de especies de fauna, especialmente avifauna y por constituir un hábitat particular donde se desarrollan formaciones vegetales que se encuentran poco representadas en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE); asimismo, por la importancia de los oasis que sustenta el río Loa en toda su extensión, formando parte de un dinámico corredor biológico de especies. Actualmente, las áreas protegidas de la región están representadas por dos unidades del SNASPE la Reserva Nacional Los Flamencos y el Parque Nacional Llullaillaco.

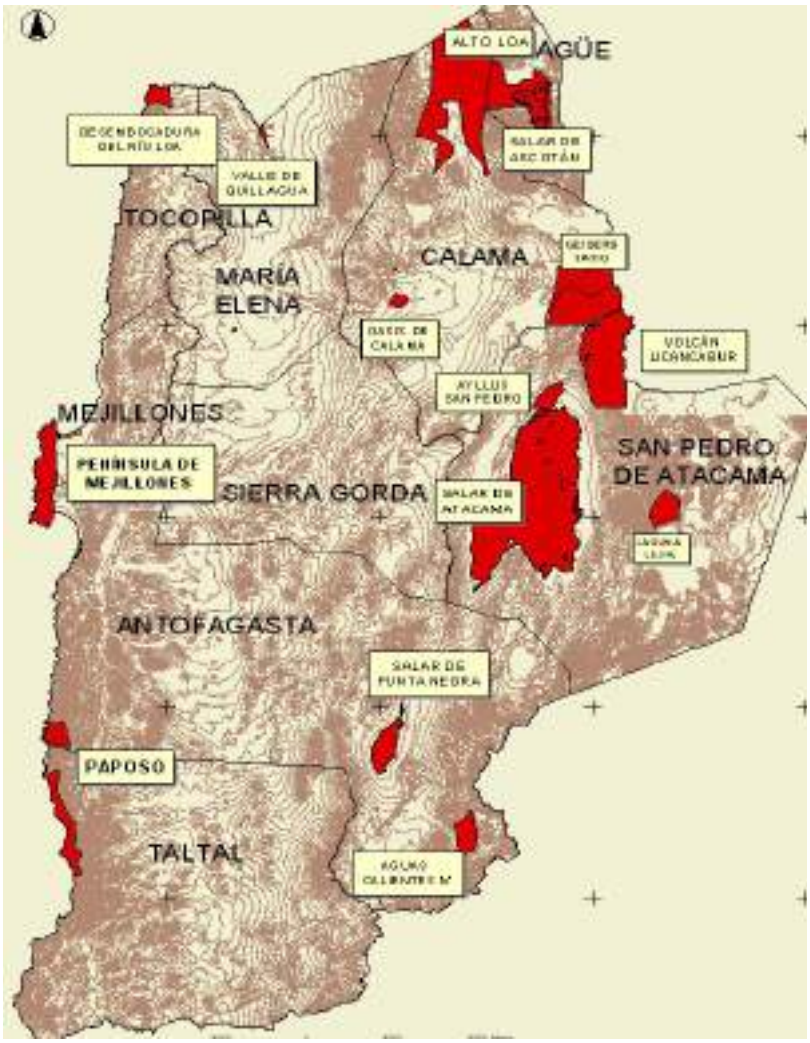


FIGURA 1-1. SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Los resultados de este estudio contribuirán a la labor que desarrolla el Comité Operativo Regional de Biodiversidad, ya que constituirá una importante herramienta de trabajo, que por el tipo de información y los productos esperados, permitirán avanzar en la gestión de los sitios prioritarios para la conservación del patrimonio natural de la región. Asimismo, actores regionales como son Municipios, el Consejo Regional, entre otros, serán potenciales usuarios de la información, permitiendo con ello orientar las decisiones de inversión y ordenamiento territorial de la región. Por otra parte, es importante destacar que la comunidad escolar y universitaria también se verá beneficiada por el desarrollo de este estudio, toda vez que éste sirva de referente e insumo de información para las diversas actividades académicas que realizan los estudiantes, especialmente aquellos vinculados a las ciencias naturales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos generales

Levantamiento de información sobre la diversidad biológica, en cinco sitios prioritarios de la Estrategia Regional de Biodiversidad de la Región de Antofagasta, identificando uno o más instrumentos legales de protección, para cada uno de los sitios, así como también elaborar una propuesta de manejo de cada sitio, según corresponda.

2.2. Objetivos específicos

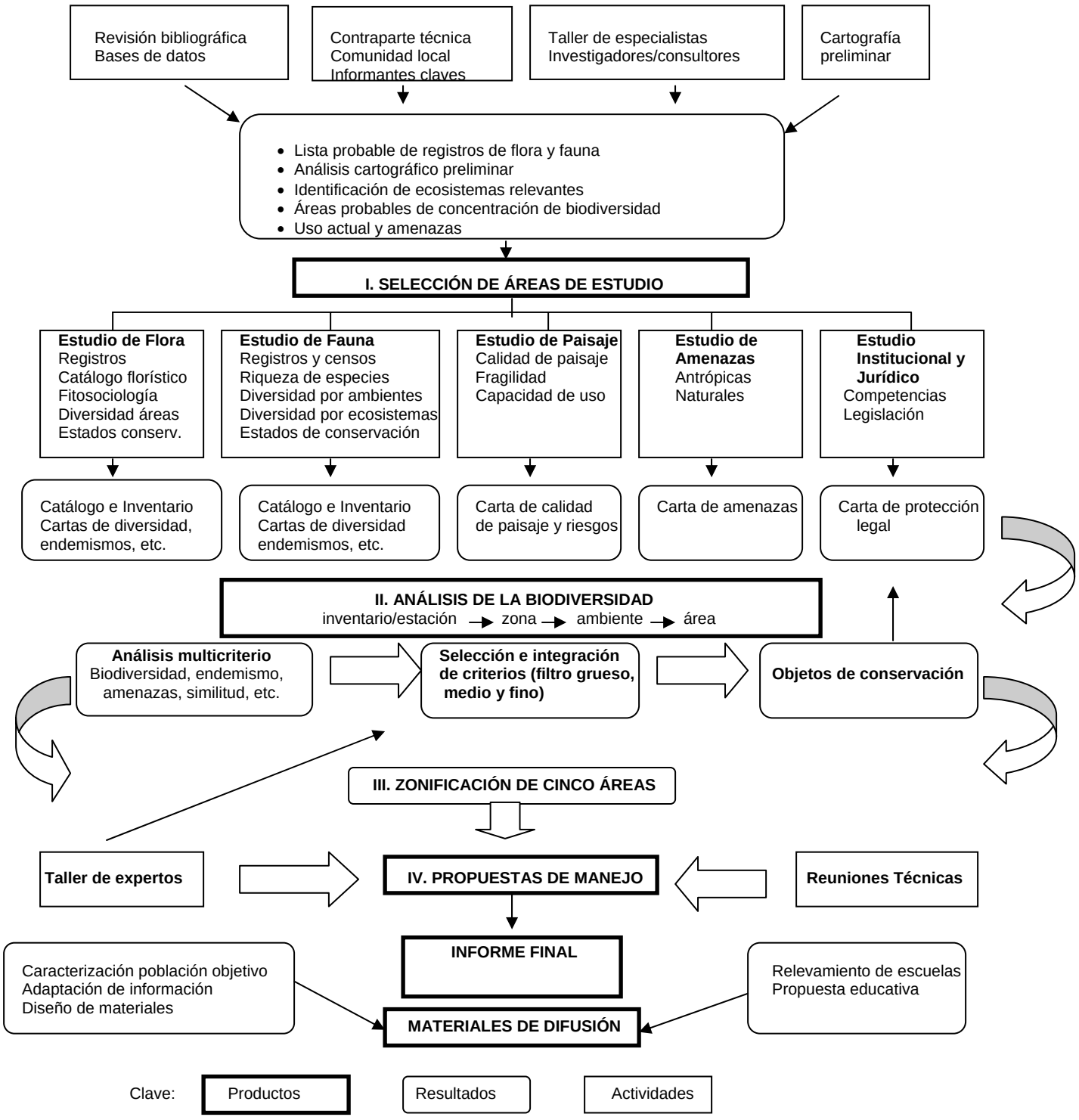
- Levantar, actualizar y recopilar información de flora, fauna y uso de los sitios Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Laguna Lejía, Valle de Quillagua y Oasis de Calama.
- Identificar y delimitar áreas prioritarias de conservación de los sitios de interés.
- Elaborar una propuesta de manejo para cada uno de los sitios de interés.
- Identificar instrumentos legales de protección para cada uno de los sitios de estudio.
- Elaborar un informe justificativo para la aplicación de propuestas de protección legal.
- Diseñar materiales de difusión de la información obtenida por el estudio.

2.3. Resultados esperados

- Un estudio de la diversidad de cada área de estudio
- Un análisis de la diversidad identificada
- Una identificación, localización y delimitación de las áreas para la conservación de la diversidad biológica de cada uno de los sitios de interés
- Una determinación de los objetos de conservación
- Un estudio del paisaje
- Un análisis de los usos y amenazas a la biodiversidad, incluyendo un análisis de medio institucional y jurídico, la identificación de instrumentos de protección legal para cada uno de los sitios evaluados
- Una propuesta de manejo para cada una de las áreas identificadas
- Coberturas de información de flora y fauna, áreas de interés para la conservación en formato SHAPE (Arc View 3.2) para ser incorporada al Sistema de Información Ambiental Regional SIAR
- Cartografía de análisis y de síntesis en formato de imagen y coberturas shape
- Material de difusión y educativo (propuesta educativa, cartillas, página web, base de imágenes digitales, diaporama en Power Point)

Folio008997

3. FLUJO METODOLÓGICO



4. ESTRUCTURA DEL INFORME

En el Capítulo I se presentan los términos y propósitos de este estudio, con su justificación y objetivos. Se reseñan los resultados a obtener y el procedimiento metodológico a seguir para el logro de los objetivos que se pretende abordar.

En el Capítulo II se entrega una caracterización general del área de estudio, para situar al lector en las particularidades del área y el contexto ambiental en que está inserta.

El Capítulo III describe el procedimiento metodológico seguido para abordar el estudio de biodiversidad planteado en los objetivos del estudio. Es importante señalar, que previo a las campañas de terreno se efectúa una exhaustiva revisión bibliográfica y de antecedentes disponibles ya sea de publicaciones científicas, libros, informes, etc. cuyo propósito es orientar la investigación de terreno que se realizará posteriormente. Toda esta base de conocimiento reunida se complementa con la información de las prospecciones y se integra para su análisis posterior. En este capítulo se entregan los procedimientos seguidos y los resultados de los componentes de flora y fauna para el sitio prioritario Alrededores del Volcán Licancabur. Primero se presenta la metodología aplicada en terreno como los procedimientos de gabinete para su procesamiento, y luego los resultados de la campaña de terreno. Para la flora se entrega como resultado el inventario de cada lugar y las tablas fitosociológicas que indican el valor de importancia de cada especie presente y permiten diferenciar las comunidades vegetacionales presentes en el área de estudio a partir de los datos recogidos en terreno. Se entrega el catálogo de especies florísticas que incluye, además de los datos obtenidos de este estudio, todos los registros obtenidos de la literatura por investigaciones previas. Por lo tanto las diferencias en el número de especies entre ambos productos se deben a la inclusión de datos bibliográficos en el catálogo. Para el caso de la fauna se entregan los resultados de las campañas de terreno agrupados por taxones (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Con los datos de los censos realizados en micromamíferos y aves se determinan índices de biodiversidad como riqueza de especies y abundancias relativas. Se construye además el catálogo de la fauna presente en el área de estudio con los datos recogidos, que incluyen además los avistamientos durante las campañas y datos bibliográficos previos. La diferencia en el número de especies entre los censos y los registros se explica porque durante el estudio se registran individuos de varios taxones fuera del censo. En algunos casos se incluye información proporcionada por informantes claves, lo que se señala en la tabla correspondiente. Se concluye con una síntesis de la diversidad presente en cada una de las estaciones de muestreo del sitio Alrededores del Volcán Licancabur.

El Capítulo IV señala las formas de medir la biodiversidad, definiendo conceptos relevantes como diversidad alfa, beta y gamma, y se presenta un análisis comparativo de los resultados de la biodiversidad de los cinco sitios prioritarios para la conservación contemplados en este estudio: Valle de Quillagua, Oasis de Calama, Alrededores del Volcán Licancabur, Laguna Lejía y Geisers del Tatio, de manera de entregar una visión global del valor de la biodiversidad a nivel regional, a la vez que se determina el valor relativo de la biodiversidad en cada sitio en particular. A partir de los datos censales, para fauna, y del inventario, para flora, se calcularon los índices de biodiversidad propuestos en la metodología y dendrogramas de similitudes para flora y fauna, y para las estaciónes de muestreo en cada área en estudio. Luego se realizó una comparación de las cinco áreas, utilizando esta vez todos los datos disponibles (registros previos bibliográficos y registros de las campañas de terreno) tanto para flora como para fauna.

En el Capítulo V se realiza un proceso de síntesis que incluye el análisis de la riqueza de especies, endemismos presentes y estados de conservación de las especies presentes en las áreas de estudio. Para esto se reorganizó la información disponible, definiendo ahora ambientes y ecosistemas relevantes a evaluar, (algunos de éstos pueden encontrarse en más de un sitio prioritario). Este procedimiento y la definición de los objetos de conservación para cada sitio se validaron en un taller de especialistas. Según los distintos niveles de biodiversidad se trabajó con especies, filtro fino, asignándoles valor jerárquico a las especies de flora y fauna presentes en las cinco áreas de estudio según parámetros como estado de conservación, endemismo, y valor como especie emblemática. Los ambientes, filtro medio, se jerarquizaron de manera similar.

El Capítulo VI presenta los resultados del estudio de paisaje, en que se identifican las principales unidades de paisaje presentes en el sitio prioritario Alrededores del Volcán Licancabur y su calidad paisajística, determinada a través una valoración realizada por un panel de evaluadores, sobre las fotografías de cada unidad de paisaje. Además, para cada unidad se determina la fragilidad visual, que da cuenta de la capacidad del paisaje para absorber impactos visuales; y la capacidad de uso, que determina los usos adecuados del paisaje según sus características.

El Capítulo VII, sobre usos y protección, se disgrega en dos componentes. En el primero se describen los principales usos ejercidos sobre los recursos naturales del sitio prioritario Alrededores del Volcán Licancabur, los que se contextualizan a la realidad del sitio como espacio rural y a los usos históricos y se analizan las presiones a las cuales está sometido, mediante un análisis de amenazas a la conservación de la biodiversidad en el contexto actual, focalizando sobre los distintos componentes del ecosistema como sobre las funciones. En el componente de protección se describen los instrumentos legales vigentes y que dan protección a los sistemas naturales presentes, o algunos de sus componentes, así como la institucionalidad que tiene ingerencia en el sitio prioritario Alrededores del Volcán Licancabur.

El Capítulo VIII describe el procedimiento utilizado para obtener las prioridades de conservación dentro de cada uno de los sitios de estudio. Este procedimiento, estandarizado por las metodologías de muestreo, valoración y zonificación, permite establecer comparaciones entre los sitios. La metodología propone un análisis de prioridad utilizando valores de protección, amenaza y valoración de los recursos, mediante el uso de capas geográficas sistematizadas a priori a partir de la información multidisciplinaria colectada en terreno.

En el Capítulo IX se desarrollan planes de manejo enfocados a la conservación de la biodiversidad del sitio y se disgregan en planes de acción donde se definen los lineamientos, directrices, actividades, normas y requerimientos de cada componente de manejo del área objetivo. Se definen los objetivos estratégicos que orientan estos planes de conservación, en base a la protección de los ecosistemas representativos, la investigación, la educación y difusión de los mismos, así como un seguimiento y monitoreo de los programas que se implementen.

En el Capítulo X se entregan las propuestas de difusión y educación ambiental basados en una estrategia de difusión orientada a distintos actores locales y que se sustenta en diversos productos educativos y de divulgación que contiene la síntesis de las investigaciones realizada en el sitio y los aspectos más relevantes encontrados. Se incluye una propuesta educativa para ser incorporada por los establecimientos educacionales que aborda los aspectos patrimoniales con pertinencia local, con sugerencias para su implementación posterior.

Finalmente en los Capítulos XI y XII, se entregan las principales conclusiones y recomendaciones del presente estudio y la literatura citada y consultada, respectivamente.

CAPÍTULO II
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. UBICACIÓN Y ACCESO

1.1. Ubicación

El sitio prioritario Alrededores del Volcán Licancabur se ubica en la comuna de San Pedro de Atacama, provincia de El Loa, en la región de Antofagasta. Con una superficie de 939,3 Km^2, posee una variada geografía, destacando el Volcán Licancabur el que se ubica a 30 km al este de San Pedro de Atacama (Fig 2-1). El volcán Licancabur tiene una altura de 5.916 msm, y desde su cima se puede apreciar un radio considerable de los alrededores como son el oasis de San Pedro de Atacama, el Salar de Atacama y la Laguna Verde, en Bolivia. Ubicado en el límite geográfico entre Chile y Bolivia, es de gran atractivo turístico para la realización de excursiones a la cumbre. El volcán Licancabur también es de enorme interés arqueológico y antropológico producto de los registros culturales que se han descrito en sus alrededores.

1.2. Descripción del acceso

Se accede al sitio prioritario, por la ruta CH-25 que une Antofagasta con Calama, para luego continuar por la ruta CH-23 hasta San Pedro de Atacama. Desde San Pedro de Atacama, se puede recorrer el sitio por ruta internacional hacia el paso Jama, y por la ruta B-245 hacia los Geisers del Tatio.

2. CLIMA

La región de Antofagasta se ubica en una zona correspondiente a clima desértico, según la clasificación de Köppen. Las condiciones climáticas en esta región son de una marcada aridez y escasez de agua. Esta situación, unida a la escasa vegetación existente, define un paisaje natural conocido como el Desierto de Atacama.

Sobre los 3.500 msm se localiza el clima de estepa de altura, correspondiente a la zona altiplánica o puna. Sus principales características son sus bajas temperaturas (media anual de 2° C) y la alta amplitud térmica (más de 20° C). Las precipitaciones se producen en los meses de verano y no sobrepasan los 150 mm anuales, durante el fenómeno del invierno altiplánico. A medida que se avanza hacia el sur del altiplano de esta región, las lluvias de verano comienzan a disminuir y a mayor altura predomina una precipitación sólida.

La evolución climática indica que aunque las áreas de estudio son muy áridas y lo ha sido así desde el Mioceno Medio, hay evidencias de cierta actividad pluvial durante el Plioceno, Pleistoceno y Cuaternario, así como de una glaciación pleistocénica. El levantamiento de los Andes Centrales durante el Oligoceno y Mioceno fue un factor que hizo de barrera a las precipitaciones desde el Amazonas estabilizando el anticiclón del Pacífico.

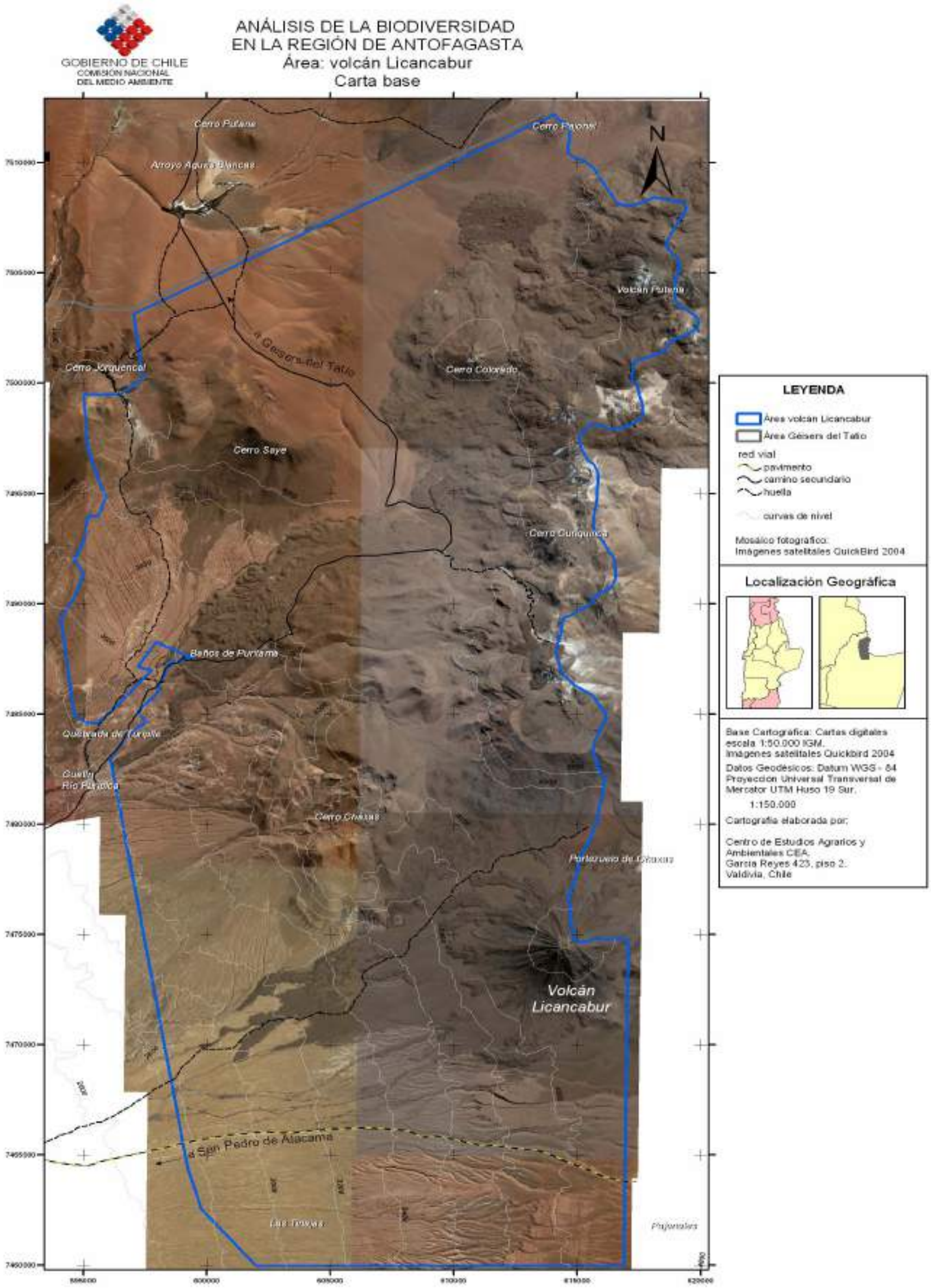


FIGURA 2-1. CARTA DE UBICACIÓN DEL SITIO PRIORITARIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

La distribución de las lluvias sigue un patrón definido. En un transecto oeste-este las lluvias comienzan a partir de los 2.000 msm y se incrementan con la altura hacia el este. Las precipitaciones, además del factor altitudinal, están determinadas por un sistema tropical convectivo que produce lluvias estivales en el altiplano, de corta duración, de poca extensión territorial y generalmente de baja intensidad (menos de 20 mm/día), fenómeno que se conoce como invierno altiplánico. Por esta razón la escorrentía superficial es reducida y por tanto también la erosión, lo que ha conducido a formas de relieve poco evolucionadas. Sin embargo, sobre los 3.500 msm, producto de un suelo que se ha formado por relleno de materiales volcánicos, la erosión ha generado extensas y profundas quebradas. Las variaciones anuales de precipitaciones son grandes, presentándose series de años muy secos. Los eventos pluviométricos anormalmente altos sobrepasan la capacidad de carga de la poco desarrollada red de drenaje y producen grandes aluviones que han modelado significativamente la morfología.

3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

3.1 Generalidades

Los rasgos geológicos principales del norte de Chile están dados por los grandes procesos tectónicos y volcánicos que han caracterizado su evolución geológica. La morfología de la región de Antofagasta permite distinguir cinco franjas longitudinales bien definidas: plataforma litoral, cordillera de la costa, llano central, cordillera de Domeyko, depresión andina y los Andes y puna (Fig. 2-2).

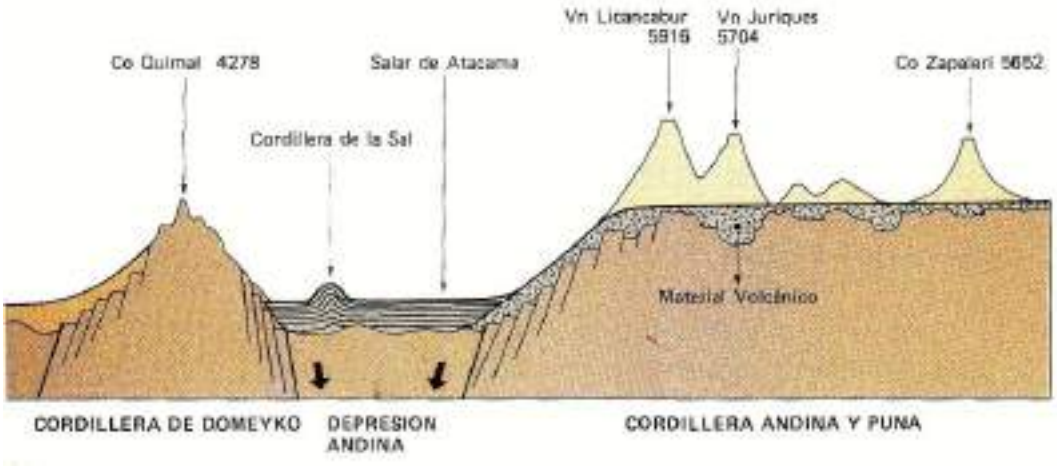


FIGURA 2-2. VISTA GENERAL DE LA MORFOLOGÍA DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. FUENTE: TOMADO Y MODIFICADO DE TURISTEL ZONA NORTE 1992.

De acuerdo a Börgel (1983) la región de Antofagasta, corresponde a la región septentrional de las pampas desérticas y cordilleras prealtiplánicas. Está limitada por el norte por la línea fronteriza internacional Chile-Perú, al este por la frontera internacional Chile-Bolivia y Chile-Argentina, al oeste por el océano Pacífico y al sur por una sinuosa línea inmediatamente al norte del río Elqui. Comprende una superficie aproximadamente de 291.100 km^2, dentro de la cual se inserta una serie muy variada de zonas morfoclimáticas. Las condiciones áridas del territorio en esta región cambian en el sentido norte-sur y en el sentido oeste-este.

El área de estudio, se ubica en la zona de los Andes y la puna, también llamada puna de Atacama, que se caracteriza por estar sobre los 4.000 msm, en las altas cumbres y con un pasado de volcanismo activo que colmó de cenizas y escoria la separación o valles entre los cordones de cerros. La puna se extiende en el noreste de Chile, noroeste de Argentina, sureste de Perú y mitad occidental de Bolivia, posee una forma elongada norte-sur. Marginada por dos grandes cordones de la cordillera de los Andes se extiende aproximadamente entre los 15° y los 28° de latitud sur, su ancho máximo es a la altura de los 20° y con una longitud de 300 km. En Chile se extiende desde el paralelo 17°30 hasta los 28° latitud sur, adosada al borde oriental del territorio con un ancho variable entre 20 y 70 km.

Las cuencas y subcuencas existentes en el área de estudio, son las principales unidades de análisis. Así, el sistema hídrico está establecido entre la divisoria de aguas de la Cordillera de Los Andes (frontera con Bolivia), con cotas que sobrepasan los 5.800 msm; y el nivel de base del Salar de Atacama a 2.300 msm. Las principales hoyas hidrográficas del sector, las constituyen los ríos San Pedro y Vilama, ambos de carácter endorreico y que fluyen hasta el Salar de Atacama, pasando por la localidad de San Pedro de Atacama, siendo el aporte de aguas superficiales más importante de la zona. El sistema San Pedro está compuesto por las subcuencas: Salado, Río Grande, Machuca, Putana, Incahuasi, Tocorpuri y Jauna; mientras que el sistema Vilama por las subcuencas Puritama, Puripicar, Turipite y Jorquencal.

3.2 Principales unidades de relieve

La gran unidad fisiográfica presente en el área de estudio corresponde a la cordillera de los Andes la que se encuentra constituida por una cadena maciza volcánica de orientación norte-sur a noreste, producto del solevantamiento a comienzos del Mioceno. Entre los volcanes existentes se ubican pequeñas planicies y cuencas intermontanas que conforman parte importante de la morfología del altiplano. Las terrazas y el modelado actual se viene produciendo desde el Terciario, existiendo en el altiplano una morfología periglacial. En el pedimento también han tenido lugar innumerables aluviones y lavas torrenciales que mantienen a las quebradas en constante transformación.

Geomorfológicamente en el área de estudio se reconocen las siguientes unidades:

a) El Piedemonte Andino es un gran plano inclinado, con alturas entre 2.500 y 3.800 msm en su parte oriental. Constituye una unidad notable con numerosas quebradas que la disectan, algunas poco encajonadas y otras muy encajonadas. Se constituye por una acumulación de rocas volcánicas (andesitas de piroxeno, ignimbritas y rocas detríticas) de varios centenares de metros, se encuentran en alternancia constituyendo acumulaciones mixtas; b) La Cordillera de Los Andes es una cordillera antigua del Mioceno, producto de un solevantamiento a comienzos de ese periodo, en esta unidad se encuentra el cordón de volcanes y cerros que componen la muralla oriente del área de estudio. Dentro de las principales unidades de este macizo andino,

se encuentra el volcán Licancabur con una altura de 5.916 m, ubicado en sentido sur del área de estudio; el cerro Sairecabur ubicado inmediatamente al norte del volcán Licancabur, con un altura de 5.645 m; el cerro Curiquinca, con una altura de 5.676 m; el cerro Colorado, con una altura de 5. 735 m, y el volcán Putana, con una altura de 5.850 m, ubicado en el extremo norte del área. c) Las terrazas y el modelado actual es Cuaternario, existiendo en el altiplano una morfología periglacial. En el pedimento se producen aluviones y lavas torrenciales que afectan las quebradas (Fig. 2-3).

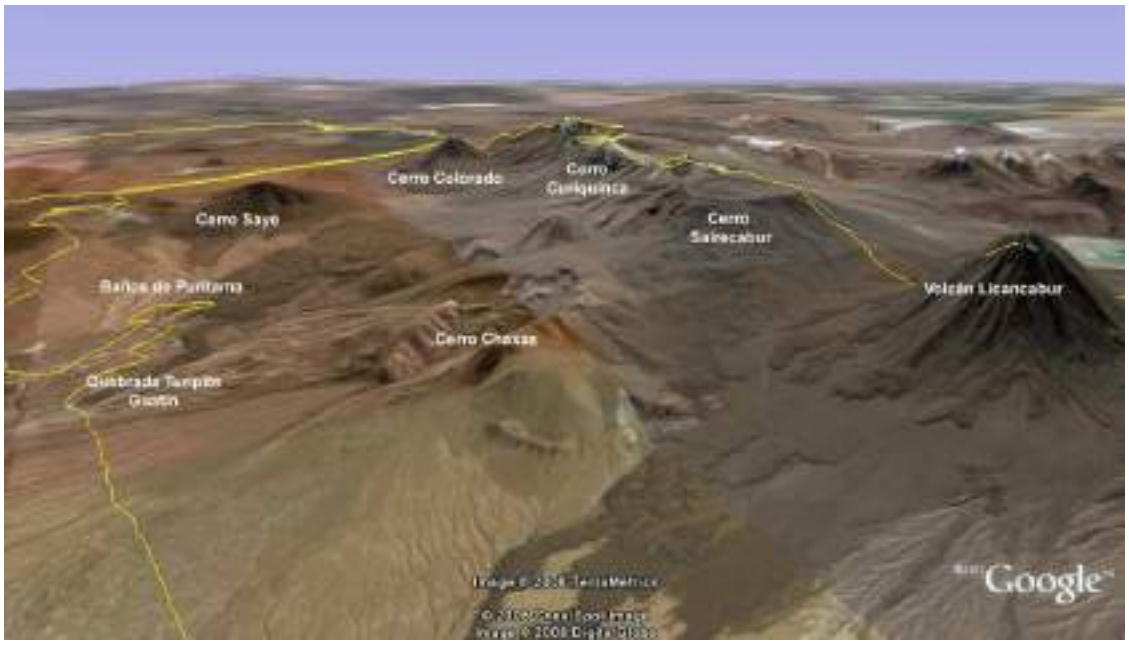


FIGURA 2-3. VISTA HACIA EL NORTE DEL ÁREA VOLCÁN LICANCABUR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE IMÁGENES SATELITALES GOOGLE EARTH.

3.3 Factores geomorfológicos

En cuanto a la morfodinámica, el área está asociada a la acción erosiva del agua superficial en los cauces, que ocurre estacionalmente en aquellos períodos del año donde aumenta el caudal activando incluso muchos lechos que permanecen secos la mayor parte del año, durante el invierno altiplánico. Esto se suma a las crecidas que se registran con periodos de retorno de seis a ocho años, de acuerdo a lugareños, con eventos aluvionales que han dejado huellas en el relieve y han afectado el área (MOP 2007). Por otra parte, la morfodinámica local también se ve influida por agentes subaéreos como viento, nieve y cambios de temperatura, provocando la degradación de las rocas y su posterior fragmentación como un fenómeno físico-mecánico, provocando la acción conjunta de procesos de gelifracción, termoclastismo y exfoliación. Estas áreas constituyen zonas de alimentación de materiales, las que al superar rangos mínimos de pendiente y disponer de energía (escurrimientos torrenciales, viento o gravedad) se ponen en movimiento hasta formar taludes y conos. En la parte oriental del área de estudio son importantes los modelados glaciales y volcánicos, retrabajados por procesos erosivos actuales.

Dentro de las unidades relacionadas con procesos dinámicos, principalmente de acumulación, se distinguen: el abanico del río San Pedro, el abanico del río Vilama y el abanico del llano Vilama, compuesto por la coalescencia de varios abanicos de quebradas que descienden por el plano inclinado. Este último también se distingue entre las formas originadas por acciones dinámicas y su desarrollo se observa entre las cotas 3.500 y 4.700 m. Sobre esta altiplanicie toman posición un gran número de estrato-volcanes jóvenes del Pleistoceno y Holoceno.

Respecto a los mecanismos morfogenéticos que han dirigido la evolución de esta altiplanicie, Börgel (1983) indica que el sector ubicado entre las cotas 2.500 y 3.000 m, constituye un claro pedimento en el cual el plano inclinado descansa directamente sobre la roca fundamental (ignimbrita) en franco estado de meteorización. En su tramo inferior, este plano esta formado por una cubierta de arenas gruesas y finas en tránsito de transporte hacia la playa de sedimentación del Salar de Atacama.

En general, la geomorfología del área evoluciona lentamente en la actualidad, a excepción de eventos climáticos extremos que estacionalmente activan procesos de menor o mayor escala. Sin embargo, el actual relieve esta fuertemente influido por procesos erosivos del Cuaternario, donde importantes fenómenos de transporte y depositación de materiales, excavación de profundas quebradas y un volcanismo aún entonces activo modeló fuertemente el paisaje, mostrando ahora grandes unidades y formas heredadas del pasado reciente.

3.4 Geología General

Dentro del sitio en estudio, tanto la precordillera como la cordillera de Los Andes, están constituidas principalmente por rocas volcánicas del Cenozoico superior. Estas rocas se disponen, mediante discordancia angular y de erosión, sobre secuencias mesozoicas y cenozoicas, que emergen como cerros-islas de entre la cubierta de ignimbritas, o bien, afloran en el fondo de las quebradas correspondiendo principalmente a flujos de tobas. Las glaciaciones del Pleistoceno produjeron fuertes erosiones en algunos centros volcánicos y dieron lugar a depósitos morrénicos y periglaciales que se actualmente se distribuyen por sobre los 4.000 msm. La continua actividad volcánica Miocena-Holocena, tanto de ignimbritas como de lavas, tuvo lugar conjuntamente con un intenso tectonismo, relacionado con el levantamiento andino (Lahsen 1982). Los centros de emisión de lavas y cenizas, muestran un claro control estructural, ya que su distribución coincide con los principales sistemas de fallas y/o lineamientos, que caracterizan este sector de la cordillera de Los Andes, orientados en dirección norte-sur. Por otra parte, las depositaciones ignimbríticas son de composición principalmente andesítica y dacítica, de colores grises, rosados y pardo claro, formando extensas mesetas inclinadas, generalmente en 3-5º hacia el oeste, extendiéndose bajo los depósitos aluviales o engranando con los sedimentos de la parte norte de la cuenca del salar de Atacama y la depresión del río Loa. Las ignimbritas rellenan también algunas quebradas o depresiones antiguas, o bien están adosadas a relieves positivos, que han controlado su distribución. Otras presentan patrones de diaclasamiento superficial característicos, y aparecen cortadas por quebradas profundas, subparalelas o radiales, controladas por fallas y/o fracturas, originadas por procesos tectónicos o tensiones durante el enfriamiento de los flujos (Guest 1989).

3.5 Unidades geográficas

Las principales unidades geográficas se resumen en dos subcuencas: Jorquencal- Turipite-Puritana y Purifica - Puritama – Vilama (MOP 2007).

La subcuenca que ocupan las quebradas Jorquencal y Turipite, hasta la confluencia de esta última con el río Puritama; tiene características particulares que la hacen diferente en su morfogénesis y dinámica. La quebrada Jorquencal nace en los faldeos del volcán Curiquinca (5.722 msm) y se extiende por unos 24 km. En su curso superior drena en dirección E-W por diez kilómetros, siguiendo luego una dirección NE-SW hasta juntarse con el río Puritana, es visible atravesando el camino a la altura de azufrera Saciel. Es la única quebrada de este sector que tiene su naciente en la frontera con Bolivia. La quebrada Turipite nace en los faldeos sur de los antiguos volcanes Falda Grande y Jorquencal, extendiéndose de norte a sur por nueve kilómetros hasta el río Puritama, a 3.240 msm. A su vez, el río Puritama nace también nueve kilómetros al interior, pero drena con dirección NE-SW, pasando a mitad de su curso por una zona de alteración hidrotermal que da origen a las termas de Puritama.

La intrincada red de quebradas se explica probablemente porque las coladas de lava del último evento volcánico cubrieron todo este sector, remodelando el paisaje, y las aguas debieron buscar otro camino, terminándose de configurar la actual red de drenaje durante el Cuaternario. Esta interpretación probablemente explica el actual modelado del paisaje en este sector precordillerano intermedio, entre la alta cordillera y el nivel de base del salar de Atacama, pues en terreno se observan profundas quebradas, con evidencias de importantes procesos erosivos, pero que no corresponden a la actual morfodinámica, sino que a paleoescurrimientos. Por otra parte, el gran cañón del Puritama todavía concentra el drenaje del área nororiente, pero es posible advertir que su antiguo curso superior también fue cubierto por coladas de lava (andesitas de piroxeno y dacitas de hornblenda), drenando subsuperficialmente toda el área, aflorando como surgencias en el sector de las termas.

La subcuenca Purifica - Puritama – Vilama, recibe todo el aporte de la subcuenca anteriormente descrita. El río Purifica realiza su aporte de aguas superficiales al río Puritama en el sector de Guatín, naciendo éste en los faldeos del volcán Sairecabur (5.971 msm). Cercano al sector de las Termas de Puritama, existe una profunda quebrada de casi 50 m de profundidad que tiene su naciente unos pocos kilómetros al NE, según MOP 2007, al observar fotografías aéreas se pueden apreciar que probablemente esta quebrada era el antiguo río Purifica que venía desde el oriente, pero su curso fue modificado por la extensa colada de lava que bajó desde la cordillera en el pasado (Fig. 2-4).

El río Puritama después de su confluencia con el río Purifica en el sector de Guatín (3.200 msm), se interna en un cañón menos profundo que el de su curso superior, cruzando desde un sustrato aluvial que sobreyace a ignimbritas, a una unidad volcánica reciente, que es la misma colada de lava que se desprende desde su curso superior (Fig. 2-5). Luego de siete kilómetros llega a una extensa área de materiales aluviales de gravas, arcillolitas y areniscas de edad pleistocénica que constituyen la Formación Vilama. En este sector el río Puritama pasa a llamarse Vilama, cruza en el kilómetro 5 el camino y su lecho se orienta hacia el sur, pasando por costado oriente de la localidad de San Pedro de Atacama, llegando finalmente a su nivel de base en el salar.

FIGURA 2-4. QUEBRADAS INCIPIENTES CON VESTIGIOS DE PALEOESCURRIMIENTOS INDICARÍAN UN CAMBIO EN LA CONFIGURACIÓN ACTUAL DE LA RED DE DRENAJE A CAUSA DE COLADAS DE LAVA DEL ÚLTIMO EVENTO VOLCÁNICO DURANTE EL CUATERNARIO. FUENTE: CEA, 2008.

FIGURA 2-5. CONFLUENCIA DEL RÍO PURIFICA Y RIO PURITAMA EN SECTOR DE GUATÍN, DONDE LA LLANURA DE INUNDACIÓN FORMADA POR DEPÓSITOS ALUVIALES NO CONSOLIDADOS DA PASO AL CAÑÓN IGNIMBRÍTICO PURITAMA CORTADO POR UNA UNIDAD VOLCÁNICA RECIENTE. FUENTE: CEA, 2008.

FIGURA 2-6. MESETA PRECORDILLERANA ENTRE LA CADENA VOLCÁNICA DE LOS ANDES Y LA DEPRESIÓN DEL SALAR DE ATACAMA, ALTERNANDO EN FASES SUCESIVAS DE EROSIÓN, DEPOSITACIÓN Y EVENTOS VOLCÁNICOS DE LAVAS Y TOBAS DURANTE EL HOLOCENO. FUENTE: CEA, 2008.

CAPÍTULO III
BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO III BIODIVERSIDAD

FLORA Y VEGETACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En términos biogeográficos generales, se puede señalar que de acuerdo a Cabrera & Willink (1973) el piso de vegetación en que se localiza la zona de estudio, corresponde al reino neotropical, dominio andino patagónico, provincias altoandina y puneñas con vegetación esteparia. Por su parte, Gajardo (1994) la ubica en la región de la estepa alto-andina, sub-región del altiplano y de la puna, que se extiende desde el límite con Perú y Bolivia hasta las montañas andinas de la región del Maule, entre los 4.000 y 5.000 msm. Gajardo (op. cit.) señala que en el extenso territorio de esta sub-región, es posible reconocer la presencia de las siguientes siete formaciones vegetales: estepa alto-andina altiplánica, estepa alto-andina sub-desértica, estepa arbustiva pre-altiplánica, estepa arbustiva pre-puneña, estepa sub-desértica de la puna de Atacama, estepa desértica de los salares andinos y desierto alto-andino del Ojos del Salado, cada una de ellas con varias comunidades o asociaciones vegetales. En este capítulo se presentan los resultados de estudios fitosociológicos en el área de estudio generados mediante colectas intensivas e inventarios caracterizando los sitios inventariados con la identificación de las principales comunidades vegetales del área. Se incluye un inventario o catálogo de la flora del área de estudio. También se presentan el estado de conservación de las especies, el grado de perturbación antrópica según la relación entre las especies nativas e introducidas y las formas de vida.

2. METODOLOGÍA

La definición y nomenclatura de las unidades vegetacionales del sector de Volcán Licancabur se realizó de acuerdo a la propuesta de Gajardo (1994). Posteriormente se verificaron en terreno las unidades más relevantes y señaladas en la cartografía, las que básicamente corresponden a comunidades arbustivas y herbáceas.

2.1. Flora

En enero de 2008 se realizaron colectas intensivas y se aplicaron 19 relevamientos (inventarios) fitosociológicos. Cada especie se identificó, clasificó y determinó su origen fitogeográfico en base a literatura especializada, por ejemplo: Hoffmann (1989, 1998), Marticorena & Quezada (1985), Marticorena & Rodríguez (1995, 2001, 2003, 2005), Matthei (1995), Muñoz (1966) y Navas (1973, 1976, 1979). También se determinaron las formas de vida en base al esquema propuesto por Ellenberg & Mueller-Dombois (1966).

El grado de perturbación antrópica del lugar se determinó sobre la base de lo propuesto por Hauenstein et al. (1988), que consideran el origen fitogeográfico, es decir, la relación entre las especies nativas e introducidas, y las formas de vida (formas biológicas de Raunkiaer) como medidas de esta forma de perturbación; y la escala de evaluación propuesta por González (2000) que establece rangos definidos de alteración según el porcentaje de especies exóticas que contenga un área determinada (Tabla 3-1).

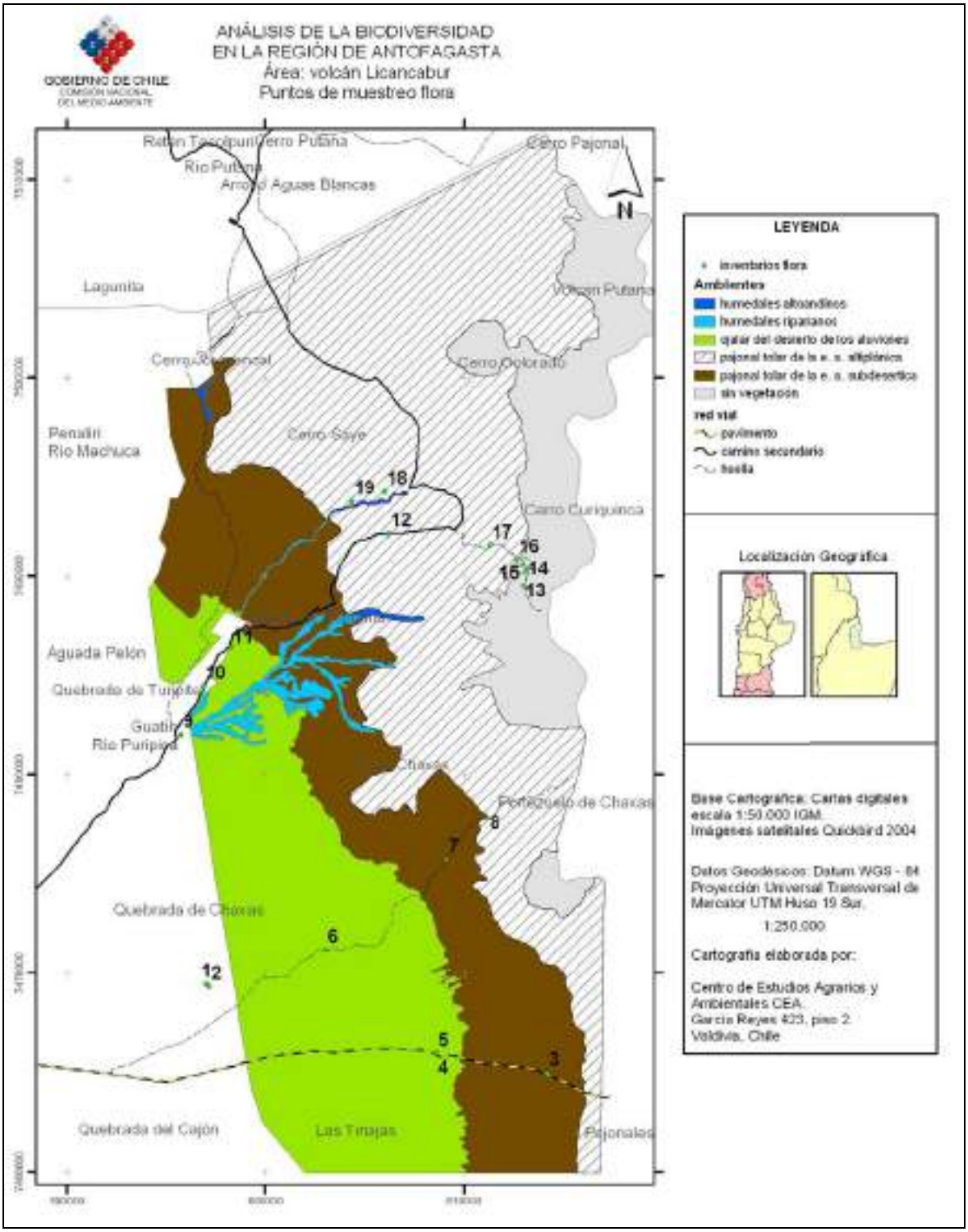


FIGURA 3-1. PUNTOS DE MUESTREO FLORA EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR 2008.

TABLA 3-1. ESCALA DE EVALUACIÓN VEGETACIONAL DEL GRADO DE INTERVENCIÓN ANTRÓPICA SEGÚN ORIGEN FITOGEOGRÁFICO.

RANGO DE PORCENTAJES DE ESPECIES INTRODUCIDAS (%)	GRADO DE INTERVENCIÓN ANTRÓPICA
0-13	Sin intervención
13-20	Poco intervenido
21-30	Medianamente intervenido
31-100	Altamente intervenido

Como resultado de los procesos anteriores se obtuvo un inventario o **catálogo florístico** del área de estudio (Tabla 3-2) que contiene todos los elementos antes mencionados y que considera, además de las especies registradas en este estudio, siete especies registradas por Navarro & Rivas-Martínez (2005) en los faldeos del Volcán Licancabur.

2.2. Fitosociología

Se aplicaron 19 relevamientos (inventarios) fitosociológicos de 5x5 m de superficie cada uno, de acuerdo a la metodología fitosociológica europea (Braun-Blanquet 1964). Se consideró también la vegetación acuática y palustre de los humedales contenidos en el área de estudio. Las tablas fitosociológicas se procesaron de acuerdo a la metodología propuesta por Braun-Blanquet (op. cit.) y explicitada en Ramírez & Westermeier (1976). En ellas, los valores de cobertura de cada especie en cada inventario (parcela de 5x5) se expresan directamente en porcentaje de superficie de área cubierta, y en superficies superiores al área mínima, explicitada en Steubing et al. (2001).

Con esta información, se procede a anotar, a la derecha de la columna correspondiente al último inventario, los valores correspondientes a la cobertura total por cada especie (C) y su cobertura relativa (Cr) o porcentaje de la cobertura total de cada especie, usando como 100% la sumatoria de las coberturas. Antes de la cobertura se anota la frecuencia de cada especie, es decir el número de inventarios en que ella está presente. Dicha frecuencia se indica en números absolutos (F) y en términos de frecuencia relativa (Fr), que indica el porcentaje de la frecuencia de cada especie, haciendo equivalente al 100% la sumatoria de las frecuencias. Las especies con escasa cobertura o con sólo un individuo de designan con los signos + y r, respectivamente. Estos signos serán reemplazados por el valor 1, durante el procesamiento de la información para el cálculo del Valor de Importancia. Éste se determina para cada especie por medio de la suma de las frecuencias y coberturas relativas (Wikum & Shanholtzer 1978), dando cuenta de la abundancia e importancia de cada especie en el lugar estudiado.

A partir de los relevamientos fitosociológicos se obtuvo una tabla con la caracterización de los sitios inventariados (Tabla 3-3) y una **tabla fitosociológica** (Tabla 3-4) construida a partir del valor de importancia (VI) obtenido por las especies presentes en el área, identificando de esta forma, las principales comunidades vegetales del área siguiendo los trabajos de Gajardo (1994), y Tellier (2004).

3. RESULTADOS

3.1. Flora

Los resultados de flora están representados en la Tabla 3-2, en la que se caracterizan **93** especies, con sus nombres científicos y comunes, familia botánica, formas de vida y origen fitogeográfico; y en la Tabla 3-3 de distribución taxonómica por familias-géneros-especies. Asimismo, la Figura 3-2 muestra la distribución taxonómica de la flora, la Figura 3-3 representa el espectro biológico (formas de vida), la Figura 3-4 el origen fitogeográfico.

Las 93 especies se distribuyen taxonómicamente en 72 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (77,4%), 18 Monocotiledóneas (Liliopsida) (19,4%), 2 Gnetopsida (o Pinophyta) (2,2%) y una Pteridophyta (1,1%) (Tabla 3-3, Fig. 3-2). Este número de especies es inferior al registrado por Teillier (2004) en la cuenca-media-alta del río Loa, donde describe 110 especies; pero es bastante similar a las 90 especies reportadas por Arroyo et al. (1998) para el Parque Nacional Llullaillaco en los Andes de la Región de Antofagasta. A su vez, la flora del Licancabur es de una mayor riqueza específica que la registrada por Gutiérrez et al. (1998) (69 spp.), en un transecto altitudinal realizado en seis sitios a lo largo del río Loa, desde los 0 a 4.000 m de altitud; o que la del salar de Ascotán (22 y 21 spp.) reportada por Teillier (2000) y Teillier & Becerra (2003), o a las 25 y 37 especies registradas en 2007 para Quillagüa y Calama en el presente estudio. Por otra parte, el catálogo de la flora vascular de la región de Antofagasta, elaborado por Marticorena et al. (1998), reporta la existencia de 1.056 especies, por lo que la flora del volcán Licancabur corresponde al 8,1% de la flora regional.

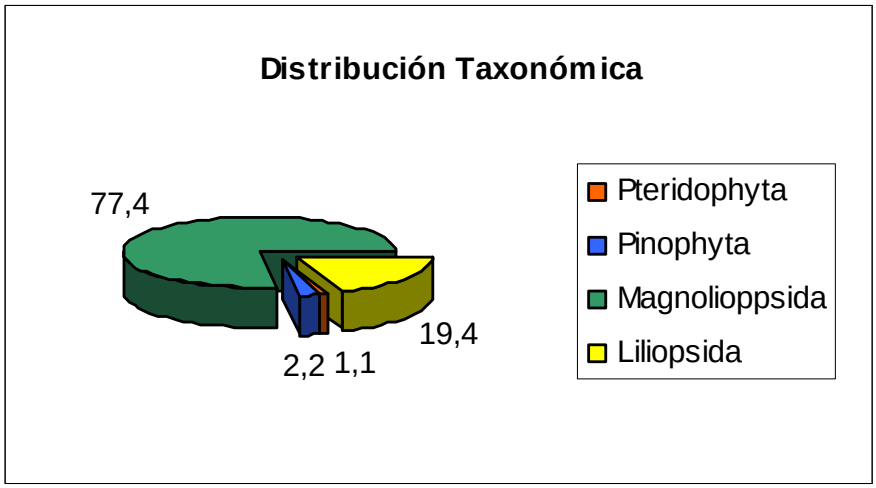


FIGURA 3-2. DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA DE LA FLORA DEL VOLCÁN LICANCABUR.

TABLA 3-2. CATÁLOGO FLORÍSTICO DEL SECTOR ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. FV= FORMA DE VIDA, OF= ORIGEN FITOGEOGRÁFICO, CR= CRIPTÓFITO, NF= NANOFANERÓFITO, CA= CAMÉFITO, HC= HEMICRIPTÓFITO, TE= TERÓFITO; F= FANERÓFITO; N= NATIVO, I= INTRODUCIDO.

GRUPO TAXONÓMICO / ESPECIES	FAMILIA	NOMBRE VULGAR	FV	OF
Pteridophyta (Filicopsida)				
Notholaena nivea (Poiret) Desv.	Adiantaceae	s.n.	Hc	N
Pinophyta (Gnetopsida)				
Ephedra breana Phil.	Ephedraceae	Pingo-pingo	Nf	N
Ephedra multiflora Phil. ex Stapf	Ephedraceae	Pingo-pingo	Nf	N
Angiospermae (Magnoliophyta)				
Dicotyledoneae (Magnoliopsida)				
Acantholippia punensis Botta	Verbenaceae	Rica-rica	Hc	N
Adesmia aphylla Clos	Fabaceae	s.n.	Ca	N
Adesmia atacamensis Phil.	Fabaceae	s.n.	Ca	N
Adesmia echinus K. Presl	Fabaceae	s.n.	Ca	N
Adesmia kingii Phil.	Fabaceae	s.n.	Ca	N
Adesmia melanthes Phil.	Fabaceae	s.n.	Ca	N
Adesmia polyphylla Phil.	Fabaceae	s.n.	Ca	N
Adesmia sp.	Fabaceae	s.n.	Ca	N
Adesmia subterranea Clos	Fabaceae	Cuerno de cabra	Ca	N
Ambrosia artemisioides Meyen et Walp.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Astragalus sp.	Fabaceae	Yerba loca	Ca	N
Atriplex imbricata (Moq.) Dietr.	Chenopodiaceae	Ojalá, piyaya	Nf	N
Azorella cryptantha (Clos) Reiche	Apiaceae	Llaretilla	Ca	N
Baccharis boliviensis (Wedd.) Cabr.	Asteraceae	Pesco tola	Nf	N
Baccharis incarum Wedd.	Asteraceae	Tola	Nf	N
Baccharis petiolata DC. var. *petiolata*	Asteraceae	s.n.	Nf	N
Calandrinia salsoloides Barn.	Portulacaceae	Aquanosa	Hc	N
Chaetanthera dioica (Remy) B.L. Rob.	Asteraceae	s.n.	Ca	N
Chaetanthera revoluta (Phil.) Cabr.	Asteraceae	Chinita revoluta	Ca	N
Chenopodium petiolare H.B.K.	Chenopodiaceae	s.n.	Te	N
Chuquiraga atacamensis O.K.	Asteraceae	s.n.	Ca	N
Cumulopuntia hystrix F.Ritter	Cactaceae	s.n.	Ca	N
Diplostephium meyenii Wedd.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Erigeron andicola DC.	Asteraceae	Erigerón andino	Hc	N
Fabiana densa Remy var. *ramulosa*	Solanaceae	s.n.	Nf	N
Fabiana denudata Miers	Solanaceae	Alma tola	Nf	N
Fabiana squamata Phil.	Solanaceae	s.n.	Nf	N
Gnaphalium sp.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Haplopappus rigidus Phil.	Asteraceae	s.n.	Ca	N
Hoffmanseggia sp.	Caesalpiniaceae	s.n.	Nf	N
Junellia seriphioides (Gill. et Hook.) Mold.	Verbenaceae	Rosa	Ca	N
Krameria lappacea (Dombey) Burdet & B.B. Simpson	Krameriaceae	Pacul	Nf	N
Lampaya sp.	Verbenaceae	Lampaya	Hc	N
Limosella australis R. Br.	Scrophulariaceae	Limosela	Hc	N
Lupinus oreophilus Phil.	Fabaceae		Na	N
Lycopersicon chilense Dunal	Solanaceae	Tomatillo	Hc	N
Menonvillea sp.	Brassicaceae	s.n.	Hc	N
Moschopsis monocephala (Phil.) Reiche	Calyceraceae	s.n.	Hc	N
Mulinum crassifolium Phil.	Apiaceae	Zucunco	Ca	N
Neuontobothrys linifolius (Phil.) O.E. Schulz	Brassicaceae	s.n.	Hc	N

Nototriche auricoma (Phil.) A.W. Hill	Malvaceae	Nototriche	Ca	N
Nototriche cfr. *pulvinata*	Malvaceae	Nototriche	Ca	N
Opuntia conoidea (Back.) A. Hoffmann	Cactaceae	Tunilla	Ca	N
Opuntia ignescens Vaupel	Cactaceae	Jala-jala, puskayo	Ca	N
Parastrephia phylicaeformis (Meyen) Cabr.	Asteraceae	s.n.	Nf	N
Parastrephia quadrangularis (Meyen) Cabr.	Asteraceae	Supo tola	Nf	N
Parastrephia teretiuscula (O.K.) Cabr.	Asteraceae	s.n.	Nf	N
Perezia atacamensis (Phil.) Reiche	Asteraceae	Marancel	Cr	N
Perezia pygmaea Wedd.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Polyachyrus carduoides Phil.	Asteraceae	Borlón de alforja	Hc	N
Pycnophyllum bryoides (Phil.) Rohrb.	Caryophyllaceae	K'ota	Te	N
Pycnophyllum macropetalum Mattf.	Caryophyllaceae	s.n.	Te	N
Senecio adenophyllus Meyen ex Walp.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Senecio atacamensis Phil.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Senecio cfr. *algens*	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Senecio cfr. *socompae*	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Senecio graveolens Wedd.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Senecio puchii Phil.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Senecio rosmarinus Phil. var. *rosmarinus*	Asteraceae	Pukachaqui	Nf	N
Sisymbrium amplexicaule A. Gray	Brassicaceae	s.n.	Te	N
Solanum furcatum Dunal ex Poir. var. *furcatum*	Solanaceae	s.n.	Nf	N
Tagetes multiflora H.B.K.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Tarasa operculata (Cav.) Kapov.	Malvaceae	s.n.	Ca	N
Tephrocactus atacamensis (Phil.) F. Ritter	Cactaceae	Chuchampe	Nf	N
Tiquilia sp.	Boraginaceae	s.n.	Hc	N
Trichocereus atacamensis (Phil.) Fried. & Rowl.	Cactaceae	Cardón grande	F	N
Trichocline caulescens Phil.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Urbania pappigera Phil.	Verbenaceae	s.n.	Hc	N
Valeriana nivalis Wedd.	Valerianaceae	s.n.	Hc	N
Werneria aretioides Wedd.	Asteraceae	Paposa	Cr	N
Werneria denticulata Blake	Asteraceae	Paposa	Cr	N
Werneria poposa Phil.	Asteraceae	Paposa	Cr	N
Monocotyledoneae (Liliopsida)				
Aristida adscensionis L.	Poaceae	s.n.	Hc	I
Aristida asplundii Henrard.	Poaceae	s.n.	Hc	I
Cortaderia atacamensis (Phil.) Pilger	Poaceae	Cola de zorro	Hc	N
Deyeuxia crispa Rugolo et Villav.	Poaceae	s.n.	Hc	N
Deyeuxia sp.	Poaceae	Champa	Hc	N
Deyeuxia deserticola Phil.	Poaceae	s.n.	Hc	N
Dielsiochloa floribunda (Pilger) Pilger	Poaceae	s.n.	Hc	N
Distichlis humilis Phil.	Poaceae	Brama	Hc	N
Festuca chrysophylla Phil.	Poaceae	Paja brava	Hc	N
Festuca orthophylla Pilger	Poaceae	Paja brava	Hc	N
Festuca sp.	Poaceae	s.n.	Hc	N
Polypogon australis Brongn.	Poaceae	Cola de zorro	Hc	N
Stipa bomanii Haum.	Poaceae	s.n.	Hc	N
Stipa chrysophylla Desv.	Poaceae	Pajonal	Hc	N
Stipa frigida Phil.	Poaceae	Keiru ichu, paja	Hc	N
Stipa nardoides (Phil.) Hackel ex Hitchc.	Poaceae	Chac'ke	Hc	N
Stipa speciosa Trin. et Rupr.	Poaceae	Pajonal	Hc	N
Stipa venusta Phil.	Poaceae	Vizcachera	Hc	N
Total especies: 93				

TABLA 3-3. DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA POR FAMILIAS-GÉNEROS-ESPECIES DE LA FLORA DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

FAMILIA	GÉNEROS (N°)	ESPECIES (N°)
Asteraceae	15	29
Poaceae	8	18
Apiaceae	2	2
Cactaceae	4	5
Caryophyllaceae	1	2
Fabaceae	3	10
Verbenaceae	4	4
Solanaceae	3	5
Ephedraceae	1	2
Boraginaceae	1	1
Malvaceae	2	3
Scrophulariaceae	1	1
Valerianaceae	1	1
Adiantaceae	1	1
Chenopodiaceae	2	2
Portulacaceae	1	1
Krameriaceae	1	1
Caesalpiniaceae	1	1
Brassicaceae	3	3
Calyceraceae	1	1
Total: 20	**56**	**93**

En la Tabla 3-3 se aprecia que de las 20 familias presentes en la flora del volcán Licancabur, las mejor representadas son Asteraceae (15 géneros - 29 especies), Poaceae (8 géneros - 18 especies), Fabaceae 3 gén. - 10 spp.), Cactaceae (4 gén. - 5 spp.), Solanaceae (3 gén. - 5 spp.) y Verbenaceae (4 gén. - 4 spp.). Dichas familias poseen especies adaptadas a ambientes xéricos y de comunidades esteparias (Cabrera & Willink 1973).

En la distribución taxonómica de la flora, llama la atención la escasez de Pteridófitos y Gimnospermas. Al respecto, Godoy et al. (1981) señalan que el hábitat preferente de éstos son las formaciones boscosas, ausentes en el área de estudio.

Respecto de la riqueza de especies, Teillier (2004) señala que generalmente se observa una gradiente relacionada con la altitud, ya que el matorral desértico ubicado en la parte baja de la gradiente, presenta el valor más bajo, el tolar medio el más alto, y finalmente un valor también alto en el pajonal de altura; ascendiendo aún más recién comienza a declinar la riqueza de especies. Este patrón es consistente con estudios anteriores realizados en el cordón oriental de los Andes del altiplano, donde la riqueza es máxima debido a las condiciones óptimas de temperatura y humedad (Villagrán et al. 1981, 1982, 1983, Arroyo et al. 1982, 1988).

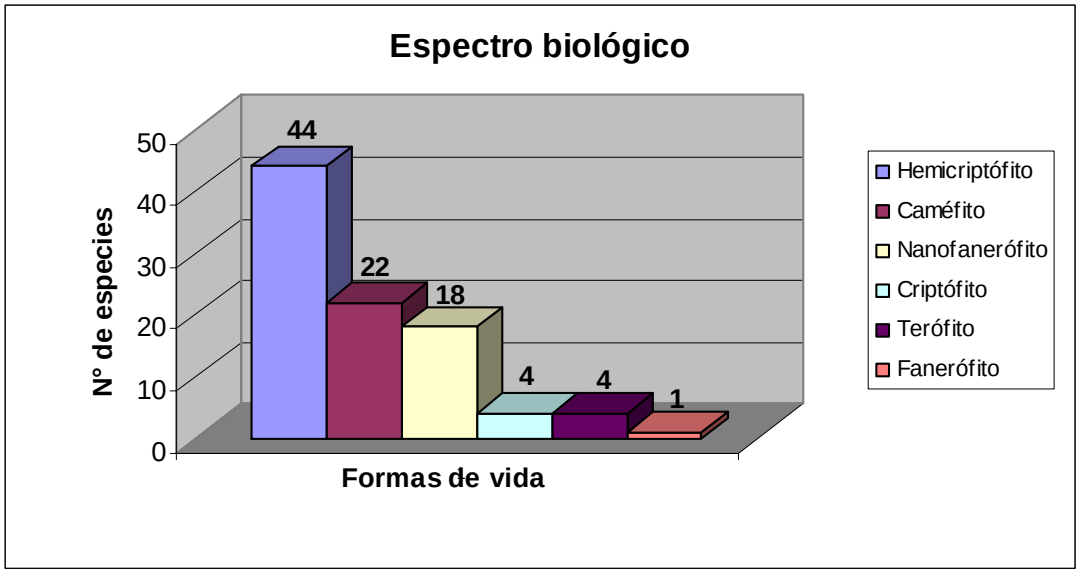


FIGURA 3-3. ESPECTRO BIOLÓGICO (FORMAS DE VIDA) DE LA FLORA DEL VOLCÁN LICANCABUR.

El espectro biológico (Tabla 3-2, Fig. 3-3) muestra la presencia de 44 hemicriptófitos (47,3%), plantas herbáceas perennes, 22 caméfitos (subarbustos) (23,7%), 18 nanofanerófitos (arbustos) (19,4%), 4 terófitos (4,3%) que comprende plantas anuales y bianuales, 4 criptófitos (geófitos e hidrófitos) (4,3%) y sólo un fanerófito (arborescente) (1,1%), el cual corresponde a la cactácea columnar *Trichocereus atacamensis* (cardón grande). Todas estas formas de vida presentan adaptaciones tanto estructurales como fisiológicas a las condiciones climáticas del lugar (Money & Kummerow 1971, Montenegro et al. 1979). Así, los caméfitos por sus formas pulviniformes de tamaño pequeño y los nanofanerófitos por sus tamaños medianos y de consistencia leñosa con hojas reducidas, soportan muy bien el frío, los fuertes vientos y el peso de la nieve; los criptófitos, en este caso los geófitos, son plantas con órganos subterráneos perdurantes, que representan muy bien este tipo de clima árido; los terófitos en cambio basan su permanencia en base a ciclos de vida cortos. Por su parte, la presencia de hemicriptófitos si bien están adaptados a estos ambientes, pueden indicar también intervención antrópica, ya que esta forma de vida acompaña al hombre y corresponde a plantas capaces, por ejemplo, de soportar el pisoteo y ramoneo de los animales domésticos (Cabrera & Willink 1973, Ramírez 1988).

Respecto de las formas de vida, Arroyo et al. (1988) y Teillier (2004) señalan que por su cobertura los nanofanerófitos son los que definen el paisaje de los tolares. Los hemicriptófitos presentan dominancia en las partes más altas, y los terófitos sólo registran dominancia en el matorral desértico.

Al analizar el origen fitogeográfico (Tabla 3-2, Fig. 3-4), 91 especies (97,8%) son nativas y sólo dos (2,2%), son alóctonas, por lo que al aplicar las propuestas de Hauenstein et al. (1988) y González (2000) para determinar el grado de intervención antrópica, el lugar estaría en la categoría de “Sin Intervención”, lo cual corrobora que este sitio es de alta pristinidad y endemismos.

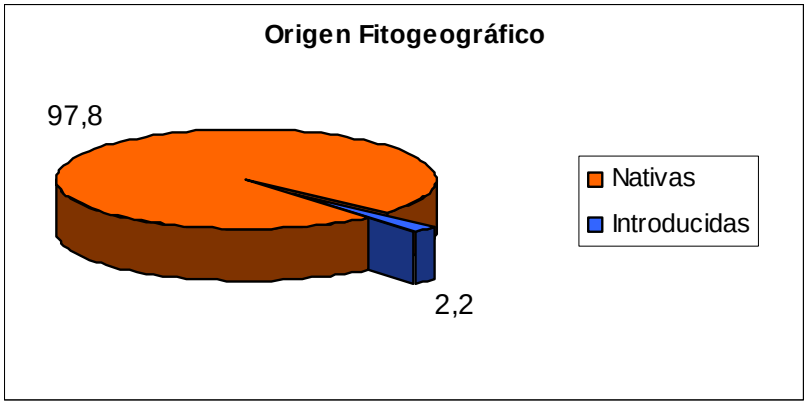


FIGURA 3-4. ORIGEN FITOGEOGRÁFICO DE LA FLORA DEL VOLCÁN LICANCABUR.

3.2. Fitosociología

En la Tabla 3-4 se presenta la caracterización resumida de los inventarios realizados, y en la Tabla 3-5 los resultados fitosociológicos.

TABLA 3-4. LISTA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS INVENTARIOS PARA FLORA Y VEGETACIÓN DEL VOLCÁN LICANCABUR.

INVENTARIOS (N°)	COORDENADAS (UTM) ESTE	NORTE	ALTITUD (msnm)	FORMACIÓN VEGETAL
1	597011	7469453	2.778	Arbustiva
2	597153	7469348	2.810	Arbustiva con herbáceas y sucul.
3	614168	7469978	4.008	Arbustiva con herbáceas
4	608557	7465967	3.502	Arbustiva
5	608557	7465967	3.502	Arbustiva con herbáceas y sucul.
6	603007	7471167	3.225	Arbustiva con suculentas
7	609116	7475759	3.848	Arbustiva con herbáceas y sucul.
8	611168	7477839	4.156	Herbácea con arbustos y sucul.
9	595736	7482008	3.211	Arbustiva con suculentas
10	596873	7484472	3.403	Arbustiva con suculentas
11	598267	7486430	3.593	Arbustiva con suculentas
12	606191	7492173	4.280	Herbácea
13	612990	7489535	5.181	Suelo casi desnudo
14	613113	7490249	5.063	Suelo casi desnudo
15	612936	7490560	4.955	Arbustiva con herbáceas
16	612654	7490842	4.971	Herbácea con arbustos
17	611301	7491564	4.971	Arbustiva con herbáceas
18	606011	7494267	4.215	Herbácea
19	604356	7493781	4.140	Arbustiva con herbáceas

TABLA 3-5 TABLA FITOSOCIOLÓGICA CON VALORES DE IMPORTANCIA Y ESTRUCTURA FLORÍSTICA DEL VOLCÁN LICANCABUR. (A= *FABIANA*, B=*ACANTHOLIPPIA-ATRIPLEX,* C= *FESTUCA-FABIANA*, D= *FESTUCA-PARASTREPHIA*); F= FRECUENCIA ABSOLUTA, FR= FRECUENCIA RELATIVA, C= COBERTURA ABSOLUTA, CR= COBERTURA RELATIVA, VI= VALOR DE IMPORTANCIA DE CADA ESPECIE. LOS NÚMEROS BAJO LOS INVENTARIOS CORRESPONDEN A PORCENTAJES DE COBERTURA).

ESPECIES /	**A**	**B**							**C**			**D**												
INVENTARIOS	**5**	**1**	**2**	**4**	**6**	**9**	**10**	**11**	**3**	**7**	**8**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**12**	**18**	**19**	**F**	**Fr**	**C**	**Cr**	**VI**
Stipa nardoides	3																			1	0,5	3	0,3	0,8
Stipa frigida	40																			1	0,5	40	4,5	5,0
Moschopsis monocephala	1																			1	0,5	1	0,1	0,6
Mulinum crassifolium	3													3	7	7			7	5	2,6	27	3	**5,6**
Nototriche auricoma	1																			1	0,5	1	0,1	0,6
Senecio puchii																		1		1	0,5	1	0,1	0,6
Urbania pappigera	6																			1	0,5	6	0,7	1,2
Adesmia subterranea	1																			1	0,5	1	0,1	0,6
Festuca sp.						1														1	0,5	1	0,1	0,6
Festuca chrysophylla	1								3		25									3	1,5	29	3,3	4,8
Chaetanthera revoluta	1																1			2	1	2	0,2	1,2
Pycnophyllum bryoides	1															3		5	6	4	2,1	15	1,7	3,8
Perezia atacamensis	1																	1		2	1	2	0,2	1,2
Pycnophyllum macropetal.															1	1	1			3	1,5	3	0,3	1,8
Menonvillea sp.													1	1						2	1	2	0,2	1,2
Aristida adscensionis		1			7	1	1	1												5	2,6	11	1,2	3,8
Tiquilia sp.	1	3																		2	1	4	0,5	1,5
Acantholippia punensis	1	1				17	1	1												5	2,6	21	2,4	5,0
Ambrosia artemisioides		7			5			7												3	1,5	19	2,1	3,6
Atriplex imbricata	15	4	6	1	15		15	9												7	3,6	65	7,3	**10,9**
Calandrinia salsoloides		1																		1	0,5	1	0,1	0,6
Sisymbrium amplexicaule	1	1	2					1												4	2,1	5	0,6	2,7
Tephrocactus atacamensis	11	2	4	1	7	2	20	15												8	4,1	62	7	**11,1**
Stipa chrysophylla									35	35										2	1	70	7,9	**8,9**
Adesmia polyphylla						1		1	1	10	5								6	6	3,1	24	2,7	**5,8**
Adesmia sp.					1				1											2	1	2	0,2	1,2
Baccharis incarum				1		1			5	1	20				1	1	1		7	9	4,6	38	4,3	**8,9**
Cumulopuntia hystrix	3			1		1		1	1											5	2,6	7	0,8	3,4
Fabiana denudata	1					2		1	1	10										5	2,6	15	1,7	4,3
Parastrephia quadrangularis									15	3							1			3	1,5	19	2,1	3,6
Haplopappus rigidus				6				1												2	1	7	0,8	1,8
Lampaya sp.				1																1	0,5	1	0,1	0,6
Lycopersicon chilense				1																1	0,5	1	0,1	0,6
Polyachyrus carduoides				3																1	0,5	3	0,3	0,8
Solanum furcatum				1																1	0,5	1	0,1	0,6
Ephedra breana	1							6												2	1	7	0,8	1,8
Fabiana densa	10				1	1	7	7												5	2,6	26	2,9	**5,5**
Baccharis boliviensis	1				1	1		2												4	2,1	5	0,6	2,7
Senecio atacamensis	1																			1	0,5	1	0,1	0,6
Adesmia kingii	1				1		1													3	1,5	3	0,3	1,8
Chuquiraga atacamensis	1					1														2	1	2	0,2	1,2
Trichocline caulescens	1																			1	0,5	1	0,1	0,6

Adesmia aphylla	1																		1	0,5	1	0,1	0,6
Ephedra multiflora					3	1													2	1	4	0,5	1,5
Krameria lappacea					1		2												2	1	3	0,3	1,3
Trichocereus atacamensis					3	1		3											3	1,5	7	0,8	2,3
Adesmia atacamensis					1			1											2	1	2	0,2	1,2
Hoffmanseggia sp.					1	1		1											3	1,5	3	0,3	1,8
Tagetes multiflora					1														1	0,5	1	0,1	0,6
Tarasa operculata					1														1	0,5	1	0,1	0,6
Notholaena nivea					1														1	0,5	1	0,1	0,6
Stipa speciosa									5										1	0,5	5	0,6	1,1
Junellia seriphioides						1			20										2	1	21	2,4	3,4
Opuntia conoidea							1		2										2	1	3	0,3	1,3
Parastrephia teretiuscula									8										1	0,5	8	0,9	1,4
Stipa venusta										45					1				2	1	46	5,2	**6,2**
Astragalus sp.										1									1	0,5	1	0,1	0,6
Fabiana squamata										1									1	0,5	1	0,1	0,6
Parastrephia phylicaeformis										1					1			7	3	1,5	9	1	2,5
Senecio rosmarinus										1								1	2	1	2	0,2	1,2
Opuntia ignescens										2									1	0,5	2	0,2	0,7
Cortaderia atacamensis						1													1	0,5	1	0,1	0,6
Distichlis humilis						1													1	0,5	1	0,1	0,6
Polypogon australis						1													1	0,5	1	0,1	0,6
Baccharis petiolata						1													1	0,5	1	0,1	0,6
Limosella australis						1													1	0,5	1	0,1	0,6
Chenopodium petiolare								1											1	0,5	1	0,1	0,6
Diplostephium meyenii								1											1	0,5	1	0,1	0,6
Gnaphalium sp.								1											1	0,5	1	0,1	0,6
Festuca orthophylla																60	35	7	3	1,5	102	12	**13,5**
Chaetanthera dioica																1	1		2	1	2	0,2	1,2
Nototriche cfr. pulvinata											1								1	0,5	1	0,1	0,6
Senecio cfr. socompae											1								1	0,5	1	0,1	0,6
Dielsiochloa floribunda												1	1	2	1				4	2,1	5	0,6	2,7
Perezia pygmaea												1	1		1				3	1,5	3	0,3	1,8
Senecio algens												1	1						2	1	2	0,2	1,2
Deyeuxia sp.													4	35	18				3	1,5	57	6,4	**7,9**
Werneria poposa													1	1					2	1	2	0,2	1,2
Senecio adenophyllus														1					1	0,5	1	0,1	0,6
Senecio graveolens														1	3				2	1	4	0,5	1,5
Valeriana nivalis														1	5				2	1	6	0,7	1,7
Werneria denticulata														1	1		1		3	1,5	3	0,3	1,8
Azorella cryptantha														1	3				2	1	4	0,5	1,5
Stipa bomanii																		7	1	0,5	7	0,8	1,3
Erigeron andicola																		1	1	0,5	1	0,1	0,6
Neuontobothrys linifolius																		1	1	0,5	1	0,1	0,6
N° especies x inventario	**26**	**8**	**3**	**9**	**16**	**20**	**8**	**19**	**8**	**9**	**9**	**2**	**4**	**7**	**11**	**13**	**6**	**6**	**10**	**194**		**886**	

A continuación se presentan 10 de las especies con mayor valor de importancia para el área.

Baccharis incarum

Acantholippia punensis

Stipa venusta

Tephrocactus atacamensis ***Mulinum crassifolium***

Stipa chrysophylla

Adesmia polyphylla

Atriplex imbricatas ***Festuca orthophylla*** ***Fabiana densa***

FIGURA 3-5 ESPECIES DE FLORA PRESENTES EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCAN LICANCABUR. 2008

Los resultados vegetacionales de la Tabla 3-5 muestran la presencia de 86 especies de plantas que componen al menos cuatro comunidades vegetales: *Fabianetum ramuloso-denudatae*, *Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*, *Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides* y *Festuca orthophylla-Parastrephia lucida*.

1.- *Fabianetum ramuloso-denudatae* (Navarro & Rivas-Martínez 2005). Es una comunidad de matorral abierto, extremadamente xeromórfico, representada en la Tabla 3-5 por el inventario 5. Otras especies características son *Chuquiraga atacamensis*, *Baccharis boliviensis*, *Urbania pappigera, Mulinum crassifolium* y *Fabiana densa.* A las anteriores se suman algunas suculentas como *Cumulopuntia hystrix* y *Maihueniopsis atacamensis.* Se distribuye entre los 3.200 a 3.700 m de altitud. La alta presencia de *Stipa frigida* permite diferenciar la subasociación *Stipetosum frigidae* (Navarro & Rivas-Martínez 2005), la cual ocupa el tramo altitudinal superior de la asociación, desde los 3.500 m. Registra un total de 26 especies.

2.- Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae (Luebert & Gajardo 2000). Corresponde a un matorral abierto, representado en la Tabla 3-5 por los inventarios 1, 2, 4, 6, 9 10 y 11. Las especies dominantes son *Atriplex imbricata*, *Acantholippia deserticola y Mauhueniopsis atacamensis.* Especies acompañantes son: *Aristida adscensionis, Fabiana densa, Ephedra multiflora, Trichocereus atacamensis, Adesmia atacamensis* y *Hoffmanseggia* sp. Comienza aproximadamente a los 2800 m y alcanza hasta los 3.600 m de altitud. Los inventarios 9 y 10 corresponden a la localidad de Guatín, y el 11 al sector Baños de Puritama. Registra un total de 42 especies. Esta asociación se puede asimilar también a la descrita por Gajardo (1994) como *Atriplex imbricata* (Ojalar), la cual define como una comunidad de composición florística muy variada y de amplia distribución geográfica, pudiendo en algunos casos estar representada sólo por poblaciones puras de *A. imbricata*. La clasifica en la subregión del desierto andino y en la formación del desierto de los aluviones, donde la vegetación muestra una típica fisonomía de arbustos bajos extremadamente xerófitos, de cobertura muy rala. Su ubicación geográfica-ecológica corresponde a sectores bajo la influencia de los grandes aluviones y precipitaciones marginales provocadas por el invierno boliviano.

3.- Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides, es una comunidad de arbustos bajos, representada en la Tabla 3-5 por los inventarios 3, 7 y 8. Sus especies representativas son *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*, le acompañan *Stipa chrysophylla*, *Adesmia polyphylla*, *Baccaris incarum*, *Fabiana denudata*, *F. squamata*, *Parastrephia quadrangularis*, *P. teretiuscula*, *Stipa venusta*, *Junellia seriphioides*, entre otras. Hay que mencionar que en los inventarios realizados no se prospectó a una de las especies típicas de la comunidad, *F. bryoides*. Registra un total de 18 especies. Gajardo (1994) señala que esta comunidad pertenece a la estepa alto-andina sub-desértica, que se caracteriza por ser una formación vegetacional heterogénea que se encuentra ubicada inmediatamente al sur del altiplano, con el cual comparte muchos de sus elementos florísticos y parcialmente su geomorfología de extensas mesetas. Esta unidad fue reportada también por Villagrán et al. (1981) para la puna de Toconce bajo el nombre de *Fabiana bryoides-Adesmia horrida*; y por Navarro (1993) para el altiplano boliviano como *Stipo frigidae-Senecietum puchii,* para un rango altitudinal de 4.100 a 4.900 m. Respecto de la ausencia de una de las especies características de la comunidad, Teillier (2004) en su estudio de la vegetación de la cuenca media-alta del río Loa, encontró para

el pajonal de altura una situación semejante a la señalada, ya que en su asociación también estaba ausente *F. bryoides*, pero igual la adscribió a la asociación tipo de Gajardo (1994), debido a que la especie ausente estaba vicariada por otras especies de *Fabiana*. En el presente caso, esta especie es reemplazada por *Fabiana densa* y *F. squamata*.

4.- Festuca orthophylla-Parastrephia lucida. Comunidad representada en la Tabla 3-5 por los inventarios 12 al 19, todos pertenecientes al sector de Azufrera Cisel. De acuerdo a Gajardo (1994) corresponde a la subregión del altiplano y de la Puna, y formación estepa alto-andina altiplánica. Corresponde a una comunidad compleja y tradicional, entre pajonal y tolar, que se ubica de preferencia en sectores marginales a los bofedales y lagunas. A las especies características se unen *Pycnophyllum bryoides*, *P. macropetalum*, *Deyeuxia* sp., *Baccharis incarum*, *Parastrephia philicaeformis*, *Chaetanthera dioica*, *Werneria denticulada* y *W. poposa*, entre otras. Se ubica entre los 4.100 m y 5.200 m de altitud. Registra un total de 30 especies. Al igual que lo señalado en la comunidad anterior, una de las especies características, *Parastrephia lucida*, es reemplazada por *P. philicaeformis*, conservando gran parte de la estructura florística original.

Navarro & Rivas-Martínez (2005) en su transecto vegetacional desde San Pedro de Atacama al volcán Licancabur, lograron determinar también cuatro asociaciones vegetales, de las cuales dos coinciden con las del presente estudio, *Fabianetum ramuloso-denudatae* y *Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae.* Las dos restantes han sido descritas por Gajardo (1994).

Las especies que destacan con altos valores de Importancia (Tabla 3-5), es decir, que presentan mayores coberturas y frecuencias relativas en el área de estudio, son las siguientes en orden decreciente: *Festuca orthophylla*, *Maihueniopsis atacamensis*, *Atriplex imbricata*, *Stipa chrysophylla*, *Baccharis incarum*, *Deyeuxia sp.* y *Stipa venusta*, cuyos valores de importancia son 13,5; 11,1; 10,9; 8,9; 8,9; 7,9 y 6,2 respectivamente, lo que reafirma la importancia de estas especies como componentes de las formaciones esteparias del área de estudio.

En términos generales y observando la Tabla 3-5, se puede señalar que la vegetación estudiada es de composición florística y características muy heterogéneas como bien lo señala Gajardo (1994), lo que dificulta su análisis fitosociológico.

4. CONCLUSIONES

- El Catálogo del volcán Licancabur comprende 93 especies de plantas vasculares (86 especies registradas en este estudio y siete especies registradas por Navarro & Rivas-Martínez (2005), con 72 Dicotiledóneas, 18 Monocotiledóneas, 2 Gnetopsidas y un Pteridófito, cuyas formas de vida dominantes son los hemicriptófitos, caméfitos y nanofanerófitos, siendo el 98,8% de las especies nativas. El grado de intervención humana determinado, corresponde a la categoría de “Sin intervención”.
- Vegetacionalmente se determinaron 4 asociaciones vegetales: *Fabianetum ramuloso-denudatae*, *Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae, Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides* y *Festuca orthophylla-Parastrephia lucida,* todas típicas de formaciones esteparias altoandinas. La vegetación demuestra claramente, a través de la estructura florística de sus comunidades, la aridez del sector estudiado.

FAUNA

1. METODOLOGÍA

1.1 Estaciones de Muestreo

En el mes de enero de 2008 se estudiaron seis sectores estableciéndose en ellos las estaciones de muestreo en base a la superficie con presencia de vegetación. La lista y caracterización de las estaciones muestreadas se presentan en la Tabla 3-6.

La definición y nomenclatura de las estaciones de muestreo se hizo de acuerdo a la propuesta de Gajardo (1994), verificándose en terreno las unidades vegetacionales señaladas en la cartografía del área de estudio.

Las estaciones de muestreo representan los ambientes más característicos presentes en el área de estudio. Las estaciones de trampeo para la fauna en general (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) fueron: cardonal- tolar (LIC-1), pajonal (LIC-2), tolar-pajonal (LIC-3), tolar (LIC-4), borde de esteros Puritama y Purifica (LIC-5) y ojalar (LIC-6) (Fig. 3-6-y 3-7).

TABLA 3-6. CARACTERIZACIÓN, LOCALIZACIÓN Y AMBIENTE DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

ESTACIÓN	LOCALIDAD	ÁREA	COORDENADAS (UTM)	AMBIENTE
LIC-1	Volcán Licancabur	Camino tierra volcán	602007 E 7470743 N	Cardonal / Tolar
LIC-2	Volcán Licancabur	Camino Géiser	603871 E 7490719 N	Pajonal
LIC-3	Volcán Licancabur	Camino Géiser	603149 E 7488559 N	Pajonal / Tolar
LIC-4	Volcán Licancabur	Camino Géiser	597039 E 7484805 N	Tolar
LIC-5	Volcán Licancabur	Guatín	595325 E 7482025 N	Borde Esteros
LIC-6	Volcán Licancabur	Guatín	595308 E 7481677 N	Ojalar

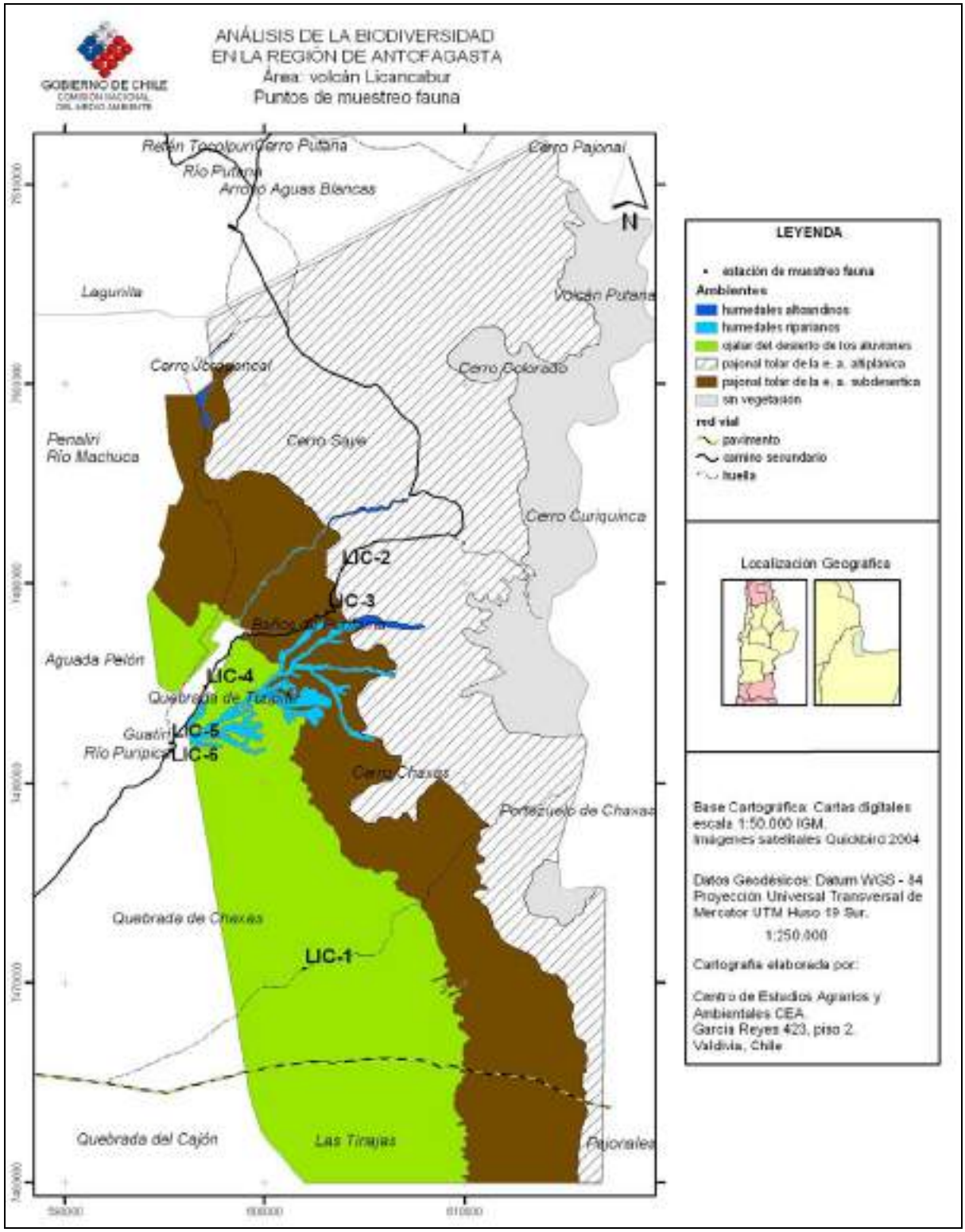


FIGURA 3-6. PUNTOS DE MUESTREO FAUNA EN EL SITIO PRIORITARIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR 2008.

FIGURA 3-7. ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO VOLCÁN LICANCABUR. DE IZQUIERDA A DERECHA Y DE ARRIBA HACIA ABAJO LIC -1 A LIC-6.

1.2 Micromamíferos

En cada estación de muestreo seleccionada se ubicó una grilla en donde se desplegaron 36 trampas Sherman medianas colapsables (23 x 7,5 x 9,0 cm) cebadas con avena machacada. En cada estación se efectuaron revisiones diarias durante cuatro noches, siguiendo la metodología propuesta por Muñoz-Pedreros (1992). Los animales capturados fueron identificados y posteriormente liberados, siguiendo los procedimientos de rutina de acuerdo a Muñoz-Pedreros & Yáñez (2000).

1.3 Carnívoros

a) *Información preliminar*. Antes y durante el período de muestreo se obtuvo información histórica de avistamientos y registros de la fauna presente en el área de estudio, así la información procesada estuvo integrada por cuatro fuentes: (a) especie registrada por informantes, (b) registros en terreno, (c) bases de datos y (d) observaciones adicionales.

b) *Trampas Tomahawk*.

Se instalaron trampas Tomahawk para carnívoros en cinco de las seis estaciones de trabajo (LIC-1 a LIC-5), que indicaban posibilidades de presencia de carnívoros. Las trampas fueron cebadas con jurel enlatado y revisadas diariamente.

c) *Trampas cámara*.

Técnica basada en provocar la visita, mediante atrayentes olfativos, al sitio de instalación de un cámara fotográfica modelo Bushnell dotada de un sensor de movimiento que dispara el obturador. Se usó como atrayente olfativo orina de lince americano (Bobcat urine) en una tableta de yeso que permite una volatilización constante de las moléculas odoríferas (Muñoz-Pedreros et al. 1995). Se instalaron tres estaciones trampas cámara, en los ambientes de muestreo en los que se encontró algún signo de la presencia de carnívoros.

d) *Técnicas especiales para mamíferos.*

Se emplearon diferentes métodos, tales como la revisión de los hábitats de presencia probable, registro de huellas, fecas y avistamientos. En la fotografía, fecas de zorro.

1.4 Aves

a) *Censos de avifauna diurna*. En cada estación se aplicó el método de transecto de ancho fijo (Bibby et al. 1992), de quinientos metros de largo y cincuenta metros de ancho, a través de los cuales se establecieron estaciones de escucha/ avistamiento cada 60 m. En estas estaciones se registró el número de individuos observados y/o escuchados durante un período de entre cinco a 10 minutos (García 1982, Rozzi et al. 1996). Para la identificación se utilizaron binoculares de 8x40 y 8x50, telescopio 12-36, guías de campo (Jaramillo 2005, Araya & Millie 1996) y grabaciones de canto (Egli 1985). Adicionalmente a los censos se registró, para el inventario final todos los avistamientos de especies fuera de los censos durante el transcurso de los días en terreno.

b) *Censos nocturnos de aves rapaces*. Se realizaron censos nocturnos de aves rapaces en las estaciones de muestreo seleccionadas. Para registrar las respuestas emitidas, se utilizaron señuelos acústicos (Fuller & Mosher 1987). El censo consistió en reproducir las vocalizaciones de las aves rapaces (CEA 2003) mediante un reproductor portátil, conectado a un megáfono, repitiendo cuatro veces la vocalización de cada especie con un lapso de tiempo aproximado de un minuto por vocalización, para registrar las respuestas efectuadas durante el período de tiempo definido cf. Márquez & Rau (2003). Los registros se realizaron en los períodos que corresponden a su mayor actividad dependiendo de los hábitos respectivos con la finalidad de provocar una respuesta de defensa territorial. Las vocalizaciones emitidas corresponden a las especies que, por su distribución, son posibles de registrar en el área de estudio.

1.5 Herpetofauna

Para la obtención de los registros de reptiles y anfibios, los lugares de recolección fueron las estaciones de muestreo anteriormente descritas para mamíferos y aves. Para reptiles la colecta se realizó ubicando ambientes tales como piedras, árboles y otros, y utilizando como método la captura manual y la captura con guachis. Para anfibios se utilizó el método de observación directa, la búsqueda activa y el uso de redes entomológicas en ambientes acuáticos. Fotografías: *Liolaemus barbarae*; *Bufo spinolosus*.

2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA FAUNA DE VERTEBRADOS

2.1 Inventarios

En base a los registros obtenidos se confeccionó un inventario faunístico, el que considera los registros obtenidos en terreno tanto de avistamientos como de censos, presentando en orden taxonómico las especies registradas para el área. La nomenclatura usada para la fauna de vertebrados siguió a Veloso & Navarro (1988), Veloso (2006), Núñez & Jaksic (1992), Araya et al. (1995), Araya & Millie (1996), Nowak (1999) y Muñoz-Pedreros & Yáñez (2008).

2.2 Datos censales y análisis estadísticos

Con los datos obtenidos a través de los censos en terreno se elaboró un registro faunístico por estación de muestreo, luego se estableció la riqueza de especies (S) y abundancia relativa (AB%). Basándose en este mismo registro se calculó la diversidad de especie (H') a través del Índice de Shannon-Wiener (Pielou 1984, Krebs 1985) y el Índice de Equiparabilidad de Pielou (J) (Krebs 1985). El análisis de diversidad se presenta en el Capítulo IV.

2.3 Similitud faunística entre hábitats

Con los registros obtenidos en los censos se realizó el análisis de agrupamiento entre hábitats (Cluster Análisis) utilizando el índice de distancia promedio y el algoritmo de medias aritméticas no ponderadas de grupos pares (UPGMA) (Pielou 1984) del programa BioDiversity (McAleece 1998). El árbol de agrupamiento resultante permitió distinguir el grado de similitud faunística de los principales hábitats muestreados.

3. RESULTADOS

3.1. Estructura comunitaria de la fauna silvestre

Considerando todos los registros producto de los avistamientos y censos, se inventariaron un total de 45 especies de vertebrados (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) distribuidas en 34 géneros, 23 familias y 12 órdenes. En la Tabla 3-7 se presentan los registros en donde se aprecia la composición de la estructura comunitaria considerando todas las estaciones muestreadas. Del total de especies inventariadas (45) en este estudio, 24,4% corresponden a mamíferos, el 57,8% al grupo de las aves, el 13,3% a los reptiles y el 4,4% al taxón anfibios.

TABLA 3-7. ESPECIES, GÉNEROS, FAMILIAS Y ÓRDENES DE LA FAUNA REGISTRADA EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

CLASE	TOTAL DE ESPECIES	TOTAL DE GÉNEROS	TOTAL DE FAMILIAS	TOTAL DE ÓRDENES
Mamíferos	11	10	7	4
Aves	26	20	13	6
Anfibios	2	2	2	1
Reptiles	6	2	1	1
Total	**45**	**34**	**23**	**12**

3.2. Mamíferos

Variación total de especies en las estaciones muestreadas.

El inventario de mamíferos registrados por avistamientos y signos, capturas, trampas cámara o informantes clave, considera 11 especies que se presenta en la Tabla 3-8, en donde además se incluye el origen.

TABLA 3-8. INVENTARIO DE MAMÍFEROS REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES MUESTREADAS. SITIO VOLCÁN LICANCABUR.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	ORIGEN
XENARTHRA	DASYPODIDAE	*Chaetophractus nationi*	Quirquincho de la puna	Nativo
RODENTIA	CRICETIDAE	*Akodon albiventer*	Ratoncito de vientre blanco	Nativo
RODENTIA	CRICETIDAE	*Eligmodontia puerulus*	Ratita de pie sedoso del norte	Nativo
RODENTIA	CRICETIDAE	*Phyllotis rupestris*	Lauchón orejudo	Nativo
RODENTIA	CHINCHILLIDAE	*Lagidium viscacia*	Vizcacha	Nativo
RODENTIA	CTENOMYIDAE	*Ctenomys fulvus*	tuco tuco de Atacama	Nativo
CARNIVORA	CANIDAE	*Lycalopex culpaeus*	Zorro culpeo	Nativo
CARNIVORA	FELIDAE	*Leopardus colocolo*	Gato colocolo	Nativo
ARTIODACTYLA	CAMELIDAE	*Lama glama*	Llama	Nativo
ARTIODACTYLA	CAMELIDAE	*Lama guanicoe*	Guanaco	Nativo
ARTIODACTYLA	CAMELIDAE	*Vicugna vicugna*	Vicuña	Nativo

A través de los censos se registraron un total de tres especies de micromamíferos, todas las cuales son nativas y todas pertenecientes a la Familia Cricetidae del Orden Rodentia. El total de especies de mamíferos registradas por estación de muestreo se presenta en la Tabla 3-9.

De las 11 especies de mamíferos, tres fueron registradas mediante la captura en trampas Sherman, cuatro por observación directa, dos por signos, una por informante, mientras que una se registró mediante captura de imagen en trampa cámara, signos e informantes. La riqueza específica fue similar para todas las estaciones con un máximo de cinco especies registradas en la estación LIC-3 (Pajonal Tolar) cuatro para LIC-2 (Pajonal) y LIC-4 (Tolar) y un mínimo de tres para las estaciones restantes.

TABLA 3-9. MAMÍFEROS REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO ALREDEDORES VOLCÁN LICANCABUR. LIC-1 = CARDONAL- TOLAR, LIC-2 = PAJONAL, LIC-3 = TOLAR-PAJONAL, LIC-4 = TOLAR, LIC-5 = BORDE DE ESTEROS Y LIC-6 = OJALAR; C= CENSO, A= AVISTAMIENTO, S= SIGNOS, T= TRAMPA CÁMARA, I = INFORMANTE.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	LIC-1	LIC-2	LIC-3	LIC-4	LIC-5	LIC-6
Phyllotis rupestris	Lauchón orejudo	C				C	
Akodon albiventer	Ratoncito de vientre blanco	C					
Eligmodontia puerulus	Ratita de pie sedoso del norte				C		
Chaetophractus nationi	Quirquincho de la puna		S				
Lagidium viscacia	Vizcacha		A	A	A		
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama			S			
Lycalopex culpaeus	Zorro culpeo	S	T	S	S	I	I
Leopardus colocolo	Gato colocolo					I	I
Lama glama	Llama			A	A		
Lama guanicoe	Guanaco						A
Vicugna vicugna	Vicuña		A	A			
Total especies		3	4	5	4	3	3

Lagidium viscacia (VIZCACHA)

Phyllotis rupestris (LAUCHÓN OREJUDO)

Vicugna vicugna (VICUÑA)

Lama guanicoe (GUANACO)

FIGURA 3-8. MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL SITIO VOLCÁN LICANCABUR. FOTOGRAFÍAS: CEA

Los censos de micromamíferos indican que de un total de 876 trampas/noche se registraron tres especies con una abundancia total de 10 ejemplares para un esfuerzo de captura del 1,14%. El detalle de las frecuencias y abundancias de las capturas de micromamíferos y el registro de cada estación de muestreo se presentan en la Tabla 3-10. En la Fig. 3-9 se presenta la proporción de individuos registrados para cada especie en cada sitio de muestreo.

TABLA 3-10. FRECUENCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA DE MAMÍFEROS CAPTURADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. LIC-1 = CARDONAL-TOLAR, LIC-2 = PAJONAL, LIC-3 = TOLAR-PAJONAL, LIC-4 = TOLAR, LIC-5 = BORDE DE ESTEROS Y LIC-6 = OJALAR. AB%= ABUNDANCIA RELATIVA.

ESPECIE	LIC-1	AB%	LIC-2	AB%	LIC-3	AB%	LIC-4	AB%	LIC-5	AB%	LIC-6	AB%	Total	AB%
P. rupestris	1	50	0		0		0		7	100	0		8	80
A. albiventer	1	50	0		0		0		0		0		1	10
E. puerulus	0		0		0		1	100	0		0		1	10
Total	2	100	0	0	0	0	1	100	7	100	0	0	10	100

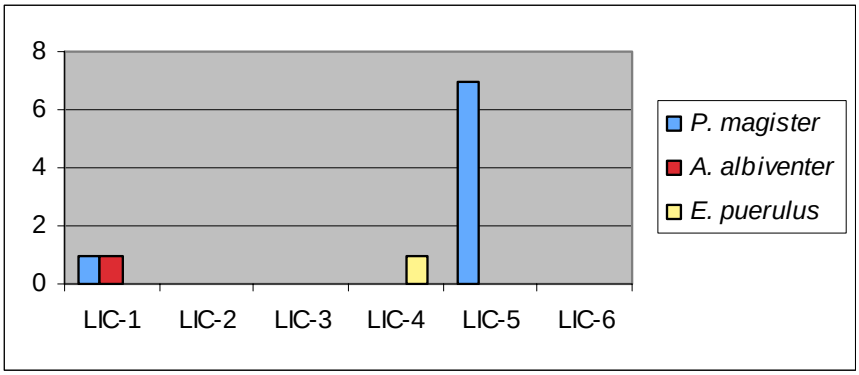


FIGURA 3-9. PROPORCIÓN DE MICROMAMÍFEROS REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO VOLCÁN LICANCABUR. LIC-1 = CARDONAL- TOLAR, LIC-2 = PAJONAL, LIC-3 = TOLAR-PAJONAL, LIC-4 = TOLAR, LIC-5 = BORDE DE ESTEROS Y LIC-6 = OJALAR.

3.3. Aves

Se inventariaron un total de 26 especies (ver Tabla 3-11) de los Órdenes Tinamiformes (1), Anseriformes (3), Falconiformes (3), Columbiformes (1), Apodiformes (1) y Passeriformes (17). La riqueza específica obtenida a través de los censos indica la presencia de 14 especies con una abundancia total de 175 individuos.

El total de especies (tanto censadas como avistadas) por estación de muestreo se presenta en la Tabla 3-12. La mayor riqueza específica fue registrada en la estación LIC-5 (Borde estero), (14) seguida de LIC-3 (Pajonal-Tolar) (9). En tanto la menor riqueza específica en este taxón fue registrada en las estaciones LIC-1 (Cardonal Tolar), y LIC-6 (Ojalar) con dos y tres especies

respectivamente. En la Fig. 3-10 se observa la proporción de especies presente en cada estación de muestreo, del total de especies registradas.

La variación de las abundancias relativas por especie y la variación de la riqueza específica en cada estación se presentan en la Tabla 3-13. Las mayores abundancias de individuos fueron registradas en la estación LIC-1 (Cardonal- Tolar) y LIC-5 (Borde estero) con 55 y 48 individuos respectivamente.

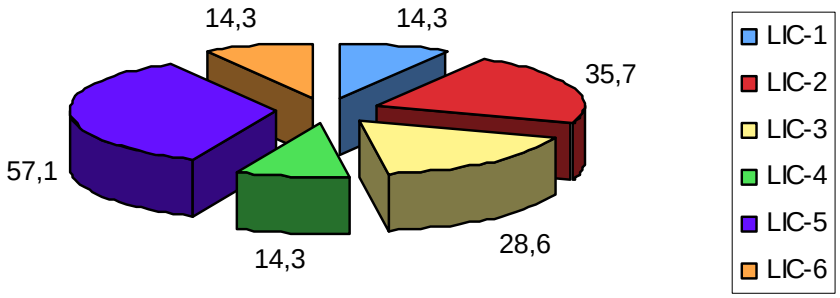


FIGURA 3-10. ABUNDANCIAS RELATIVAS POR ESPECIE DE LA AVIFAUNA CENSADA EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. LIC-1 = CARDONAL-TOLAR, LIC-2 = PAJONAL, LIC-3 = TOLAR-PAJONAL, LIC-4 = TOLAR, LIC-5 = BORDE DE ESTEROS Y LIC-6 = OJALAR

Phrygilus fruticeti (YAL)

Sicalis auriventris (CHIRIHUE DORADO)

FIGURA 3-11. ALGUNAS AVES REGISTRADAS EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. FOTOGRAFÍAS: CEA

TABLA 3-11. INVENTARIO DE AVES REGISTRADAS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO VOLCÁN LICANCABUR. 2008. EST= ESTATUS, R = RESIDENTE.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	EST
TINAMIFORMES	TINAMIDAE	*Tinamotis pentlandii* Vigors	Perdiz de la puna	R
ANSERIFORMES	ANATIDAE	*Anas flavirostris* Vieillot	Pato jergón chico	R
		Anas georgica Gmelin	Pato jergón grande	R
		Anas puna Tschudi	Pato puna	R
FALCONIFORMES	ACCIPITRIDAE	*Buteo polyosoma* (Quoy & Gaimard)	Aguilucho variado	R
		Phalcoboenus megalopterus (Meyen)	Carancho cordillerano	R
	FALCONIDAE	*Falco femoralis* Temmink	Halcón perdiguero	R
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE	*Metriopelia melanoptera* (Molina)	Tórtola cordillerana	R
APODIFORMES	TROCHILIDAE	*Oreotrochilus* sp.	Picaflor	R
PASSERIFORMES	FURNARIIDAE	*Upucerthia ruficauda* (Meyen)	Bandurrilla de pico recto	R
		Cinclodes atacamensis (Philippi)	Churrete de alas blancas	R
		Leptasthenura aegithaloides (Kittlitz)	Tijeral	R
		Asthenes modesta (Hellmayr)	Canastero chico	R
	TYRANNIDAE	*Muscisaxicola rufivertex* (Lafresnaye & D´Orbigny)	Dormilona de nuca rojiza	R
		Muscisaxicola maculirostris (Lafresnaye & D´Orbigny)	Dormilona chica	R
		Lessonia oreas Sclater & Salvin	Colegial del norte	R
	HIRUNDINIDAE	*Pygochelidon cyanoleuca* (Vieillot)	Golondrina de dorso negro	R
	TROGLODYTIDAE	*Troglodytes aedon* Vieillot	Chercán	R
	MUSCICAPIDAE	*Turdus chiguanco* Lafresnaye & D´Orbigny	Zorzal negro	R
	EMBERIZIDAE	*Sicalis auriventris* Philippi & Landbeck	Chirihue dorado	R
		Zonotrichia capensis (Muller)	Chincol	R
	FRINGILLIDAE	*Phrygilus atriceps* Lafresnaye & D´Orbigny	Cometocino del norte	R
		Phrygilus fruticeti (Kittlitz)	Yal	R
		Phrygilus unicolor Lafresnaye & D´Orbigny	Pájaro plomo	R
		Phrygilus plebejus (Tschudi)	Plebeyo	R
		Carduelis atrata Lafresnaye & D´Orbigny	Jilguero negro	R

TABLA 3-12. AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO ALREDEDORES VOLCÁN LICANCABUR. C= CENSO, A= AVISTAMIENTO. LIC-1 = CARDONAL- TOLAR, LIC-2 = PAJONAL, LIC-3 = TOLAR-PAJONAL, LIC-4 = TOLAR, LIC-5 = BORDE DE ESTEROS Y LIC-6 = OJALAR

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LIC-1	LIC-2	LIC-3	LIC-4	LIC-5	LIC-6
Turdus chiguanco	Zorzal negro					C	
Phrygilus plebejus	Plebeyo		C			C	
Carduelis atrata	Jilguero negro		C			C	
Phrygilus atriceps	Cometocino del norte		C	C		C	
Zonotrichia capensis	Chincol					C	C
Phrygilus fruticeti	Yal					C	
Buteo polyosoma	Aguilucho variado			C			
Metriopelia melanoptera	Tortolita cordillerana	C		C	C		
Asthenes modesta	Canastero chico			C			
Phrygilus unicolor	Pájaro plomo		C				
Muscisaxicola rufivertex	Dormilona de nuca rojiza		C				
Sicalis auriventris	Chirihue dorado	C			C	A	C
Troglodytes aedon	Chercán					C	
Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina de dorso negro					C	
Leptasthenura aegithaloides	Tijeral					A	
Anas flavirostris	Pato jergón chico					A	
Cinclodes atacamensis	Churrete de alas blancas					A	
Lessonia oreas	Colegial del norte					A	
Upucerthia ruficauda	Bandurrilla de pico recto			A			
Oreotrochilus sp.	Picaflor			A			
Phalcoboenus megalopterus	Carancho cordillerano			A			
Muscisaxicola maculirostris	Dormilona chica			A	A		
Tinamotis pentlandii	Perdiz de la puna			A			
Falco femoralis	Halcón perdiguero				A		
Anas georgica	Pato jergón grande					A	
Anas puna	Pato puna						A
TOTAL ESPECIES		2	5	9	4	14	3

TABLA 3-13. AVIFAUNA CENSADA Y ABUNDANCIA RELATIVA PARA CADA ESPECIE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO SITIO VOLCAN LICANCABUR. 2008. (NO INCLUYE AVISTAMIENTOS).

ESPECIE	LIC-1	AB%	LIC-2	AB%	LIC-3	AB%	LIC-4	AB%	LIC-5	AB%	LIC-6	AB%	Total	AB%
T. chiguanco									2	4,2			2	1,1
P. plebejus			3	20,0					6	12,5			9	5,1
C. atrata			4	26,7					2	4,2			6	3,4
P. atriceps			4	26,7	3	21,4			5	10,4			12	6,9
Z. capensis									11	22,9	3	30,0	14	8,0
P. fruticeti									9	18,8			9	5,1
B. polyosoma					1	7,1							1	0,6
M. melanoptera	53	96,4			8	57,1	18	54,5					79	45,1
A. modesta					2	14,3							2	1,1
P. unicolor			2	13,3									2	1,1
M. rufivertex			2	13,3									2	1,1
S. auriventris	2	3,6					15	45,5			7	70,0	24	13,7
T. aedon									6	12,5			6	3,4
P. cyanoleuca									7	14,6			7	4,0
	55	100	15	100	14	100	33	100	48	100	10	100	175	100

3.4. Herpetofauna

Para el grupo de los reptiles se detectaron seis especies pertenecientes a la familia Tropiduridae. En relación al grupo de los anfibios se registraron dos especies de las cuales una corresponde a la Familia Bufonidae y una a la Familia Leptodactylidae (ver Tabla 3-14).

El total de especies de herpetofauna por estación de muestreo se presenta en la Tabla 3-15. La mayor riqueza específica fue registrada en la estación LIC-2 (Pajonal) (4 especies). En tanto, la menor riqueza específica fue registrada en las estaciones LIC-3 (Pajonal- Tolar) y LIC-4 (Tolar) en las que no se registraron especies de anfibios ni reptiles.

Liolaemus constanzae (LAGARTIJA DE CONSTANZA)

Bufo spinulosus (SAPO ESPINOSO)

FIGURA 3-12. HERPETOFAUNA REGISTRADA EN EL SITIO ALREDEDORES VOLCAN LICANCABUR. FOTOGRAFÍAS: CEA

TABLA 3-14. INVENTARIO DE HERPETOFAUNA REGISTRADA EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	ESTATUS
REPTILES				
SQUAMATA	TROPIDURIDAE	*Liolaemus barbarae* (Pincheira-Donoso & Núñez 2002)	Lagartija de Bárbara	Nativa
		Liolaemus constanzae (Donoso-Barros 1961)	Lagartija de Constanza	Nativa
		Liolaemus puritamensis (Nuñez y Fox 1989)	Lagartija de Puritama	Nativa
		Liolaemus andinus (Koslowsky 1895)	Lagartija andina	Nativa
		Liolaemus fabiani (Yáñez y Núñez 1983)	Lagartija de Fabián	Nativa
		Phrynosaura audituvelata (Núñez & Yáñez 1983)	Dragón de oído cubierto	Nativa
ANFIBIOS				
ANURA	BUFONIDAE	*Bufo spinulosus* (Weigmann)	Sapo	Nativa
	LEPTODACTYLIDAE	*Telmatobius vilamensis* (Formas, Benavides, & Cuevas)	Sapo de Vilama	Nativa

TABLA 3-15. HERPETOFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR, 2008. A= AVISTAMIENTO, I = INFORMANTE CLAVE.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LIC-1	LIC-2	LIC-3	LIC-4	LIC-5	LIC-6
Liolaemus constanzae	Lagartija de Constanza	A	A			A	
Liolaemus barbarae	Lagartija de Bárbara		I				
Liolaemus puritamensis	Lagartija de Puritama		I				
Liolaemus andinus	Lagartija andina		A				
Liolaemus fabiani	Lagartija de Fabián						I
Phrynosaura audituvelata	Dragón de oído cubierto						I
Bufo spinulosus	Sapo espinoso					A	
Telmatobius vilamensis	Sapo de Vilama					I	
Total especies		1	4	0	0	3	2

3.5. Síntesis de la fauna registrada por estación de muestreo

LIC-1 PAJONAL-TOLAR

Para el grupo de los mamíferos se registraron tres especies: dos micromamíferos pertenecientes a la familia Cricetidae (*Akodon albiventer* y *Phyllotis rupestris*), y un carnivoro (*Lycalopex griseus*). La captura de micromamíferos en esta estación de muestreo fue de dos individuos (1 y 1, respectivamente), con un éxito de captura del 1,4% para 144 trampas/noche.

Para el taxón aves se inventariaron un total de dos especies, con un total de 55 individuos. Las mayores abundancias fueron para *Metriopelia melanoptera* (tortolita cordillerana) con un 96,4% y para *Sicalis auriventris*. (Chirihue dorado), con 4,64%.

Para el taxon reptiles se registró una especie, *Liolaemus constanzae*. No se registraron anfibios.

LIC-2 PAJONAL

Para el grupo de los mamíferos se registraron cuatro especies: un roedor de la Familia Chinchillidae *Lagidium viscacia* (vizcacha), un carnívoro de la Familia Canidae *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo), un xenartro de la Familia Dasypodidae, *Chaetophractus nationi* (quirquincho de la puna) y un camélido *Vicugna vicugna* (vicuña). No se registró captura de micromamíferos para esta estación.

Para el taxón aves se inventariaron un total de cinco especies (las cinco censadas), con un total de 15 individuos. La mayor abundancia la presentaron *Phrygilus atriceps* (cometocino del norte) y *Carduelis atrata* (jilguero negro), ambas con 26,7%. La menor abundancia la presentaron *Phrygilus unicolor* (pájaro plomo) y *Muscisaxicola rufivertex* (dormilona de nuca rojiza) ambas con 13,3%.

Para el taxón reptiles se registraron cuatro especies *Liolaemus constanzae*, *L. barbarae*, *L. puritamensis* y *L. andinus*. No se registraron anfibios.

LIC-3 PAJONAL-TOLAR

Para el grupo de los mamíferos se registraron cinco especies: dos roedores, uno perteneciente a la Familia Chinchillidae *Lagidium viscacia* (vizcacha) y uno de la Familia Ctenomyidae, *Ctenomys fulvus* (tuco tuco de Atacama), un carnívoro de la Familia Canidae *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo) y dos camélidos *Vicugna vicugna* (vicuña) y *Lama glama* (llama). No se registró captura de micromamíferos para esta estación.

Para el taxón aves se inventariaron un total de nueve especies, (cuatro censadas y cinco avistadas) con un total de 14 individuos censados de los cuales *Metriopelia melanoptera* (tortolita cordillerana) presentó la mayor abundancia con el 57,1% mientras que *Buteo polyosoma* (aguilucho variado) presentó la menor abundancia con el 7,14%.

No hubo registros de reptiles ni anfibios.

LIC-4 TOLAR

Para el grupo de los mamíferos se registraron cuatro especies: dos especies de roedores: uno perteneciente a la Familia Cricetidae *Eligmodontia puerulus* (ratita de pie sedoso del norte) y uno perteneciente a la Familia Chinchillidae *Lagidium viscacia* (vizcacha), un carnívoro de la Familia Canidae *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo) y un camélido *Lama glama* (llama). La captura de micromamíferos en esta estación de muestreo fue de un individuo, con un éxito de captura del 0,8% para 127 trampas/noche.

Para el taxón aves se inventariaron un total de cuatro especies, dos especies censadas y dos avistadas, con un total de 33 individuos censados de los cuales la mayor abundancia fue para *Metriopelia melanoptera* (tortolita cordillerana) con un 54,5% y la menor abundancia la presentó *Sicalis auriventris* (chirihue dorado) con 45,5%.

No hubo registros de reptiles ni anfibios.

LIC-5 BORDE ESTERO

Para el grupo de los mamíferos se registraron tres especies de mamíferos: un roedor de la Familia Cricetidae (*Phyllotis* rupestris) y dos carnívoros, uno perteneciente a la Familia Canidae *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo) y otro a la familia Felidae *Leopardus colocolo* (gato colocolo). La captura de micromamíferos en esta estación de muestreo fue de siete individuos, con un éxito de captura del 4,43% para 158 trampas/noche.

Para el taxón aves se inventariaron un total de 14 especies (ocho especies censadas y seis avistadas), con un total de 48 individuos censados, de los cuales las mayores abundancias la presentó *Zonotrichia capensis* (chincol), con 22,9%. La menor abundancia la presentaron *Carduelis atrata* (jilguero negro) y *Turdus chiguanco* (zorzal negro) ambas con 4,2%.

Para el taxón reptiles se registró una especie *Liolaemus constanzae*, mientras que para el taxon anfibios se registraron dos especies: *Bufo spinulosus* y *Telmatobius vilamensis*.

LIC-6 OJALAR

Para el grupo de los mamíferos se registraron tres mamíferos: dos carnívoros pertenecientes a la Familia Canidae *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo) y la familia Felidae *Leopardus colocolo* (gato colocolo) y un camélido, *Lama guanicoe* (guanaco). No se registró captura de micromamíferos para esta estación.

Para el taxón aves se inventariaron un total de tres especies, (dos censadas y una avistada) con un total de 10 individuos censados, de los cuales la mayor abundancia la presentó *Sicalis auriventris* (chirihue dorado), con 70%, y la menor abundancia la presentó *Zonotrichia capensis* (chincol) con 30%.

Para el taxón reptiles se registraron dos especies *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián) y *Phrynosaura audituvelata* (dragón de oído cubierto). No se registraron anfibios.

4. CONCLUSIONES

Respecto a la estructura comunitaria de la fauna, se registraron un total de 45 especies de vertebrados nativos (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) distribuidas en 34 géneros, 23 familias y 12 órdenes. Del total de especies 24,4% corresponden a mamíferos, el 57,8% al grupo de las aves, el 13,3% a los reptiles y el 4,4% al taxón anfibios.

En mamíferos se registraron un total de 11 especies, todas nativas (*Akodon albiventer*, *Eligmodontia puerulus*, *Phyllotis rupestris*, *Ctenomys fulvus*, *Lagidium viscacia*, *Chaetophractus nationi*, *Lycalopex culpaeus*, *Leopardus colocolo, Lama glama, Lama guanicoe y Vicugna vicugna*). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S) en mamíferos, considerando censos y avistamientos, fueron LIC-3 (Pajonal - tolar) con cinco especies y LIC-2 (Pajonal) y LIC-4 (Tolar) con cuatro especies. La mayor proporción de las abundancias registradas para micromamíferos fue el roedor *Phyllotis rupestris*, con un 80%.

En el grupo de las aves se registraron un total de 26 especies (ver Tabla 3-10) de los Órdenes Tinamiformes (1), Anseriformes (3), Falconiformes (3), Columbiformes (1), Apodiformes (1) y Passeriformes (17). La riqueza específica obtenida a través de censos fue de 14 especies con una abundancia total de 175 individuos. La mayor riqueza específica (S) de aves, producto de los censos se presentó en LIC-5 (Borde esteros), con 8 especies, mientras que la menor riqueza fue registrada en LIC-1(Cardonal - tolar), LIC-4 (Tolar) y LIC-6 (Ojalar) con dos especies. La mayor abundancia proporcional por especie fue para *Metriopelia melanoptera* (tórtola cordillerana), con 45,1%.

Para el grupo de los reptiles se registraron un total de seis especies, todas pertenecientes a la Familia Tropiduridae del Orden Squamata. Para la Clase Amphibia se registraron dos especies, una perteneciente a la Familia Bufonidae y una a la Familia Leptodactylidae.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

En este capítulo se presenta un análisis comparativo de los resultados de la biodiversidad obtenidos en los cinco sitios prioritarios para la conservación contemplados en este estudio: Valle de Quillagua, Oasis de Calama, Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio (en ese orden) de manera de entregar una visión global del valor de la biodiversidad a nivel regional a la vez que se determina el valor relativo de la biodiversidad en cada sitio en particular. A partir de los datos censales en el caso de fauna y del inventario en el caso de la flora, se calcularon los índices de biodiversidad propuestos en la metodología, así como dendrogramas de similitudes para flora y fauna por separado, para cada estación de muestreo. Este procedimiento se realizó en cada una de las áreas de estudio para luego realizar una comparación de los resultados de las cinco áreas de estudio, utilizando esta vez todos los datos disponibles (registros previos bibliográficos, producto de la exhaustiva revisión bibliográfica y registros de las campañas de terreno) tanto para flora como para fauna.

1. BIODIVERSIDAD, CONCEPTOS Y MEDICIONES

1.1. Concepto de biodiversidad

La diversidad biológica o biodiversidad es la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, así como los complejos ecológicos de los que forman parte, lo que incluye diversidad dentro de las especies (intraespecífica), entre las especies (interespecífica) y de ecosistemas (UNEP 1992). De este modo la biodiversidad es el conjunto de genes, especies, ecosistemas y paisajes en un espacio determinado y en un momento dado, considerados en sus interacciones jerárquicas sucesivas (Di Castri 2003).

1.2. Medición de la biodiversidad

¿Cómo podemos comparar un área respecto a la otra?, ¿cuándo podemos aseverar que su biodiversidad es alta o baja? La única forma es midiéndola y para esto debemos seleccionar la escala que deseamos: genética, de especies o de comunidades.

Medición a nivel genético

A nivel genético encontramos la base sobre la que descansa toda la biodiversidad en las escalas superiores. Esta variación genética determina la forma en que una especie interactúa con su ambiente y con otras especies. Así esta variación se detecta, en la actualidad, a nivel molecular estudiando los cambios en la estructura del ADN o en forma indirecta en las proteínas que codifican genes específicos. También considerando la variación morfológica de caracteres cuantitativos y en la separación de esta variación en sus componentes genético y ambiental (véase Meffe & Carroll 1994, Moreno 2001).

Medición a nivel de especies

Esta escala es la más frecuentemente empleada y se separa en componentes alfa, beta y gamma. La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad homogénea determinada, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades presentes en un paisaje y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultado de la diversidad alfa y beta (Whittaker 1972, Moreno 2001). De este modo, si se desea conservar la biodiversidad a través de programas realistas, se deben conocer la biodiversidad en comunidades naturales y perturbadas por el hombre (diversidad alfa), su tasa de cambio entre diferentes comunidades (diversidad beta), y el aporte al nivel regional (diversidad gamma).

Medición de la diversidad alfa

Para medir la diversidad alfa existen dos opciones: (a) métodos sustentados en la riqueza de especies (cuantifican el número de especies presentes) y (b) métodos sustentados en la estructura (calculan la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie, como la abundancia relativa). Estos últimos pueden basarse en la dominancia (e.g., índice de Simpson) o en la equidad de la comunidad (e.g., índice de Shannon-Wiener). Calcular la diversidad alfa mediante el simple conteo de especies es una medida robusta y confiable, ya que es el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies en un hábitat determinado. Sin embargo vale la pena, cuando es posible, incorporar información sobe el valor de importancia de cada especie ya que medir la abundancia relativa permite identificar las especies de baja representatividad (poco abundantes), que son más sensibles a las perturbaciones humanas, y, por otro lado identifican un cambio en la diversidad (e.g., número de especies, distribución de la abundancia de especies o dominancia), indicando procesos negativos de pérdida de diversidad (Magurran 1998, Moreno 2001). Entonces, es importante tratar de cuantificar el número de especies y su representatividad.

Medición de la diversidad beta

Esta diversidad entre hábitats es el grado de reemplazo de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales, y está basada en proporciones o diferencias, las que se evalúan mediante índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (e.g., presencia/ausencia de especies) o cuantitativos (e.g., abundancia proporcional, densidad, cobertura). Existen varios índices de similitud/disimilitud, según si se calculan con datos cualitativos (e.g., coeficiente de similitud de Jaccard) o con datos cuantitativos (índice de Morisita-Horn).

Medición de la diversidad gamma

La diversidad gamma es la riqueza de especies de un grupo de hábitats (e.g., el altiplano) que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta). Cuando se dispone de pobre información en biodiversidad, como en Chile, apenas se cuenta con listas de especies de cada hábitat (diversidad alfa), pero rara vez de información completa de la diversidad beta, lo que imposibilita el cálculo de la diversidad gamma. Pero, si se dispone de ambas diversidades (alfa y beta)

existen índices que permiten calcularla sin dificultades (e.g., cálculos basados en la riqueza de especies, en el índice de Shannon y en el de Simpson), véase estos y otros métodos en Moreno (2001).

Medición a nivel de comunidades

La ecología del paisaje aborda escalas espaciales amplias y los efectos ecológicos del patrón espacial de las comunidades. Una comunidad es el conjunto de especies, de un área determinada en un tiempo dado, que interactúan entre sí. Por otro lado el paisaje puede definirse como un área terrestre heterogénea compuesta por un conjunto de comunidades que interactúan y se repiten de forma similar. Esta escala es muy interesante porque pretende conservar las especies junto a los procesos y hábitats, y porque considera la estructura de los paisajes (e.g., las relaciones espaciales entre los diferentes ecosistemas presentes), la función de los paisajes (e.g., flujos de energía, materiales y especies entre las comunidades) y el cambio del paisaje (e.g., alteración en la estructura y función a lo largo del tiempo). La biodiversidad a nivel de comunidades puede medirse de modo similar a la diversidad alfa de especies, es decir como la riqueza o la proporción de comunidades diferentes en un paisaje. Aquí también se puede aplicar el índice de Shannon-Wiener, donde p_i es la proporción relativa (área) de cada comunidad dentro del paisaje (Forman 1995, Farina 1998, Moreno 2001).

1.3. Selección de métodos

Ahora bien ¿cómo seleccionar un método adecuado? Esto dependerá de varios factores: por un lado del nivel de la biodiversidad que se va a estudiar, ya sea dentro de una comunidad (diversidad alfa), entre comunidades (diversidad beta) o en el conjunto de comunidades (diversidad gamma). Por otro lado, también depende del grupo de plantas o animales bajo estudio, en especial de la cantidad de información disponible (gran limitante en la mayoría de los ecosistemas chilenos). Por último, depende de las restricciones matemáticas que algunos métodos tienen (e.g., tipo de distribución de los datos).

Métodos seleccionados para la diversidad alfa

Para el área de estudio empleamos el nivel de especies, midiendo la diversidad alfa. En particular y, cuando dispusimos de datos cuantitativos y ajustados al método, empleamos un índice de abundancia proporcional, el índice de equidad de Shannon-Wiener (e.g., plantas vasculares, roedores, aves). Cuando no fue posible, por restricciones metodológicas, logísticas y/o de tiempo, empleamos métodos para estimar la diversidad alfa mediante el índice de riqueza de especie (S) (e.g., carnívoros, artiodáctilos, herpetofauna). Finalmente para proporcionar expresión cartográfica, se estandarizó la información al índice de riqueza de especies.

Métodos seleccionados para la diversidad beta

En este caso empleamos el índice de similitud de Jaccard que expresa el grado en que dos muestras (hábitats, ecosistemas, asociaciones o comunidades) son semejantes por las especies presentes en ellas.

Índice de similitud de Jaccard

$$I_j = \frac{a}{a+b-c}$$

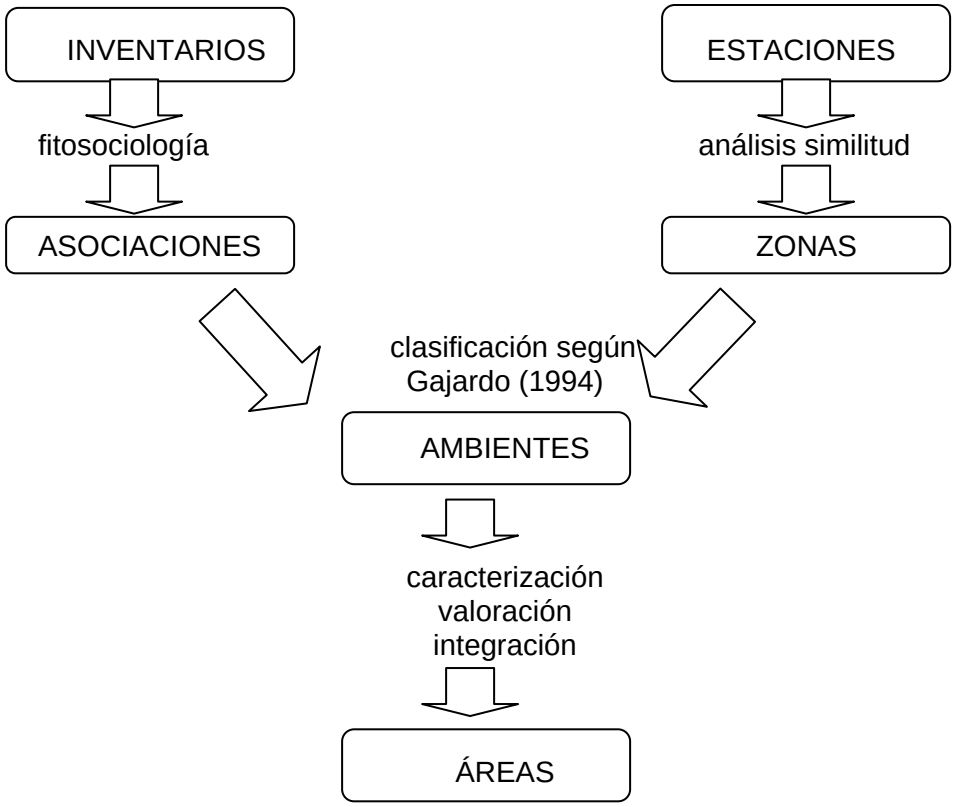
Donde

a= es el número de especies presentes en el sitio A
b= es el número de especies presentes en el sitio B
c= es el número de especies presentes en ambos sitios A y B

El valor fluctúa entre 0, cuando no existen especies compartidas entre ambos hábitats, hasta 1, cuando los hábitats comparados tienen la misma composición de especies.

1.4. Procedimiento de análisis de la biodiversidad

El siguiente diagrama señala el procedimiento seguido para realizar el análisis de la biodiversidad:



Primer paso. Se recogió la información de terreno directamente en inventarios, para la flora, y en estaciones de muestreo, para la fauna. Se estableció la riqueza de especie (S), índices de

equidad cuando fue viable (plantas, micromamíferos y aves), endemismos y estados de conservación. Los productos fueron: (a) para el caso de las plantas, mediante la fitosociología se determinaron las asociaciones vegetacionales y para los vertebrados mediante índices de similitud/disimilitud la zonas de análisis. El *segundo paso* analizó las asociaciones (vegetación) y zonas (vertebrados) y las reunió en ambientes, siguiendo a Gajardo (1994). Los productos fueron: (a) ambientes presentes, (b) caracterización y valoración de cada ambiente (vegetación y fauna). El *tercer paso* integró toda esta información para caracterizar las áreas, en las que se realiza los posteriores análisis del uso, amenazas, protección. Finalmente en estas áreas se territorializan la zonificación y propuestas de planes de manejo.

2. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD VEGETACIONAL

2.1. Diversidad y endemismo vegetacional de la región de Antofagasta

Squeo et al. (1998) determinaron las áreas de máxima biodiversidad dentro de la región de Antofagasta. Emplearon 8.784 colectas contenidas en una base de datos (versión 1998) con colectas desde 1836. Usaron la clasificación vegetacional de Gajardo (1994) para el análisis territorial y determinaron que las áreas de mayor biodiversidad son la zona costera, seguida de las formaciones de prepuna y puna al norte de la región. Empleando la riqueza taxonómica y los endemismos de la flora, determinaron las variaciones en las áreas de biodiversidad. En el ámbito de especies representadas, en las unidades prepuneñas y puneñas se observa la tendencia a que la diversidad de especies y el endemismo decrecen en sentido norte-sur. Por otra parte, el catálogo de la flora vascular de la Región de Antofagasta, elaborado por Marticorena et al. (1998), documentan la existencia de 1.056 especies para la región de Antofagasta.

Cavieres et al. (2002), usando la misma base de datos que Simonetti & Veloso (2003), concluyen que dentro de la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismos, asociadas a la costa y a la cordillera de los Andes. Dentro de esta última, y al norte de la comuna de San Pedro de Atacama se propone una zona en la cual se deben desarrollar esfuerzos prioritarios de conservación dado su elevado nivel de endemismo. Este sector, presentaría un endemismo del 13,9% para Chile (especies no presentes en otro país) y 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). La presencia de especies endémicas también disminuye con la altura (Simonetti & Veloso 2003).

2.2. Diversidad vegetacional del Valle de Quillagua

En el área de estudio se registraron 24 especies, cuatro Algas filamentosas (16,7%), un Pteridófito (4,2%), 13 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (54,2%) y seis Monocotiledóneas (Liliopsida) (25%), agrupadas en las siguientes comunidades vegetacionales: (a) ***Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*** con tres especies y dominadas por *Pluchea absinthioides* y *Distichlis spicata.* (b) ***Atriplex atacamensis-Distichlis spicata*****,** con cuatro especies, dominadas por *Atriplex atacamensis* y *Distichlis spicata*. (c) ***Baccharis juncea-Sirpus americanus,*** asociación con mayor humedad, con siete especies y dominancia de *Baccharis juncea* y *Sirpus americanus*, acompañada de *Distichlis spicata* y *Atripex atacamensis*. En esta comunidad, en sectores de mucha humedad, destacan especies hidrófilas como el alga

filamentosa *Stygeoclonium* sp y *Ruppia maritima*. (d) ***Baccharis juncea-Distichlis spicata***, con seis especies dominada por *Scirpus americanus, Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis.* Se agrega a estas comunidades un cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) con seis especies (Fig. 4-1).

FIGURA 4-1. COMUNIDADES VEGETACIONALES PRESENTES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

Los índices de diversidad calculados a partir de las 13 especies inventariadas (Tabla 4-1 y Figura 4-2) indican que la diversidad florística es baja, en general, y las comunidades comparten varias especies entre sí, sólo *Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* tiene una disimilitud mayor del 50%. El cultivo de alfalfa, tiene un número similar de especies y es claramente diferente en su composición al resto de las comunidades nativas. Así, el Valle de Quillagua no es un área de interés desde el punto de vista de la diversidad vegetal.

TABLA 4-1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. OCTUBRE 2007.

Índices	*Baccharias/ Distichlis*	*Tessaria/ Distichlis*	*Baccharias/ Sirpus*	*Atriplex/ Distichlis*	Cultivo alfalfa	TOTAL QUILLAGUA
Riqueza de Especies (S)	6	3	7	4	6	13
Shannon H'	0,47	0,41	0,59	0,48	0,51	0,78
Shannon Hmax	0,78	0,48	0,85	0,60	0,78	1,11
Shannon J'	0,60	0,86	0,70	0,80	0,66	0,70

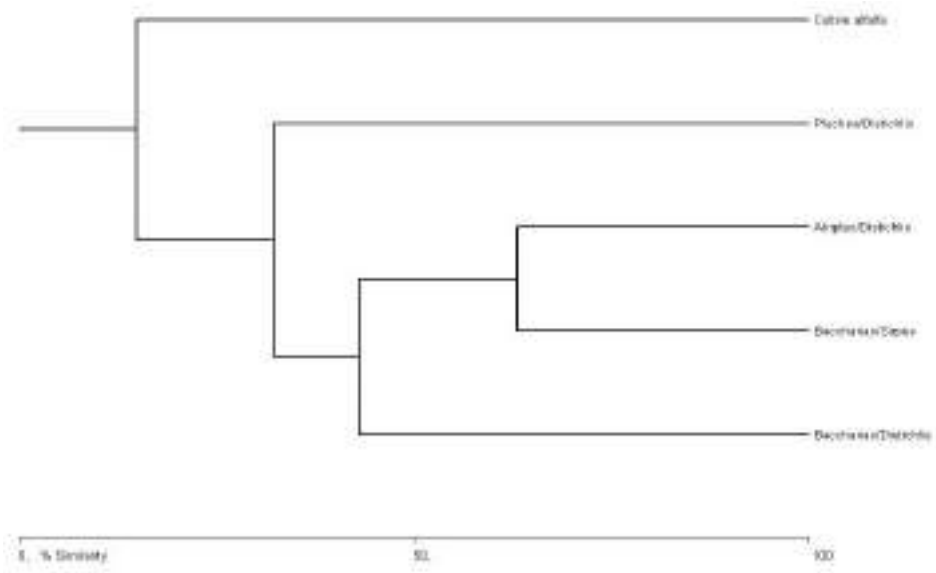


FIGURA 4-2. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

2.3. Diversidad vegetacional del Oasis de Calama

En esta área de estudio se registraron 37 especies distribuidas en cinco Algas filamentosas (13,5%), un Pteridófito (2,7%), 18 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (48,6%) y 13 Monocotiledóneas (Liliopsida) (35,1%). Estas especies se agrupan en cinco comunidades de plantas: (a) ***Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*** con 10 especies, dominado por *Pluchea absinthioides, Distichlis spicata* y *Juncus articus.* (b) ***Baccharis juncea-Distichlis spicata*** con dos especies, dominadas por *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*. (c) ***Distichletum spicatae***, con una especie *Distichlis spicata,* (d) ***Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata***, con ocho especies y dominada por *Atriplex atacamensis, Baccharis petiolata,* acompañada de *Cortaderia atacamensis, Tessaria absinthioides, Juncus articus, Scirpus americanus* según los ambientes. (e) ***Baccharis juncea-Scirpus americanus***, con nueve especies, dominadas por *Baccharis juncea* y *Scirpus americanus.* A estas asociaciones se agregan cultivos de maíz y alfalfa.

El Mirador

Loa Medio

Yalquincha Ojo de Opache

FIGURA 4-3. AMBIENTES PRESENTES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

Los índices de diversidad calculados a partir de las 18 especies inventariadas (Tabla 4-2 y Figura 4-4) indican que, como en Quillagua, la diversidad florística no es alta, sin embargo presenta, en general, índices de equidad con comunidades que contienen especies bien representadas (sólida diversidad alfa). Es decir hay pocas especies que dominan la comunidad. Por otro lado si se examina el dendrograma de similitud, se verá que la mayoría de las comunidades son diferentes, es decir comparten pocas especies, lo que incrementa la diversidad beta (a diferencia de lo visto en el Valle de Quillagua). La diversidad es la esperada para este tipo de ambiente.

TABLA 4-2. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CINCO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL OASIS DE CALAMA. OCTUBRE 2007.

Índices	*Atriplex/ Baccharis*	*Baccharis/ Scirpus*	*Baccharis/ Distichlis*	*Tessaria/ Distichlis*	*Distlichetum*	TOTAL CALAMA
Riqueza de Especies (S)	8	9	2	10	1	18
Shannon H'	0,62	0,74	0,30	0,58	0,01	0,85
Shannon Hmax	0,85	1,08	0,30	0,85	0,30	1,15
Shannon J'	0,73	0,68	1,00	0,69	0,02	0,74

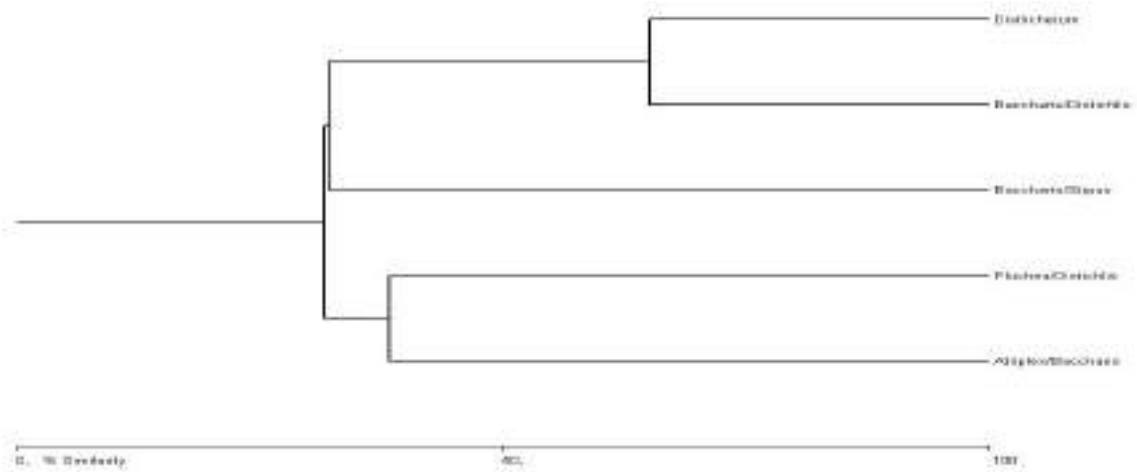


FIGURA 4-4. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

2.4. Diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama

Simonetti & Veloso (2003) analizaron la diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama, a partir de una base de datos de la flora de la región de Antofagasta (Marticorena et al. 1998), así subdividieron la comuna en 10 cuadrantes según latitud y longitud, incorporando, a cada cuadrante, una lista de especies potencialmente presentes, para las cuales se conocian su forma de vida y su origen (endémica, nativa o introducida). De las 426 especies de plantas vasculares esperadas para la comuna de San Pedro de Atacama, tres especies (0,7%) serían Pteridófitas (helechos): *Cheilantes pruinata*, *Notholaena nivea* y *Thelypteris argentina*, tres especies (0,7%) serían Gimnospermas del género *Ephedra*: *Ephedra breana*, *E. chilensis* y *E. multiflora* y 420 especies (98,6%) serían Angiospermas. En relación a las formas de vida 214 especies serían hierbas perennes, 95 especies anuales, 66 especies arbustos, 43 especies subarbustos, siete especies serían bianuales y tres árboles.

2.5. Diversidad vegetacional en Laguna Lejía

En el área de estudio de Lejía se registraron 29 especies, agrupadas en dos asociaciones vegetacionales: (a) el pajonal de la estepa altoandina, ***Stipa-Deyeuxia*** comunidad de herbáceas y arbustos bajos, con 23 especies, entre las que destacan *Stipa frigida, S. nardoides, Deyeuxia cabrerae, D. antoniana, Pycnophyllum bryoides, P. macropetalum, Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera* y (b) una formación azonal ribereña, ***Puccinellia-Calandrinia*** comunidad de herbáceas representada por sólo seis especies, entre las que destacan *Puccinellia frigida, Calandrinia oculta, Werneria incisa* y *Arenaria rivularis* (Fig. 4-5)

Comunidad azonal ribereña

Pajonal altoandino

Stipa frigida

Pycnophyllum bryoides

Urbania pappigera

Calandrinia oculta

Werneria incisa

Arenaria rivularis

FIGURA 4-5. COMUNIDADES VEGETACIONALES Y SEIS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LAGUNA LEJÍA.

En la Tabla 4-3 se muestra el análisis de diversidad alfa mediante el índice de Shannon-Wiener. Si bien la diversidad según la riqueza de especies es mayor en el pajonal altoandino (S= 23) que en la formación azonal ribereña (S=6), esta última presenta un índice de equidad de Shannon-Wiener mayor (0,95 versus 0,58 respectivamente), es decir sus especies, aunque pocas, están mejor representadas que en el pajonal, con dominancia de unas pocas especies. Puede verificarse esto al examinar la Tabla de frecuencias registradas en los inventarios de la Tabla 3-5.

TABLA 4-3. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE DOS COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LAGUNA LEJÍA. ENERO 2008.

	Pajonal de la estepa altoandina	Formación azonal ribereña	
Índices	*Stipa-Deyeuxia*	*Puccinellia-Calandrinia*	TOTAL LEJÍA
Riqueza de Especies (S)	23	6	29
Shannon H'	0,58	0,95	1,11
Shannon Hmax	0,78	1,36	1,46
Shannon J'	0,75	0,70	0,76

Ahora si hacemos una comparación entre comunidades puede verse que ambas son completamente disímiles (Fig. 4-6), incrementando la diversidad beta, ya que las comunidades no comparten ninguna especie. Ambas comunidades son importantes. El pajonal altoandino por su alta riqueza proporcional de especies (S= 23) y la azonal ribereña por su alto índice de equidad (todas las especies bien representadas) y su importante rol ecológico en la mantención del ensamble de aves acuáticas e invertebrados presentes en Laguna Lejía.

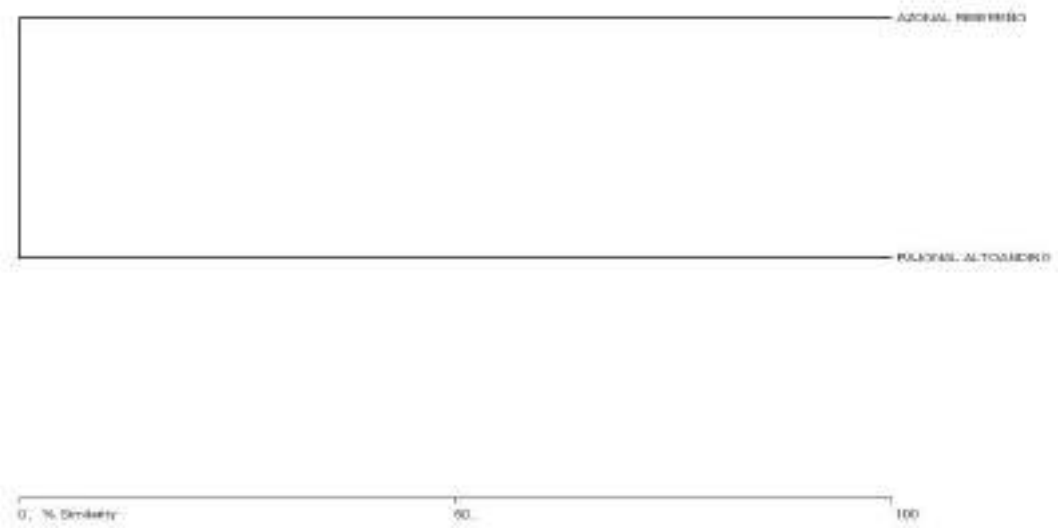


FIGURA 4-6. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE DOS COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO LAGUNA LEJÍA. ENERO 2008.

2.6. Diversidad vegetacional en Alrededores del Volcán Licancabur

Las 93 especies registradas se distribuyen taxonómicamente en 72 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (77,4%), 18 Monocotiledóneas (Liliopsida) (19,4%), dos Gnetopsida (2,2%) y una Pteridophyta (1,1%). La vegetación de esta área es de composición florística y características muy heterogéneas lo que dificulta su análisis fitosociológico, sin embargo, a partir de las 86 especies inventariadas se pueden reconocer al menos cuatro comunidades vegetales: (a) Matorral abierto extremadamente xeromórfico ***Fabianetum ramuloso-denudatae*** con 26 especies y dominancia de *Stipa frigida, Atriplex imbricata, Fabiana densa y Maihueniopsis atacamensis* y distribuida entre los 3.200 a 3.700 msm. (b) Ojalar ***Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*** matorral abierto con 42 especies en que dominan *Atriplex imbricata*, *Acantholippia deserticola* y *Maihueniopsis atacamensis*, entre los 2.800 y 3.600 msm. (c) Arbustos bajos ***Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides***, con 18 especies en que predominan *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*. (d) Comunidad entre pajonal y tolar ***Festuca orthophylla-Parastrephia lucida*** con 30 especies y dominancia de *Festuca orthophylla, Mulinum crassifolium, Pycnophyllum bryoides, Deyeuxia* sp*, Baccharis incarum,* entre 4.100 y 5.200 msm (Fig. 4-7).

En la Tabla 4-4 se muestra el análisis de diversidad alfa de estas comunidades vegetacionales mediante el índice de Shannon-Wiener y se comparan con el total de las especies de plantas inventariadas en este estudio (86). Se aprecia que el Ojalar presenta la más alta riqueza de especies (S= 42) e índice de equidad (H'= 1,21). Por el contrario la asociación de arbustos bajos presenta valores menores.

TABLA 4-4. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CUATRO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

	Matorral abierto muy xeromórfico	Ojalar	Arbustos bajos	Pajonal y tolar	
Índice	*Fabianetum ramuloso-denudatae*	*Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Festuca orthophylla-Parastrephia*	TOTAL LICANCABUR
Riqueza de Especies (S)	26	42	18	30	86
Shannon H'	1,01	1,21	0,96	0,98	1,52
Shannon Hmax	1,42	1,62	1,26	1,48	1,93
Shannon J'	0,71	0,75	0,77	0,66	0,79

FIGURA 4-7. CINCO ESPECIES DOMINANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

Al observar la siguiente figura se aprecia que las cuatro asociaciones son disímiles, es decir comparten pocas especies, lo que incrementa notoriamente la diversidad beta. La alta riqueza de especies e índices de equidad por asociación (diversidad alfa) y las disimilitudes (diversidad beta) convierten al área de estudio en un territorio de alta diversidad florística.

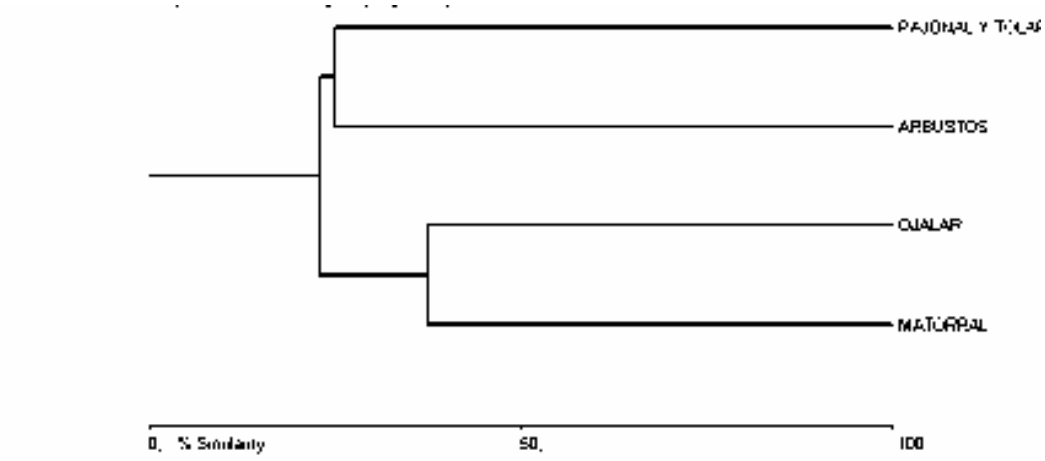


FIGURA 4-8. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

2.7. Diversidad vegetacional en los Geisers del Tatio

En el área de estudio se registraron 92 especies de plantas vasculares. A partir de las 64 especies inventariadas se pueden reconocer al menos cuatro comunidades vegetales agrupadas en cuatro asociaciones vegetacionales. (a) Tolar del altiplano (de la estepa alto-andina altiplánica), ***Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*** comunidad de arbustos bajos y hojas reducidas, con 25 especies, en que dominan *Parastrephia quadrangularis* y *Festuca orthophylla,* a las que se agregan *Mulinum crassifolium, Deyeuxia breviaristata, D. cabrerae, D. antoniana, Parastrephia phylicaeformis* y *Azorella compacta*, entre otras. (b) Estepa arbustiva pre-puneña ***Fabiana densa-Baccharis boliviensis****,* con 17 especies en que dominan *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis,* a las que se agregan *Junellia seriphioides*, *Baccharis incarum, Fabiana denudata, Adesmia polyphylla, Opuntia ignescens* y *Maihueniopsis glomerata*. (c) Estepa alto-andina sub-desértica ***Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides****,* comunidad de arbustos bajos con escasa cobertura, con 23 especies en que dominan *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*, le acompañan *Festuca hypsophyla, Stipa venusta, Deyeuxia antoniana, Azorella compacta, Baccharis incarum, Pycnophyllum molle* y *Oxalis pycnophylla.* (d) Bofedal, ***Oxyochloe andina****,* comunidad de herbáceas higrófilas, con 22 especies en que dominan *Oxyochloe andina*, le acompañan varias especies del género *Deyeuxia (breviaristata, chrysanta, chrysostachya, curvula, eminens, velutina), Junellia minima, Zameioscirpus atacamensis, Lilaeopsis macloviana, Mimulus glabratus, Azolla filiculoides* y *Myriophyllum quitense* (Fig. 4-9).

FIGURA 4-9. ESPECIES DOMINANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

En la Tabla 4-5 se muestra el análisis de diversidad alfa de estas comunidades vegetacionales mediante el índice de Shannon-Wiener y se comparan con el total de las especies de plantas inventariadas en este estudio (64). Se aprecia que la Estepa alto-andina sub-desértica y el bofedal presentan el índice de equidad más alto (H'= > 1) y también las mayores riquezas de especies. El índice de equidad del Tolar del altiplano, , su no es alto (H'= 0,72), pese a que tiene la mayor riqueza de especies, es decir sus especies no están igualmente representadas.

TABLA 4-5. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CUATRO ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

	Tolar del altiplano	Estepa arbustiva pre-puneña	Estepa alto-andina sub-desértica	Bofedal	
Índices	*Parastrephia quadrangularis-Festuca*	*Fabiana densa-Baccharis*	*Festuca chrysophylla-Fabiana*	*Oxyochloe andina*	TOTAL TATIO
Riqueza de Especies (S)	25	17	23	22	66
Shannon H'	0,72	0,85	1,02	1,01	1,29
Shannon Hmax	1,38	1,23	1,36	1,34	1,82
Shannon J'	0,52	0,69	0,75	0,76	0,71

En el dendrograma siguiente se aprecia que las asociaciones vegetacionales son disímiles entre sí, lo que aumenta la diversidad beta. En términos generales la diversidad, aunque menor que en Alrededores del Volcán Licancabur (su homólogo), es relevante porque contiene comunidades muy diferenciadas y ecológicamente diferentes.

FIGURA 4-10. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE CUATRO ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

2.8. Diversidad vegetacional en las cinco áreas de estudio

Estudios previos

Gutiérrez et al. (1998) realizaron un estudio vegetacional en un transecto de cinco estaciones: (a) la desembocadura del río Loa (con una riqueza de ocho especies a los 39 msm), (b) Quillagua (con 11 especies a los 733 msm), (c) Chacance (15 km al este del pueblo de María Elena, con siete especies a los 1.268 msm), (d) Chiu-Chiu (10 km al oeste del pueblo homónimo, con 20 especies y a 2.534 msm), (e) río Salado (con 31 especies, la de mayor riqueza de plantas, a 3.108 msm) y (f) arroyo Coya (en la puna, con 18 especies a 3.782 msm). Para este análisis revisamos los registros de estos autores e incorporamos a nuestros inventarios dos especies de plantas para Quillagua y 33 especies para el área del Tatio (véase inventario florístico en Anexos). En rigor la estación río Salado no está incluida en nuestra área de estudio, pero por su proximidad fue incorporada, en cambio el arroyo Coya sí está en el área de estudio. Gutiérrez et al. (1998) registraron, a lo largo de la gradiente estudiada 69 especies de plantas vasculares. Más adelante compararemos sus registros, por estaciones, con las de este estudio.

Por su parte, Navarro & Rivas-Martínez (2005) realizaron un transecto vegetacional, con 20 estaciones, desde Calama y San Pedro de Atacama (sic) a la frontera boliviana en la zona sureste del volcán Licancabur. Estudiaron un área sobre las faldas al Pacífico de la cordillera Occidental de los Andes, extendiéndose entre el área de Calama (2.260 msm) y las laderas surorientales del volcán Licancabur (5.600 msm). Los autores no indican la posición geográfica de cada una de las estaciones y las referencias geográficas son vagas (e.g., “por encima de San Pedro de Atacama”) pese a eso suponemos que a partir de su inventario 3 estarían dentro de nuestra área de estudio, aún cuando el inventario 20 podría estar fuera, pero no resta sentido ecológico a la inclusión ya que sólo aportaría al inventario un total de dos especies, *Deyeuxia deserticota* y *Deyeuxia crispa*. Aún así incorporamos al inventario del área de estudio Alrededores del Volcán Licancabur, siete especies.

Teillier (2004) realizó un estudio florístico y vegetacional de la cuenca media-alta del río Loa. Su área de estudio está completamente fuera de las nuestras, sin embargo lo consideramos como antecedentes interesantes para comparación, con las precauciones espaciales correspondientes. Su trayecto va desde la localidad de Estación San Pedro (21°56’LS – 68°32’LW), hasta las de pampa Puno (21°19’ LS - 68°48’ LW) y quebrada Sapunta (21°18’ LS – 68°46’ LW), siguiendo el margen occidental del cajón del río Loa. El estudio abarcó una gradiente altitudinal entre los 3.100 y los 4.150 msm. Sus registros se basaron en bibliografía (e.g., Villagrán et al. 1981) y en observaciones propias. Describe cinco unidades, principalmente fisonómicas: (a) Matorral desértico, con una riqueza de 11 especies entre 3.000 y 3.100 msm. (b) Tolar marginal con una riqueza de 26 especies entre 3.100 y 3.300 m de altitud. (c) Tolar intermedio con 38 especies, la mayor de este estudio, entre 3.300 y 3.700 msm. (d) Tolar de altura con 15 especies entre 3.700 y 4.000 msm. (e) Pajonal altoandino con 20 especies entre 4.000 y 4.200 msm. Respecto de la riqueza de especies, Teillier (2004) señala que generalmente se observa una gradiente relacionada con la altitud, ya que el matorral desértico ubicado en la parte baja de la gradiente, presenta el valor más bajo, el tolar medio el más alto, y finalmente un valor también alto el pajonal de altura; ascendiendo aún más recién comienza a declinar la riqueza de especies. Este patrón es consistente con estudios anteriores realizados en el cordón oriental de los Andes del altiplano, donde la riqueza es máxima debido a las

condiciones óptimas de temperatura y humedad (Villagrán et al. 1981, 1982, 1983, Arroyo et al. 1982, 1988).

Existen varios estudios en el Parque Nacional Llullaillaco ubicado entre las latitudes 24º30`S-25º10`S y las longitudes 68º30`W-69º15`W. La altitud varía entre los 3.500 msm y la cumbre del volcán Llullaillaco a 6.750 msm. Este parque está fuera del área de estudio, pero se incluye como área de referencia y porque presenta una alta riqueza de especies. Sin embargo se debe considerar que ha sido frecuentemente explorado botánicamente a partir de 1860 por R. A. Philippi. Así de las 110 especies propuestas por Luebert & Gajardo (1999), en base a recolecciones previas y propias, Marticorena et al. (2004) incrementaron en 16 nuevas especies, quedando, a la fecha en 126. De este mismo modo, lo más probable es que, en la medida que se aumente el esfuerzo de muestreo en las áreas que abarcan este estudio, se efectúen nuevos registros de plantas vasculares.

Comparación con otras localidades

El número de especies para Quillagua y Calama es bastante inferior al registrado por Teillier (2004) en la cuenca-media-alta del río Loa, donde describe 110 especies, sin embargo en su trabajo la superficie y gradiente altitudinal fueron notablemente mayores por lo que no son comparables. En cambio, sí son comparables las 11 especies registradas por Gutiérrez (1998) para su estación en Quillagua y las 20 especies para Chiu Chiu, como a las 24 especies reportadas por Trevizan et al. (2001), por lo que el presente estudio ha incorporado siete especies al catálogo existente de la flora del Oasis de Calama.

Por otro lado la diversidad registrada en la Laguna Lejía (29) es comparable a las 21 especies registradas para el salar de Ascotán (Teillier 2000, Teillier & Becerra 2003) o a lo documentado por Gutiérrez et al. (1998) para el río Salado (3.108 msm con 31 especies) o al arroyo Coya (3.782 msm con 18 especies) (Tabla 4-7). La flora de Laguna Lejía, puede ser comparada con la del Salar de Ascotán, en que también existe una flora azonal (vegetación del salar vs. vegetación de la laguna) y una flora zonal (laderas aledañas al salar vs. laderas aledañas a la laguna). Teillier & Becerra (2003) exploraron varias veces el salar entre 1993 y 1998 a partir de 46 parcelas en ocho parches de vegetación, cada uno asociado a una laguna distinta. Lo registrado en Lejía es mayor que las 21 especies del salar. La flora azonal de la Laguna Lejía es completamente diferente que la zonal, igual que en el caso de ambos ambientes (zonal/azonal) en el salar de Ascotán. Teillier & Becerra (2003) explican que la ausencia de especies zonales en el salar es probablemente debido a los problemas osmóticos y/o nutricionales presentados por las altas concentraciones de sales. A la inversa, la baja disponibilidad de agua en las laderas circundantes podría determinar la ausencia de las especies de los humedales (salar y Laguna Lejía) en estos hábitats (Schat & Scholten 1986, Shumway & Bertness 1992).

La diversidad, como riqueza de especies en Licancabur (93) y el Tatio (92), es similar a la reportada en el Parque Nacional Llullaillaco (110). A su vez es mayor que la registrada por Gutiérrez et al. (1998) en el mencionado transecto altitudinal realizado en seis sitios a lo largo del río Loa (69 especies) y muy superior a lo documentado por Navarro & Rivas-Martínez (2005) en su trayecto Calama- San Pedro de Atacama al volcán Licancabur (28 especies).

TABLA 4-6. DIVERSIDAD COMPARADA DE PLANTAS VASCULARES EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.*=EN PARÉNTESIS SE INDICA EL NÚMERO DE AÑOS DE OBSERVACIÓN. S= RIQUEZA DE ESPECIES.

	Superficie	Altitud	Precipitación*	Estación	S	Asociaciones/unidades	Fuentes
Región de Antofagasta	126.121,3 km^2				1.056		Squeo et al. 1998 Marticorena et al. 1998
Comuna de San Pedro de Atacama	23.490 km^2				426		Simonetti & Veloso 2003
Transecto Cuenca-media-alta del río Loa		3.100-4.150			90	5	Teillier 2004
Parque Nacional Llullaillaco	2.680 ha		35,7 (4)	verano	126	12	Marticorena et al. 2004
Transecto Calama-volcán Licancabur		2.260-5.600			28		Navarro & Rivas-Martínez 2005
Valle de Quillagua	18,216 km^2	790-946		primavera	26 11	4	Este estudio Gutiérrez et al. 1998
Chacance		1.268			7		Gutiérrez et al. 1998
Oasis de Calama	45,758 km^2	2.210-2.400	6,0 (7)		31	4	Este estudio
Chiu-Chiu		2.534			20		Gutiérrez et al. 1998
Río Salado		3.108			31		Gutiérrez et al. 1998
Arroyo Coya		3.782			18		Gutiérrez et al. 1998
Alrededores del volcán Licancabur	939,342 km^2	2.778-5.063			97	4	Este estudio con adiciones
Géiseres del Tatio	839,516 km^2	3.617-4600	100,0 (5)		99	4	Este estudio con adiciones
Salar de Ascotan		3.800			21	2	Teillier & Becerra 2003
Laguna Lejía	189,059 km^2	4.341-4589			29	2	Este estudio

TABLA 4-7. RIQUEZA DE ESPECIES E ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES PRESENTES EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO DE GEISERS DEL TATIO, ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR, LAGUNA LEJÍA, VALLE DE QUILLAGUA Y OASIS DE CALAMA. REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

	Altiplano									
	Tolar del altiplano	Estepa arbustiva	Estepa alto-andina	Bofedal	Matorral	Ojalar	Arbustos	Pajonal y tolar	Pajonal altoandino	Azonal ribereño
Índices/Asociación	*Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*	*Fabiana densa-Baccharis boliviensis*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Oxyochloe andina*	*Fabianetum ramuloso-denudatae*	*Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Festuca orthophylla-Parastrephia*	*Stipa-Deyeuxia*	*Puccinellia-Calandrinia*
Área de estudio	El Tatio	El Tatio	El Tatio	El Tatio	Licancabur	Licancabur	Licancabur	Licancabur	L. Lejía	L. Lejía
Riqueza de especies (S)	25	17	23	22	26	42	18	30	6	23
Shannon H'	0,72	0,85	1,02	1,01	1,01	1,21	0,96	0,98	0,58	0,95
Shannon Hmax	1,38	1,23	1,36	1,34	1,42	1,62	1,26	1,48	0,78	1,36
Shannon J'	0,52	0,69	0,75	0,76	0,71	0,75	0,77	0,66	0,75	0,70

	Oasis del río Loa						
Índices/Asociación	*Atriplex/ Baccharis*	*Atriplex/ Distichlis*	*Baccharias/ Distichlis*	*Distlichetum*	*Tessaria/ Distichlis*	*Baccharis/ Sirpus*	Cultivo alfalfa
Área de estudio	Calama Quillagua	Quillagua	Calama Quillagua	Calama	Calama Quillagua	Calama Quillagua	Quillagua
Riqueza de especies (S)	7	4	8	1	9	15	6
Shannon H'	0,62	0,48	0,68	0,01	0,64	0,76	0,51
Shannon Hmax	0,85	0,60	0,90	0,30	0,95	1,18	0,78
Shannon J'	0,73	0,80	0,76	0,02	0,67	0,65	0,66

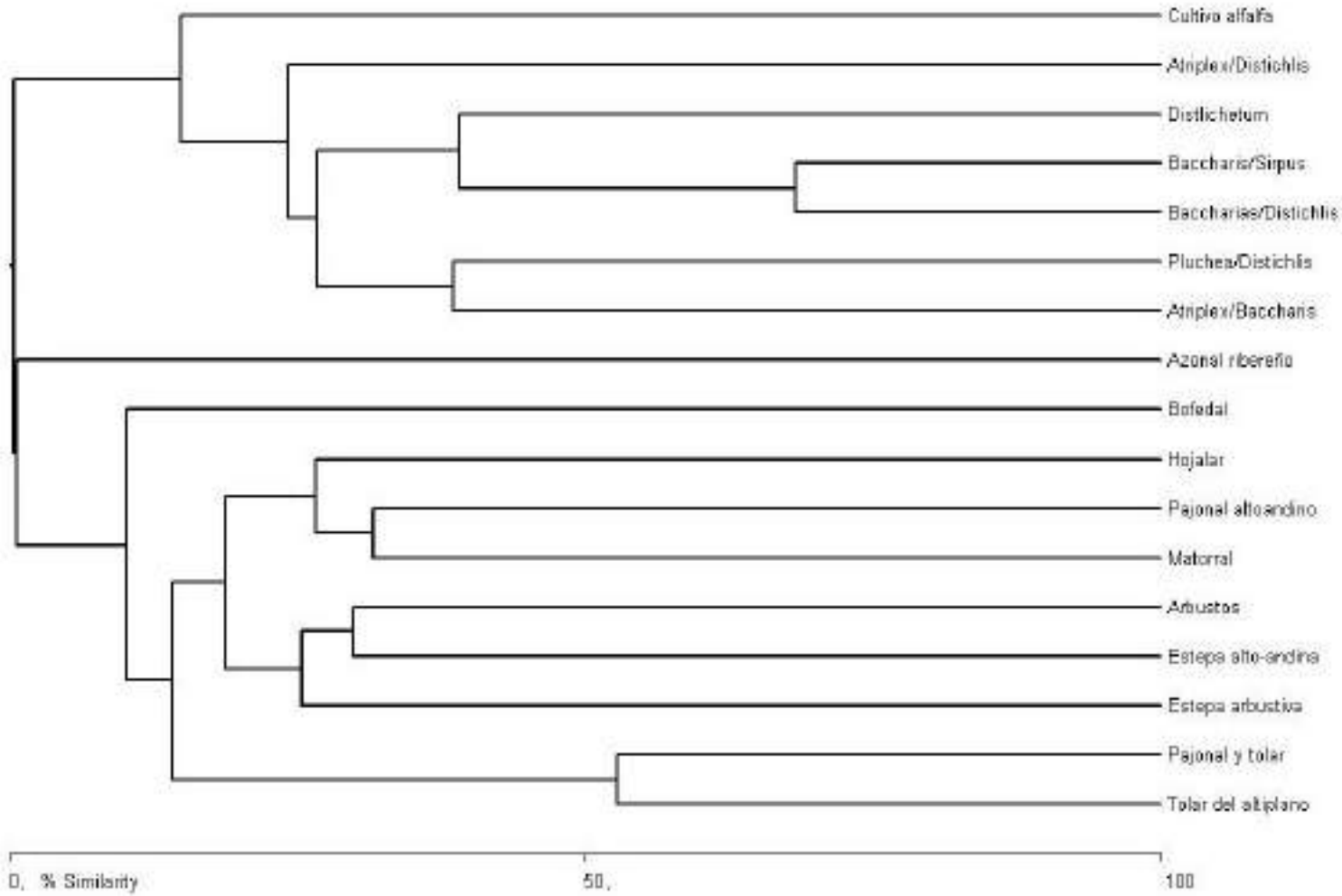


FIGURA 4-11. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN LAS CINCO ÁREAS DE ESTUDIO REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

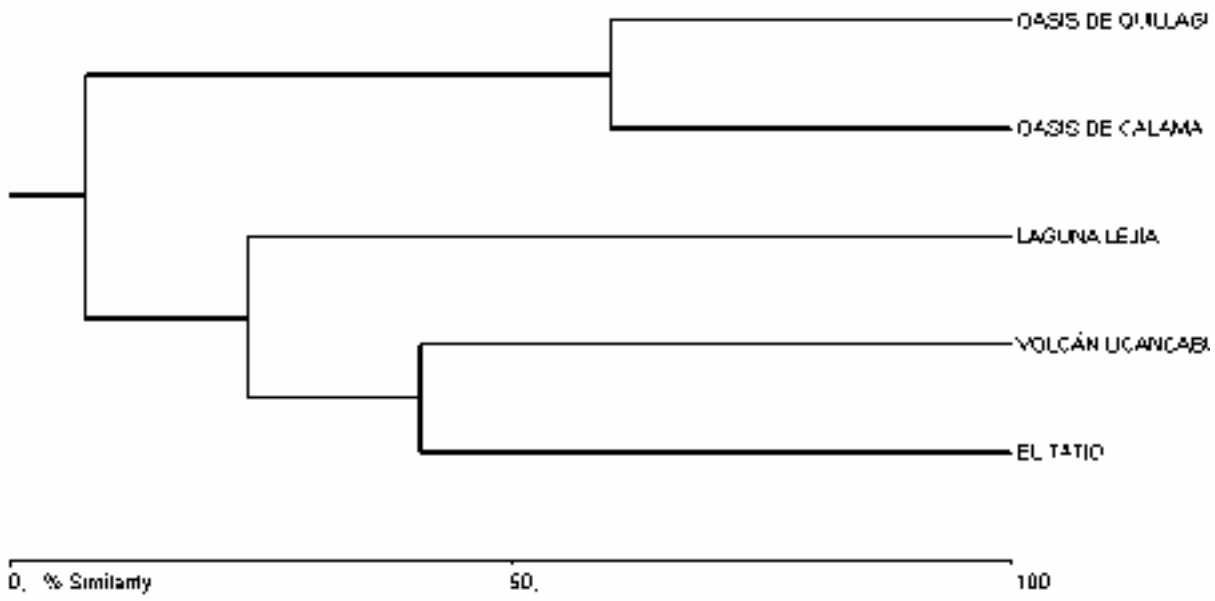


FIGURA 4-12. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES VEGETACIONALES DE LAS CINCO ÁREAS DE ESTUDIO, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

3. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD FAUNÍSTICA

3.1. Diversidad de anfibios

Anfibios de Chile

Los anfibios chilenos pertenecen al orden Anura y están representados por 56 especies, de 14 géneros y cuatro familias, tres de ellas nativas: Bufonidae, Leptodactylidae y Rhinodermatidae y una introducida, Pipidae, con una especie *Xenopus laevis* (sapo de garras) asilvestrado en Chile (Veloso 2006). De estas especies 36 son endémicas (66,7%), lo que le confiere un carácter especial a este tipo de fauna y desde ya son un claro objeto de conservación.

Diversidad y distribución

El factor que más limita la presencia de anfibios en la región de Antofagasta es la baja existencia de cuerpos de agua dulce y la escasa disponibilidad de aguas lluvia. En el altiplano existen precipitaciones (300-400 mm) por lo que se conjugan factores de hábitat favorables, pero debido a la fuerte estacionalidad de estas lluvias se limita drásticamente la capacidad de dispersión, ya que existen muy altos índices de evapotranspiración (Romero 1985, Veloso 2006), circunscribiendo las poblaciones a cuerpos de agua permanentes (e.g., bofedales,

lagunas, ríos). De este modo, los anfibios no se distribuyen homogéneamente, dependiendo de la oferta de hábitat para cumplir con su ciclo vital, así, hay zonas donde no existen anfibios, en otras sólo se distribuyen algunas especies y otras poseen una alta diversidad relativa.

Veloso (2006) propone agrupar las especies en cuencas hidrográficas para facilitar las medidas de conservación, ya que permite integrar esa información con aspectos ecológicos comunitarios y ecosistémicos, adquiriendo, la información distribucional de anfibios carácter relacional (Veloso 2006). La diversidad de anfibios varía según el tipo de clima y la altitud. Es mayor en las regiones mediterráneas húmeda, perhúmeda y mediterránea con influencia oceánica. Respecto a la altitud la mayor diversidad está por debajo de los 1.000 msm, disminuyendo notablemente entre los 2.000 y 3.000 msm y declinando hasta sólo tres especies a los 4.600 msm en el altiplano, pero de la región de Parinacota. En la Fig. 4-13 se muestra la disponibilidad de agua y los niveles altitudinales para al área de laguna de Lejía.

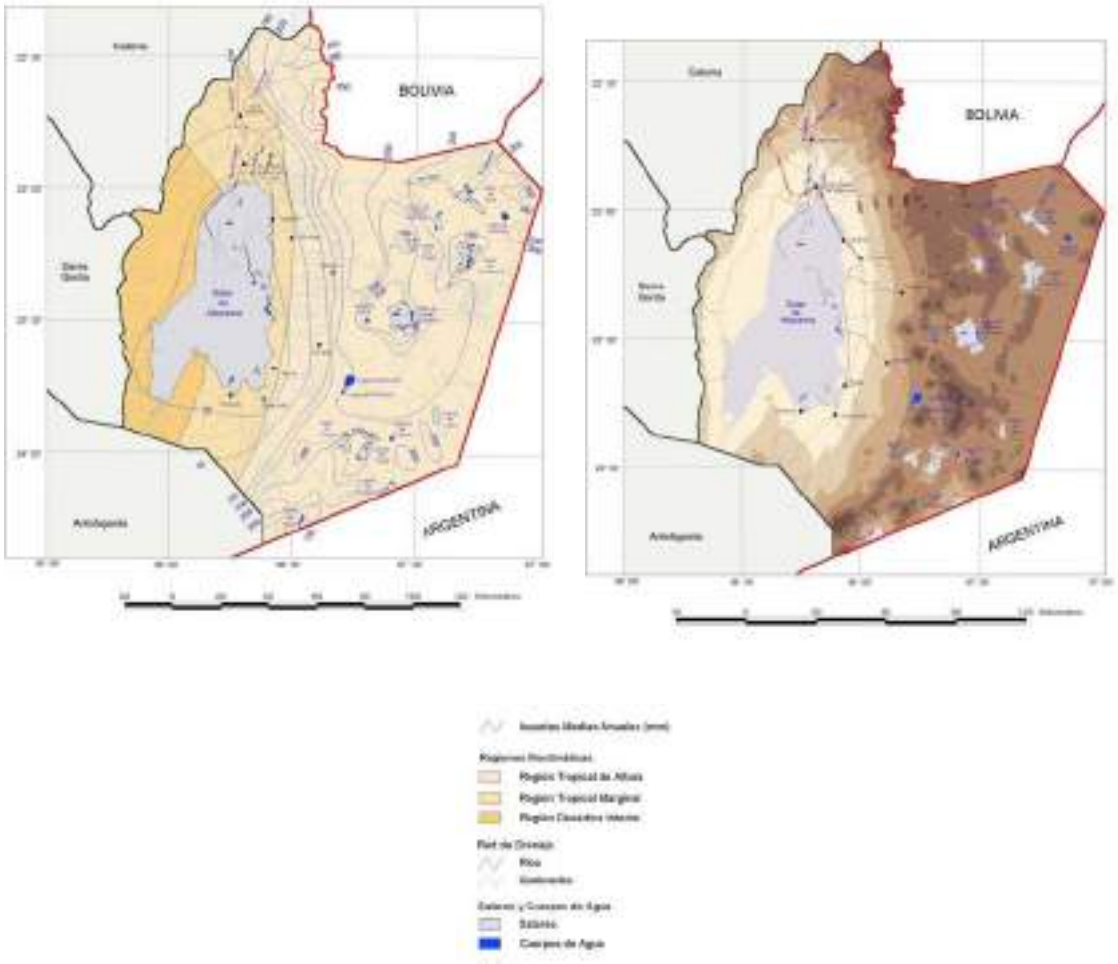


FIGURA 4-13. ISOYETAS MEDIAS ANUALES (MM) Y RANGOS ALTITUDINALES EN LAGUNA LEJÍA DE LA COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA. TOMADO DE BALANCE HÍDRICO DE CHILE DGA (1987), DI CASTRI & HAJEK 1976, SIMONETTI & VELOSO 2003.

Las cuencas de Chile se pueden agrupar (sensu Brown & Saldivia 2000) en tres sistemas: Pacífico Seco (desde Arica al río Limarí), Pacífico Central y Pacífico Sur. La región de Antofagasta se ubica en la primera y contiene 15 especies de anfibios Fig. 4-14.

FIGURA 4-14. PRINCIPALES CUENCAS HIDROGRÁFICAS SEGÚN ORÍGEN DE DRENAJE DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (TOMADO Y MODIFICADO DE DGA Y VELOSO 2006).

Anfibios en la provincia de El Loa

Para la provincia de El Loa se registran seis especies, cinco de ellas con distribución muy restringida a los sectores de La Cascada en el río Loa (*Telmatobius dankoi*), río Vilama (*Telmatobius vilamensis*), Ollagüe (*Telmatobius philippi* y *Telmatobius halli*) y Puquios (*Telmatobius fronteriensis*) (sensu Ramírez & Pincheira-Donoso 2005, Veloso 2006). Los altos Andes al sur de la línea del Ecuador se caracterizan por una extensa radiación de ranas acuáticas del género *Telmatobius* Wiegman 1835 (unas 50 especies). Altitudinalmente se encuentran sobre los 2.500 msm (excepto *T. ceiorum*, 1.500 m). En Chile se distribuyen nueve especies: *T. peruvianus, T. marmoratus*, *T. pefauri*, *T. zapahuirensis*. *T. halli, T. philippi, T. fronteriensis, T. vilamensis* y *T. dankoi*. Esta última en las cercanías de la ciudad de Calama siendo la especie más sureña de los *Telmatobius* descrita para Chile (Duellman 1993, Cuevas & Formas 2002). En la Tabla 4-8 se muestran los registros para las áreas de estudio y pese a que el río Vilama está fuera, por su proximidad se incluye el registro de la especie endémica para ese cuerpo de agua (*Telmatobius vilamensis*).

TABLA 4-8. ANFIBIOS PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA. EST= ESTATUS, N= NATIVA, E= ENDÉMICA.

Especie	Nombre vulgar	Est	Localidad de registro	Fuentes
Bufo spinulosus Wiegmann,1834	sapo espinoso	N	Caspana Termas del Tatio El Tatio El Tatio El Tatio El Tatio Río San Pedro de Atacama Río Vilama Soncor, PN Los Flamencos Río Puritama	Moreno & Ibarra-Vidal 2004 Núñez et al. 1982 Moreno & Ibarra-Vidal 2004 Veloso 1995 SGA/GDN 2007 Este estudio Veloso & Núñez 1998 Núñez et al. 1982 Este estudio Este estudio
Telmatobius dankoi Formas, Northland, Capetillo, Núñez, Cuevas & Brieva, 1999	rana acuática de Danko	E	Oasis de Calama	Formas et al. 1999
Telmatobius fronteriensis Benavides, Ortiz & Formas, 2002	rana acuática de la frontera	E	Puquios	Benavides, Ortiz & Formas 2002
Telmatobius halli Noble, 1838	rana acuática de Hall	E	Ollagüe	Veloso & Núñez 1998
Telmatobius philippii Cuevas & Formas, 2002	rana acuática de Philippi	E	Ollagüe	Cuevas & Formas, 2002
Telmatobius vilamensis Formas, 2002	rana acuática de Vilama	E	Río Vilama	Formas et al. 2003

TABLA 4-9. REGISTROS COMPARATIVOS DE ANFIBIOS EN SIETE LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE EL LOA,

Especie	Calama	L. Lejía	Licancabur	G. del Tatio	Ollagüe	Puquio
Bufo spinulosus			x	x		
Telmatobius dankoi	x					
Telmatobius vilamensis			x			
Telmatobius fronteriensis						x
Telmatobius philippii					x	
Telmatobius halli					x	

Los anfibios registrados en las áreas de estudio son los esperados para esos ambientes. La diversidad, alfa, beta y gamma, no es alta en las áreas de estudio, en la provincia de El Loa ni en la región de Antofagasta, sin embargo su alto endemismo (cinco de seis especies) las hace de muy alto interés como objeto de conservación.

Preocupa, en el Oasis de Calama, que *Telmatobius dankoi*, pese a los esfuerzos de captura en septiembre de 2007 y enero de 2008, no fuera registrado, más aún si los informantes clave declararon que hace mucho tiempo (sic) no visualizan anfibios en el área. Se recomienda un monitoreo específico para esta especie, endémica del Oasis de Calama y que podría convertirse en una especie focal.

3.2. Diversidad de reptiles

Reptiles de Chile

De las 94 especies descritas para Chile (Veloso et al. 1995), según Núñez & Veloso (2001) existirían para la región de Antofagasta 33 especies de lagartos, pero habría que agregar a las lagartijas de Bárbara, lagartija de los hijos y lagartija de Puritama (*Liolaemus barbarae*, *Liolaemus filiorum* y *Liolaemus puritamensis*) y a la culebra de cola corta del norte (*Tachymenis peruviana*) por lo que serían 37 especies conocidas, pertenecientes a tres subórdenes: Serpentes (familia Colubridae, una especie), Scleroglossa (familia Gekkonidae, tres especies) e Iguania (familias Tropiduridae, 31 especies y Teiidae, dos especies). En la provincia de El Loa Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) proponen 22 especies y Simonetti et al. (2003) proponen 14 especies potencialmente presentes en la Comuna de San Pedro de Atacama. En la Tabla 4-11 se señalan estas especies, con referencia especial a las localidades de registro en o cercanas a las cinco áreas objetivo de este estudio.

Origen y distribución

La distribución de Squamata era más amplia que en la actualidad en el Cretáceo y gran parte del Terciario, según Albino (1996) en base al registro fósil. Esto porque existían condiciones ambientales más favorables. Según Núñez & Veloso (2001) el evento orogénico más relevante fue la aperura del paso de Drake en el Oligoceno y Mioceno temprano, lo que originó la corriente de Humboldt que era cálida, la que luego se fue enfriando durante el Plioceno, transitando por esto la fauna de una comunidad tropical a una austral, lo que implicó un proceso de desecación, avance de la flora austral hacia el norte y retroceso de la flora tropical. Eso se sumó a una gran actividad volcánica que provocó el alzamiento de la cordillera andina, como la conocemos hoy (Zinzmeister 1978, Martínez-Pardo & Martínez-Guzmán 1997). Durante el Terciario superior las frías condiciones terminan en las glaciaciones cuaternarias, que alternaron condiciones áridas y húmedas. De esta manera, Núñez & Veloso (2001) proponen como explicación para el origen y diversidad de los lagartos de la región de Antofagasta los cambios orogénicos y climáticos del pasado. En primer lugar el levantamiento de la cordillera andina, en segundo lugar el enfriamiento del territorio por efecto de la corriente de Humboldt, desecando los territorios del norte de Chile y sur de Perú, proceso que llegó a su máximo en el Cuaternario con la formación del actual desierto de Atacama. Esto propició la dispersión de los

lagartos hacia ambientes más mésicos de la precordillera y cordillera andina, a lo largo de la cuenca del río Loa y de los oasis y valles con aguas permanentes. Los ambientes de altura fueron y son fuertes barreras que limitaron el flujo genético y promovieron una distribución fragmentada, en forma de parches (Núñez & Veloso 2001). En la costa hubo fragmentación determinada por condiciones xéricas, propiciando el aislamiento y la posterior especiación de *Microlophus, Garthia* y *Callopistes*. Así el levantamiento de las tierras y el desecamiento establecieron relaciones ecológicas entre las poblaciones ancestrales permitiendo la dispersión (ampliación de la distribución) hacia nuevos ambientes y propiciando la especiación (formación de nuevas especies) a mayores alturas (sobre los 2.500 msm). La agregación (adiciones) y eliminación (sustracción) de especies en una región puede ser afectado por procesos tales como especiación, dispersión biótica, dispersión a distancia y extinción. Las dos primeras se traducen en especies estructuradas jerárquicamente en un sentido linneano, mientras que la dispersión a distancia desemboca en conjuntos de especies desestructurados. En base a todo lo expuesto, entonces, en la región de Antofagasta el principal proceso que actuó y actúa sobre la fauna de lagartos es: (a) la especiación en los nuevos ambientes creados cuando se levantaron las tierras y se desecó la zona y (b) la dispersión biótica (Núñez & Veloso 2001).

La mayoría de las especies de lagartos registradas para las áreas de estudio pertenecen al género *Liolaemus* descrito en 1834 en base a ejemplares procedentes de Chile y que cuenta con más de 160 especie en Argentina, Chile, Bolivia, Brasil, Paraguay, Perú y Uruguay, los dos primeros con el mayor número de especies. En Chile el género *Liolaemus* (de estado sistemático conflictivo) está representado por 76 especies, cuatro de ellas politípicas, 13 subespecies, con un total de 85 taxas (Pincheira-Donoso & Núñez 2005). La gran diversidad de especies de este género puede explicarse por su extensa distribución biogeográfica en el centro-sur y sur de Suramérica, amplio territorio con muchos ecosistemas diferentes y sometidos a severos cambios geomorfológicos que determinó múltiples centros de especiación vicariante (Núñez at al. 2000). De este modo las poblaciones ancestrales de *Liolaemus* debieron adaptarse a drásticos cambios en la biocenosis y transformaciones, que dieron origen a los ecosistemas altoandinos, desérticos y patagónicos, los que condicionaron a estas especies antiguas a adquirir nuevos caracteres con conservación transgeneracional y dando origen a las especies tal como las conocemos hoy (Pincheira-Donoso & Núñez 2005).

Reptiles de la región de Antofagasta

La región de Antofagasta integra un ecosistema mayor, la *Diagonal xérica*, que se despliega desde el sur de Perú hasta Atacama, y al lado occidental de los Andes hasta la Patagonia. Las 35 especies de lagartos pertenecen a las familias Tropiduridae, Gekkonidae y Teiidae, estas dos últimas restringidas a las zonas costeras. Como se muestra en la Tabla 4-10 Núñez & Veloso (2001) estudiaron la distribución de los lagartos en la región de Antofagasta, dividiéndola en tres zonas: (a) una zona occidental, al oeste de la cordillera de Domeyko, desde el nivel del mar los 2.500 msm; (b) una zona media, de desierto interior, al este de la mencionada cordillera y hasta las pendientes precordilleranas andinas, desde los 2.500 a los 3.500 msm, y (c) una zona oriental, por sobre los 3.500 msm. A las especies analizadas por los autores le hemos agregado nuevas especies y la familia Colubridae (culebras).

TABLA 4-10. DISTRIBUCIÓN DE REPTILES EN TRES ZONAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (TOMADO Y MODIFICADO DE NÚÑEZ & VELOSO 2001).*= ENDÉMICAS DE LA REGIÓN.

ZONA OCCIDENTAL	ZONA MEDIA	ZONA ORIENTAL
Familia Teiidae	Familia Tropiduridae	Familia Colubridae
*Callopistes palluma**	*Liolaemus alticolor**	*Tachimenis peruviana*
Familia Tropiduridae	*Liolaemus constanzae**	Familia Tropiduridae
*Liolaemus atacamensis**	*Liolaemus donosi**	*Liolaemus alticolor**
Liolaemus bisignatus	*Liolaemus fabiani**	*Liolaemus constanzae**
*Liolaemus hellmichi**	*Liolaemus foxi**	*Liolaemus dorbignyi**
Liolaemus nigromaculatus	*Phrynosaura audituvelata**	*Liolaemus fabiani**
*Liolaemus paulinae**		*Liolaemus islugensis**
Liolaemus platei		*Liolaemus multicolor**
*Liolaemus constanzae**		*Liolaemus nigriceps**
Microlophus theresioides		*Liolaemus schmidti**
*Microlophus atacamensis**		*Liolaemus signifer**
*Microlophus tarapacensis**		*Liolaemus stolzmanni**
*Phrynosaura torresi**		*Liolaemus puritamensis**
Familia Gekkonidae		*Phrynosaura erronea**
*Garthia gaudichaudii**		*Phrynosaura* sp*
*Phyllodactylus cf inaequalis**		
Phyllodactylus gerrhopygus		

El único género endémico para la región es *Phrynosaura* (aunque controvertido), con seis especies, dos distribuidas en la zona occidental, una en la medial y dos en la oriental. Los géneros que más endemismos contienen son *Liolaemus* y *Phyllodactylus*, el primero, además agrupa a más del 66% de la diversidad de saurios de la región.

En la zona occidental, también están documentadas otras especies como *Ctenoblepharis adspersa* de Perú y especies del grupo "nigromaculatus". Algunas especies de esta zona (*Microlopohus atacamensis, Liolaemus paulinae* y *Phyllodactylus gerrhopygus*) pueden llegar a elevaciones más altas como la quebrada de Yalquincha y Ojo de Opache en el Oasis de Calama (Donoso-Barros 1966, Núñez 1992, Núñez & Veloso 2001). Los géneros presentes en esta zona son diversos y la ruta de invasión son las áreas costeras (e.g., *Microlophus* y *Phyllodactcylus*), en que los animales usaron una estrategia "talasófita", consumiendo algas, crustáceos y otros invertebrados pequeños. Su desplazamiento hacia la zona media se explica

por la presencia del río Loa, usado como ruta de dispersión de *Microlophus* y *Phyllodactylus.* También usaron el río Loa como pasaje de dispersión, aparentemente desde zonas costeras hacia el interior, especies del género *Phrynosaura*, aunque se desconoce si su origen está en la cordillera andina o en la costa.

En la zona media se registran seis especies de tropidúridos, pertenecientes a dos linajes, remanentes de un conjunto antiguo adaptado a condiciones altiplánicas. En la cordillera de Domeyko existe muy poca vegetación y se han registrado sólo tres especies: *Liolaemus foxi, Liolaemus constanzae* y *Phrynosaura adituvelata* (Núñez et al. 2000). Al este de la cuesta Barros-Arana se encuentran *Liolaemus alticolor, L. constanzae, L. fabiani* y *Phrynosaura adituvelata,* todas endémicas con distribución local, salvo *L. alticolor* que se distribuye hasta los 4.100 msm (Núñez & Veloso 2001).

Finalmente, en la zona oriental, en la cordillera andina por sobre los 2.500 msm, se registran 13 especies de reptiles, 12 de ellos lagartos, agrupados en una sola familia: Tropiduridae y que provienen de dos linajes, uno especiado en las montañas andinas (e.g., *L. andinus, L. fabiani*) y otro grupo, posiblemente dispersado desde el sur (e.g., *L. constanzae* y *L. alticolor*).

Este género, también se subdivide en complejos y éstos a su vez en grupos de especies. El grupo ruibali, reúne varias especies (e.g., *Liolaemus foxi, L. rosenmanni, L. nigriceps*), casi todas en la cordillera andina, pero algunas especies viven en montañas no andinas, como *L. foxi* en la cordillera de Domeyko, distribución que Núñez et al. (2000) explican porque el conjunto original de *Liolaemus* de la cordillera andina fue "expulsado" hacia los valles por los glaciares, y regresaron a Los Andes cuando éstos se retiraron. Sin embargo, algunas especies regresaron a la cordillera "equivocada". Esta distribución también puede ser explicada de otra manera, ya que los glaciares no afectaron significativamente el área, pero sí hubo mayor precipitación, el doble, en el altiplano durante el Holoceno. De este modo el ambiente era, entonces, más benigno para la flora y fauna y cuando la aridez se acentuó, por la instauración de la corriente de Humboldt, algunas especies quedaron aisladas (Núñez et al. 2000). Así, el que las especies abandonaran su lugar de origen, y luego regresaran ya diferenciadas, explica que las especies estén asociadas a cuencas de salares en simpatría, que perteneciendo a grupos ancestrales diferentes, experimentaron las mismas condiciones y desembocaron en iguales situaciones (Núñez et al. 2004).

La fauna de lagartijas del altiplano tiene patrones de distribución geográfica con cierta simetría, correlacionada con los linajes filéticos que componen sus formas. Así de San Pedro de Atacama al norte se distribuyen especies afines a los grupos jamesi (e.g., *L. jamesi, L. hajeki, L. puritamensis* y *L. stolzmanni*) y signifer (e.g., *L. signifer, L. andinus, L. erguetae, L. multicolor, L. panterhinus*). Ahora bien, de San Pedro de Atacama al sur las especies del género *Liolaemus* presentan cambios en su composición, posiblemente condicionados por los cambios climáticos del Pleistoceno, en que los valles que quedaron entre la cordillera de los Andes y el cordón de Domeyko actuaron como ecosistemas glaciales de refugio, donde especiaron las formas de Chile y Argentina del grupo ruibali y fabián (e.g., *L. nigriceps*), con una especie extralimital *L. foxi* (Núñez & Veloso 2001, Pincheira-Donoso & Núñez 2005). En la zona de transición entre los grupos jamesi-signifer (norte de San Pedro) y ruibali (sur de San Pedro), está *L. fabiani,* que constituye un grupo propio.

Reptiles de la provincia de El Loa y Valle de Quillagua.

En las Tablas 4-11 y 4-12 se muestran los registros propios y previos, por especies y localidades.

TABLA 4-11. REPTILES PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA Y VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA. REC(S)= RECOLECTOR(ES).

Especie	Nombre vulgar	Localidad de registro	Fuente
Tachymenis peruviana Wiegmann, 1835	Culebra de cola corta del norte	Zonas altoandinas Zonas altoandinas Quebrada de San Bartolo, Río Grande	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Donoso-Barros 1966 H. Núñez y J. Yáñez Com. per.
Phyllodactylus gerrhopygus (Wiegmann, 1835)	Salamanqueja	Oasis de Calama	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Microlophus theresioides (Donoso-Barros, 1966)	Corredor de Pica	Chusmiza Quebrada de Yalquinca, Calama La Hayca-Canchones Mirador, quebrada de Quetena, Calama San Salvador y Oasis de Calama Valle de Quillagua Tranque Santa Fe, Quillagua	F. Bozinovic et al. 1990 recs. M. Quispe 1985 rec. F. Bozinovic et al. 1990 recs. Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio
Liolaemus ornatus Koslowsky, 1898	Lagartija ornamentada	Ollagüe	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Liolaemus fabiani Yáñez y Núñez, 1983	Lagartija de Fabián	Camino viejo San Pedro de Atacama Llano de Vilama hacia V. Licancabur Hacia Volcán Licancabur Soncor, Salar de Atacama	J.C. Torres-Mura 1997 rec. Yáñez & Núñez 1983 Este estudio Este estudio
Liolaemus hajeki Núñez, Pincheira-Donoso & Garín, 2004	Lagartija de Hajek	Norte Calama Estación Ojos de San Pedro San Pedro de Atacama El Abra, Baños de Turi Quebrada de Inacaliri, San Pedro Cerro Puruña Salar de Ascotán y Carcote El Tatio	Núñez et al. 2004 J.C. Torres 1996 rec. Núñez et al. 2004 J.C. Torres 2001 rec. J.C. Torres 2001 rec. Núñez et al. 2004 J.C. Torres y J. Yánez 1996 recs. Este estudio
Liolaemus puritamensis Núñez y Fox, 1989	Lagartija de Puritama	San Pedro de Atacama Camino al Tatio, Sasiel Laguna Lejía y Laguna Seca	Núñez & Fox 1989 Núñez et al. 2004 H. Núñez et al. 1998 recs.
Liolaemus stolzmani (Steindachner, 1891)	Lagartija de Stolzmann	Quebrada del Inca Quebrada del Inca, Ollagüe Salar de Ascotán	R. Donoso B. 1960 rec. Núñez et al. 2004 Núñez et al. 2004
Liolaemus foxi Núñez, Navarro & Veloso, 2000	Lagartija de Fox	Cuesta Barros-Arana 60 km SE Calama	Núñez et al. (2000)
Liolaemus nigriceps (Philippi, 1860)	Lagartija de cabeza negra	Río Frío Quebrada Zorritas, cerro Llullaillaco San Pedro de Atacama, sur este	Pincheira-Donoso & Núñez 2005 H. Núñez et al. 1998 rec. J. Contreras 1989 rec.
Liolaemus andinus Koslowsky, 1895	Lagartija andina	El Refugio camino al Tatio Este del Salar de Atacama Talabre Viejo Laguna Lejía Laguna Lejía Laguna Seca (cerca L. Lejía) Laguna Tara Farellones de Tara, Reserva Nacional Los Flamencos Salar de Aguas Calientes	H. Núñez et al. recs. 1998 Pincheira-Donoso & Núñez 2005 J. Yáñez y L. Salgado 1980 recs. J. Yáñez y L. Salgado 1980 recs. Este estudio Este estudio S. Silva 1990 rec. Valladares et al. 2002 Valladares et al. 2002 C. Cornelius 1997 rec.

Liolaemus erguetae Laurent, 1995	Lagartija de Ergueta	Linzor, norte del Tatio Sur Salar de Ascotan	J. Contreras 2003 rec. Pincheira-Donoso & Núñez 2005
Liolaemus multicolor Koslowsky, 1898	Lagartija multicolor	Salar de Aguas Calientes II Salar de Aguas Calientes II Salar de Ascotán	Núñez & Veloso 2001 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Liolaemus pantherinus Pellegrin, 1909	Lagartija pantera	Ollagüe Ollagüe Ollagüe	Donoso-Barros 1966 G. Arriagada 1982 rec. In: MNHN-1532 Pincheira-Donoso & Núñez 2005
Liolaemus signifer (Duméril y Bibron, 1837)	Lagarto rubricada	Altiplano de Antofagasta	Donoso-Barros 1966
Liolaemus barbarae Pincheira-Donoso y Núñez 2005	Lagartija de Bárbara	Este de San Pedro de Atacama El Tatio Camino azufrera, volcán Licancabur Azufrera Alitar este San Pedro de Atac.	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 SGA/GDN 2007 Núñez & Yáñez recs. 1982 Núñez at al. rec. 1982
Liolaemus paulinae Donoso-Barros, 1961	Lagartija de Paulina	Oasis de Calama, orillas del río Loa Las vegas de Calama Río Loa, Calama Yalquincha, Calama	Donoso-Barros 1961 G. Arriagada 1982 rec. Núñez et al. 1982 recs. Este estudio
Liolaemus constanzae Donoso-Barros, 1961	Lagartija de Constanza	Cuesta Barros Arana San Pedro de Atacama 10 km este Camino azufrera, volcán Licancabur Salar de Atacama Puritana Toconao Peine Chiu Chiu El Guatín, Volcán Licancabur	H. Núñez 1998 rec. H.Núñez y J. Yáñez 1981 recs. Núñez & Jaksic 1992 Donoso-Barros 1970 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Donoso-Barros 1970 Donoso-Barros 1961, H. Núñez 1982 Núñez & Jaksic 1992 Este estudio
Liolaemus filiorum Pincheira-Donoso y Ramírez, 2005	Lagartija de los hijos	Cerro Las Papas, Calama Conchi, sur de Lequena	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Phrynosaura audituvelata (Núñez y Yáñez, 1983)	Dragón de oído cubierto	Cordón de Domeyko Cuesta Barros Arana San Pedro de Atacama Llano de Vilama	G. Ramírez rec. Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Valladares et al. 2002
Phrynosaura erronea (Núñez y Yáñez, 1983)	Dragón grande	Tumbre (camino a Laguna Lejía)	Núñez & Yáñez 1983
Phrynosaura torresi Núñez et al. 2003	Dragón de Torres	Ribera sur del río Loa, Calama Tranque Talabre cerca de Calama Salar del Indio, SO de Chuquicamata Oasis de Calama	Núñez et al. 2003 J. Torres y M. Lemus 2001 recs. Núñez et al. 2003 E. Elgueta julio 2006 rec

Folio009075

TABLA 4-12. REPTILES PRESENTES EN 10 LOCALIDADES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO, P= ESPECIE PROBABLE.

Especie/localidades	Valle de Quillagua	Oasis de Calama	Laguna Lejía	San Pedro de Atacama	Salar de Atacama	Volcan Licancabur	Geisers del Tatio	Salar Aguas Calientes	Salar de Ascotán	Ollagüe
Tachymenis peruviana Culebra de cola corta del norte				X						
Phyllodactylus gerrhopygus Salamanqueja		Op								
Microlophus theresioides Corredor de Pica, lagarto de Teresa	X	X								
Liolaemus ornatus Lagartija ornamentada										X
Liolaemus fabiani Lagartija de Fabián				X	X	X				
Liolaemus hajeki Lagartija de Hajek				X			X			
Liolaemus puritamensis Lagartija de Puritama			X	X		X				
Liolaemus stolzmani Lagartija de Stolzmann										X
Liolaemus nigriceps Lagartija de cabeza negra				X						
Liolaemus andinus Lagartija andina			X		X	X	X	X		
Liolaemus erguetae Lagartija de Ergueta							X	X	X	
Liolaemus multicolor Lagartija multicolor								X	X	
Liolaemus pantherinus Lagartija pantera										X
Liolaemus barbarae Lagartija de Bárbara				X	X	X	X			
Liolaemus paulinae Lagartija de Paulina		X								
Liolaemus constanzae Lagartija de Constanza				X	X	X				
Phrynosaura audituvelata Dragón de oído cubierto				X		P				
Phrynosaura torresi Dragón de Torres		Op								
TOTAL	1	4	2	8	4	6	4	3	2	3

Desde el punto de vista biogeográfico la importancia de los reptiles de las áreas de estudio, especialmente los lagartos, está en el alto nivel de endemismos, que se distribuyen, no sólo en la región, sino que están circunscritos a localidades muy específicas.

3.3. Diversidad de aves

Aves de Chile

Jaramillo (2004) considera que en Chile existen 460 especies de aves. Araya & Bernal (1995) reconocen 456 especies. Marín (2004) sólo acepta 438, discutiendo y relegando 38 especies como hipotéticas para Chile y 10 las excluye como citadas erróneamente. Localmente Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) proponen 113 especies para la provincia de El Loa y Jaramillo (2005) propone 104 especies de aves en los ecosistemas de la puna de la región de Antofagasta.

Según los resultados de las prospecciones realizadas para la Línea de Base del EIA del Proyecto Perforación Geotérmica Profunda El Tatio (SGA/GDN 2007), la comunidad de aves presente en esta área estaría conformada por 20 especies, siendo todas ellas propias de los ambientes de altura. Dentro de ellas destaca la presencia de: *Pterocnemia pennata* (suri o ñandú), especie catalogada como en Peligro de extinción; *Larus serranus* (gaviota Andina), especie catalogada como Rara; y *Tinamotis pentlandii* (perdiz de la Puna), especie considerada como Vulnerable. Esta lista de 20 especies corresponde a las aves presentes en la estación de invierno. Es esperable que la diversidad de aves se incremente hacia primavera – verano.

Origen y diversidad de aves acuáticas

Las aves pueden agruparse, ecológicamente, según los hábitats que ocupan. Para este caso, de las áreas de estudio, pueden reunirse en aves asociadas a humedales, a matorrales, estepas, etc.

Los salares altiplánicos son humedales que se distribuyen en una franja angosta, los que derivaron del desecamiento postglacial de grandes lagos (Clayton & Clapperton 1995), conteniendo una diversidad relativamente baja de especies muy adaptadas a esos ambientes hipersalinos. Así, este ensamble de aves se estructura en base a filtradores de zooplancton (e.g., flamencos) y depredadores de invertebrados (e.g., chorlos, playeros, caiti) (Sielfeld et al. 1996). La diversidad de aves de la laguna Lejía debe compararse con ambientes homólogos. Schlatter & Sielfeld (2006) consideraron 143 especies acuáticas (aves que cumplen todo su ciclo vital en humedales) para Chile, descontando las especie accidentales. Ellos compararon la diversidad de estas aves en 11 tipos diferentes de humedales, documentando que los más diversos son las lagunas bajas y bañados (de agua dulce) con 74 especies, y los de menor diversidad son los humedales de turberas y fangales riparianos con 14 y 23 especies respectivamente. Los cuerpos de agua cordilleranos (> 1.500 msm), que aquí particularmente nos interesan, contienen unas 31 especies.

Para las áreas de estudio se deben considerar varios humedales relevantes contenidos en las aguas cordilleranas, como los salares, lagunas altoandinas, bofedales, ríos y oasis, los que contienen una avifauna de estructura más simple que otros humedales, pero con una composición específica característica y claramente diferenciados de otros humedales, como se muestra en la siguiente figura, en que al análisis de similitud (Índice de Jaccard) realizado por Schlatter & Sielfeld (2006) resultaron similares, por ejemplo, entre las lagunas bajas y los pantanos, y entre los lagos abiertos y los ríos potamales. Sin embargo el humedal más disímil resultó ser el de aguas cordilleranas.

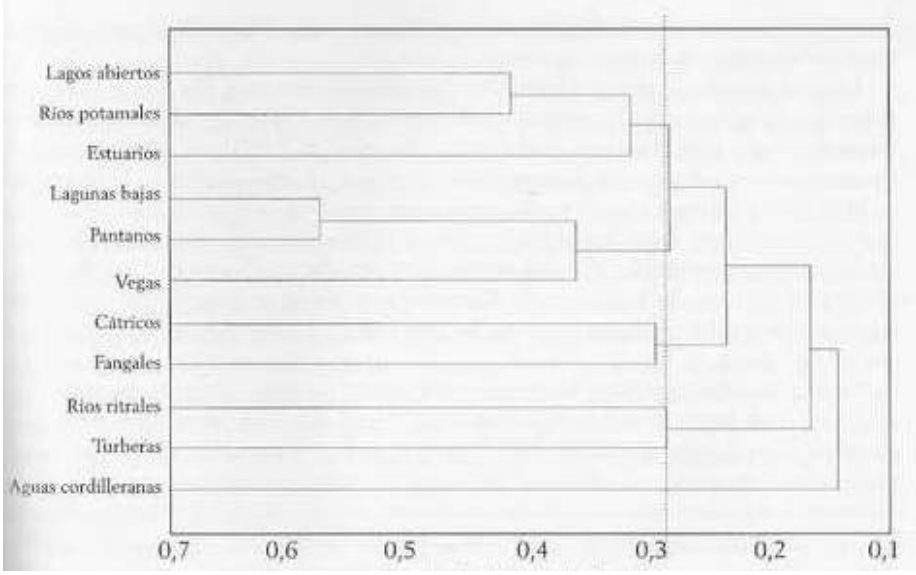


FIGURA 4-15. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE LOS ENSAMBLES DE AVES ACUÁTICAS EN DIFERENTES HUMEDALES (Tomado de Schlatter & Sielfeld 2006).

El origen de las aves de humedales andinos ha sido abordado por Fjeldsa (1985), quien establece áreas núcleo de endemismos, que contienen el mayor número de especies de un grupo de distribución, y determinan centros de dispersión o áreas de refugio antiguas. Una de estas áreas son las pampas argentinas o centro de La Plata (Schlatter et al. 1991, Schlatter & Sielfeld 2006), lo que explica el alto número de especies acuáticas continentales, de alta dispersión y nomadismo, compartidas entre ésa área y zonas en Chile. Aún hoy, frente a variaciones climáticas macrorregionales, se constatan visitas accidentales como el pato silbón y la tagüita purpúrea (Amado el at. 1991, Amado & Sielfeld 1994). De este modo las aves acuáticas de los cuerpos de agua de la cordillera de Antofagasta derivan, principalmente, del área núcleo de las pampas argentinas más que de procesos de especiación local (Fjeldsa 1985).

Aves de la región de Antofagasta y provincia de El Loa

Behn et al. (1957) registró, en sus excursiones ornitológicas a las cordilleras de la región, un total de 52 especies de aves terrestres. Luego, Peña (1968) en invierno, prospectó 19 localidades de la provincia de Antofagasta registrando nueve especies. Vuilleumier (1997) documentó 20 especies para la zona puneña desértica (> 3.500 msm) en los Altos Andes de Sudamérica, cinco de ellas en el desierto de Atacama.

Rau et al. (1998) realizaron cuatro excursiones ornitológicas desde el inicio del invierno de 1996 y finales del verano de 1998 en nueve localidades de la región de Antofagasta desde la desembocadura del río Loa (10 msm) a Socaire (3.900 msm), registrando 80 especies de aves, pertenecientes a 11 órdenes. La cuarta excursión, a fines del invierno de 1997, fue la de mayor abundancia de registros, coincidiendo con el desierto florido e inmediatamente después del

fenómeno de El Niño/Oscilación Sur. Las localidades con mayor riqueza de especies fueron Tumbre, Quebrada de Jere y Socaire (Tabla 4-13). De todas las especies que registraron el 46% (37) fueron únicas, es decir, solamente registradas en una localidad, y de estas especies únicas el 41% (15) fueron registradas sólo en el humedal bofedal de Tumbre (camino a Laguna Lejía) y en el humedal de la Cascada en el Oasis de Calama. En el desierto de Atacama registraron cuatro especies (una menos que Vuilleumier 1997). Estos autores calcularon la diversidad gamma (γ) en 4,42 bits/individuos, siendo equivalente a más de 21 especies equidominantes, lo que constituye una alta diversidad regional, ya que en la naturaleza el Índice de Shannon-Wiener se torna asintótico a los 5 bits/individuos, los cuales son equivalentes a 32 especies equidominantes, de este modo la diversidad gamma relativa es también comparativamente alta (0,884).

En las cinco áreas de estudio, en una excursión de cinco días por área se registraron 73 especies. Para la provincia de El Loa Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), como ya indicamos, proponen 113 especies. Sin embargo, esta cifra puede variar. Marín (2004) considera a varias de ellas como hipotéticas (H) para Chile, por lo que no debieran incorporarse como especies comprobadamente del país.

Especies hipotéticas, raras y adiciones a la lista de la provincia de El Loa

Jaramillo (2004) cita para la región de Antofagasta la piranga (*Piranga rubra*), hermosa ave, rojo el macho y verdosa la hembra, pero el único ejemplar conocido fue encontrado momificado en Estación La Negra en la provincia de El Loa, en enero de 1967. Como único registro en más de cuarenta años no debe incluirse en la lista de aves de la provincia de El Loa.

Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) mencionan para la provincia de El Loa a la golondrina grande, también llamada golondrina de rabadilla canela, (*Petrochelidon pyrrhonota*). Esta especie migra estacionalmente del hemisferio norte a Sudamérica y se ha registrado pocas veces en Arica. En Antofagasta la observó P. Post en Calama (Demetrio 1993) entre diciembre y marzo; y en San Pedro de Atacama Howell & Webb (1995). Debido a tan escasos registros se considera hipotética.

El bolsero de Baltimore o turpian norteño (*Icterus galbula*) se distribuye en Estados Unidos y Canadá y migra a centro y Suramérica sólo en Colombia, Venezuela y Ecuador. Ha sido registrado en Chile sólo en Calama, un ejemplar entre el 22 y el 25 de junio de 2002 (Torres-Mura et al. 2003). De no mediar nuevos registros debiera considerarse accidental.

El cuervo de pantano de la Puna (*Plagadis ridgwai*) se distribuye en el altiplano de Perú, Bolivia y Argentina. En Chile en el altiplano de Arica (también en la costa) e Iquique y solo accidentalmente en al altiplano de la provincia de El Loa. Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) lo indican en vegas cerca a Ollague. De no mediar nuevos registros debe considerarse accidental.

La golondrina de los barrancos (*Riparia riparia)* según P. Post es considerada visitante regular en la zona de Antofagasta (Hughes 1970). Ha sido reportada hasta Llifén, Valdivia. En la provincia de El Loa Demetrio (1993) asevera que son visitantes regulares en el Oasis de Calama de noviembre a abril. Howell & Webb (1995) mencionan 6-7 registros en San Pedro de Atacama el 22 de noviembre de 1993. Es, según Marín (2004), un visitante escaso pero regular.

El pato silbón de cara blanca o pato pampa (*Dendrocygna viduata*) es un ave errante en Chile que ha sido registrado en varios lugares (e.g., ciudad de Antofagasta, Huayquique en Iquique,

río Quilimarí, Choapa). Salaberry et al. (1992) observó tres ejemplares el 11 de marzo de 1989 cerca del cerro de la Cruz en Calama. La consideramos una especie rara y errante y la incluimos en la lista para la provincia de El Loa.

Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) no registran especies del género *Tyrannus* para la provincia de El Loa. Philippi (1967) menciona un ejemplar del benteveo blanco y negro o suirirí boreal (*Tyrannus tyrannus*), capturado en Chinchorro, Arica en 1960. P. Post lo avistó en Chuquicamata en abril de 1968 (Johnson et al. (1972). Luego Demetrio (1993) los observa en Calama en mayo y junio de 1993 y D. Evans en el valle del río Loa el 10 de febrero de 1998 (Mazar Barnett & Kirwan 1999). Esta especie es errante, la consideramos rara y la incluimos a la lista para la provincia de El Loa.

El benteveo (*Pitangus sulphuratus*) también es considerada una especie rara por Marín (2004). E. Lamothe capturó el primer ejemplar en julio de 1966 en Cholguán, Biobío (Philippi 1967). En el norte grande fue capturado en la quebrada de Suca, Iquique (Marín et al. (1989) y en Caspana por F. Behn el 10 de febrero de 1968 (Marín 2003). Esta especie no la incluyen en su lista Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), pero la incluimos como especie visitante casual, errante y rara.

La garza azul (*Egretta caerulea*) es considerada por Marín (2004) como una especie rara en Chile. Es residente en las costas de Arica. Ha sido registrada desde 1971; y en 1991 lo fue en la costa de la ciudad de Antofagasta. En San Pedro de Atacama fue avistada en 1993 por Howell & Webb (1995). En este estudio fue avistada en el Oasis de Calama en los sectores Mirador y Yalquincha, lo que incrementa los registros para considerarla residente en el Oasis de Calama. Es considerada una especie rara.

El mero de la puna o mero de cola blanca (*Agriornis andicola*) fue documentado por Hellmayr (1932) en Putre, y luego por Philippi et al. (1944) en la misma localidad y Parinacota. Howell & Webb (1995) nuevamente la registran en Parinacota. En la provincia de El Loa fue capturado un ejemplar en junio de 1957 en Aguada de Linzor a 4.100 msm (Peña 1961). Es una especie rara.

Valle de Quillagua

La gallina ciega peruana o plasta peruana (*Chordeiles acutipennis*) fue inicialmente registrada por Philippi (1964) a partir de un espécimen capturado por F. Behn el 9 de septiembre de 1949 en Chacalluta, Arica. Araya & Millie (2000) agregan un registro en Quillagua. Sin embargo Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) citan a la subespecie *Caprimulgus longirostris atripunctatus* para la provincia de El Loa, en terrenos agrícolas al este de Calama y al oeste de Toconao. Pero esta subespecie se distribuye sólo en las zonas de altura de la región de Arica Parinacota según Jaramillo (2005). En este estudio la registramos en el Valle de Quillagua, por lo que creemos que la especie *Chordeiles acutipennis* está presente, al menos en Quillagua y posiblemente esté también en el Oasis de Calama. *Caprimulgus longirostris atripunctatus* estaría en la zona altiplánica de la provincia de El Loa.

Registramos al cazamosca tijereta (*Tyrannus savana*) en matorrales del Valle de Quillagua. Esta especie es considerada muy rara al oeste de la cordillera de los Andes por Ridgely & Tudor (1994). Ha sido registrada dos veces, por McFarlane en el Valle de Camarones, Arica en marzo de 1973 y Salaberry et al. (1992) en el valle del Lluta, Arica entre noviembre y febrero y Toconao en febrero de 1988. Esta especie es errante y la consideramos rara.

El playero enano (*Calidris minutilla*) es una especie accidental en Chile que migra del hemisferio norte a sudamérica. Capturado por R. Donoso en 1948 en caleta Vitor, Arica, ha sido reportado en el río Lluta, Arica; playa Changa y río Elqui (Coquimbo). D. Evans observó dos ejemplares en el tranque Sloman, Quillagua (Mazar Barnett & Kirwan 1999). La consideramos una especie accidental.

En la siguiente tabla se muestran los registros para diferentes localidades, para contextualizar y comparar lo documentado para las cinco áreas de estudio.

TABLA 4-13. DIVERSIDAD COMPARADA DE AVES EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

	Superficie	Altitud	Riqueza de Especies	Fuentes
Provincia de El Loa	42.473 km^2		113	Ramírez & Pincheira- D. 2005
Desierto de Atacama			5 4	Vuilleumier 1997 Rau et al. 1998
Cordillera provincia de El Loa			52	Behn et al. 1957
Valle de Quillagua	18,216 km^2	790-946	21	Este estudio
Ojo de Opache, Calama			19	Rau et al. 1998
Cascada, Calama		2.300	34	Rau et al. 1998
Oasis de Calama	45,758 km^2	2.210-2.400	32	Este estudio
Quebrada de Jerez, Toconao			29	Rau et al. 1998
Salar de Atacama			4	Rau et al. 1998
Soncor, Salar de Atacama			20	Rau et al. 1998
Camar			6	Rau et al. 1998
Socaire		3.900	22	Rau et al. 1998
Bofedal de Tumbre		3.843	42	Rau et al. 1998
Laguna Lejía	189,059 km^2	4.250-5.710	30	Este estudio
Geisers del Tatio	839,516 km^2	3.300-5.600	20 32	SGA/GDN 2007 Este estudio
Alrededores del Volcán Licancabur	939,342 km^2	2.780-5.850	26	Este estudio

En la Tabla 4-14 se muestran los registros propios y previos de la avifauna de las cinco áreas de estudio, contrastándolas con lo propuesto por Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) para la provincia de El Loa. A esta lista se han adicionado algunas especies registradas bibliográficamente (observaciones previas) o en este estudio.

TABLA 4-14. AVES DE LA PROVINCIA DE EL LOA (SENSU RAMÍREZ & PINCHEIRA-DONOSO (2005) Y DE CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (2007-2008). N= NUEVA ADICIÓN A LA LISTA PARA LA PROVINCIA DE EL LOA DE RAMÍREZ & PINCHEIRA-DONOSO (2005), A= ACCIDENTAL, E= ERRANTE, H= HIPOTÉTICA, R= RARA, P= PRESENCIA PROBABLE, OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO.

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
ORDEN RHEIFORMES						
Pterocnemia pennata suri, ñandú	X			X		X
ORDEN TINAMIFORMES						
Tinamotis pentlandii perdiz de la Puna, kiula	X				X	X
ORDEN PODICIPEDIFORMES						
Podiceps occipitalis blanquillo	X					
Rollandia rolland pimpollo	X					
ORDEN PELECANIFORMES						
Phalacrocorax brasilianus pato yeco	X					
ORDEN CICONIFORMES						
Bubulcus ibis garza boyera	X					
Ardea alba garza grande	X					
Egretta thula garza chica	X					
Egretta caerulea garza azul	X		X			
Nycticorax nycticorax huairavo	X		X			
Plegadis ridgwayi cuervo de pantano de la puna	X (A)					
Phoenicopterus chilensis flamenco chileno	X			X		X
Phoenicoparrus andinus parina grande	X			X		X
Phoenicoparrus jamesi parina chica	X			X		
ORDEN ANSERIFORMES						
Dendrocygna viduata pato silbón de cara blanca	N-E-R		Op			
Chloephaga melanoptera piuquén	X			X		X
Lophonetta specularioides pato juarjual	X			X		X
Anas cyanoptera pato colorado	X	X	X			
Anas puna pato puna	X				X	X
Anas flavirostris pato jergón chico	X	X	X		X	X
Anas georgica pato jergón grande	X	X	X		X	X
ORDEN FALCONIFORMES						
Circus cinereus vari ceniciento	X		Op			
Parabuteo unicinctus peuco	X					
Geranoaetus melanoleucus águila de pecho negro	X		Op			
Buteo polyosoma aguilucho variado	X	X	X		X	X
Vultur gryphus cóndor	X					X
Phalcoboenus megalopterus carancho cordillerano	X		X	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Falco sparverius cernícalo	X		X			
Falco femoralis halcón perdiguero	X	X	X		X	X
Falco peregrinus halcón peregrino	X		X			
ORDEN GALLIFORMES						
Callipepla californica codorniz	X					
ORDEN GRUIFORMES						
Pardillarus sanguinolentus pidén	X	Op	X			
Gallinula chloropus tagüita del norte	X					
Fulica ardesiaca tagua andina	X	X	X			
Fulica leucoptera tagua chica	X					
Fulica gigantea tagua gigante	X					X
Fulica cornuta tagua cornuda	X					
ORDEN CHARADRIFORMES						
Recurvirrostra andina caití	X					
Vanellus resplendens queltehue de la puna	X					
Pluvialis dominica chorlo dorado	X					
Charadrius alticola chorlo de la puna	X			X		
Oreopholus ruficollis chorlo de campo	X					
Phegornis mitchelli chorlito cordillerano	X					
Tringa melanoleuca pitotoy grande	X					
Tringa flavipes pitotoy chico	X					X
Calidris minutilla playero enano		Op				
Calidris bairdii playero de Baird	X			X		X
Calidris melanotos playero pectoral	X					
Gallinago andina becacina de puna	X					Op
Steganopus tricolor pollito de mar tricolor	X		X	X		
Attagis gayi perdicita cordillerana	X			X		
Thinocorus orbignyianus perdicita cojón	X					X
Thinocorus rumicivorus perdicita chica	X					
Larus serranus gaviota andina	X			X		X
Larus modestus gaviota garuma		X				
ORDEN COLUMBIFORMES						
Columba livia paloma doméstica	X		X			
Zenaida auriculata tórtola	X	X	X			
Zenaida meloda paloma de alas blancas	X		X			
Metriopelia aymara tortolita de la puna	X					Op
Metriopelia melanoptera tórtola cordillerana	X		Op	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
ORDEN PSITTACIFORMES						
Bolborhynchus aurifrons perico cordillerano	X			X		Op
ORDEN STRIGIFORMES						
Tyto alba lechuza blanca	X		X			
Bubo magellanicus tucúquere magallánico	X		X			
Athene cunicularia pequén	X		X			
ORDEN CAPRIMULGIFORMES						
Chordeiles acutipennis gallina ciega peruana	N-A	X	P			
Caprimulgus longirostris gallina ciega	X					
ORDEN APODIFORMES						
Chaetura pelagica vencejo de chimenea	X					
Oreotrochilus estella picaflor de la puna	X			X	X	
Patagona gigas picaflor gigante	X					
Rhodopis vesper picaflor del norte	X					
ORDEN PASSERIFORMES						
Geositta cunicularia minero	X			X		
Geositta isabellina minero grande	X					
Geositta maritima minero chico	X					
Geositta punensis minero de la puna	X			X		
Upucerthia dumetaria bandurrilla	X	X	X	X		
Upucerthia andaecola bandurrilla de las piedras	X					
Upucerthia ruficaudus bandurrilla de pico recto	X			X	X	Op
Cinclodes fuscus churrete acanelado	X		Op			
Cinclodes atacamensis churrete de alas blancas	X				X	X
Leptasthenura aegithaloides tijeral	X		X		X	X
Asthenes modesta canastero chico	X			X	X	X
Phleocryptes melanops trabajador	X	X	X			
Tachuris rubrigastra siete colores del norte	X	X	X			
Agriornis montana mero gaucho	X		X			
Agriornis andicola mero de la puna	X					X
Agriornis micropterus mero de Tarapacá	X					
Muscisaxicola maculirostris dormilona chica	X	X	X		X	
Muscisaxicola maclovianus dormilona tontita		X				
Muscisaxicola albilora dormilona de ceja blanca	X					
Muscisaxicola capistratus dormilona rufa	X					
Muscisaxicola frontalis dormilona frente negra	X			X		
Muscisaxicola rufivertex dormilona de nuca rojiza	X		X	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Muscisaxicola flavinucha dormilona fraile	X			X		X
Muscisaxicola cinerea dormilona cenicienta	X					
Lessonia oreas colegial del norte	X				X	X
Tyrannus tyrannus benteveo blanco y negro	N-E-R		Op			
Tyrannus savana cazamosca tijereta		X				
Pitangus sulphuratus benteveo	N-E-R					
Pygochelidon cyanoleuca golondrina de dorso negro	X	X	X		X	X
Riparia riparia golondrina barranquera	X		Op			
Hirundo rustica golondrina bermeja	X					
Petrochelidon pyrrhonota golondrina grande	X (H)		Op			
Troglodytes aedon chercán	X	X	X		X	
Turdus chiguanco zorzal negro	X				X	
Mimus triurus tenca de alas blancas	X					
Anthus correndera bailarín chico	X					
Conirostrum cinereum comesebo chico		X				
Conirostrum tamarugense comesebo del tamarugal		X				
Thraupis bonariensis naranjero	X					
Phrygilus atriceps cometocino del norte	X			X	X	X
Phrygilus fruticeti yal	X		X		X	
Phrygilus unicolor pájaro plomo	X			X	X	X
Phrygilus plebejus plebeyo	X			X	X	
Phrygilus dorsalis cometocino de dorso castaño	X					X
Phrygilus gay cometocino	N-OP		Op			
Xenospingus concolor pizarrita	X					
Sicalis uropygialis chirihue cordillerano	X			X		
Sicalis auriventris chirihue dorado	X			X	X	
Sicalis olivascens chirihue verdoso	X			X		
Zonotrichia capensis chincol	X	X	X		X	
Icterus galbula bolsero de Baltimore	N-A		Op			
Carduelis uropygialis jilguero cordillerano	X					
Carduelis atrata jilguero negro	X			X	X	X
Passer domesticus gorrión	X	X	X			
TOTAL ESPECIES	118	23	42	30	26	35

Diversidad de avifauna en el Valle de Quillagua

Se registraron 23 especies, que incluyen las 21 especies registradas en este estudio y dos registros previos. En la Tabla 4-15 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 16 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron: tranque Santa Fe y Cultivo con nueve y siete especies respectivamente. El valor más alto de diversidad (H') está en tranque Santa Fe. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una clara tendencia a la homogeneidad, esto es, las poblaciones censadas presentan abundancias similares, sin embargo, esto no es concluyente porque muchas especies censadas presentan muy baja abundancia de individuos. La excepción la constituye tranque Sloman ya que la población de *Fulica ardesiaca* (tagua andina) presenta un número de individuos (31) por sobre lo registrado en las otras poblaciones censadas. Las diferentes estaciones no presentan grandes disimilitudes entre sí, salvo cultivo (Fig 4-16).

TABLA 4-15. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA, 2007.

Estaciones Parámetros	Cultivo	Matorral	Borde del río	Plantación	Tranque Santa Fe	Tranque Sloman	TOTAL
S	7	5	6	4	9	6	16
N	34	22	26	19	41	52	194
AB (%)	17,5	11,3	13,4	9,8	21,1	26,8	100,0
H'	2,6	2,2	2,5	1,9	3,1	1,9	3,5
H' max	2,8	2,3	2,6	2,0	3,2	2,6	4,0
J	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,9

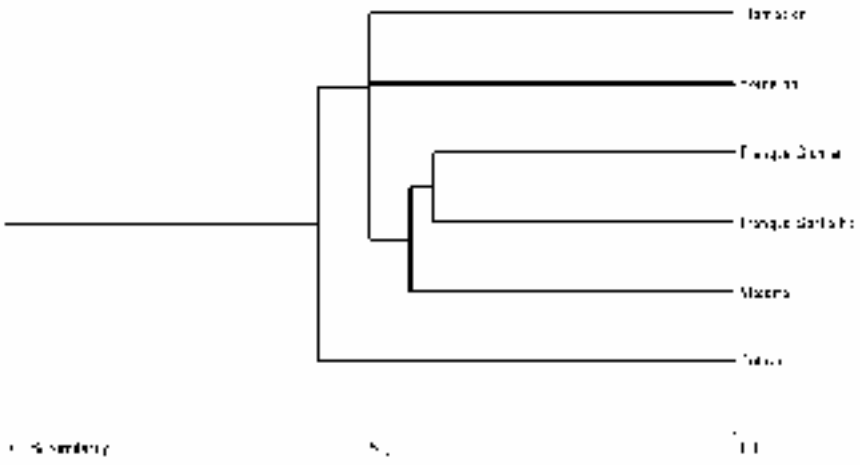


FIGURA 4-16. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL SITIO VALLE DE QUILLAGUA, 2007.

Diversidad de avifauna en el Oasis de Calama

Se registraron 42 especies, que consideran las 31 especies registradas en este estudio, 10 observaciones previas y una especie probable. En la Tabla 4-16 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 20 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones con mayor riqueza fueron Yalquincha, Mirador y pradera agrícola junto con Loa medio. El valor más alto de diversidad (H') está en Yalquincha. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad. En la Fig. 4-17 se aprecia que el ensamble de aves en pradera agrícola es diferentes de los demás, por el número de especies y por no contener aves acuáticas. Son similares Yalquincha, Mirador y Loa medio, que sí contienen aves acuáticas, pudiendo considerárseles integrantes de un mismo ensamble de aves.

TABLA 4-16. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

Estaciones Parámetros	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache	TOTAL AVES
S	7	7	8	6	6	10	6	20
N	20	19	25	22	19	33	26	164
AB (%)	12,2	11,6	15,2	13,4	11,6	20,1	15,9	100,0
H'	2,4	2,5	2,9	2,3	2,4	3,1	2,3	3,6
H' max	2,8	2,8	3,0	2,6	2,6	3,3	2,6	4,3
J	0,9	0,9	01,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8

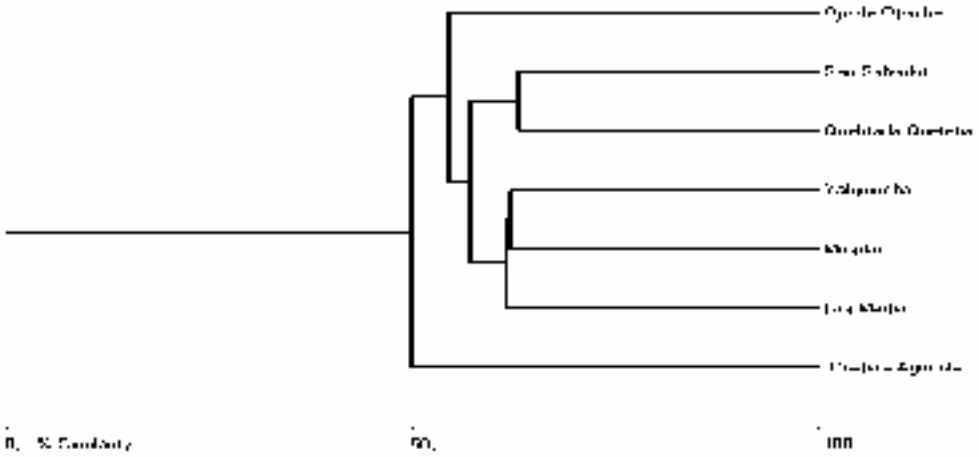


FIGURA 4-17. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SIETE AMBIENTES EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Diversidad de avifauna en Laguna Lejía

Se registraron 30 especies para el sitio de Laguna Lejía. En la Tabla 4-17 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 23 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). La mayor riqueza específica se presentó en LEJ-6 (humedal de Laguna Lejía), con 17 especies censadas, mientras que la menor se presentó en LEJ-4 (pajonal rocoso en laderas), con tres especies. La mayor abundancia relativa se presentó en LEJ-6. El valor más alto de diversidad (H') se registra en esta misma estación, este valor indica que a pesar de constituir la estación con mayor diversidad de especies es poco probable que esta diversidad aumente. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una clara tendencia a la homogeneidad. En la Fig. 4-18 se aprecia que el ensamble de aves de LEJ-6 se separa de los demás al contener un mayor número de especies.

TABLA 4-17. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA. 2008.

ESTACIONES PARÁMETROS	Pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1)	Pajonal tolar en planicie (LEJ-2)	Escoria volcánica (LEJ-3)	Pajonal rocoso (LEJ-4)	Escorial en laguna Seca (LEJ-5)	Humedal Laguna Lejía (LEJ-6)	TOTAL
S	9	6	4	6	6	17	23
N	17	9	8	15	17	155	221
AB (%)	7,7	4,1	3,6	6,8	7,7	70,1	100
H'	0,728	0,569	0,602	0,317	0,610	1,022	1,165
H' max	0,778	0,602	0,602	0,477	0,699	1,230	1,362
J	0,936	0,946	1,000	0,664	0,873	0,830	0,856

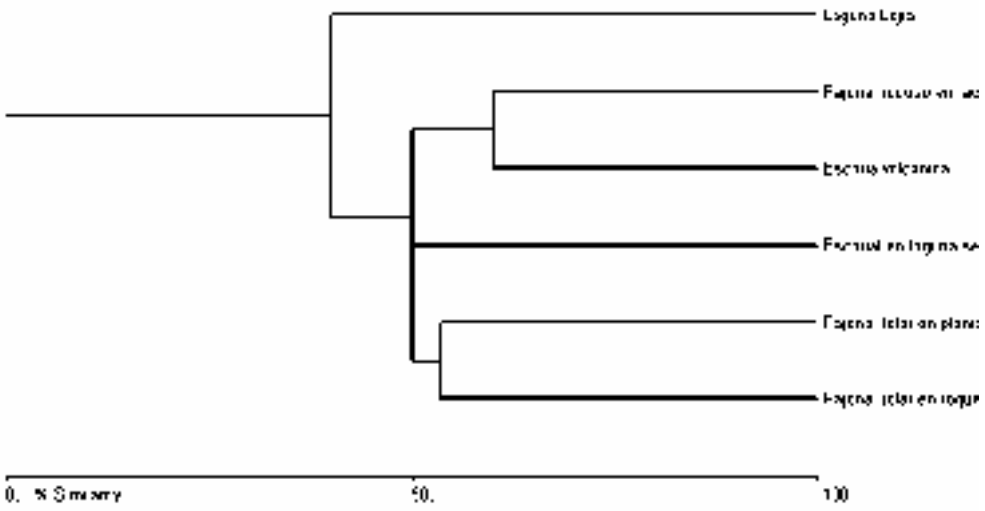


FIGURA 4-18. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL SITIO LAGUNA DE LEJÍA. ENERO 2008.

Diversidad de avifauna en Alrededores del Volcán Licancabur

Se registraron un total de 26 especies. En la Tabla 4-18 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 14 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas fueron LIC-5 (Borde estero) (8) y LIC-2 (pajonal) (5). El valor más alto de diversidad (H') se registra en la estación LIC-5 (borde estero). La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad, puesto que las poblaciones censadas en cada una de las estaciones de muestreo presentan abundancias similares, salvo la estación LIC-1 (cardonal -tolar) en la que existe una gran discrepancia entre las abundancias de las dos especies registradas, presentando por lo tanto un valor de equiparabilidad inferior.

TABLA 4-18. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Estaciones Parámetros	Cardonal tolar (LIC-1)	Pajonal (LIC-2)	Pajonal Tolar (LIC-3)	Tolar (LIC-4)	Borde Estero (LIC-5)	Ojalar (LIC-6)	TOTAL AVES
S	2	5	4	2	8	2	14
N	55	15	14	33	48	10	175
AB (%)	14,3	35,7	28,6	14,3	57,1	14,3	100
H'	0,068	0,679	0,485	0,299	0,848	0,265	0,832
H' max	0,301	0,699	0,602	0,301	0,903	0,301	1,146
J	0,225	0,972	0,805	0,994	0,939	0,881	0,726

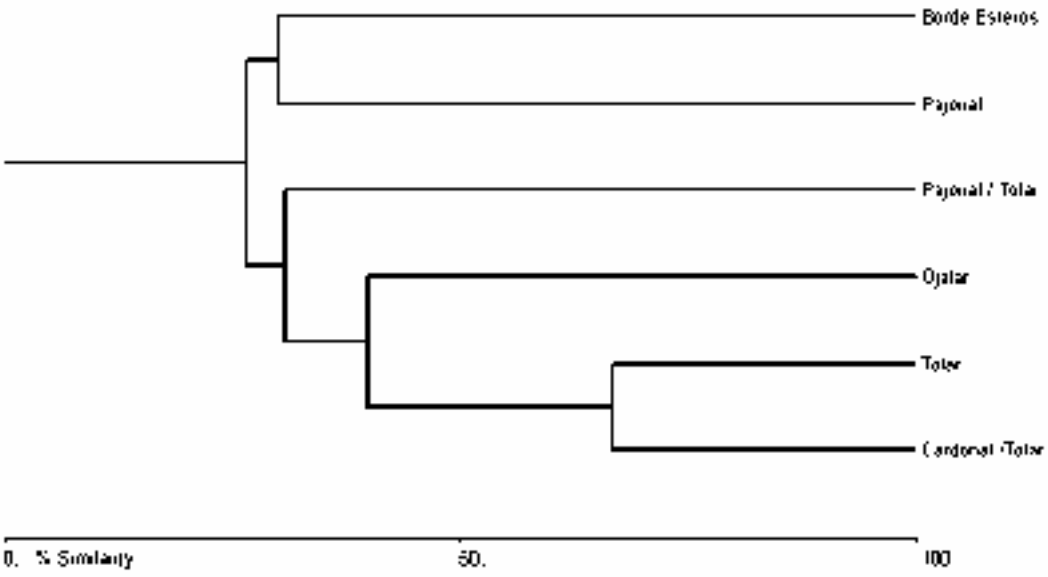


FIGURA 4-19. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

Diversidad de avifauna en Geisers del Tatio

Se registraron 35 especies, incluyendo las 31 registradas en este estudio más cuatro observaciones previas. En la Tabla 4-19 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 29 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas fueron TA-0 (vado Putana) con 15 especies, TA-1 (quebrada Putana) con nueve especies y TA-5 (bofedal) con ocho especies. El valor más alto de diversidad (H') se registra en esta misma estación. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad.

TABLA 4-19. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO EL TATIO, 2008.

Estaciones Parámetros	Vado río Putana (TA-0)	Quebrada Putana (TA-1)	Tolar (TA-2)	Pajonal (TA -3)	Quebrada Geisers (TA-4)	Bofedal (TA-5)	Bofedal Carabineros (TA-6)	Geisers Tatio (TA-7)	TOTAL
S	15	9	4	3	3	8	7	6	29
N	123	32	14	6	7	68	42	42	334
ABR (%)	36,8	9,6	4,2	1,8	2,1	20,4	12,6	12,6	100
H'	1,061	0,916	0,501	0,439	0,415	0,821	0,778	0,592	1,304
H' max	1,176	0,954	0,602	0,477	0,477	0,903	0,845	0,778	1,477
J	0,902	0,960	0,832	0,921	0,870	0,909	0,921	0,760	0,883

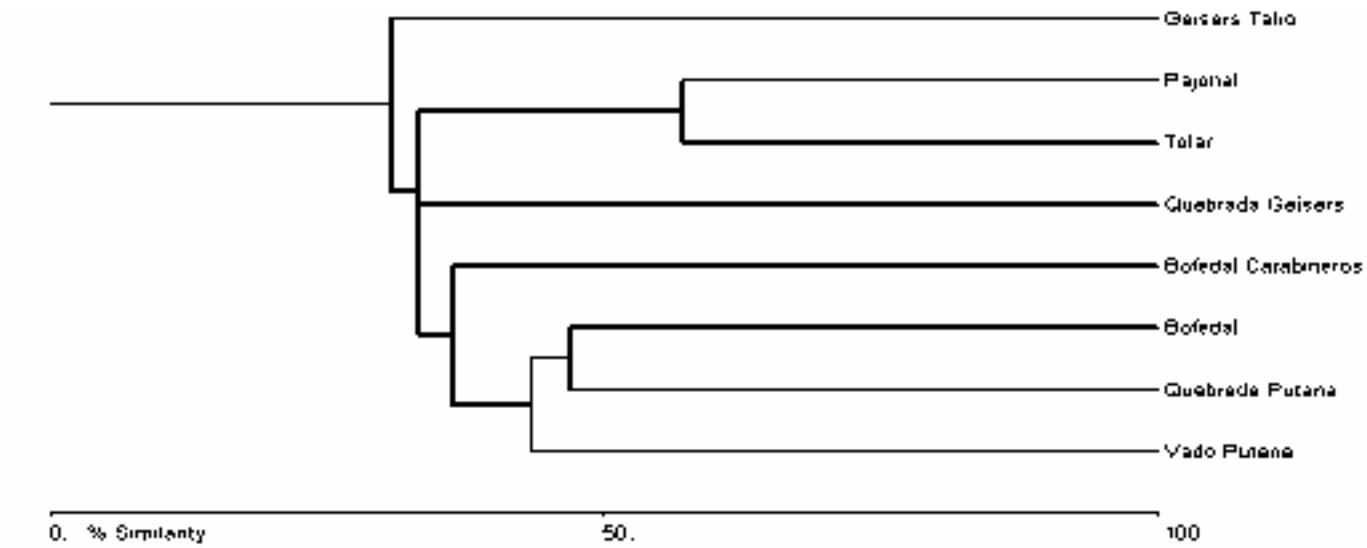


FIGURA 4-20. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE OCHO AMBIENTES EN EL SITIO EL TATIO, PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

Comparación entre las áreas de estudio

Comparamos la similitud/disimilitud entre la composición de especies de aves de los cinco lugares bajo estudio (Tabla 4-20, Fig. 4-21). Se pueden reconocer dos clusters, uno que agrupa al Valle de Quillagua y Oasis de Calama y otro a Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y los Geisers del Tatio. Sin embargo, todos los ambientes comparten una buena proporción de sus especies, salvo el ensamble de aves del Valle de Quillagua y Laguna Lejía, aunque ambos son humedales y debieran contener especies de aves acuáticas comunes. Los ensambles más similares (comparten más especies de aves) son el Valle de Quillagua y Oasis de Calama ya mencionados y Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio, sistemas contiguos y también similares en sus asociaciones vegetacionales.

TABLA 4-20. COMPARACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE AVIFAUNA EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Valle de Quillagua	*	54,2373	3,8462	29,1667	13,7931
Oasis Calama	*	*	11,9403	38,0952	21,9178
Laguna Lejía	*	*	*	39,2857	54,5455
Volcán Licancabur	*	*	*	*	58,0645
Geisers del Tatio	*	*	*	*	*

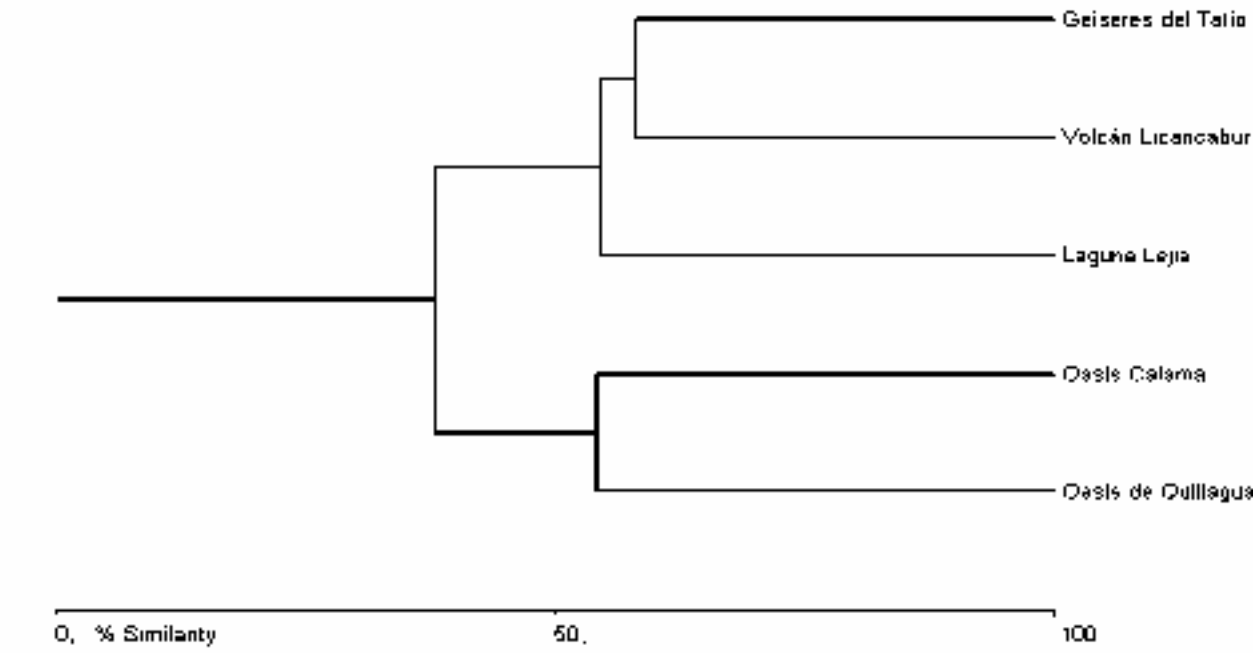


FIGURA 4-21. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

Diversidad de avifauna en las áreas de estudio

Las comunidades vegetales y los ensambles faunísticos de las cinco áreas de estudio son disímiles, es decir no comparten muchas especies entre ellos. En otras palabras los ecosistemas son muy diferentes entre ellos, lo que aumenta la diversidad beta. Por ejemplo para el caso de las aves la diversidad beta es intermedia, lo que concuerda con lo documentado por Rau et al. (1998) en un transecto entre la desembocadura del río Loa y Socaire. Esto contrasta con lo registrado para la zona central, que tiene baja diversidad beta (Cody 1985). Este es, quizá, el mayor valor de la diversidad de las áreas de estudio, si bien la diversidad alfa no es tan relevante, en general, la diversidad ecológica la hace muy atractiva en su conjunto, aún sin considerar su alto nivel de endemismo (e.g., anfibios y reptiles), como se verá más adelante.

3.4. Diversidad de mamíferos

Mamíferos de Chile

De las 106 especies de mamíferos terrestres (incluyendo los voladores) descritas para Chile (Muñoz-Pedreros & Yáñez 2008) Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) documenta 35 especies para la provincia de El Loa (voladores y no voladores, nativos e introducidos) y 24 son consideradas potencialmente presentes en la comuna de San Pedro de Atacama sensu Simonetti & Veloso (2003).

Origen y distribución

Origen de los mamíferos chilenos

Los mamíferos chilenos son una fauna única y variada en sus características, por las diferencias biológicas entre organismos que fueron llegando en momentos distintos del pasado, como por la evolución que tuvieron desde su arribo (Spotorno et al. 2008). Frente a los drásticos cambios geológicos y climáticos (e.g., aparición de cordillera de los Andes) muchas especies se extinguieron, pero otras se adaptaron a los nuevos ambientes áridos. Así los mamíferos chilenos son una mezcla de distintos orígenes y épocas. Pese a la escasez de registro fósil (véase Canto et al. 2008), puede extrapolarse con los abundantes registros en Argentina, más aún si antaño pertenecían a un solo sistema territorial (Patterson & Pascual 1972, Reig 1981).

Para analizar el origen de la fauna de mamíferos se usa el concepto de horofauna (conjunto de especies que coexisten y se diversifican en un área determinada durante un lapso prolongado del tiempo geológico, y que, por esta razón, representan una unidad biogeográfica perdurable). En Sudamérica se distinguen cuatro horofaunas sucesivas de mamíferos: la protohorofauna gondwánica, la paleohorofauna sudamericana, la cenohorofauna y la neohorofauna (Fig. 4-22), más la horofauna reciente, que es la que existe actualmente (Reig 1981, Spotorno et al. 2008).

Por razones de espacio abordaremos el origen de los mamíferos chilenos desde la cenohorofauna, caracterizada por el levantamiento del territorio y formación de la cordillera de Los Andes.

El cambio climático y geomorfológico fue dramático, con la formación del empinado altiplano se consolidó su separación y aislamiento del sistema patagónico. Incluso en la actualidad la vegetación de ambos territorios contienen elementos desérticos comunes (Spotorno & Veloso 1990). La fauna local de marsupiales, xenartros (quirquinchos) y notungulados sobrevivientes se vio incrementada con linajes africanos y norteamericanos como roedores caviomorfos, primates platirrinos, algunos quirópteros (murciélagos) y sirenios de África, y posteriormente roedores cricétidos y más quirópteros originarios de Norteamérica.

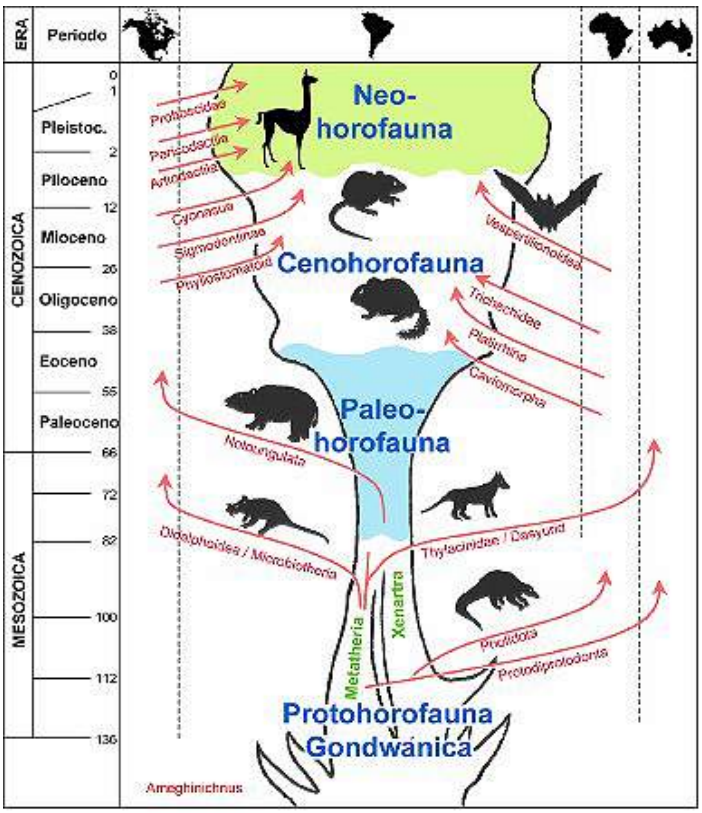


FIGURA 4-22 Horofaunas sucesivas de mamíferos sudamericanos. (Tomado de Spotorno et al. 2008, modificado de Reig 1981).

De esta forma los roedores caviomorfos fueron uno de los grupos más característicos y diversos de Suramérica. Los caviomorfos son inicialmente herbívoros pequeños a grandes, de ambientes preferentemente húmedos, (como los ancestros del coipo). Los cambios climáticos los extinguieron en los nuevos y secos territorios asociados a los Andes y evolucionaron, en el sur de Sudamérica, los chinchíllidos (chinchillas y vizcachas).

La llegada de los roedores cricétidos sigmodontinos, aparentemente de Norteamérica, aumenta notoriamente el número de especies hasta la actualidad. Son especies pequeñas y omnívoras, aunque algunos han evolucionado a formas herbívoras. Los sigmodontinos sudamericanos se agrupan en: (a) pequeños omnívoros-insectívoros de ambientes más bien húmedos como los oryzominos y los akodontinos y (b) herbívoros de ambientes más secos como los filotinos (Spotorno 1986). Por el gran número de géneros y especies que viven hoy en el Altiplano, es muy probable que éste sea el centro de origen de los filotinos (Reig 1987, Spotorno et al 2008). Otros grupos de roedores tomaron caminos curiosos, como los ancestros de *Loxodontomys* y *Auliscomys* que migraron desde el altiplano hasta la Patagonia y desde allí ingresaron nuevamente a Chile, atravesando la cordillera de los Andes a la altura de Concepción o un poco más al sur (Reig 1986, Simonnetti & Spotorno 1980, Spotorno et al 2008).

Caviedes & Iriarte (1989) proponen que la expansión hacia el sur de los sigmodontinos (antes del Cuaternario), fue posible a través de la vertiente este de los Andes, porque la aridez del desierto de Atacama habría impedido la dispersión por el sector oeste y que la altura de la cordillera y su clima frío más al sur limitó el paso desde el este. De este modo el paso de un lado a otro sólo habría ocurrido en ciertos períodos del Pleistoceno y la progresiva desertización de esta área habría clausurado el paso, aislando esta fauna. Esto es rebatido, por ejemplo por Marquet (1989), que asegura que el desierto no representó una barrera insalvable a la dispersión y que la baja diversidad actual del desierto de Atacama se explicaría por episodios sucesivos de colonización y extinción. Por otro lado Meserve & Kelt (1990) indican que la colonización tuvo muchas vías de entrada y que los ensambles de la zona central no están empobrecidos. La ausencia de especies independientes del agua y la distribución costera de algunas especies peruanas sugiere a estos autores que la baja riqueza del norte se debe a procesos de extinción local e inmigración, más que a aridez y aislamiento por sí solos.

Respecto a la neohorofauna**,** aquí se produjo otro evento crucial: la conexión terrestre de Norteamérica con Sudamérica en el istmo de Panamá, con la consiguiente migración masiva en ambos sentidos, llegando la diversidad suramericana a su máximo conocido. De esta forma, en los últimos dos millones de años llegan, primero los carnívoros (e.g., cánidos, mustélidos, félidos), luego los artiodáctilos (e.g., camélidos y cérvidos) y finalmente los perisodáctilos y proboscídeos, que evolucionan formando nuevas especies que se integran a la cenohorofauna. En el altiplano es relevante conocer el origen de algunos grupos de mamíferos. Por ejemplo los camélidos (e.g., las actuales vicuñas y llamas) se originaron en los llanos del oeste norteamericano, durante el Eoceno (40 a 45 millones de años) evolucionando en el Plioceno en los grupos *Camelini* y *Lamini*. Un representante de este último grupo migró a Sudamérica a través de la cordillera de los Andes adaptándose a estos ambientes áridos y semiáridos. Siete millones de años más tarde se diferenciaron los géneros: *Lama* y *Vicugna* (Wing 1986, Spotorno et al. 2008), evolución apremiada, no solamente por la elevación del territorio, sino que también por las glaciaciones, que en el eje norte sur de la cordillera de los Andes, al bajar los hielos en ciertos tramos, aisló las poblaciones de mamíferos. Spotorno et al. (1998a) así explican que el pariente más próximo del roedor *Phyllotis darwini* de la costa de Chile central sea *Phyllotis magíster* que hoy vive en la precordillera de Arica Parinacota y en la costa y precordillera de la Región de Antofagasta, teniendo ambos un ancestro común cercano (Walker et al. 1999).

La evidencia geológica indica que el área de Atacama presentó períodos bastante más húmedos que en el presente durante el Pleistoceno, con presencia de grandes mamíferos tales como mastodontes y ciervos. De este modo la reducida fauna actual del desierto de Atacama probablemente represente remanentes de faunas previamente más extensas y no colonizaciones recientes. Por esta misma razón parece poco probable que la fauna de mamíferos de Chile sea relativamente pobre debido a que permaneció aislada del resto del continente por la existencia de desierto de Atacama (Contreras & Torres-Mura 2008).

Respecto a la fauna reciente la penúltima y última llegada importante de grupos de mamíferos a Sudamérica y a Chile, fue a través del estrecho de Behring (unos 40.000 AP) nucleados alrededor de humanos cazadores que avanzaron de norte a sur y que en el actual Chile depredaban sobre mastodontes, caballos, camélidos y ciervos. El único centro importante de domesticación de mamíferos en América fue el de los Andes del centro y sur, domesticándose la llama (*Lama glama*), la alpaca (*Lama pacos*) y el cuy (*Cavia porcellus*). Se concuerda que la llama fue domesticada a partir del guanaco (*Lama guanicoe*); y la alpaca probablemente se hizo

a partir de la vicuña (*Vicugna vicugna*). Para el cuy la domesticación fue a partir de *Cavia tschudii* (Spotorno & Veloso 1990, Redford & Eisenberg 1992, Bruford et al. 2003, Spotorno et al. 2004, Spotorno et al. 2008). La segunda oleada de humanos y su fauna acompañante fueron a partir de la conquista española hace medio milenio y que aún continúa. En ésta se introdujeron, conciente e inconscientemente especies domésticas (e.g., bovinos, equinos, caprinos) y comensales (e.g., roedores como *Mus musculus, Rattus rattus, Rattus norvegicus*).

Así, la actual fauna de mamíferos de Chile está compuesta en un 7% por descendientes de los grupos más antiguos (Marsupialia y Xenarthra), en un 30% por roedores (Hystricognata) y en un 63% por mamíferos de origen norteamericano más reciente (Contreras & Torres-Mura 2008).

Distribución de los mamíferos chilenos

La biogeografía estudia la distribución de las especies y se alimenta, complementariamente de explicaciones históricas (orígenes, dispersión y extinción de biotas) y ecológicas (interacciones entre los organismos y sus ambientes físicos y bióticos), originando la filogeografía (que reúne a la genética de poblaciones y la sistemática) y que se aplica a especies relacionadas a taxones infraespecíficos, y consiste en el análisis espacial de los linajes génicos (Avise 2000).

El número total de especies de mamíferos terrestres existentes en Chile (102) es bajo si se compara con lo esperado para el área del Neotrópico (281 especies), pero toda el área del cono sur de Sudamérica tiene un bajo número de especies por km^2 (Contreras & Torres-Mura 2008). Existen zonas con bajo número de especies como el desierto de Atacama, la cordillera de la región de Valparaíso, los bosques lluviosos templados de la costa del extremo sur y el archipiélago fueguino (Fig. 4-23).

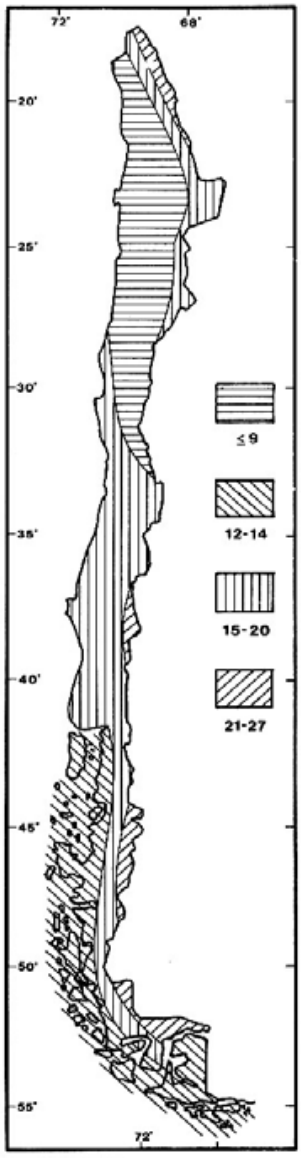


FIGURA 4-23. PATRÓN DE RIQUEZA DE ESPECIES DE MAMÍ O VOLADORES EN CHILE. TOMADO DE CONTRERAS & TORRES-MURA (

La baja diversidad de mamíferos del desierto de Atacama se prolonga hacia el sur más en el interior que a lo largo de la costa, ya que ésta tiene menor aridez por la mayor distribución de vegetación producto de mayor disponibilidad de humedad. Las zonas con mayor diversidad son el altiplano en el extremo noreste y las zonas con influencia patagónica en el centro-sur de Chile (e.g., Alto Biobío, Coihaique y Torres del Paine). La fauna altiplánica es compartida con Perú, Bolivia y Argentina y disminuye junto con el gradiente de precipitaciones, hacia el oeste y el sur, dominado por el desierto.

Contreras & Torres-Mura (2008) concluyen, también, que la diversidad de especies de mamíferos terrestres no voladores aumenta de oeste a este en el norte y en el sur y, viceversa en Chile central mediterráneo árido. Esta fauna no se encuentra homogéneamente distribuida en estas áreas y raramente se registrarán todas las especies en una misma localidad. En el desierto de Atacama esto es notorio, ya que las especies pequeñas (e.g., marsupiales, roedores), están circunscritas a localidades con condiciones especiales (e.g., oasis y quebradas), presentándose extensas superficies de territorio sin especies de mamíferos.

Contreras & Torres-Mura (2008) consideraron la fisiografía de Chile y los registros disponibles de presencia de mamíferos, caracterizando 26 áreas geográficas y realizaron un análisis de agrupamiento entre áreas. Sus resultados les permitieron distinguir seis grupos de áreas (Fig. 4-24). El primer nodo separa la fauna del altiplano de la región de Arica Parinacota incluso de la fauna de zonas cercanas como los ambientes andinos inmediatamente al sur y al oeste. El segundo nodo separa las áreas del extremo sur (de ambientes abiertos y de estepa patagónica) de las áreas del norte, centro y sur del país. El resto de las áreas de Chile se aglutinan en dos grupos (Fig. 4-24). La separación del desierto de Atacama dentro de las áreas del norte se debe al bajo número de especies presentes y no a que en él no existan especies compartidas con las otras áreas. Para nuestras áreas de estudio el altiplano de la región de Antofagasta (número siete en la figura con 11 especies) presenta similitud con la zona de alturas (> 2.800 msm) de la región de Coquimbo (número nueve en la figura, con siete especies) y el altiplano de la región de Tarapacá (número cinco en la figura con 17 especies). Estos autores indican que sus resultados pueden variar ya que hay dos zonas de Chile con notables carencia de registros: los ambientes andinos localizados entre los 23°S (salar de Atacama) y 33°S (Santiago) y la zona de los canales entre los 44° y los 52°S.

Según Contreras & Torres-Mura (2008) el grupo de zonas de la Fig. 4-24 con menor endemismo corresponden a los Andes de Chile central (0/13 = 0,0) y el Alto Biobío (2/22= 0,09). Chile central mediterráneo y los bosques templados presentan valores intermedios (3/19 = 0,1 y 5/19 5 = 0,26 respectivamente). En total existen 12/102 = 0,11 especies endémicas de MTNV en Chile. Estas corresponden a 11 roedores (*Chelemys megalonyx*, *Pearsonomys annectens*, *Phyllotis darwini*, *P. osgoodi*, *Chinchilla lanigera*, *Octodon degus*, *O. lunatus, O. pacificus*, *Spalacopus cyanus*, *Ctenomys fulvus robustus*, y *Abrocoma bennetti*), y un cánido (*Lycalopex fulvipes*). El roedor subterráneo *Ctenomys fulvus*, del desierto de Atacama, se encuentra en un ambiente aislado.

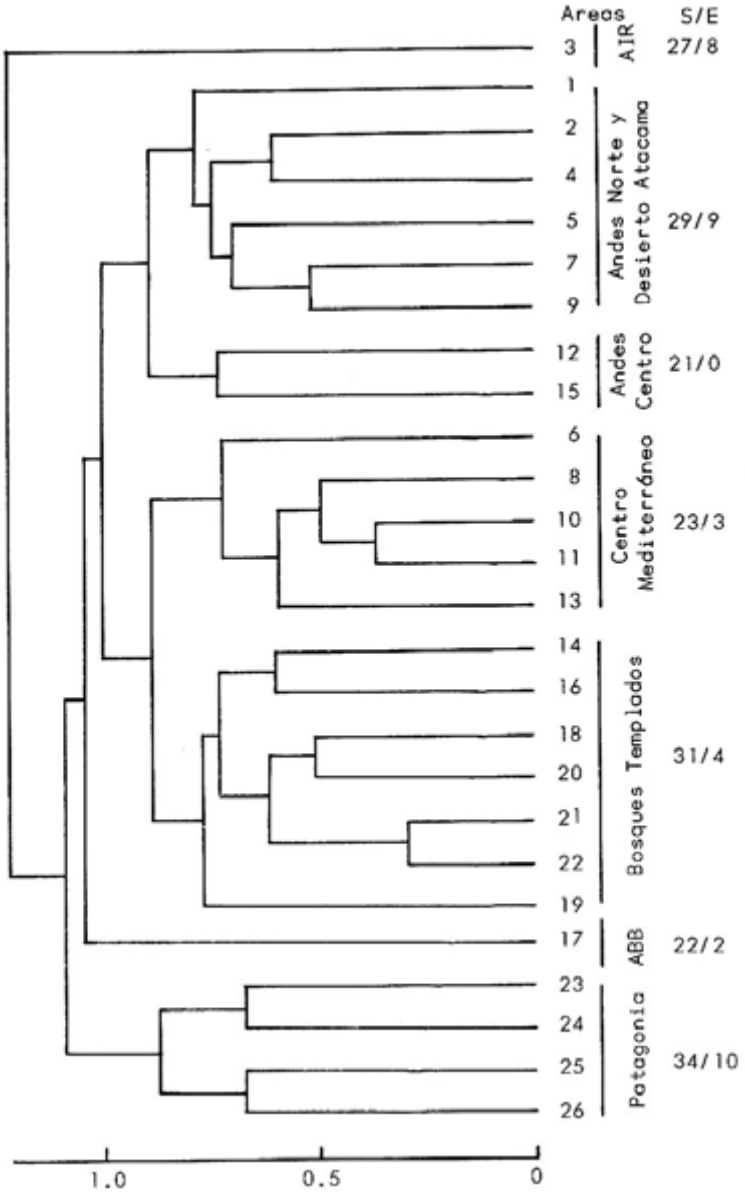


FIGURA 4-24. RELACIONES DE SIMILITUD DE FAUNA DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO VOLADORES (MTNV) ENTRE 26 LOCALIDADES DE CHILE. Calculadas utilizando el índice de distancia promedio y el algoritmo de las medias aritméticas no ponderadas de grupos pares (UPGMA). 1. Desierto de Atacama, 2. Precordillera región Arica Parinacota, 3. Altiplano región Arica Parinacota, 4. Precordillera de región de Tarapacá, 5. Altiplano de región de Tarapacá, 6. Paposo-Caldera, 7. Altiplano de región de Antofagasta, 8. < 2.800m región de Coquimbo, 9. > 2.800m región de Coquimbo, S= Riqueza de Especies, E= Número de especies endémicas. Tomado de Contreras & Torres-Mura (2008).

Mamíferos de la región de Antofagasta y provincia de El Loa

Spotorno et al. (1998), desarrollaron un estudio, en dos transectos desde la costa a la cordillera de los Andes; el primero desde el límite sur en la costa de la región de Antofagasta en Paposo, subiendo hacia el noroeste, y el segundo desde el límite norte de la desembocadura del río Loa, hacia el suroeste. Ambos transectos comprenden las cuatro zonas bioclimáticas descritas por di Castri (1968) para esa región del país, atravesando además el gradiente altitudinal.

Se puede decir que la fauna de micromamíferos de Antofagasta se encuentra formada por tres grupos de especies (sensu Spotorno et al.1998): (a) las de origen sureño, que alcanzan allí su máxima distribución norte: *Thylamys elegans, Phyllotis darwini, Abrothrix olivaceus*, y antes de su extinción local *Chinchilla lanigera*, (b) las de origen norteño, que alcanzan su máxima distribución al sur u oeste en Antofagasta: *Thylamys pallidior, Chinchilla brevicaudata, Abrocoma cinerea, Ctenomys opimus, Hippocamelus antisensis, Phyllotis magister, Akodon albiventer, y Auliscomys sublimis* (Reise & Venegas 1987) y (c) las endémicas, que sólo viven en esa región: *Abrothrix* del Salar de Atacama, y tal vez *Eligmodontia puerulus.* Por otro lado las especies de los ensambles de micromamíferos de ecosistemas desérticos se caracterizan por presentar un patrón más de tipo individualista que en base a una estructura comunitaria. De este modo se presentan bajas diversidades alfa y altas diversidades betas, lo que hace suponer la relevancia de la estructura del hábitat, por ejemplo, en una dinámica metapoblacional fuente-sumidero y procesos acoplados de competencia y depredación (Marquet 1994, Rau et al. 1998).

En la Tabla 4-21 se presentan los registros de mamíferos para la provincia de El Loa y el Valle de Quillagua, provincia de Tocopilla.

TABLA 4-21. MAMÍFEROS REGISTRADOS EN LA PROVINCIA DE EL LOA Y VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA. *= REGISTRADO COMO *P. DARWINI RUPESTRIS,* **= REGISTRADO COMO *P. XANTOPHYGUS RUPESTRIS.*

ESPECIE	LOCALIDAD DE REGISTRO	FUENTE	MÉTODO DE REGISTRO
Thylamys pallidior yaca	Quebrada de Soncor Tumbre	Spotorno et al. 1998 Spotorno et al. 1998	trampas trampas
Myotis atacamensis murciélago de atacama	Tranque Santa Fé, Quillagua (1) San Pedro de Atacam	Este estudio Lataste 1896	avistamiento avistamiento
Chaetophractus nationi quirquincho peludo de la puna	Paso Jama	Este estudio	madriguera
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco	Toconce Camino volcán Licancabur El Tatio, pajonales	Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas
Abrothrix andinus ratón andino	San Pedro de Atacama Toconao, alrededores Quebrada de Jerez, Toconao Talabre Viejo Laguna Lejía Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio	Osgood 1943 Spotorno et al. 1998 Rau et al. 1998 Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio SGA/GDN 2007	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas

	El Tatio Quebrada Putana	Este estudio Este estudio	trampas trampas
Abrothrix olivaceus ratón olivaceo	Tranque Santa Fé, Quillagua [(1)] Orilla río Loa, Quillagua[(1)] Ojo Opache, Calama Mirador, Calama	Este estudio Este estudio Rau et al. 1998 Este estudio	trampas trampas trampas trampas
Calomys lepidus lauchita peruana	San Pedro de Atacama Ojos de San Pedro	Pine et al. 1979 Koford 1955	trampas
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso	San Pedro deAtacama, Pozo 3 Talabre Viejo Camino azufrera, Licancabur Toconce Salar de Atacama 10 km int. Tumbre	Reise & Venegas 1987 Rau et al. 1998 Este estudio Marquet et al. 1998 Spotorno et al. 2001 Spotorno et al. 2001	trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Phyllotis rupestris lauchón orejudo	Geisers del Tatio Río Puritana, volcán Licancabur San Pedro de Atacama, Pozo 3 San Pedro de Atacama Beter (2.380 msm) Licancabur, paso Jama (km 20) Camino paso Jama Quebrada de Jerez, Toconao Toconao, alrededores Talabre Viejo Río Grande norte San Pedro Camino volcán Licancabur Pajonal camino azufrera Sasie El Guatín, Licancabur	Reise & Venegas 1987* Reise & Venegas 1987* Reise & Venegas 1987* Spotorno et al. 2001 Marquet et al. 1998** Reise & Venegas 1987 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Reise & Venegas 1987* Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Phyllotis magister lauchón orejudo grande	Ojo Opache, Calama Oasis de Calama Camino Mirador, Calama Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio Camino al Tatio Quebrada de Putana, El Tatio Geiseres del Tatio El Tatio	Rau et al. 1998 Elgueta 2006 Este estudio Este estudio Osgood 1943** Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Auliscomys sublimis ratón de la puna	El Tatio Toconce	Reise & Venegas 1987 Koford	trampas trampas
Lagidium viscacia vizcacha	Camino al Paso Huaytiquina Talabre Viejo El Tatio Camino azufrera Sasie Cuesta del Diablo Paso Jama, Licancabur Camino Laguna Mistaqui	Spotorno et al. 1998 Cortes et al. 2002 SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento
Chinchilla brevicaudata chinchilla cordillerana	Camino al paso Huaytiquina	Spotorno et al 1998	avistamiento
Abrocoma cinerea ratón chinchilla de cola corta	San Pedro de Atacama Licancabur, paso Jama (km 20) Camino al paso Huaytiquina	Pine et al 1979 Reise & Venegas 1987 Spotorno et al 1998	trampas trampas trampas

	Talabre Viejo	Rau et al. 1998	trampas
	Talabre Viejo	Cortes et al 2002	trampas
	Tumbre	Spotorno et al 1998	trampas
	El Tatio	SGA/GDN 2007	
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama	San Pedro de Atacama	Osgood 1943	
	Socaire (Aguas calientes)	Feito & Gallardo 1982	
	Salar de Atacama	Hickman 1985	
	Salar de Atacama	Reise &Venegas 1987	trampas
	Salar de Atacama	Cortés et al 2000	
	Salar de Atacama	Spotorno et al. 1998	cuevas
	Salar de Atacama	Rau et al. 1998	cepos
	Laguna Lejía	Contreras, Yáñez y Núñez rec.	cepos
	Laguna Seca (L. Lejía)	Este estudio	avistamiento
	Laguna Lejía	Este estudio	avistamiento
	Salar de Aguas Calientes	Este estudio	avistamiento
	Camino azufrera Sasie	Este estudio	cuevas
Ctenomys opimus tuco tuco de la puna	Camino al paso Huaytiquina	Spotorno et al 1998	cuevas
	Talabre Viejo	Rau et al. 1998	cepos
Rattus norvegicus guarén	Ojo de Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
Rattus rattus rata de campo	Ojo de Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Ojo Opache, Calama	Rau et al. 1998	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
	Yalquincha, Calama	Este estudio	trampas
	San Salvador, Calama	Este estudio	trampas
	Loa medio, Calama	Este estudio	trampas
Mus musculus laucha doméstica	Tranque Santa Fe, Quillagua[(1)]	Este estudio	trampas
	Valle de Quillagua[(1)]	Este estudio	trampas
	Ojo Opache, Calama	Rau et al. 1998	trampas
	Ojo Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
	Yalquincha, Calama	Este estudio	trampas
	San Salvador, Calama	Este estudio	trampas
	Loa medio, Calama	Este estudio	trampas
	Mirador, Calama	Este estudio	trampas
	Praderas y cultivos, Calama	Este estudio	trampas
Oryctolagus cuniculus conejo	Oasis de Calama	Elgueta 2006	en feca de zorro
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	Oasis de Calama	Elgueta 2006	fecas, informante
	Camino Stgo. de río Grande	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Camino al Tatio	Este estudio	trampas cámara
	El Tatio	SGA/GDN 2007	avistamiento
	Camino al Tatio	Este estudio	avistamiento
	Geiseres del Tatio	Este estudio	avistamiento
	El Guatín	Este estudio	informante local
	Camino paso Jama	Ramírez & Donoso-P. 2005	feca
	Camino volcán Licancabur	Este estudio	avistamiento
	Toconao	Spotorno et al 1998	avistamiento
	Camino Toconao	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Laguna Lejía	Este estudio	feca
	Salar de Atacama	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Interior de Socaire	Ramírez & Donoso-P. 2005	

Lycalopex griseus zorro chilla	Toconao Ojo de Opache	Spotorno et al 1998 Spotorno et al 1998	avistamiento avistamiento
Galictis cuja quique	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	fecas
Puma concolor puma	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	fecas
Leopardus colocolo colo colo	Toconao, alrededores El Tatio El Guatín, Licancabur	Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007 Este estudio	 informante local
Lama glama llama	Talabre Viejo Camino a Talabre Viejo Tumbre Tumbre Laguna Lejía El Tatio, bofedales	Este estudio Este estudio Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento
Lama guanicoe guanaco	"Desierto Interior" Entre San Pedro y el Guatín	Spotorno et al. 1998 Este estudio	avistamiento avistamiento
Vicugna vicugna vicuña	Salar de Carcote Salar de Ascotán Salar de Pujsa Salar Aguas Caliente El Tatio Este del Licancabur Laguna Lejía Camino al paso Jama Camino al paso Jama Camino al paso Jama El Tatio El Tatio, bofedales Camino azufrera Sasiel Cuesta del Diablo Laguna Lejía Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio Talabre Viejo	Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento restos óseos avistamiento
Hippocamelus antisensis taruca	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	restos óseos
Equus asinus burro	Laguna Lejía (10 km oeste) El Tatio, bofedales	Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento

Especies de mamíferos consideradas raras para el área de estudio

Thylamys pallidior (llaca de la puna) ha sido registrada, principalmente, en el altiplano de Tarapacá (e.g., Socoroma, Chapiquiña, Zapahuira) (Muñoz-Pedreros & Palma 2008) y sólo en la quebrada de Soncor a 3.830 msm por Spotorno et al. (1998), no sería extraño que mayores esfuerzos de captura amplíen su distribución.

Calomys lepidus (lauchita peruana) fue registrada en Ojos de San Pedro por Koford (1955) y luego en San Pedro de Atacama por Pine et al. (1979). Desde esa fecha no contamos con registros conocidos para esta especie, aún cuando Spotorno et al. (1998) la presume presente en la puna de la provincia de El Loa incluyéndola en un diagrama que presenta.

La sistemática del grupo de los filotinos ha sido controversial. La tribu Phyllotini (unas 46 especies), adaptadas a ambientes secos, parece haber tenido al altiplano sur como área de diferenciación original (Spotorno et al. 2001). La subespecie *Phyllotis xanthopygus rupestris* fue incorporada a la especie *P. limatus* por Steppan (1998), aunque Kramer et al. (1999) la mantiene como subespecie de *P. xanthopygus*. Por otro lado registros previos de *P. darwini* en el Tatio, San Pedro de Atacama y Licancabur (e.g., Osgood 1943, Reise & Venegas 1987), según Steppan (1998) atribuidos luego a *P. xanthopygus rupestris*, serían en definitiva *P. limatus*. Sin embargo seguimos a Spotorno (com. per.) que no considera para el área de estudio a *P. limatus*, *P. xanthopygus* y *P. darwini* y considera como especie plena a *P. rupestris.*

Chinchilla brevicaudata (chinchilla cordillerana) fue avistada por Spotorno et al. 1998), hecho notable ya que Jiménez (1996) aseguró que las últimas observaciones de esta especie en estado silvestre fueron en 1953; pero no indican el lugar preciso (“más al sur del camino al paso de Huaytiquina”). Valdría la pena realizar excursiones específicas para documentar mejor este hallazgo.

Ctenomys opimus (tuco tuco de la puna) fue registrado por Spotorno et al. (1998) y Rau et al. (1998), aparentemente en las mismas expediciones, el primero lo registra en el camino al paso Huaytiquina (sin indicar localidad) a partir de sus cuevas y el segundo en capturas mediante cepos en Talabre Viejo (3.360 msm), por lo que podría estar en el área de estudio Laguna Lejía.

Lama guanicoe (guanaco) fue avistado por Spotorno et al. (1998) en “piños reducidos en el Desierto Interior”. En este estudio avistamos un juvenil en el camino entre San Pedro y el Guatín (registro fotográfico). Pero en toda la expedición no volvieron a ser registrados. Es posible que esté presente en sitios con menor acceso.

Hippocamelus antisensis (taruca) es registrado por Spotorno et al. (1998) a partir de los restos de una pata, sin indicar localidad, por lo que su presencia en la provincia de El Loa es aún hipotética.

Mamíferos registrados para las áreas de estudio

En base a los registros de este estudio y a observaciones previas presentamos la Tabla 4-22 con las especies de mamíferos presentes en las cinco áreas de estudio.

TABLA 4-22. MAMÍFEROS EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (2007-2008). P= PRESENCIA PROBABLE, OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO.

Especie	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Myotis atacamensis murciélago de atacama	X				
Chaetophractus nationi quirquincho peludo de la puna				X	
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco				X	X
Abrothrix andinus ratón andino			X		X
Abrothrix olivaceus ratón olivaceo	X	X			
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso				X	
Phyllotis rupestris lauchón orejudo		X		X	Op
Phyllotis magister lauchón orejudo grande		X	X	P	X
Auliscomys sublimis ratón de la puna					Op
Lagidium viscacia vizcacha			P	X	X
Chinchilla brevicaudata chinchilla cordillerana			P		
Abrocoma cinerea ratón chinchilla de cola corta			P	Op	Op
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama			X	X	
Ctenomys opimus tuco tuco de la puna			P		
Rattus norvegicus guarén		X			
Rattus rattus rata de campo	X	X			
Mus musculus laucha doméstica	X	X			
Oryctolagus cuniculus conejo		Op			
Lycalopex culpaeus zorro culpeo		Op	X	X	X
Lycalopex griseus zorro chilla		Op			
Leopardus colocolo colo colo				X	Op
Lama glama llama			X	X	X
Lama guanicoe guanaco				X	
Vicugna vicugna vicuña			X	X	X
Equus asinus burro			X	P	X
TOTAL	4	9	11	14	12

Diversidad de mamíferos en el Valle de Quillagua

Se registraron cuatro mamíferos para el área. En la Tabla 4-23 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. Se excluye en el análisis el registro de *M. atacamensis*, porque el registro fue obtenido fuera de censo. Las estaciones de muestreo no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza específica (S) esto porque el número de especies registrado es mínimo, y la mayoría registra sólo dos especies, excepto la estación Matorral en donde sólo se detectó una especie, el roedor introducido *M. musculus* (laucha). Los valores de diversidad (H') no presentan diferencias entre las estaciones muestreadas producto de la baja riqueza específica y el bajo número de ejemplares capturados. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad.

TABLA 4-23. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL VALLE DE QUILLAGUA, 2007. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Cultivo	Matorral	Borde Río	Plantación	Pradera	Tranque Santa Fé	TOTAL
MICROMAMÍFEROS							
S	2	1	2	2	2	2	3
N	3	12	12	2	2	19	50
ABR (%)	6,0	24,0	24,0	4,0	4,0	38,0	100,0
H'	0,9	0,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,2
H' max	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6
J	0,9	1,0	0,7	1,0	1,0	1,0	0,7
TOTAL MAMÍFEROS							
Abrothrix olivaceus laucha olivacea	C		C			C	
Rattus rattus rata de campo				C	C		
Mus musculus laucha doméstica	C	C	C	C	C	C	
Myotis atacamensis murciélago oreja de ratón del norte						A	

Diversidad de mamíferos en el Oasis de Calama

Se registraron nueve especies de mamíferos, que consideran las seis registradas en este estudio y tres registros previos (Tabla 4-22). En la Tabla 4-24 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las cinco especies censadas en las estaciones muestreo. No se incluyen los registros previos ya que no pueden asignarse a una estación particular sino al área en su conjunto. Se excluye el registro de P. rupestris (lanchón orejudo) de la estación Mirador por captura fuera de censo. Las estaciones de muestreo que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron Ojo de Opache, Loa Medio y Quebrada Quetena. El valor más alto de diversidad (H') se registra en la estación Ojo de Opache. La equiparabilidad (J) presentó valores que indican un tendencia a la heterogeneidad, es decir, las poblaciones encontradas tienden a presentan abundancias muy disímiles entre sí, esto es especialmente válido en todas las estaciones muestreadas en donde las mayores abundancias fueron para M. musculus (en todos los sectores). Esto se explicaría por la modificación antrópica del área.

TABLA 4-24. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN SIETE ESTACIONES DEL OASIS DE CALAMA. 2007. *= AVISTAMIENTOS REALIZADOS EN ESTE ESTUDIO FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache	TOTAL
MICROMAMÍFEROS								
S	1	3	2	3	2	2	4	5
N	6	27	15	85	45	12	83	273
ABR (%)	2,2	9,9	5,5	31,1	16,5	4,4	30,4	100,0
H'	0,0	0,9	0,6	0,2	0,3	0,4	1,2	0,8
H' max	0,0	1,0	1,0	1,6	1,0	1,0	2,0	2,3
J	0,0	0,5	0,6	0,1	0,3	0,4	0,6	0,3
TOTAL MAMÍFEROS								
Abrothrix olivaceus laucha olivacea		C	C					
Phyllotis rupestris lanchón orejudo			A					
Phyllotis magIster lauchón orejudo grande							C	
Rattus norvegicus guarén				C			C	
Rattus rattus rata de campo		C		C	C	C	C	
Mus musculus laucha doméstica	C	C	C	C	C	C	C	

Diversidad de mamíferos en Laguna Lejía

Se registraron once especies que incluyen las siete especies registradas en este estudio de los Órdenes Rodentia (tres especies), Carnivora (una especie), Artiodactyla (dos especies) y Perissodactyla (una especie) más cuatro especies de presencia probable (Tabla 4-22). En la Tabla 4-25 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las dos especies censadas. No se incluyen las especies probables ya que no pueden asignarse a una estación particular sino al área en su conjunto. La estación de muestreo que presentó la mayor riqueza específica (S) fue el pajonal de la estepa altiplánica con tola en roqueríos y el humedal Laguna Lejía.

TABLA 4-25. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MICROMAMÍFEROS Y MAMÍFEROS TOTALES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA, 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIÓN PARAMETROS	Pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1)	Pajonal tolar en planicie (LEJ-2)	Escoria volcánica (LEJ-3)	Pajonal rocoso (LEJ-4)	Escorial en laguna Seca (LEJ-5)	Laguna Lejía (LEJ-6)	Total
MICROMAMÍFEROS							
S	1	0	0	0	2	0	2
N	4	0	0	0	3		7
ABR (%)	57,1	0	0	0	42,9		100
H'	-----	-----	-----	-----	0,276		0,260
H' max	-----	-----	-----	-----	0,301		0,301
J	-----	-----	-----	-----	0,918		0,863
TOTAL DE MAMíFEROS							
Abrothrix andinus ratón andino	C				C		
Phyllotis magister lauchón orejudo grande					C		
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama						A	
Lycalopex culpaeus zorro culpeo						A	
Vicugna vicugna vicuña				A	A	A	
Lama glama llama	A						
Equus asinus burro	A						

Diversidad de mamíferos en Alrededores del Volcán Licancabur

Se registraron 14 especies, 11 especies registradas en este estudio de los órdenes Rodentia, Xenarthra, Carnivora y Artiodactyla, un registro previo y dos especies de presencia probable (Tabla 4-22). En la Tabla 4-26 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. No se incluyen el registro previo ni las especies probables ya que no pueden asignarse a una estación particular. Dado que en varias estaciones se registró sólo una especie, en ellas los índices de diversidad no son aplicables. Las estaciones no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza específica (S).

TABLA 4-26. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ALREDEDORES VOLCAN LICANCABUR. 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Cardonal / Tolar (LIC-1)	Pajonal (LIC-2	Pajonal / Tolar (LIC-3)	Tolar (LIC-4)	Humedales Guatín, Borde Esteros (LIC-5)	Ojalar (LIC-6)	Total
MICROMAMÍFEROS							
S	2	0	0	1	1	0	3
N	2	0	0	1	7	0	10
AB (%)	20	0	0	10	70	0	100,0
H'	0,301	----	----	----	----	----	0,278
H' max	0,301	----	----	----	----	----	0,477
J	1	----	----	----	----	----	0,582
TOTAL MAMÍFEROS							
Phyllotis rupestris lauchón orejudo	C				C		
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco	C						
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso del norte				C			
Chaetophractus nationi quirquincho de la puna		A					
Lagidium viscacia vizcacha		A	A	A			
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama			A				
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	A	A	A	A	A	A	
Leopardus colocolo gato colocolo					A	A	
Vicugna vicugna vicuña		A	A				
Lama glama llama			A	A			
Lama guanacoe guanaco						A	

Diversidad de mamíferos en Geisers del Tatio

Se registraron 12 especies incluyendo las ocho especies registradas en este estudio (cuatro roedores, un carnívoro, dos artiodáctilos y un perisodáctilo introducido) y cuatro registros previos (Tabla 4-22). En la Tabla 4-27 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. No se incluyen los registros previos ya que no pueden asignarse a una estación particular. Las estaciones de muestreo que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron quebrada Putana, Pajonal y Quebrada Geisers, todas con dos especies. El valor más alto de diversidad (H') se registra en Quebrada Putana. La equiparabilidad (J), que mide el grado de homogeneidad o heterogeneidad en la composición de las abundancias de las poblaciones, en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad, es decir, las poblaciones encontradas tienden a presentan abundancias similares entre sí.

TABLA 4-27. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO GEISERS DEL TATIO. 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIONES PARÁMETROS	Quebrada Putana (TA-1)	Tolar (TA-2)	Pajonal (TA-3)	Quebrada Geisers (TA-4)	Bofedales (TA-5,6)	TOTAL
S	2	1	2	2		3
N	5	5	4	8		22
ABR (%)	22,7	22,7	18,2	36,4		100
H'	0,292	-----	0,244	0,287		0,328
H' max	0,301	-----	0,301	0,301		0,477
J	0,971	-----	0,811	0,954		0,688
TOTAL MAMÍFEROS						
Abrothrix andinus ratón andino	C			C		
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco			C			
Phyllotis magister lauchón orejudo grande	C	C	C	C		
Lagidium viscacia vizcacha de montaña	A		A			
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	A		A			
Vicugna vicugna vicuña		A	A			
Lama glama llama	A	A	A		A	
Equus asinus burro					A	

3.5. Diversidad de vertebrados

Diversidad de vertebrados en el Valle de Quillagua

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las siete estaciones del Valle de Quillagua, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos tres zonas de análisis: (a) plantaciones arbóreas, matorrales y praderas en desuso, (b) humedales, que incluyen el borde del río Loa, tranque Sloman y el tranque Santa Fe y (c) los cultivos de alfalfa. La diversidad es relativamente similar en los cultivos y los matorrales, mientras que en los humedales las aves presentan mayor número de especies, pero, en general, el Valle de Quillagua posee ambientes relativamente similares (véase Anexo 4-2).

TABLA 4-28. VERTEBRADOS PRESENTES EN TRES ZONAS DEL VALLE DE QUILLAGUA. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	MATORRALES Y PLANTACIÓN	HUMEDALES	CULTIVO
Mamíferos	2	3	2
Aves	10	17	7
Reptiles	1	1	1
TOTAL	**13**	**21**	**10**

Diversidad de vertebrados en el Oasis de Calama

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las siete estaciones del Oasis de Calama, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos cinco zonas de análisis: (a) Ojo de Opache, (b) El Mirador, (c) humedales del río San Salvador, que incluye la quebrada de Quetena, (d) Yalquincha, que incluye la estación de Loa Medio, y (e) pradera agrícola (Tabla 4-29). La diversidad es mayor en los humedales de Yalquincha y El Mirador, este último sólo inferior en cuatro especies de aves. El número de especies de aves es menor a lo documentado por Rau et al. (1998) para Ojo de Opache y Cascada (aunque no entrega lista de especies registradas, sólo el valor de S), sin embargo ellos realizaron cuatro excursiones ornitológicas en diferentes estaciones del año. Si consideramos estos antecedentes previos, más el anfibio *Telmatobius dankoi* (rana acuática de Danko) podemos concluir que la diversidad, especialmente de aves es alta.

TABLA 4-29. VERTEBRADOS PRESENTES EN CINCO ZONAS DE LA LOCALIDAD DE OASIS DE CALAMA, 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	OJO DE OPACHE	MIRADOR	HUMEDALES SAN SALVADOR Y QUETENA	YALQUINCHA Y LOA MEDIO	PRADERA AGRÍCOLA
Mamíferos	4	3	3	3	1
Aves	8	14	13	18	9
Reptiles	0	1	1	1	1
TOTAL	**12**	**18**	**17**	**22**	**11**

Diversidad de vertebrados en Laguna Lejía

Reconocemos dos zonas de análisis, basados en los análisis de similitud realizados considerando solo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares: (a) humedal Laguna Lejía y (b) pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama, en relieves planos y abruptos, en algunas áreas con afloramientos rocosos (Tabla 4-30). La riqueza específica (S) es similar en ambos ambientes, siendo ligeramente mayor en el pajonal influenciada por una diferencia de dos especies de mamíferos y una de reptil. La disimilitud entre ambos ambientes es > al 65% lo que incrementa la diversidad beta del sitio. Por otro lado las aves del humedal presentan una diversidad alta para el ecosistema que representa por: (a) la alta riqueza de especie (20), en el marco de lo máximo esperado para todos los cuerpos de aguas cordilleranas (31 especies sensu Schlatter & Sielfeld 2006), (b) alto índice de equidad de Shannon Wiener muy cercano al máximo por lo que las especies que contiene, están bien representadas, sin embargo la diversidad podría incrementarse con censos en otras estaciones del año.

TABLA 4-30. VERTEBRADOS PRESENTES EN DOS ZONAS DE LA LOCALIDAD DE LAGUNA LEJÍA, 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS DE CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	PAJONAL DE LA ESTEPA SUBDESÉRTICA	HUMEDAL LAGUNA LEJÍA
Mamíferos	5	3
Aves	18	20
Reptiles	2	1
TOTAL	**25**	**24**

Diversidad de vertebrados en Alrededores del Volcán Licancabur

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las estaciones en los Alrededores del Volcán Licancabur, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos tres zonas de análisis: (a) pajonal y tolar, (b) humedales del Guatín y (c) ojalar. La diversidad de vertebrados es mayor en el pajonal/tolar y los humedales (28 y 20 especies respectivamente) y sensiblemente menor en el ojalar (sólo ocho especies). Los anfibios sólo están presentes en los humedales (dos especies) y los mamíferos están mejor representados en el pajonal y tolar (nueve especies) (Tabla 4-31).

TABLA 4-31. VERTEBRADOS PRESENTES EN TRES ZONAS DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	PAJONAL Y TOLAR	HUMEDALES DEL GUATÍN	OJALAR
Mamíferos	9	3	3
Aves	15	14	3
Reptiles	4	1	2
Anfibios	0	2	0
TOTAL	**28**	**20**	**8**

Diversidad de vertebrados en los Geisers del Tatio

Reconocemos tres zonas de análisis, basados en los análisis de similitud realizados considerando sólo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares: (a) Humedales, incluyendo el vado y humedales del río Putana, constituidos por un sistema de bañados en planicie y luego el cauce que fluye hacia una quebrada rodeada de un pajonal ralo en medio de un relieve abrupto. También se incluyen dos estaciones con bofedales de *Oxychloe*, (b) los geisers del Tatio y (c) la estepa de tolar y pajonal. Los ambientes con mayor diversidad de aves y mamíferos son los humedales. El sistema más biodiverso en vertebrados son los humedales (36 especies) (Tabla 4-32).

TABLA 4-32. VERTEBRADOS PRESENTES EN CUATRO ZONAS DEL SITIO GEISERS DEL TATIO. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	HUMEDALES	PAJONAL Y TOLAR	GEISERS TATIO
Mamíferos	6	5	0
Aves	28	6	7
Reptiles	2	2	0
Anfibios	0	0	1
TOTAL	**36**	**13**	**8**

Resumen de registro de vertebrados por áreas

En la siguiente tabla se presenta el número de especies, por clase, de las cinco áreas de estudio. Hemos incluido, en este análisis final también los registros previos y especies probables (e.g., Rau et al 1998, Spotorno et al. 1998, Ramírez & Pincheira-Donoso 2005, Elgueta 2006). Los sitios con mayor número de especies de vertebrados son Oasis de Calama (56), Geisers del Tatio (52) y Alrededores del Volcán Licancabur (48). La mayor diversidad de órdenes está en el Oasis de Calama y de familias en Geisers del Tatio. La mayor diversidad de mamíferos está en Alrededores del Volcán Licancabur (14) y Geisers del Tatio (12), de aves en Oasis de Calama (42) y Geisers del Tatio (35), la diversidad de herpetofauna es mayor en Alrededores del Volcán Licancabur (seis reptiles y dos anfibios). Téngase presente que los esfuerzos de registro son muy disímiles entre los sitios. Oasis de Calama es la que más esfuerzos ha tenido, por diversos autores y en varias excursiones y la menor Laguna Lejía. Se espera, entonces que nuevas expediciones en otras estaciones del año incrementen los registros en las zonas altiplánicas.

TABLA 4-33. VERTEBRADOS PRESENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008. E= ESPECIES, G= GÉNEROS, F= FAMILIAS, O= ÓRDENES. INCLUYE REGISTROS PROPIOS, PREVIOS Y ESPECIES PROBABLES.

	Valle de Quillagua				Oasis de Calama				Laguna Lejía				Volcán Licancabur				Geisers del Tatio			
Clase	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O
Mamíferos	4	4	3	2	9	6	3	3	11	10	5	4	14	12	7	5	12	11	6	4
Aves	23	19	14	7	42	35	19	9	30	21	15	9	26	20	13	6	35	30	18	10
Reptiles	1	1	1	1	4	4	2	1	2	1	1	1	6	2	2	1	4	1	1	1
Anfibios	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1	1	1
Total	**28**	**24**	**18**	**10**	**56**	**46**	**25**	**14**	**43**	**32**	**21**	**14**	**48**	**36**	**24**	**13**	**52**	**43**	**26**	**16**

CAPÍTULO V
CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO V CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD

1. PROCEDIMIENTOS

Para aportar herramientas útiles para la conservación de la biodiversidad a continuación se realiza un análisis que considera la integración de tres factores:

- La diversidad (como riqueza de especies y, cuando estuvieron disponibles, los índices de equidad). Se utilizó como insumo el anterior análisis de la diversidad descrito en el Capítulo IV.
- Análisis de endemismos, considerando las especies endémicas presentes, tanto a nivel de ambientes (e.g., ojalar, humedales, pajonales), como de las áreas de estudio (e.g., Oasis de Calama, Laguna Lejía, Geisers del Tatio). Se incluyen en el análisis tanto registros propios como previos identificados en el Capítulo IV.
- Estados de conservación, que reflejan el grado de amenaza a que están sometidas las especies (e.g., En Peligro, Vulnerable). Se incluyen en el análisis tanto registros propios como previos identificados en el Capítulo IV.

Con el cruce de estos factores proponemos los objetos de conservación (véanse más adelante los conceptos), que se presentarán a nivel de grano grueso (ambientes) y a nivel de grano fino (especies focales).

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS AMBIENTES A EVALUAR

Reorganizamos la información para definir los ambientes a evaluar de modo de seleccionar los objetos de conservación de filtro grueso. Nótese que ya no hablamos de inventarios, estaciones o zonas y en adelante nos referiremos a ambientes. Para esto seguimos, con modificaciones, la propuesta de clasificación de la vegetación de Gajardo (1994) a lo que se agregaron ecosistemas relevantes (e.g., humedales). De este modo, a estos ambientes se incorporaron las asociaciones vegetacionales descritas y se integraron las estaciones y zonas de análisis de diversidad de vertebrados. Los ambientes seleccionados se muestran en la siguiente (Tabla 5-0) y en las Fig. 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 y 5-5. Nótese que algunos ambientes se encuentran en más de un área (e.g., el pajonal tolar de la estepa altoandina subdesértica está presente en Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio), lo que es completamente consistente desde el punto de vista biogeográfico. Al revés, algunas asociaciones podrían haberse unido dada su alta afinidad fitosociológica, tales como *Festuca orthophylla - Parastrephia lucida y Festuca orthophylla – Deyeuxia breviaristrata* (como *Stipa-deyeuxia* en este estudio), sin embargo, esto implicaba reunir un ambiente de Laguna Lejía con otros de Geisers del Tatio, muy distanciados entre sí, lo que es inaceptable para un análisis, por ejemplo, faunístico.

TABLA 5-0. AMBIENTES, ASOCIACIONES VEGETACIONALES, ÁREAS DE ESTUDIO, NÚMERO DE INVENTARIOS Y ESTACIONES DE MUESTREO EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

AMBIENTE	ASOCIACIÓN(ES) INCLUIDA(S)	ÁREAS	INVENTARIOS VEGETACIONALES	ESTACIONES DE FAUNA
Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	*Festuca orthophylla– Deyeuxia breviaristrata (Stipa – Deyeuxia)*	Laguna Lejía	LE 1, 4, 9, 11, 12	LEJ-1, LEJ-2, LEJ-3, LEJ-4, LEJ-5
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	*Festuca orthophylla– Parastrephia lucida*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 12 al 19	--
	Parastrephia quadrangularis - Festuca orthophylla	Geisers del Tatio	T 1 al 7	--
Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	*Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 3,7,8	(3 estaciones) LIC-2, LIC-3, LIC-4
		Geisers del Tatio	T 10 al 13	(2 estaciones) TA-3,TA-4,
Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	*Fabiana densa – Baccharis boliviensis*	Geisers del Tatio	T 8, 9	(2 estaciones) TA-2, LIC-4
Ojalar del desierto de aluviones	*Acantolippio deserticolae – Atriplicetum imbricada (Atriplex imbricada)*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 1, 2, 4, 6, 9, 10, 11	(2 estaciones) LIC-6, LIC-1
Humedales altoandinos del Tatio	*Oxyochloe andina*	Geisers del Tatio	T 14, 15, 16	(5 estaciones) TA-0, TA-5, TA-6, TA-7, TA-1
Humedal altoandino de Laguna Lejía	*Puccinellia-Calandrinia*	Laguna Lejía	LE 3, 10	(1 estación) LEJ-6
Humedales riparianos del Guatín		Alrededores del Volcán Licancabur		(1 estación) LIC-5
Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata* *Baccharis juncea-Scirpus americanus* *Distichlis spicata-Tessaria absinthioides* *Juncus arcticus-Scirpus americanus* *Tessaria absinthioides-Scirpus americanus* *Baccharis juncea- Distichlis spicata* *Distlichetum spicatae*	Oasis de Calama	Sitios CAL-2 al CAL-9	(6 estaciones) CAL-2,CAL- 3, CAL-4, CAL-5, CAL-6,CAL- 7
Cultivos del Oasis de Calama	Cultivo de maíz y de alfalfa	Oasis de Calama	Sitio CAL-1 y de CAL-10 a CAL-13	(1 estación) CAL-1
Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *Scirpus americanus-Distichlis spicata*	Valle de Quillagua	Sitios QUI-1, QUI- 2, QUI-3	(6 estaciones) QUI-2, QUI-3, QUI-4, QUI-5, QUI- 6, QUI-7
Cultivos del Valle de Quillagua	*Atriplex atacamensis-Distichlis spicata* Cultivo de alfalfa	Valle de Quillagua	Sitio QUI- 4	(1 estación) QUI-1

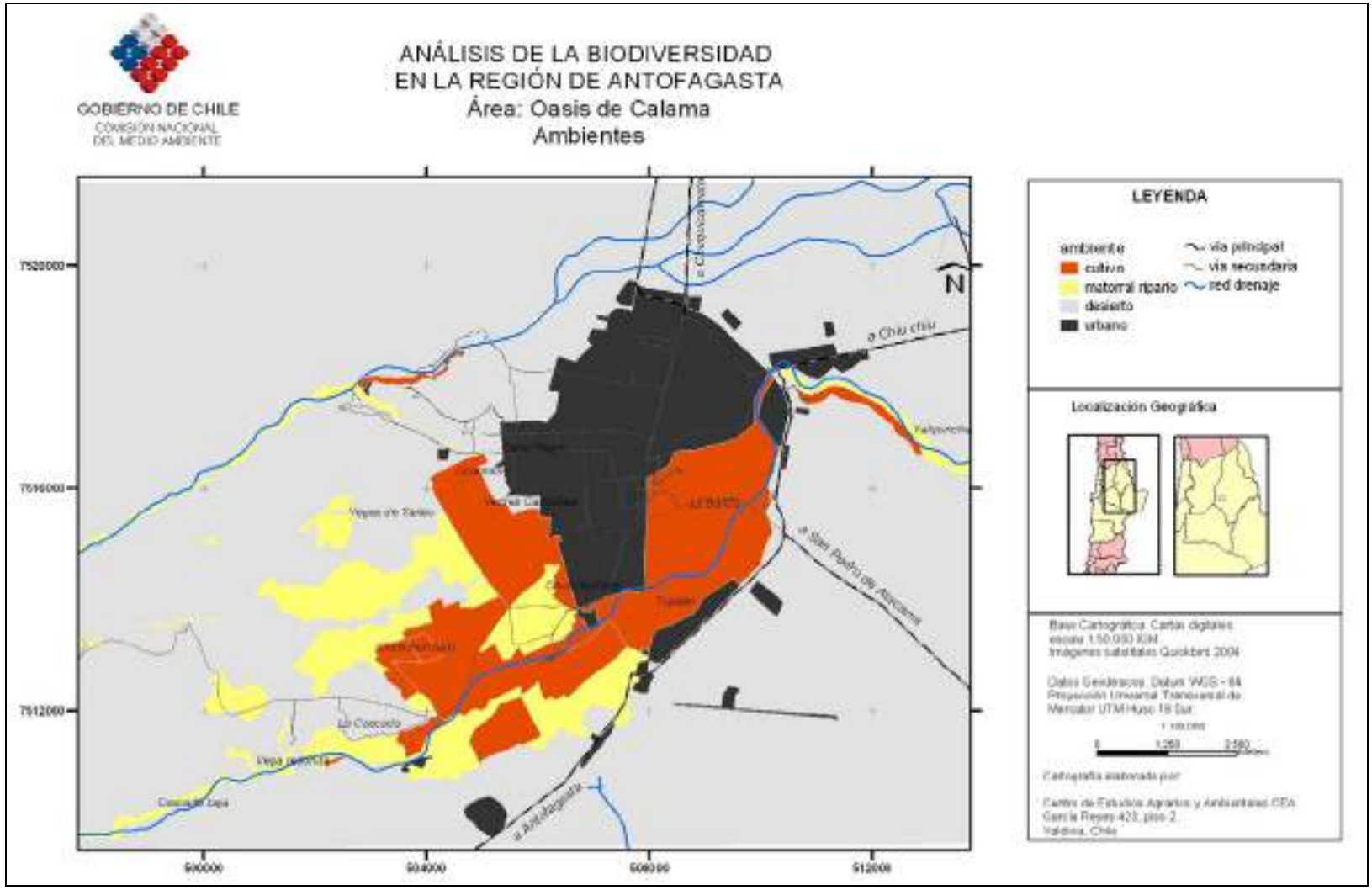


FIGURA 5-1. CARTA DE AMBIENTES EN EL OASIS DE CALAMA. 2008.

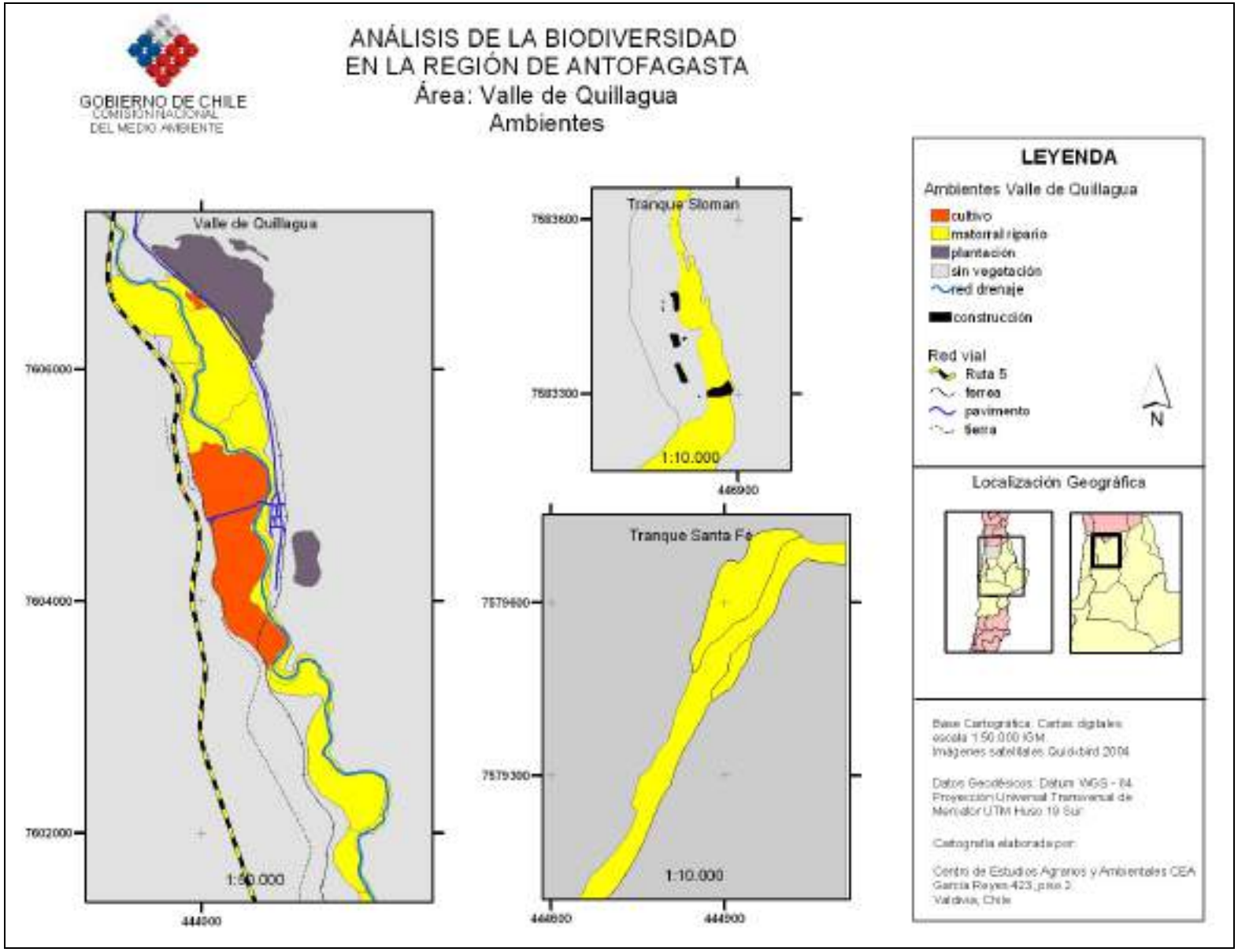


FIGURA 5-2. CARTA DE AMBIENTES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2008.

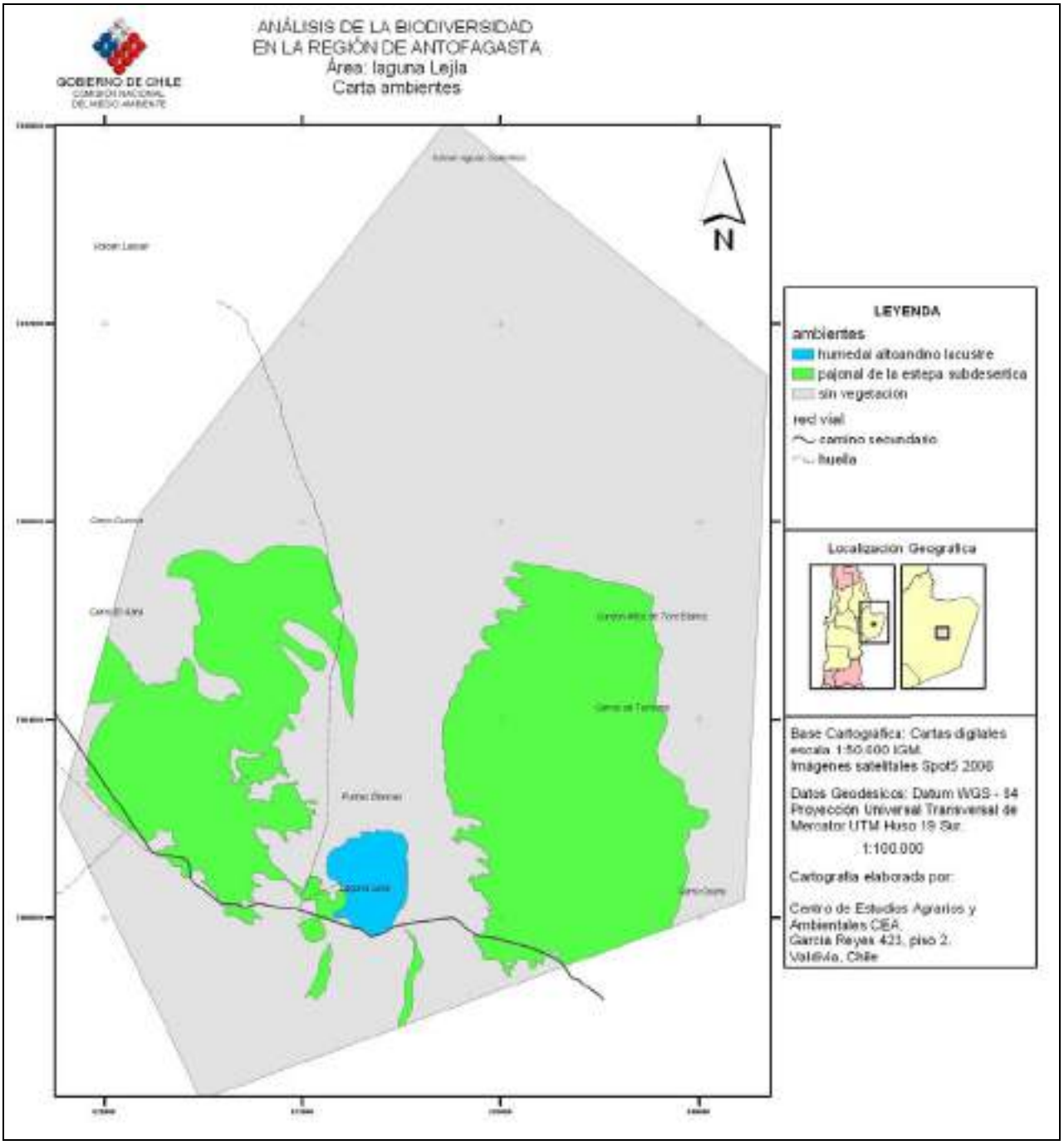


FIGURA 5-3. CARTA DE AMBIENTES EN LAGUNA LEJÍA. 2008.

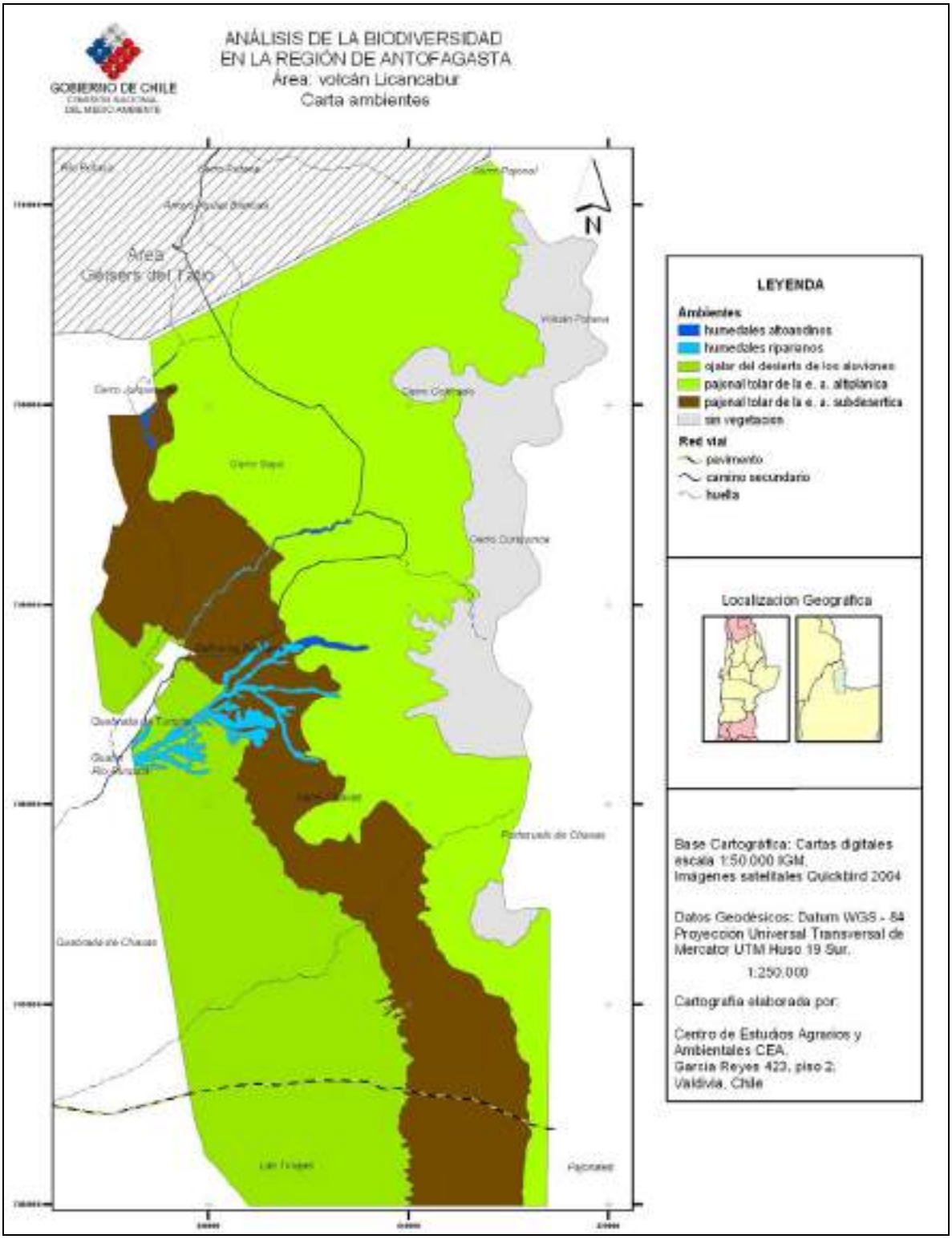


FIGURA 5-4. CARTA DE AMBIENTES EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

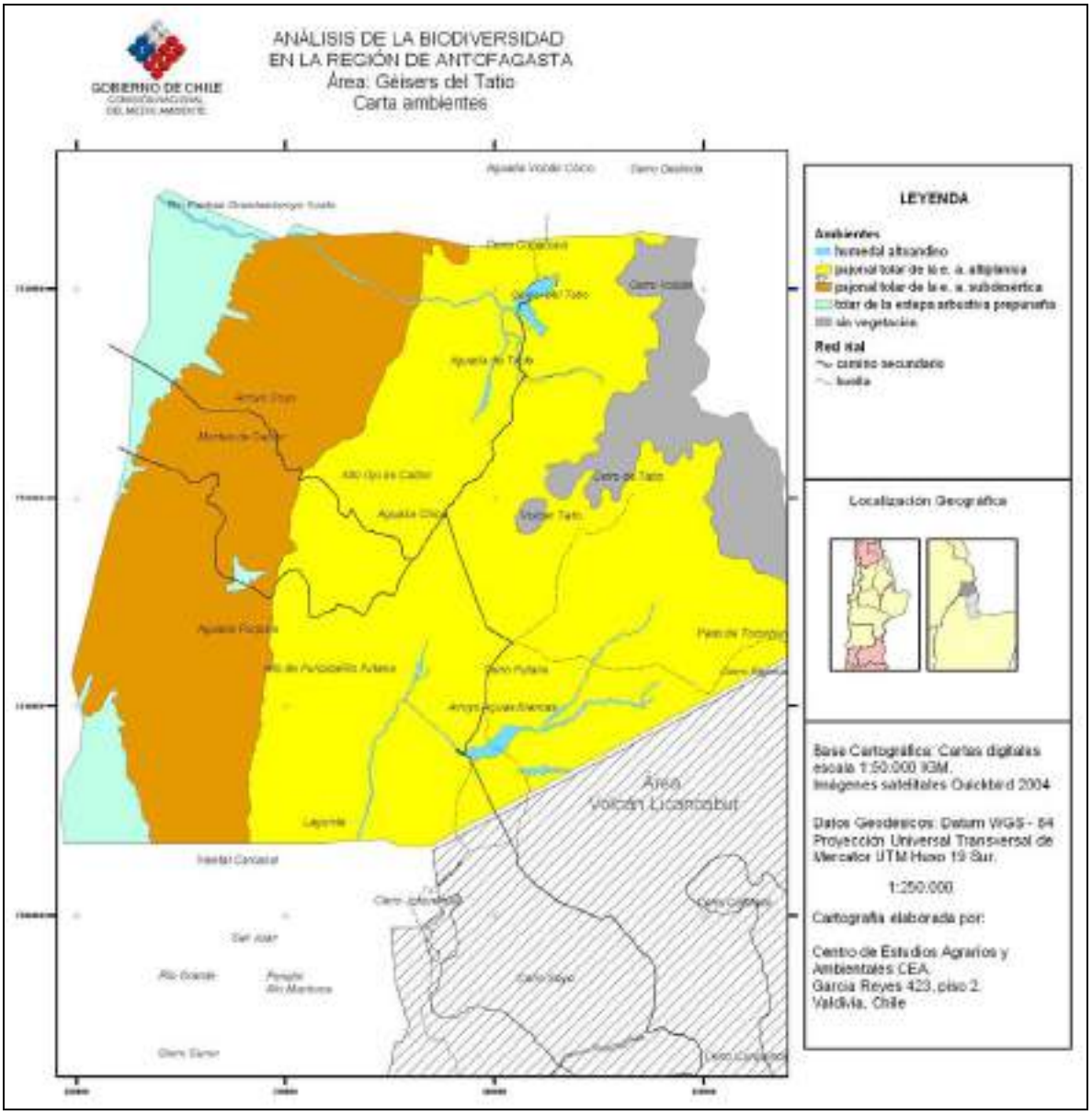


FIGURA 5-5. CARTA DE AMBIENTES EN GEISERS DEL TATIO. 2008.

3. ENDEMISMOS

Cuando una especie está presente sólo en un lugar, área o región geográfica es una especie endémica, es decir no está en ninguna otra parte del mundo, al menos en forma natural. Este es un término usado para especies limitadas a un ámbito geográfico reducido. Por ello, cuando se indica que una especie es endémica de Chile, de la región de Antofagasta y de una localidad, quiere decir que sólo es posible encontrarla en ese lugar, de forma natural. Este concepto de endémico se aplica usualmente a las especies, pero también puede aplicarse a otros taxones como subespecies, género, familias, en incluso órdenes. El total de sitios o localidades donde habita una especie constituye su rango de distribución geográfica. No siempre, más bien raramente, estos rangos de distribución coinciden con los límites políticos de países o provincias (que se sepa las plantas y animales no saben de administración geográfica humana), por eso muchas veces es mejor hablar de áreas de endemismo, o sea, regiones que tienen especies que no se encuentran en ningún otro territorio. Pero la asignación político administrativa al final sí tiene importancia ya que la conservación de la biodiversidad es un asunto político que se maneja a nivel nacional. Cuando las áreas de endemismo abarcan más de un país, entonces se deben crear mecanismos bilaterales de conservación.

Las regiones de endemismo son zonas donde dos o más especies endémicas se superponen en su distribución. Los criterios para definir estas zonas son variables (e.g., Stattersfield et al. 1998 para especies de aves). Definir regiones de endemismos es importante ya que presentan oportunidades para una sola iniciativa de conservación lo que puede resultar beneficioso para más de una especie amenazada (Flanagan et al. 2005). También permite priorizar las áreas en función, por ejemplo, de la riqueza de especies, la diversidad, el número de especies endémicas, el número de especies con problemas de conservación, el nivel de uso y amenazas humanas.

En la conservación de la biodiversidad el endemismo es un factor importante (Humpries et al. 1995) ya que las especies endémicas, es decir con rangos de distribución restringida, son más susceptibles a la extinción. Por ejemplo de las 62 especies de aves extinguidas en el mundo en los últimos 200 años, un 80% tenía rangos de distribución restringidos (Stattersfield et al. 1998, Flanagan et al. 2005). Pero esto tiene matices. Las especies pueden dividirse en dos tipos: (a) especialistas de hábitat, que son aquellas que tienen requerimientos ecológicos muy específicos, estrechos, por lo que dependen de un cierto tipo de hábitat; (b) generalistas de hábitat, que son las que pueden vivir en un amplio abanico de hábitats. De este modo no todas las especies endémicas están amenazadas en su supervivencia, sí lo están las especies endémicas especialistas de hábitat, con requerimientos ecológicos estrechos y por lo tanto con menos posibilidades de adaptarse a los cambios en el ambiente, sean estos naturales o causados por el hombre.

Endemismo de plantas

Squeo et al. (1998), empleando las bases de datos ya mencionadas en el capítulo anterior, establecieron que para la región de Antofagasta se han registrado 979 especies vegetales, pertenecientes a 367 géneros y 101 familias. De ese total, 372 especies son endémicas, lo que representa el 38,7%. En el mapa de endemismo (Fig. 5-6) se representa los distintos porcentajes en la región y en el se aprecia que las áreas de estudio están en las zonas de menor endemismo (0-20%). Esto lo confirman Cavieres et al. (2002), que usando también las bases de datos existentes y un análisis de parsimonia de endemismos (PAE en inglés),

concluyen que dentro de la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismos. Una asociada a la costa y otra a la cordillera de los Andes. El área asociada a la costa contiene un 62,4% de plantas endémicas de Chile y un 19,9% de endémicas para la región. El área puneña de los Andes contiene un endemismo del 13,9% para Chile (especies no presentes en otro país) y de 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). Squeo et al. (1998) concluyen algo similar, indicando que la zona andina entre los 17º a los 24º S contiene un 14% de endemismo, pero que se incrementa a 27% entre los 25º a los 32º S. Simonetti & Veloso (2003) agregan que la presencia de especies endémicas disminuye con la altura.

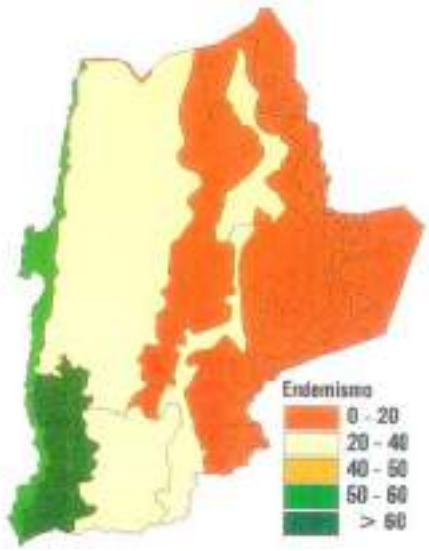


FIGURA 5-6. PORCENTAJE DE ESPECIES ENDÉMICAS DE CHILE EN DIFERENTES FORMACIONES VEGETACIONALES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. TOMADO DE SQUEO ET AL. (1998).

De este modo usamos como comparación y referencia para nuestras áreas de estudio un 14% de endemismo esperado. Las áreas de Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio son las áreas de mayor endemismo según Cavieres et al. (2002), pero es menor, aunque los autores no entregan valores, para el área donde se localiza Laguna Lejía y los Valle de Quillagua y Calama. Finalmente este factor de endemismos, debe tomarse con cierta reserva ya que no es comparable con el endemismo de la zona costera (que es mucho más alto). Esto se debe a que las zonas altiplánicas contienen endemismos andinos, que se comparten con Bolivia y Argentina, lo que las hace no endémicas desde el punto de vista político administrativo, pero que sí son endémicas desde en punto de vista ecológico. Debieran considerarse estas especies como cuasi endémicas (Cf. Marín 2004).

Endemismo de vertebrados

Se han documentado (e.g., Ramírez & Pincheira-Donoso 2005) para la provincia de El Loa 176 especies de vertebrados terrestres, pertenecientes a 81 géneros, 44 familias y cuatro órdenes. De ellos el 11,9% son endémicos. Por otro lado, para la región de Antofagasta (Núñez & Veloso 2001, Ramírez & Pincheira-Donoso 2005) documentan 31 especies de reptiles de los cuales 24

son endémicos para la región: *Callopistes palluma, Liolaemus alticolor, L. atacamensis, L. constanzae, L. donosi, L. dorbignyi, L. fabiani, L. filiorum, L. foxi, L. hellmichi, L. islugensis, L. multicolor, L. nigriceps, L. paulinae, L. puritamensis, L. signifer, L. stolzmanni, Microlophus atacamensis, M. tarapacensis, Phrynosaura audituvelata, P. erronea, P. torresi, Garthia gaudichaudii, Phyllodactylus cf inaequalis*. El único género endémico para la región es *Phrynosaura* (aunque controvertido). Para la provincia de El Loa se documentan 15 especies de reptiles endémicas (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005).

TABLA 5-1. ENDEMISMOS DE ESPECIES DE VERTEBRADOS PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Clase	Total especies	Especies nativas	Especies endémicas	% de endemismo
Mamíferos	35	28	1	3,6
Aves	113	110	0	0,0
Reptiles	22	22	15	68,2
Anfibios	6	6	5	83,3
Total Vertebrados	176	168	21	11,9

3.1. Endemismos en las áreas por ambiente

Valle de Quillagua

En esta zona se registró una planta endémica *Prosopis tamarugo* y un solo endemismo en vertebrados, *Microlophus theresioides* corredor de Pica, perteneciente a la clase de los reptiles (Tabla 5-2). Se trata de una especie endémica a nivel nacional, ya que su distribución abarca toda la extensión del río Loa y también la pampa del Tamarugal. Es el lagarto de mayor envergadura en la provincia de El Loa y bastante común en su área de distribución. Se puede observar corriendo a gran velocidad, desplazándose en forma bípeda. El corredor de Pica fue encontrado en todas las zonas prospectadas en el Valle de Quillagua, cultivos y matorrales, humedales y pradera. Si se considera el total de vertebrados registrados en cada zona el % de endemismos es mayor en el cultivo (10%), disminuyendo en matorrales y pradera (7,7%) y en los humedales (4,8%), a pesar de que es en este último ambiente donde se encontró la mayor riqueza de especies. Esto último se explica porque en los humedales el grupo mejor representado es habitualmente el de las aves, las que exhiben los menores endemismos.

TABLA 5-2. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA VALLE DE QUILLAGUA. 2007. E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Valle de Quillagua
PLANTAS	
Prosopis tamarugo tamarugo	E
VERTEBRADOS	
Microlophus theresioides corredor de Pica (REPTILIA)	E
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	22
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	1
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	25
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	1
% PLANTAS ENDÉMICAS	4,5
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4,0

Oasis de Calama

En la localidad Calama no se registraron especies de plantas endémicas, sí se registraron cuatro endemismos a nivel de vertebrados (Tabla 5-3). Tres corresponden a la clase reptiles, con las especies *Liolaemus paulinae* lagartija de Paulina, *Microlophus theresioides* corredor de Pica y *Phrynosaura torresi* dragón de Torres; y uno que corresponde a la clase anfibios *Telmatobius dankoi* rana acuática de Danko. Los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Phrynosaura torresi* fueron registrados en Yalquincha y Pradera agrícola respectivamente. La lagartija de Paulina, especie endémica local bastante común, se conoce sólo de Calama y sus alrededores habiéndose observado a orillas del río Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). Se desconocen aspectos de su ecología y reproducción. El dragón de Torres es endémico a nivel regional, su registro es señalado por Elgueta (2006) en zonas de pradera agrícola. Únicamente *Microlophus theresioides* fue registrado en más de una zona, siendo éstos Mirador, humedales San Salvador y Quetena, y pradera agrícola. El anfibio *Telmatobius dankoi*, especie endémica en las cercanías de la ciudad de Calama, aún cuando no fue registrado en este estudio ha sido encontrado en la estación Mirador y se consideró en este análisis por el alto valor que representa su categoría de endemismo local. El género *Telmatobius* reúne a ranas acuáticas, de las cuales Chile posee siete representantes, todas distribuidas sobre los 2.500 m. *T. dankoi* es la especie más sureña de los *Telmatobius* descrito para Chile (Duellman 1993, Cuevas & Formas 2002).

Los mayores porcentajes de endemismos se encontraron asociados a las zonas de pradera agrícola (18,2%) y Mirador (11,1%), disminuyendo a 5,9% en humedales y a 4,5% en Yalquincha y Loa Medio. Destaca también en los ambientes asociados al Oasis de Calama la relación inversa entre riqueza de especies y endemismo, así el mayor endemismo ocurre en la estación de menor riqueza de especies y el menor endemismo se da en la estación con mayor riqueza de especies. Como en el caso de Quillagua, la mayor riqueza de especies se asocia a una mayor presencia de aves, las cuales, según se mencionó, presentan los menores endemismos.

TABLA 5-3. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA. 2008. E= ENDÉMICO NACIONAL, ER= ENDÉMICO PARA LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA, EL= ENDEMISMO LOCAL.

ESPECIE	Oasis de Calama
Liolaemus paulinae lagartija de Paulina REPTILIA	El
Microlophus theresioides corredor de Pica REPTILIA	E
Phrynosaura torresi dragón de Torres REPTILIA	Er
Telmatobius dankoi rana acuática de Danko AMPHIBIA	El
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	50
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	8,0

Laguna Lejía

Se registraron dos plantas endémicas, *Junellia tridáctila* y *Calceolaria stellariifolia*. En este lugar se presenta un endemismo de vertebrados, el reptil *Liolaemus puritamensis* lagartija de Puritama, especie endémica para la región y que fue registrada en los dos ambientes representativos del área de estudio, pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama y el humedal altoandino lacustre Laguna Lejía. *Liolaemus puritamensis* está restringida a los alrededores de San Pedro de Atacama, oriente de Domeyko, camino al Tatio y lagunas Lejía y Seca, sobre los 4.000 msm. En relación con los endemismos, al considerar la totalidad de los vertebrados nativos registrados para el área, se observa un grado relativamente bajo de endemismos para el área, presentando el ambiente de pajonal un 4,0% y el humedal un 4,3%.

TABLA 5-4. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA DE LAGUNA LEJÍA. 2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIES	Laguna Lejía
PLANTAS	
Junellia tridactyla khachujanki	E
Calceolaria stellariifolia zapatito	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus puritamensis lagartija de Puritama REPTILIA	Er
TOTAL PLANTAS REGISTRADAS	29
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	2
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	42
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	1
% PLANTAS ENDÉMICAS	6,9
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	2,4

Volcán Licancabur

Se registraron 11 especies de plantas endémicas: *Adesmia aphylla, Adesmia atacamensis, Adesmia kingii, Lupinus oreophilus, Neuontobothrys linifolius, Nototriche pulvinata, Opuntia conoidea, Polyachyrus carduoides, Trichocereus atacamensis, Tephrocactus atacamensis var. atacamensis* y *Trichocline caulescens*. Se registraron cinco endemismos a nivel de vertebrados (Tabla 5-5). Cuatro corresponden a la clase reptiles, con las especies *Liolaemus barbarae*, *Liolaemus puritamensis*, al igual que *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata*; y uno que corresponde a la clase anfibios, *Telmatobius vilamensis*. *Liolaemus barbarae*, es especie endémica local, registrada en el ambiente Pajonal/tolar *Liolaemus puritamensis*, especie endémica regional, fue registrada igualmente en el ambiente de Pajonal/tolar. *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* ambas especies endémicas locales fueron registradas en el Ojalar. El anfibio *Telmatobius vilamensis* fue registrado en los Humedales de Guatín. *Liolaemus barbarae* se conoce en sectores orientales de altura asociados a San Pedro de Atacama, alcanzando algunas poblaciones áreas fronterizas con Argentina, donde vive asociada a estepas altiplánicas con matorrales achaparrados. Posee reproducción vivípara. *Liolaemus fabiani* es una especie de morfología singular dentro del género y de distribución restringida a la provincia de El Loa (oriente de Domeyko, alrededores del Salar de Atacama y camino a Licancabur), aunque relativamente abundante. De reproducción ovovivípara y dieta insectívora. *Phrynosaura audituvelata* se distribuye en los alrededores de San Pedro de Atacama, cuesta Barros Arana y el cordón de Domeyko. El endemismo de esta especie es destacable ya que *Phrynosaura* representa además el único género endémico de la región (Núñez y Veloso 2001). Son reptiles notablemente adaptados a condiciones desertícolas de extrema aridez, presentando el tímpano completamente cubierto de escamas (lo que ayuda en su identificación), adaptación que da origen a su nombre (auditus = oído; velatus = cubierto) y cuya función es proteger el tímpano de ser golpeado por granos de arena impulsados por el viento. También posee peines de escamas que cumplen la misma función de protección de sus ojos. Las especies de *Telmatobius* son todas acuáticas, de hábitos nadadores, asociados a la cordillera de los Andes desde los 2.000 msm. *Telmatobius vilamensis* está restringido al río Vilama, cuenca que drena hacia el salar de Atacama, sobre los 3.000 msm, donde utiliza la escasa vegetación acuática como refugio. El mayor porcentaje de endemismo fue registrado en la zona del ojalar con un 25%, (representando la zona estudiada de mayor endemismo), le sigue el pajonal/tolar con un 7,1% y los humedales del Guatin con un 5,0%.

TABLA 5-5. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Volcán Licancabur
PLANTAS	
Adesmia aphylla	E
Adesmia atacamensis tano-tano	E
Adesmia kingii anaguaya	E
Lupinus oreophilus salcari	E
Neuontobothrys linifolius	E
Nototriche pulvinata	E
Opuntia conoidea	E
Polyachyrus carduoides amargura	E
Tephrocactus atacamensis chuchampe	E
Trichocereus atacamensis cardón gigante	E
Trichocline caulescens	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus barbarae lagartija de Bárbara REPTILIA	El
Liolaemus puritamensis lagartija de Puritama REPTILIA	Er
Liolaemus fabiani lagartija de Fabián REPTILIA	El
Phrynosaura audituvelata dragón de oído cubierto REPTILIA	El
Telmatobius vilamensis sapo de Vilama AMPHIBIA	El
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	91
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	11
TOTAL VERTEBRADOS NATIVAS REGISTRADOS	47
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	5
% PLANTAS ENDÉMICAS	12,1
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	10,6

Geisers del Tatio

Se registraron seis plantas endémicas: *Junellia tridactila, Adesmia atacamensis, Calceolaria stellariifolia, Opuntia conoidea, Trichocereus atacamensis* y *Werneria glaberrima*. En los diferentes ambientes representativos del sitio Geisers del Tatio, se encontraron dos especies endémicas, los reptiles *Liolaemus barbarae*, lagartija de Bárbara y *Liolaemus hajeki*, lagartija de Hajek endemismos local y regional, respectivamente. La lagartija de Bárbara fue registrada en el ambiente de pajonal y tolar. *Liolaemus hajeki* fue también registrada en el pajonal y tolar. Se trata de una lagartija que se distribuye en el área norte de Calama y San Pedro de Atacama, salares de Ascotán y Carcote, sobre los 3.000 m, sin haber registros de su presencia fuera del país. Analizando el total de vertebrados registrados en cada ambiente se obtiene que el porcentaje de endemismos del pajonal y tolar es 15,4%, siendo la única zona que presenta vertebrados endémicos.

TABLA 5-6. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA GEISERS DEL TATIO.2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Geisers del Tatio
PLANTAS	
Junellia tridáctila kachujanki	E
Adesmia atacamensis	E
Calceolaria stellariifolia zapatito o capachito	E
Opuntia conoidea	E
Trichocereus atacamensis cardón gigante	E
Werneria glaberrima	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus barbarae lagartija de Bárbara REPTILIA	El
Liolaemus hajeki lagartija de Hajek REPTILIA	Er
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	91
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	6
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	51
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	2
% PLANTAS ENDÉMICAS	6,6
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	3,9

3.2. Endemismos por áreas de estudio

El análisis de endemismo a nivel de cada una de las cinco áreas de estudio revela que el área de mayor endemismos en plantas es el área Alrededores del Volcán Licancabur con 11 especies y un 12,1%, concordante con lo propuesto por Cavieres et al. (2002) que calculaba un 13,9% para la cuadrícula que contiene parte del área de estudio. Para los vertebrados nuevamente es relevante el área del volcán Licancabur con un 10,4%, le sigue el Oasis de Calama con un 8,0. Laguna Lejía con un 2,4% es el área de menor endemismo animal.

TABLA 5-7 ESPECIES ENDÉMICAS DE PLANTAS Y VERTEBRADOS TERRESTRES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

	Valle de Quillagua	Oasis de Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Nº ESPECIES PLANTAS NATIVAS	22	33	29	91	91
Nº ESPECIES PLANTAS ENDÉMICAS	1	0	2	11	6
% PLANTAS ENDÉMICAS	4,5	0,0	6,9	12,1	6,6
Nº ESPECIES VERTEBRADOS NATIVOS	25	50	42	47	51
Nº ESPECIES VERTEBRADOS ENDÉMICAS	1	4	1	5	2
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4,0	8,0	2,4	10,6	3,9

4. ESTADOS DE CONSERVACIÓN

En la Ley General de Bases del Medio Ambiente se plantean una serie de disposiciones que aluden a las categorías de estados de conservación de la flora y fauna silvestre de nuestro país, otorgándolo así urgencia al proceso de evaluación y clasificación de dichas especies a fin de cumplir la normativa vigente. En este contexto, el Artículo 37 de la Ley de Bases del Medio Ambiente exige que el proceso de clasificación se base en criterios científico–técnicos, debiendo someterse toda la información relevante al Comité de Clasificación de Especies, para que los especialistas ahí reunidos (públicos y académicos) presenten al Consejo Directivo de la CONAMA, una propuesta de clasificación para las especies contempladas, proceso que está aún en pleno desarrollo en nuestro país.

La historia de la legislación en torno a la conservación, que, aunque regula la explotación, no define categorías de conservación de los recursos forestales en nuestro país, se inicia por la aplicación de la legislación española durante la Colonia y los inicios de la República, en que se disponía que “los montes deban conservarse, autorizando la corta sólo de los árboles grandes debiendo dejarse la planta en estado de regenerar”. En 1931 se dicta la Ley de Bosques a través del Decreto Supremo 4.363, del Ministerio de Tierras y Colonización que recoge algunas de las normas de decretos y reglamentos dictados en décadas precedentes, que establecían las primeras normas sobre bosques de protección. Esta Ley prohíbe la corta y destrucción de tres clases de bosques de protección de suelos y aguas: (a) árboles y arbustos nativos situados a menos de 400 m sobre los manantiales que nacen en los cerros y a menos de 200 m de sus orillas del nacimiento de la vertiente hasta el plano, (b) arbolado situado a menos de 200 m de radio de los manantiales que nacen en terrenos planos no regados y (c) árboles existentes en cerros desde la medianía de su falda hasta la cima.

En relación a la fauna, el primer cuerpo legal de carácter general que protege a la fauna silvestre, terrestre y acuática en Chile, es la Ley de Caza N° 4.601 de 18 de junio de 1929 y su Reglamento N° 4.844. Dentro de sus aspectos principales se encuentran la determinación de períodos de veda temporal e indefinida; fijación de números máximos de ejemplares permitidos de caza por excursión y por cazador; los métodos de caza permitidos; regulaciones sobre el comercio nacional e internacional y la crianza en cautividad de las especies silvestres nativas. En 1998, se promulgó un nuevo Reglamento de la Ley de Caza N° 4.601, DS Nº 05/1998, modificado por el DS N53/2004 Ministerio Agricultura, que moderniza la legislación vigente en la materia, haciéndola más eficiente y poderosa. Es así como, de 52 especies de aves con veda indefinida se pasa a proteger 317 especies. Este nuevo Reglamento norma por primera vez la captura y caza de reptiles y anfibios en Chile, decretando la prohibición de captura, comercialización y exportación de todas las especies chilenas.

4.1. Legislación vigente

Ley N° 19.473 de 1996. Ley de Caza del Ministerio de Agricultura. Esta ley sustituye la Ley Nº 4.601, sobre caza, y el Artículo 609 del Código Civil. Establece la prohibición de caza y captura para todos los vertebrados nativos de Chile, con la excepción los recursos hidrobiológicos, los que están protegidos por normas derivadas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, bajo tuición de la Subsecretaría de Pesca y del Servicio Nacional de Pesca. En su Reglamento de 1998, se establece por primera vez el estado de conservación de las especies de fauna de Chile. Hasta el momento sólo se habían definido la clasificación de los estados de conservación

en Libros Rojos de la CONAF (flora, 1985 y fauna terrestre, 1987), los que no tienen carácter legal o normativo que posibilitara su exigencia obligatoria como instrumento de conservación.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (D.O. 09.03.94) Ministerio Secretaría General de la República. En su Artículo 1 contiene las normas generales que regulan las materias relacionadas con “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental” En el Párrafo 4º De las Normas de Calidad Ambiental, Preservación de la Naturaleza y Conservación del Patrimonio Ambiental, el Artículo 37 da las indicaciones para la creación de un reglamento que fije el procedimiento para clasificar las especies de flora y fauna silvestres, sobre la base de antecedentes científico-técnicos, y según su estado de conservación, en las siguientes categorías: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerable, rara, insuficientemente conocida y fuera de peligro. En el Artículo 38, señala que “Los organismos competentes del Estado confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerable, rara e insuficientemente conocidas.” En el Párrafo 6º De los Planes de Manejo, Prevención o Descontaminación el Artículo 41 señala que el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables se efectuará asegurando su capacidad de regeneración y la diversidad biológica asociada a ellos, en especial de aquellas especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas. Y finalmente, en el Artículo 42, dice que el organismo público encargado por la ley de regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en un área determinada, exigirá, la presentación y cumplimiento de planes de manejo de los mismos, a fin de asegurar su conservación. Estos incluirán, entre otras, las siguientes consideraciones ambientales: c) Protección de especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidos.

Reglamento de Clasificación de Especies (D.O. 11.05.2005) Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El Decreto Supremo Nº 75 de 2005, aprueba el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres y establece las disposiciones que regirán el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a que alude el artículo 37 de la ley Nº19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; define las categorías en las que deben ser clasificadas las especies evaluadas y el procedimiento para la clasificación de especies incluyendo los Criterios para la clasificación de especies, las funciones y conformación de un Comité para la Clasificación de Especies según su estado y el procedimiento administrativo para la clasificación.

Categorías de conservación

El Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres, utiliza las categorías que establece la Ley 19.300 para la clasificación de las especies de flora y fauna, según su estado de conservación según lo señalado en la Tabla 5-8.

TABLA 5-8. CATEGORIAS DE CONSERVACIÓN LEGALMENTE VIGENTES EN CHILE.

CATEGORIA		DESCRIPCIÓN
Extinguida (Extinta)	E	Una especie se considera “Extinta” cuando prospecciones exhaustivas no han detectado ningún individuo en estado silvestre.
En Peligro de Extinción	EP	Una especie se considera “En Peligro” al enfrentar un riesgo muy alto de extinción.
Vulnerable	V	Una especie se considera “Vulnerable” cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría de “En Peligro”, enfrenta un riesgo alto de extinción.
Insuficientemente Conocida	IC	Una especie “Insuficientemente Conocida” es una que, bajo presunciones fundadas, enfrenta un riesgo de extinción pero para la cual no hay información suficiente para asignarla a la categoría “En Peligro” o bien “Vulnerable”. Es, por tanto, una categoría de riesgo que implica un esfuerzo de levantamiento de información para determinar el real estado de conservación de la especie.
Fuera de Peligro	FP	Una especie se considera “Fuera de Peligro” cuando, habiendo estado en alguna de las categorías anteriores (de riesgo), se considera relativamente segura en la actualidad por la adopción de medidas efectivas de conservación o por la cesación de una amenaza.
Rara	R	Una especie se considera “Rara” cuando sus poblaciones ocupan un área geográfica pequeña o estén restringidas a un hábitat muy específico (que en si, sea escaso en la naturaleza), o cuando la especie en forma natural, presenta bajas densidades poblacionales aunque ocupe un área geográfica mayor. Las especies clasificadas como raras, también pueden ser clasificadas en alguna de las demás categorías.
No se ajusta a ninguna categoría de conservación según RCE		Si bien ésta no es una categoría de estado de conservación que emane de la Ley 19.300, una especie puede, luego de su primer proceso de clasificación, no quedar asignada a ninguna de las categorías anteriores, por considerar que, con los datos disponibles a la fecha de su clasificación, no habían antecedentes que indicaran un estado de riesgo, rareza o extinción para esa especie.

Fuentes de información

La flora y fauna registrada en este estudio se analizó utilizando como indicadores diferentes métodos e iniciativas, además del reglamento de la Ley de Caza 19.407 como fuente de información oficial para la fauna. Así, se consultaron las listas proporcionadas por Benoit (1989), actualizada en reunión de expertos realizada en septiembre de 1997 y Red Data Book UICN (2007) para flora y Glade (1998), Red Data Book UICN (2007), Cofré & Marquet (1998), Veloso (2006), Núñez et al. (1997) y Díaz-Paez & Ortiz (2003) para fauna. Las categorías y sus definiciones del Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres están contenidas en una ley, por lo que su modificación es materia de una modificación legislativa, situación que no permite actualizarlas según las modificaciones periódicas que UICN va haciendo de ellas. De esta manera, algunos de los criterios en nuestra legislación ya no son comparables internacionalmente, como es el caso de la categoría Rara que fue eliminada de la nomenclatura de UICN.

4.2. Estado de conservación por áreas de estudio

Estado de conservación Valle de Quillagua

Flora. El estado de conservación de las 22 especies nativas de flora registradas en el lugar, indica que 19 especies no presentan problemas de conservación y sólo tres están en la categoría de Vulnerable, *Prosopis alba, P. chilensis* y *P. tamarugo* (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor/ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación, según las definiciones de su versión 2.3 de 1994.

TABLA 5-9. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA; LR= RIESGO MENOR; NT=CASI AMENAZADA; CD= DEPENDIENTE DE LA CONSERVACIÓN

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN 2007
Prosopis alba	algarrobo blanco	V	LR/nt
Prosopis chilensis	algarrobo	V	N/E
Prosopis tamarugo	tamarugo	V	LR/cd

Fauna. En el área muestreada se registraron dos especies de mamíferos nativos. El reglamento de la Ley de Caza no incluye a *Abrothrix olivaceus* en ninguna categoría de conservación mientras que UICN (2007) lo clasifica como de Menor riesgo/preocupación menor. *Myotis atacamensis* por su parte es sindicado como de poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza aunque no está clasificado en ninguna de las categorías de conservación, y por UICN (2007) como Vulnerable, en base a la reducción poblacional, aunque su evaluación data de 1996 y no ha sido actualizada. Ninguno de ellos ha sido evaluado en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993), y Cofré & Marquet (1998) consideran a ambos Sin Prioridad Inmediata. El reptil registrado, *Microlophus theresioides*, en el Reglamento de la Ley de Caza se consigna en la categoría Rara; Núñez et al. (1997) lo evalúan en la misma categría, mientras que no ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) ni en UICN (2007). De las 22 especies de aves nativas registradas en el área de estudio, en el reglamento de la Ley de Caza, se incluye a *Larus modestus* en la categoría de Vulnerable y a *Conirostrum tamarugense* como Inadecuadamente conocida. Ninguna ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) y UICN (2007) clasifica a *Conirostrum tamarugense* como Vulnerable y a las restantes como de Preocupación Menor.

TABLA 5-10. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. N/E= NO EVALUADA, V= VULNERABLE, R= RARA, LC= PREOCUPACIÓN MENOR.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Myotis atacamensis	murciélago de Atacama		N/E		V
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Microlophus theresioides	corredor de Teresa	R	N/E	R	N/E
AVES					
Larus modestus	gaviota garuma	V	N/E		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies dañinas. Las dos especies de mamíferos exóticos registrados, *Rattus rattus* y *Mus musculus,* y una especie de ave, *Passer domesticus*, son considerados por el Reglamento de la Ley de Caza como especies de fauna silvestre perjudiciales o dañinas, las cuales pueden ser cazadas o capturadas en cualquier época del año, en todo el territorio nacional.

Especies beneficiosas. Las aves *Troglodytes aedon, Pygochelidon cyanoleuca, Tachuris rubrigastra, Tyrannus savana, Muscisaxicola macloviana, Muscisaxicola maculirostris, Chordeiles acutipennis, Falco femoralis,* y *Buteo polyosoma* están consideradas como especies beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Zonotrichia capensis, Conirostrum tamarugense, Conirostrum cinereum, Upucerthia dumetaria* y *Phleocryptes melanops* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y el reptil *Microlophus theresioides* como especie de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio, las aves *Fullica ardesiaca, Chordeiles acutipennis, Upucerthia dumetaria, Tyrannus savana, Conirostrum cinereum, Larus modestus* y *Conirostrum tamarugense*, y el reptil *Microlophus theresioides* se consideran como especies con poblaciones reducidas.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

Estado de conservación Oasis de Calama

Flora. De las 33 especies nativas de flora registradas, sólo dos, *Prosopis alba* y *P. chilensis* están en la categoría de Vulnerable y 31 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor/ casi amenazado, mientras que *P. chilensis* no está evaluado, según las definiciones de su versión 2.3 de 1994.

TABLA 5-11. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL OASIS DE CALAMA V= VULNERABLE; LR= RIESGO MENOR; NT= CASI AMENAZADA; N/E= NO EVALUADA;

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Prosopis alba	algarrobo blanco	V	LR/nt
Prosopis chilensis	algarrobo	V	N/E

Fauna. Se registraron cinco especies de mamíferos nativos en el área muestreada, dos de ellos con problemas de conservación. El Reglamento de la Ley de Caza y el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile consideran a *Licalopex griseus* y *L. culpeaus* Insuficientemente conocido mientras que Cofré & Marquet (1998) consideran a *L. griseus* como Vulnerable y a *L. culpaeus* como Sin Prioridad Inmediata. UICN los clasifica como de preocupación menor. Se registraron dos especies de reptiles *Microlophus theresioides* y *Liolaemus paulinae*, que en el Reglamento de la Ley de Caza se consignan en la categoría Rara. Núñez et al. (1997) consideran a *M. theresioides* en la misma categoría mientras no ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) ni en UICN (2007). *L. paulinae* está incluida en la categoría Rara en el Libro Rojo y por Núñez et al. (1997) y con Datos Insuficientes en UICN (2007), aunque su evaluación está desactualizada. Incluimos el registro de un anfibio, *Telmatobius dankoi*, que Díaz-Paez & Ortiz (2003) consideran Insuficientemente Conocido y UICN (2007) con Datos Insuficientes. De las 40 especies de aves nativas registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Falco peregrinus* en la categoría de Vulnerable. Ninguna ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993), y UICN las clasifica a todas como de Preocupación menor.

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies dañinas. Las cuatro especies de mamíferos exóticos registrados, *Oryctolagus cuniculus*, *Rattus rattus*, *R. norvegicus* y *Mus musculus,* y dos especies de aves, *Passer domesticus* y *Columba livia*, son considerados como especies de fauna silvestre perjudiciales o dañinas, las cuales pueden ser cazadas o capturadas en cualquier época del año, en todo el territorio nacional.

Especies beneficiosas. Las aves *Troglodytes aedon*, *Athene cunicularia*, *Bubo magellanicus*, *Tyto alba*, *Falco femoralis*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco sparverius*, *Falco peregrinus*, *Buteo polyosoma, Circus cinereus* y *Geranoaetus melanoleucus* están consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que *Egretta caerulea*, *Pardirallus sanguinolentus*, *Steganopus tricolor*,

Leptasthenura aegithaloides, *Zonotrichia capensis*, *Upucerthia dumetaria, Cinclodes fuscus* y *Phleocryptes melanops* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. Los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides* y el ave *Nycticorax nycticorax* son consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de avifauna registradas en el área de estudio, *Egretta caerulea*, *Falco peregrinus*, *Steganopus tricolor, Fulica ardesiaca* y *Upucerthia dumetaria*, el mamífero *Phyllotis magíster* y los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

TABLA 5-12. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL OASIS DE CALAMA. N/E= NO EVALUADA, R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1993		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Lycalopex griseus	zorro chilla	I	I	V	lc
Lycalopex culpeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	R	R		DD
Microlophus theresioides	corredor de Teresa	R	N/E		N/E
AVES					
Falco peregrinus	halcón peregrino	V	N/E		LC
ANFIBIOS				Díaz-Paez & Ortiz 2003	
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko			I	DD

Estado de conservación de Laguna Lejía

Flora. De las 29 especies nativas de flora registradas, sólo tres pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable y 26 no presentan problemas de conservación (Marticorena 2005). UICN (2007) por su parte no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-13. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN LAGUNA LEJÍA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Marticorena (2005)	UICN (2007)
Nototriche auricoma	nototriche	V	N/E
Nototriche sp.	nototriche	V	N/E
Nototriche sp.1	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron 10 especies de mamíferos nativos silvestres en el área muestreada. El Reglamento de la Ley de Caza incluye a cinco de ellos en alguna categoría de conservación: En Peligro a nivel nacional a *Vicugna vicugna, Chinchilla brevicaudata*, Vulnerable a *Ctenomys fulvus* e Insuficientemente conocido a *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea*; estas cinco especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) incluyéndolas en las mismas categorías salvo para el caso de *Vicugna vicugna* que se incluye en categoría Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *C. brevicaudata* y *Vicugna vicugna* En Peligro, a *A. cinerea* Vulnerable, a *Ctenomys opimus* como Frágil y las dos especies restantes como Sin Prioridad Inmediata, mientras que *Abrothrix andinus* no aparece evaluado; UICN (2007) clasifica a una de las especies como Peligro Critico (*C. brevicaudata*), tres especies como de Menor riesgo/preocupación menor, una como de Preocupación menor y una no evaluada. Se registraron dos especies de reptil, *Liolaemus andinus* y *L.puritamensis*, las que no se han incluido en ninguna categoría de conservación en la Ley de Caza y no han sido evaluadas por Glade (1993), Núñez et al. (1997) ni UICN (2007). De las 30 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Pterocnemia pennata* en la categoría En Peligro, a *Chloephaga melanoptera*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus jamesi*, *Phoenicoparrus andinus* y *Larus serranus* en la categoría de Vulnerable y a *Attagis gayi* en la categoría Rara. El Libro Rojo (Glade 1993) también incluye a estas siete especies en alguna categoría de conservación aunque difiere la clasificación de *Larus serranus* a la que consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de estas especies como Casi amenazadas (*Pterocnemia pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *P. jamesi*), a una como Vulnerable (*Phoenicoparrus andinus*) y a las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

TABLA 5-14. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN LAGUNA LEJIA. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA NT= NO AMENAZADA LR/LC= RIESGO MENOR/PREOCUPACIÓN MENOR.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	V	V	NP	LR/lc
Ctenomys opimus				F	
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	P	P	P	CR
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
AVES					
Pterocnemia pennata	suri	P	P		NT
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus	parina grande	V	V		VU
Phoenicoparrus jamesi	parina chica	V	V		NT
Chloephaga melanoptera	piuquén	V	V		LC
Attagis gayi	perdicita cordillerana	R	R		LC
Larus serranus	gaviota andina	V	R		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. Las aves *Oreotrochilus estella*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Muscisaxicola rufivertex*, *M. flavinucha* y *M. frontales* son consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que *Charadrius alticola*, *Calidris bairdii*, *Steganopus tricolor*, *Geositta cunicularia*, *G. punensis*, *Upucerthia ruficauda*, *U. dumetaria* y *Asthenes modesta* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. El mamífero *Lycalopex culpaeus* y las aves *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *P. jamesi*, *Phrygilus atriceps* y *Bolborhynchus aurifrons* son especies consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio los mamíferos *Phyllotis magister*, *Ctenomys fulvus, Ctenomys opimus, Chinchilla brevicaudata* y *Vicugna vicugna*, y las aves *Pterocnemia pennata, Charadrius alticola*, *Steganopus tricolor*, *Attagis gayi*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *P. jamesi*, *Sicalis uropygialis*, *S. olivascens*, *Phrygilus unicolor*, *P. plebejus*, *Carduelis atrata*, *Upucerthia ruficauda*, *U. dumetaria* y *Bolborhynchus aurifrons* se consideran especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Estado de conservación Alrededores del Volcán Licancabur

Flora. De las 91 especies de flora nativa registradas, sólo tres, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche auricoma* y *Nototriche* cfr. *pulvinata* están incluidas en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). UICN (2007) por su parte no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-15. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VOLCÁN LICANCABUR. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Trichocereus atacamensis	cardón grande	V	N/E
		Marticorena (2005)	
Nototriche auricoma	nototriche	V	N/E
Nototriche cfr. pulvinata	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron 13 especies de mamíferos nativos en el área muestreada, de los cuales ocho se encuentran dentro de alguna categorización en el Reglamento de la Ley de Caza, que incluye a cinco de ellos en la categoría En Peligro a nivel nacional (*Chaetophractus nationi*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna, Lama guanicoe* y *Leopardus colocolo*), a *Ctenomys fulvus* como Vulnerable y a *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* como Insuficientemente conocido; estas especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) incuyendo a *Chaetophractus nationi* y *Leopardus colocolo* en la categoría En Peligro y a *Lagidium viscacia* y *Vicugna vicugna* como Vulnerables, mientras que *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* como Insuficientemente conocida; Cofre y Marquet (1998) consideran a *Vicugna vicugna* En Peligro, y a *Eligmodontia puerulus* y *Lagidium viscacia* en categoría Frágil, a *Leopardus colocolo* y *Lama guanicoe y A. cinerea* como Vulnerable; UICN (2007) clasifica a *Chaetophractus nationi* como Vulnerable, a *Lagidium viscacia* como de Datos insuficientes, a *Leopardus colocolo* como Casi Amenazada y a cinco de las restantes especies como de Menor riesgo/preocupación menor y a una como de Menor Riesgo/ dependiente de la conservación; aunque la evaluación para las especies del Orden Rodentia data de 1996 y no ha sido actualizada. Se registraron seis especies de reptiles, tres de las cuales, *Liolaemus constanzae, L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* se consignan en la categoría Rara en el Reglamento de la Ley de Caza. *L. constanzae* y *P. audituvelata* están incluidas en la categoría Rara en el Libro Rojo (Glade 1993), *L. fabiani* y *L. constanzae* son consideradas en categoría Rara por Núñez et al. (1997) mientras que UICN (2007), solo considera a *L. constanzae* con Datos insuficientes aunque su evaluación está desactualizada. En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios, una de las cuales, *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en la Ley de Caza. Glade (1993) la clasifica en la misma categoría y Veloso (2006) y UICN (2007), la consideran de Preocupación menor. De las 26 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Tinamotis pentlandii* en la categoría de Vulnerable. El Libro Rojo (Glade 1993) la considera Vulnerable, mientras que ninguna de las restantes especies ha sido evaluada. UICN las clasifica a todas como de Preocupación menor.

TABLA 5-16. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA F= FRÁGIL NT= CASI AMENAZADA LR/LC= RIESGO MENOR/PREOCUPACIÓN MENOR LR/CD= RIESGO MENOR/DEPENDIENTE DE LA CONSERVACIÓN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Chaetophractus nationi	quirquincho de la puna	P	P	N/E	V
Leopardus colocolo	gato colocolo	P	P	V	NT
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	V	V	NP	LR/lc
Eligmodontia puerulus	ratita de pie sedoso del norte		N/E	F	LR/lc
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lagidium viscacia	vizcacha	P	V	F	DD
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
Lama guanicoe	guanaco	P	V	V	LR/lc
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Liolaemus constanzae	lagartija de Constanza	R	R		DD
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	R			N/E
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	R	R		N/E
ANFIBIOS				Veloso 2006	
Bufo spinulosus	sapo espinoso	V	V	LC	LC
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama				DD
AVES					
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	V	V		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. El mamífero *Leopardus colocolo* y las aves *Buteo polyosoma*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoralis*, *Oreotrochilus* sp., *Muscisaxicola rufivertex*, *M. maculirostris*, *Pygochelidon cyanoleuca* y *Troglodytes aedon* están consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Cinclodes atacamensis*, *Zonotrichia capensis*, *Leptasthenura aegithaloides*, *Upucerthia ruficauda* y *Asthenes modesta* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. Por su parte, el mamífero *Lycalopex culpaeus*, el ave *Phrygilus atriceps* y los reptiles *Liolaemus constanzae*, *L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* se consideran de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de vertebrados registradas en el área de estudio, los mamíferos *Chaetophractus nationi*, *Leopardus colocolo*, *Ctenomys fulvus*, *Akodon albiventer*, *Eligmodontia puerulus*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna*, los reptiles *Liolaemus constanzae*, *Liolaemus fabiani*, *Phrynosaura audituvelata*, el anfibio *Telmatobius vilamensi* y las aves *Tinamotis pentlandii*, *Anas puna*, *Upucerthia ruficauda*, *Turdus chiguanco*, *Phrygilus unicolor*, *P. plebejus* y *Carduelis atrata* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

Estado de conservación Geisers del Tatio

Flora. De las 91 especies de flora nativa registradas en este estudio, tres: *Trichocereus atacamensis, Nototriche argentea* y *Azorella compacta* están en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). UICN (2007) no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-17. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN GÉISERES DEL TATIO. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Trichocereus atacamensis	Cardón gigante	V	N/E
Azorella compacta	llaretilla	V	N/E
		Marticorena (2005)	
Nototriche argentea	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron once especies de mamíferos nativos silvestres (ver Tabla 4-22), cinco de ellos con problemas de conservación. El Reglamento de la Ley de Caza considera En Peligro a nivel nacional a *Vicugna vicugna* y *Lagidium viscacia* e Insuficientemente conocido a *Lycalopex culpaeus, Auliscomis sublimis* y *Abrocoma cinerea*; estas cinco especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) en las mismas categorías, salvo *Vicugna vicugna* y *L. viscacia* en la categoría Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *Vicugna vicugna* En Peligro, *L. viscacia* como frágil y *Abrocoma cinerea* Vulnerable, mientras que las dos especies restantes como Sin Prioridad Inmediata; UICN (2007) clasifica a las cinco especies como de Menor riesgo/preocupación menor. Se registraron cuatro especies de reptiles, las que no se han incluido en ninguna categoría de conservación en la Ley de Caza y no han sido evaluadas por Glade (1993), Núñez et al. (1997) ni UICN (2007). En el área de estudio se registró una especie de anfibio, *Bufo spinulosus* que está considerada como Vulnerable en la Ley de Caza. Glade (1993) la clasifica en la misma categoría mientras que Veloso (2006) y UICN (2007), la consideran de Preocupación menor. De las 35 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a

Pterocnemia pennata en la categoría En Peligro, a *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Vultur gryphus* y *Fulica gigantea* en la categoría de Vulnerable. El Libro Rojo (Glade 1993) también incluye a estas siete especies en alguna categoría de conservación aunque difiere la clasificación de *Larus serranus* a la que consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de estas especies como Casi amenazadas (*Pterocnemia pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *Vultur gryphus*), a dos como Vulnerables (*Phoenicoparrus andinus* y *Agriornis andicola*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

TABLA 5-18. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN GÉISERES DEL TATIO. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA NT= CASI AMENAZADA, LR/CD= RIESGO MENOR/DEPENDIENTE DE CONSERVACIÓN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Auliscomys sublimis	ratón de la puna	I	I	NP	LR/lc
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
Lagidium viscacia	vizcacha	P	V	F	DD
ANFIBIOS				Veloso 2006	
Bufo spinulosus	sapo espinoso	V	V	LC	LC
AVES					
Pterocnemia pennata	suri	P	P		NT
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus	parina grande	V	V		V
Chloephaga melanoptera	piuquén	V	V		LC
Vultur gryphus	cóndor	V	V		NT
Fulica gigantea	tagua gigante	V	V		LC
Larus serranus	gaviota andina	V	R		LC
Agriornis andicola	mero de la puna		N/E		V

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. Las aves *Buteo polyosoma*, *Vultur gryphus*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoraliPygochelidon cyanoleuca*, *Muscisaxicola rufivertex*, *M. flavinucha*, *Lessonia oreas*, *Agriornis andicola* y el anfibio *Bufo spinulosus* son consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Tringa flavipes*, *Calidris bairdii*, *Cinclodes atacamensis*,

Asthenes modesta y *Leptasthenura aegithaloides* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. El mamífero *Lycalopex culpaeus* y las aves *Gallinago andina*, *Bolborhynchus aurifrons*, *Upucerthia ruficauda*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus* y *Phrygilus atriceps*, son especies consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio los mamíferos *Akodon albiventer*, *Phyllotis magister*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna* y las aves *Pterocnemia pennata, Anas puna*, *Gallinago andina, Larus serranus*, *Tringa flavipes*, *Metriopelia aymara*, *Upucerthia ruficauda, Bolborhynchus aurifrons, Thinocorus orbignyianus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Fulica gigantea*, *Phrygilus dorsalis*, *P. unicolor* y *Carduelis atrata* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

4.3. Estado de conservación en cinco áreas de estudio

Flora. De las 181 especies de flora nativa registradas, 10 están consideradas en la categoría de Vulnerable y 171 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). Es decir un 5,5% de estas especies están amenazadas, una proporción igual a lo documentado a nivel nacional. Estas especies vulnerables representan el 35,7% de las 28 especies clasificadas en esta categoría en Chile y el 14,1% de las 71 especies clasificadas en cualquiera de las categorías.

TABLA 5-19. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN CINCO ÁREAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA; LR= RIESGO MENOR; NT= CASI AMENAZADA; CD= DEPENDIENTE DE CONSERVACIÓN. *= SENSU MARTICORENA (2005).

ESPECIES / INVENTARIOS	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	EL TATIO	BENOIT (1989)	UICN
Azorella compacta					x	V	N/E
Trichocereus atacamensis				x	x	V	N/E
Nototriche argentea					x	V*	N/E
Nototriche auricoma			x	x		V*	N/E
Nototriche cfr. pulvinata				x		V*	N/E
Nototriche sp. A			x			V*	N/E
Nototriche sp.B			x			V*	N/E
Prosopis alba	x	x				V	LR/nt
Prosopis chilensis	x	x				V	N/E

Prosopis tamarugo	x					V	LR/cd
ESPECIES NATIVAS REGISTRADAS	22	33	29	91	91	10	2

TABLA 5-20. NÚMERO DE ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

CATEGORÍA	VALLE DE QILLAGUA	OASIS CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	GEISERS DE TATIO	TOTAL	TOTAL NACIONAL
En peligro							11
Vulnerable	3	2	3	3	3	10	28
Rara							32
Total especies en EC	3	2	3	3	3	10	71
Especies nativas registradas	22	33	29	91	91	181	

Fauna.

MAMÍFEROS. De los 25 mamíferos registrados en el área de estudio 11 están considerados en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza; seis En Peligro a nivel nacional, representando el 35,3% de los mamíferos clasificados en esta categoría en Chile, uno Vulnerable que representa el 9,1% de total nacional en esta categoría y cuatro como Insuficientemente conocido los que representan el 57,1% del total nacional. Estas 11 especies representan el 22,9% de las especies clasificadas en alguna categoría de conservación. Tres especies están consideradas en alguna categoría de conservación por otros autores, dos en la categoría Frágil por Jofre & Marquet (1998) y una Vulnerable por UICN (2007).

REPTILES. Se registraron 13 especies de reptiles, cinco de las cuales presentan problemas de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza, encontrándose todas ellas clasificadas en la categoría Rara, lo que representa el 10,2% de las especies de reptiles clasificadas en esta categoría y el 5,4% de los clasificados a nivel nacional. Una más reciente clasificación de este taxón se realizó en 1997 (Núñez et al 1997), clasificándose en esa oportunidad a 98 de reptiles, frente a lo cual las especies encontradas con problemas de conservación en este estudio corresponderían solo al 5,1% del total nacional.

ANFIBIOS. Se registraron tres especies de anfibios, de los cuales solo *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en el Reglamento de la Ley de Caza lo que correspondería al 16,7% de las especies clasificadas en esta categoría y al 6,7% del total nacional para este taxon. Sin embargo en publicaciones más recientes Díaz-Paez & Ortiz (2003) y Veloso (2006) clasifican a esta especie como Fuera de Peligro y de Preocupación Menor respectivamente. Díaz-Paez & Ortiz (2003) incluyen a *Telmatobius dankoi* como Insuficientemente Conocida y Veloso (2006) considera, tanto a *T. dankoi* como a *T. vilamensis* en la misma categoría.

AVES. De las 90 especies de aves registradas en el área de estudio, 13 especies se consideran amenazadas en el Reglamento de la Ley de Caza, una En peligro que corresponde al 6,7% de las especies de avifauna clasificadas en esta categoría a nivel nacional, 10 Vulnerable correspondientes al 38,5% del total nacional, una Rara, 9,1% del total nacional para esta

categoría y una Insuficientemente conocida, 5,9% de las especies a nivel nacional. Las 13 especies con problemas de conservación corresponden al 18,8% de las especies categorizadas a nivel nacional. A éstas se suma una especie considerada como Casi amenazada por UICN (2007).

TABLA 5-21. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.1= QUILLAGUA; 2= CALAMA; 3= LAGUNA LEJÍA; 4= VOLCÁN LICANCABUR; 5= GEISERS DEL TATIO. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; LC= PREOCUPACION MENOR; NT= CASI AMENAZADA LR= RIESGO MENOR NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA; F= FRÁGIL.

ESPECIES	1	2	3	4	5	Reglamento Ley de Caza	Glade 1993 Nacional	Glade 1993 Antofagasta		UICN 2007
MAMÍFEROS									Cofré & Marquet 1998	
Chaetophractus nationi				x		P	P	P		VU
Myotis atacamensis	x									VU
Eligmodontia puerulus				x					F	LR/lc
Auliscomys sublimis					x	I	I	I	NP	LR/lc
Ctenomys fulvus			x	x		V	V		NP	LR/lc
Ctenomys opimus				x					F	
Lagidium viscacia				x	x	P	V	P	F	DD
Chinchilla brevicaudata			x			P	P	P	P	CR
Abrocoma cinerea			x	x	x	I	I	I	V	LR/lc
Leopardus colocolo				x		P	P		V	NT
Lycalopex culpaeus			x	x	x	I	I	I	NP	LC
Lycalopex griseus		x				I	I	I	V	lc
Lama guanicoe				x		P	V	P	V	LR/lc
Vicugna vicugna			x	x	x	P	V	P	P	LR/cd
REPTILES									Núñez et al. 1997	
Microlophus theresioides	x	x				R			R	
Liolaemus fabiani				x		R			R	
Liolaemus paulinae		x				R	R	R	R	DD
Liolaemus constanzae				x		R	R	R	R	DD
Phrynosaura audituvelata				x		R	R	R		
ANFIBIOS									Veloso 2006	
Bufo spinulosus				x	x	V	V	V	LC	LC
Telmatobius dankoi		x							DD	DD
Telmatobius vilamensis				x					DD	DD
AVES										
Pterocnemia pennata			x		x	P	P	P		NT
Tinamotis pentlandii				x	x	V	V	V		LC
Phoenicopterus chilensis			x		x	V	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus			x		x	V	V	V		VU
Phoenicoparrus jamesi			x			V	V	V		NT
Chloephaga melanoptera			x		x	V	V	V		LC
Vultur gryphus					x	V	V	R		NT
Falco peregrinus		x				V				LC
Fulica ardesiaca	x	x								NT
Fulica gigantea					x	V	V			LC

Attagis gayi			x			R	R	R		LC
Larus serranus			x		x	V	R	V		LC
Larus modestus	x					V	V	V		LC
Conirostrum tamarugense	x					I				VU
Agriornis andicola					x					VU

Como se aprecia en la Tabla 5-24, el número de especies con problemas de conservación en las cinco áreas es similar para los Oasis de Calama y Quillagua, entre sí, con seis especies respectivamente, y para los tres sitios de estudio del altiplano entre sí con 12 a 16 especies con problemas de conservación incluyendo todas las fuentes de información. Si solo consideramos el Reglamento de la Ley de Caza esta situación se hace aún más similar para ambos grupos.

TABLA 5-22. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN A NIVEL NACIONAL SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA LEY DE CAZA. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; F= FUERA DE PELIGRO.

	P	V	R	I	F	Total
Mamíferos	17	11	13	7	0	48
Aves	15	26	11	17	0	69
Reptiles	8	21	49	7	7	92
Anfibios	11	6	14	6	4	41
	51	64	87	37	11	250

TABLA 5-23. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA NORTE SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA LEY DE CAZA. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; F= FUERA DE PELIGRO.

	P	V	R	I	F	Total
Mamíferos	9	5	5	5	0	24
Aves	4	17	3	11	0	35
Reptiles	3	8	32	4	3	50
Anfibios	3	1	5	0	0	9
	19	31	45	20	3	118

TABLA 5-24. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS DE PRIORITARIOS EN LA REGION DE ANTOFAGASTA.

FUENTE	CATEGORÍA	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS DE CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	GEISERS DE TATIO	TOTAL ESPECIES	TOTAL NACIONAL
Ley de Caza	En peligro			3	5	3	7	51
	Vulnerable	2	1	6	3	8	12	64
	Rara	1	2	1	3		6	87
	Insuficientemente conocida	1	1	2	2	3	4	37
	Fuera de peligro							11
Total especies en EC Ley de Caza		4	4	12	13	14	29	250
Veloso 2006	Datos insuficientes		1		1		2	
Jofre & Marquet 2008	Frágil				2		2	
UICN 2007	Casi amenazada	1	1				1	
	Vulnerable	1				1	2	
Total especies en EC		6	6	12	16	14	35	
Total especies registradas		26	50	42	48	51	130	

4.4. Conclusiones

Valle de Quillagua

Tres especies de plantas están en la categoría de Vulnerables, *Prosopis alba, P. chilensis* y *P. tamarugo* (sensu Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor./ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación.

Según la Ley de Caza no existen mamíferos considerados en Categorías de Conservación, mientras que UICN (2007) consigna a *Myotis atacamensis* en la categoría Vulnerable.

El reptil *Microlophus theresioides*, según la Ley de Caza se consigna como especie beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria, de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara.

De las 23 especies de aves registradas en el área de estudio según la Ley de Caza, *Larus modestus* es categorizada como Vulnerable y *Conirostrum tamarugense* como Inadecuadamente Conocida, mientras que UICN (2007) categoriza a *Conirostrum tamarugense* como Vulnerable y a las restantes como de Preocupación Menor.

Oasis de Calama

Dos especies de plantas están en categoría de Vulnerables, *Prosopis alba* y *P. chilensis* (sensu Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor./ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación.

El reptil *Microlophus theresioides*, según la Ley de Caza se considera como especie de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara. *Liolaemus paulinae* está incluida en la categoría Rara en el Libro Rojo y con datos insuficientes en UICN (2007), aunque su evaluación está desactualizada, mientras que en el Reglamento de la Ley de Caza como especie de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara.

Licalopex griseus y *L. culpaeus* son considerados Insuficientemente Conocido, mientras que las tres especies de roedores nativos son categorizadas por UICN como de Preocupación Menor.

De las 40 especies de aves registradas en el área de estudio según la Ley de Caza, *Falco peregrinus* es categorizada como Vulnerable y todas son categorizadas por UICN (2007) como de Preocupación Menor.

Laguna Lejía

Tres de las 29 especies de flora nativas registradas, pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable (Marticorena 2005).

Cinco de las 10 especies de mamíferos nativos silvestres registrados se incluyen en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna y Chinchilla brevicaudata* En Peligro a nivel nacional, *Ctenomys fulvus* Vulnerable y *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* Insuficientemente conocido; Glade (1993) incluye a todas en la misma categoría salvo *V. vicugna* como Vulnerable; Cofre y Marquet (1998) consideran a *V. vicugna* y *C. brevicaudata* En Peligro, y tres como Sin Prioridad Inmediata; UICN (2007) clasifica como Peligro Critico a *C. brevicaudata*, a tres como de Menor riesgo/preocupación menor y a una como de Preocupación menor.

Una de las 30 especies de aves registradas está en la categoría en Peligro, *Pterocnemia pennata*, cinco, *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus* y *P. jamesi* están en la categoría de Vulnerable y una, *Attagis gayi* en la categoría Rara, según el Reglamento de la Ley de Caza. Glade (1993) considera a siete de estas especies en la misma categoría de conservación y a *L serranus* la consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres especies como Casi amenazadas (*P. pennata*, *P. chilensis* y *P. jamesi*), a una como Vulnerable (*P. andinus*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

Alrededores del Volcán Licancabur

Tres de 91 especies de plantas nativas están en la categoría de Vulnerables, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche auricoma* y *Nototriche* cfr. *Pulvinata* (Benoit 1989, Marticorena 2005).

De las 14 especies de mamíferos, ocho están en alguna categoría de conservación a nivel nacional según el reglamento de la Ley de Caza, siete según el Libro Rojo y cinco según Cofré & Marquet.

De las seis especies de reptiles, tres se consignan en alguna categoría de conservación en el Reglamento de la Ley de Caza, dos según el Libro Rojo (Glade 1993) mientras que UICN (2007), solo considera a una especie.

De las dos especies de anfibios una está considerada como Vulnerable en la Ley de Caza y en Glade (1993). Veloso (2006) y UICN (2007) la consideran de Preocupación menor y a la otra como de Datos Insuficientes.

De las 26 especies de aves una está categorizada como Vulnerable según la Ley de Caza, y según Glade (1993) y todas son categorizadas por UICN (2007) como de Preocupación Menor.

Geisers del Tatio

Tres de las 91 especies de flora nativa registradas, *Trichocereus atacamensis, Nototriche argentea* y *Azorella compacta*, están clasificadas en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005).

Cinco de 11 especies de mamíferos nativos silvestres registrados (ver tabla 4-22) están incluidos en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna* y *Lagidium viscacia* En Peligro a nivel nacional y *Lycalopex culpaeus, A. sublimis y A. cinerea*; Insuficientemente conocido. Glade (1993) considera a *L. culpaeus*; en la misma categoría y a *V. vicugna* como Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *V. vicugna* En Peligro, *L. viscacia* Frágil, *A. cinerea* Vulnerable y a dos de las especies restantes como Sin Prioridad Inmediata. UICN (2007) clasifica a cinco especies como de Menor riesgo/ preocupación menor.

El anfibio, *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en la Ley de Caza y en Glade (1993). Veloso (2006) y UICN (2007) la consideran de Preocupación menor.

Una de las 35 especies de aves registradas está en la categoría en Peligro, *Pterocnemia pennata*, y seis *Chloephaga melanoptera, Larus serranus, Phoenicopterus chilensis, P. andinus, Vultur gryphus y Fulica gigantea* están en categoría Vulnerable según el Reglamento de la Ley de Caza. Glade (1993) clasifica a una En Peligro, seis como Vulnerables y a *Larus serranus* como Rara. UICN (2007) clasifica a tres Casi amenazadas (*P. pennata*, *P. chilensis* y *V. gryphus*), a dos Vulnerables (*P. andinus* y *A. andicola*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

Cinco áreas de estudio

El número de especies vegetales con problemas de conservación en cada uno de los sitios en estudio es igual para todos salvo por el Oasis de Calama con dos especies en vez de tres.

En relación a la fauna con problemas de conservación, los sitios en estudio albergan porcentajes variables de las especies clasificadas a nivel nacional. En particular los sitios del altiplano albergan entre tres y cinco especies clasificadas En peligro que representan alrededor del 35% de las especies clasificadas en esta categoría, confiriéndoles por lo tanto una alto valor para la conservación de estas especies, aún más cuando se considera, por ejemplo, que en Geisers del Tatio y Laguna Lejía se encuentran ocho (33,3%) y seis (25%) de las 24 especies de mamíferos categorizadas Vulnerables para la zona norte, respectivamente. En el caso de las aves la situación es de mayor importancia aún puesto que las áreas en estudio albergan a

38,5% de las especies de avifauna categorizadas como Vulnerables para Chile, y el 58,2% de las Vulnerables para la zona norte.

Se espera que las diferencias de categorización de las especies chilenas se resuelvan cuando termine el proceso respectivo llevado adelante por CONAMA.

5. OBJETOS DE CONSERVACIÓN

Las actividades humanas que se relacionan con el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, ya sea que éstas se ubiquen dentro de los límites del área de interés o en su zona de influencia, suelen generar impactos que exceden los rangos naturales de variación y con ello afectan la integridad ecológica del sitio. Así, un área de interés puede afectarse por impactos directos o indirectos y en ambos casos el resultado es exceder la capacidad de uso sustentable o sostenible, conduciéndolos a su colapso. Cuando un área de conservación deja de ser funcional requiere manejo o restauración ecológica (Granizo et al. 2006).

5.1. Definición de los objetos naturales de conservación

Los objetos de conservación constituyen elementos bióticos que se incorporan como fundamentos de protección para los terrenos con alto valor para la conservación de la biodiversidad. Un área de conservación es funcional cuando reúne los atributos más adecuados para conservar la diversidad biológica a largo plazo o, como lo manifiestan Poiani & Richter (2000) es un área que “mantiene a las especies, comunidades y/o sistemas de interés focal y a los procesos ecológicos que sustentan, dentro de sus rangos naturales de variación”. Los objetos de conservación pueden ser a nivel de comunidades naturales y sistemas ecológicos o ecosistemas, en los que se incluyen los procesos naturales que los mantienen. También puede ser a nivel de especies.

Nivel de comunidades y ecosistemas

Cuando se trabaja con las comunidades naturales, éstas, de acuerdo a Whittaker (1975) se definen como un ensamble de poblaciones de plantas, animales, bacterias y hongos que viven en un entorno e interactúan unos con otros formando un sistema viviente particular. Mientras que un ecosistema sería la suma de comunidades y sus entornos tratados como sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía. Los sistemas ecológicos pueden clasificarse de acuerdo a su fisonomía en zonas de vida (Holdridge 1967), estructura de la vegetación, composición florística o ambos (Grossman et al. 1999).

Nivel de especies

A este nivel podemos trabajar en distintos grados o “filtros” (grueso, medio y fino)

El *filtro grueso* focaliza en la conservación de ecosistemas y puede considerar para ello a las especies “paraguas” (Groves 2003), que son aquellas que por su historia particular tienen influencia sobre otras. Por lo general se trata de especies cuyos rangos de distribución y movimiento son amplios, viven en hábitats heterogéneos y son vulnerables a las actividades humanas.

El *filtro medio* enfoca la conservación de elementos críticos del ecosistema que son importantes para muchas especies, en especial las que probablemente son pasadas por alto por los métodos de filtro fino, como invertebrados, hongos y plantas no vasculares. Los elementos críticos incluyen estructuras, humedales, y procesos como incendios e inundaciones (véase Hunter 2004).

El *filtro fino* considera aquellas especies que no estarían bien conservadas sólo con el filtro grueso, tales como especies en peligro de extinción, aquellas en riesgo dado que presentan poblaciones en declinación o naturalmente raras, o las endémicas. En esta categoría suelen estar también las especies bandera, las que no necesariamente tienen una validez ecológica importante pero que generan un compromiso afectivo inmediato en las personas, y por lo tanto estarán dispuestas a colaborar activamente en su conservación.

Especies focales

Las especies focales sirven como atajos para monitorear o resolver problemas de conservación, ya sea evaluando la magnitud de la perturbación antropogénica, monitoreando las tendencias poblacionales, localizando áreas de alta biodiversidad, delineando un tipo de hábitat o tamaño de área para protección o atrayendo la atención del público. Para la aplicación correcta de los diferentes términos asignados a las especies de interés, a continuación se sintetizan algunos conceptos de especies focales o sustitutas utilizadas para la conservación en base a distintas opiniones (Noss 1990; Stork & Samways 1995, Caro & O'doherty 1999).

Especies indicadoras. Son aquellas que pueden reflejar la calidad y cambios que surjan en su medio ambiente, así como también en aspectos de la composición de la comunidad. Estas especies tienden a ser muy sensibles a contaminantes, alteraciones e inestabilidad de su medio y a las actividades humanas. Tienen la capacidad de representar elementos pequeños, como un arroyo, o reflejar el estado prístino de un lugar. Las especies indicadoras son frecuentemente escogidas para realizar monitoreos, porque representan un uso particular, un ecosistema o un interés de manejo (Soulé & Kohm, 1989) o también porque son fácilmente muestreadas, clasificadas o identificadas. En general la selección de indicadores que informan sobre el estado del ambiente (biodiversidad) debe cumplir algunas de las siguientes características (Noss 1990, Caro & O'doherty 1999): (a) ser suficientemente sensibles para detectar las fases tempranas de cambio, (b) presentar una distribución a una escala geográfica amplia o ampliamente aplicables, (c) ser capaces de proporcionar evaluaciones continuas sobre un rango amplio de perturbación, (d) ser relativamente independientes del tamaño de muestra, (e) ser fáciles y económicas de medir, colectar probar y / o calcular, (f) ser capaces de diferenciar entre ciclos o tendencias naturales y aquellos inducidos por perturbaciones antropogénicas, (g) ser relevantes a fenómenos ecológicos significativos a diferentes niveles de organización. Dado que ningún indicador posee todas estas características, se requiere un conjunto de indicadores complementarios que evalúen aspectos de composición (incluye listas y medidas de la riqueza de especies y de la diversidad genética), estructura (incluye la complejidad de hábitats, abundancias relativas de las especies, patrón de distribución de hábitats, etc.) o de función (incluye flujo genético, perturbaciones, interacciones, etc.) en los diversos niveles de organización (Noss 1990).

Especies paraguas. Son aquellas que presentan requerimientos amplios, principalmente de hábitat y como consecuencia de su requerimiento también engloban los de otras especies que ocupan la misma área.

Especies bandera. Son aquellas que tienen aspecto carismático, populares y atractivas, son usadas para atraer la atención del público, son símbolos que pueden estimular programas y acciones de conservación.

Especies clave. Son especies que cumplen un rol fundamental en el ecosistema y muchas especies dependen de ellas, ya sea por su nivel trófico, producción de recursos alimenticios u otras interacciones dentro de la estructura de la comunidad. La pérdida o cambio de estas especies causa cambios en la estructura del ecosistema e incluso una pérdida de diversidad.

5.2. Estimación del valor de importancia

Para que los objetos de conservación sean efectivos deberán cumplir al menos con tres requisitos: (a) Representar la biodiversidad del ambiente o ecosistema (aquí representada por la riqueza de especies). (b) Considerar los endemismos presentes y (c) Reflejar las amenazas que existen sobre las especies (aquí representada por los estados de conservación). Para ponderar estos factores y calcular el valor de importancia del ambiente específico. Utilizamos la siguiente fórmula:

$$VI = \Sigma\ (D * 0,5 + E* 0,3 + A * 0,2)/ 10$$

Donde:

VP es el valor de importancia, D la diversidad, E el endemismo y A la amenaza. En fórmula el valor de importancia (VI) se divide por 10 para expresar los resultados en números enteros y el valor máximo teórico es 30.

La diversidad (D), como riqueza de especies, se considera un factor más relevante que los demás, por lo que, en la ponderación, se multiplica por un factor de 0,5. Se discriminan tres niveles:

Baja. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es menor o igual al 20% (< 39 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es menor o igual que el 20% (< 33 especies) de las 168 especies registradas para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Media. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es mayor al 20% y menor al 30% ($\geq$ 39 < 59 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es mayor al 20% de este total y menor al 30% ($\geq$ 33 < 50 especies) de las 168 especies registrados para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alta. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es mayor al 30% (< 98 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es mayor al 30% (< 50 especies) de las 168 especies registrados para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

Los porcentajes considerados son estimativos y discutibles, pero se apoyan en que el número total de especies, plantas y animales, ya sea para la provincia de El Loa o para las cinco áreas,

son una expresión de la diversidad gamma, en cambio los ambientes contienen diversidad alfa, la que por definición es una proporción de la primera.

El endemismo (E) se considera un factor de menor peso que la diversidad, pero mayor que el estado de conservación, por lo que se multiplica por un factor de 0,3. Se discriminan tres niveles:

Bajo. Cuando exista menos de un 5% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista menos de un 5% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Medio. Cuando exista entre un 5 y un 8% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista entre un 5 y un 8% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alto. Cuando exista más de un 8% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista más de un 8% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

La amenaza se considera el factor de menor peso por lo que se multiplica por un factor de 0,2. Se discriminan tres niveles:

Baja. Cuando la proporción de plantas y vertebrados terrestres amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida o rara) sea menor a lo documentado para el país (< 5,1 para plantas y < 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Media. Cuando la proporción de plantas y animales amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida, rara) sea igual o similar a lo documentado para el país (similar a 5,1 para plantas y similar a 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alta. Cuando la proporción de plantas y animales amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida, rara) sea mayor a lo documentado para el país (> a 5,1 para plantas y > a 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

Para el total de plantas se siguió a Simonetti (1995) considerando las 3.830 especies de dicotiledóneas y las 1.043 monocotiledóneas (4.873 especies) Para el total de vertebrados terrestres se siguió a (Marín 2004, Veloso 2006, Núñez et al. 1997, Muñoz-Pedreros & Yáñez 2008). Los endemismos y estados de conservación se obtuvieron de (Marticorena 2005, Marticorena & Quezada 1985, Marticorena & Rodríquez 1995, 2001, 2003, 2005, Núñez et al

1997, Benoit 1989, Díaz-Paez & Ortiz (2003), Veloso 2006, UICN 2007, Red Data Book UICN 2007).

5.3. Objetos de conservación

Valor de importancia de los ambientes (filtro grueso)

Desde el punto de vista vegetacional los ambientes con mayor valor de importancia son el Ojalar del desierto de aluviones y el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (> 21 VI), ambos se localizan en el área Alrededores del Volcán Licancabur y el segundo además en el área Geisers del Tatio (Tabla 5-25). En un segundo grupo de valor están el Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama, el Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua, los Cultivos del Valle de Quillagua y los Humedales altoandinos del Tatio. Los ambientes del Valle de Quillagua, están aparentemente sobrevalorados ya que aunque su riqueza de especies es baja, el valor de importancia es mayor que el de los humedales altoandinos del Tatio. Esto se debe a que en el Valle de Quillagua existen dos especies endémicas y ambas amenazadas (*Prosopis* spp) incrementando su valor, pero como estas especies han sido plantadas en un programa de reforestación consideramos con reserva los valores para este sitio.

Considerando ahora los vertebrados terrestres, cinco ambientes son similares en valoración (> 18 VI): (a) el Ojalar del desierto de aluviones, (b) el tolar de la estepa arbustiva prepuneña (c) el Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica, (d) el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica y (e) el Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama. Nótese que ambientes de alta diversidad como los Humedales altoandinos del Tatio (38 especies) y el Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama (37 especies) no tienen una alta valoración de importancia. Esto se debe a que la propia alta diversidad “diluye” las proporciones de endemismo y amenaza, que no son altas en estos ambientes. En el caso del humedal la diversidad está caracterizada por las especies de aves, ninguna endémica ni amenazada.

Vinculando el valor de importancia, tanto para plantas como vertebrados terrestres, y las salvedades ya indicadas para el Valle de Quillagua, concluimos que los ambientes más relevantes son, en importancia: el Ojalar del desierto de aluviones (Licancabur) y el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (Licancabur y el Tatio). Agregamos, como ambientes relevantes al Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama (Lejía), Humedales altoandinos del Tatio, Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama y el Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua.

Folio009153

TABLA 5-25. VALOR DE IMPORTANCIA PARA DIFERENTES AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

	AMBIENTES											
PARÁMETROS	Humedales altoandinos del Tatio	Humedal altoandino de laguna Lejía	Ojalar del desierto de aluviones	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del oasis de Quillagua
AREAS	Tatio	Lejia	Licancabur	Tatio	Tatio, Licancabur	Lejia	Licancabur	Tatio, Licancabur	Calama	Calama	Quillagua	Quillagua
Nª especies de plantas	25	6	42	17	34	40	7	45	33	15	12	10
Valor de Diversidad (D)	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1
Nº plantas endémicas	2	0	8	0	0	2	0	5	0	0	1	1
% plantas endémicas	8,0	0	17,4	0	0	5,0	0	11,1	0	0	8,3	10,0
Valor de Endemismo (E)	2	1	3	1	1	2	1	3	1	1	3	3
Nº plantas amenazadas	0	0	1	0	1	3	0	3	2	2	3	3
% plantas amenazadas	0	0	2,2	0	2,9	7,5	0	6,7	6,1	13,3	25,0	30,0
Valor de Amenaza (A)	1	1	1	1	1	2	1	2	2	3	3	3
VI PLANTAS= S D*0,5+E*0,3+A*0,2	**18**	10	**21**	10	**15**	**20**	10	**23**	**17**	14	**20**	**20**
Nª vertebrados terrestres	39	21	16	12	38	26	22	38	50	12	21	9
Valor de Diversidad (D)	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1
Nº vertebrados endémicos	0	0	2	1	2	1	1	2	4	1	1	1
% vertebrados endémicos	0,0	0,0	12,5	8,3	5,3	3,8	4,5	5,3	8,0	8,3	4,8	11,1
Valor de Endemismo (E)	1	1	3	3	2	1	1	2	2	3	1	3
Nº vertebrados amenazadas	11	8	7	6	11	4	6	11	6	2	3	1
% vertebrados amenazados	28,2	38,1	43,8	50,0	28,9	15,4	27,3	28,9	12,0	16,7	14,3	11,1
Valor de Amenaza (A)	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
VI VERTEBRADOS= S D*0,5+E*0,3+A*0,2	**15**	**14**	**20**	**20**	**18**	10	10	**18**	**18**	**16**	10	**16**

Prioridades ecológicas (filtro medio)

Se incluyen en el análisis las prioridades ecológicas, ya indicadas como filtro medio, y enfocados a elementos críticos del ecosistema que son importantes para, prácticamente todas las especies, como son los cuerpos de agua, lénticos y lóticos. Asi, este filtro considera tres prioridades ecológicas: (a) los humedales, (b) las quebradas y (c) desierto florido.

Humedales. Incorpora los elementos críticos para la existencia de biodiversidad y agrupa las charcas, manantiales, arroyos, bofedales que conservará, además invertebrados y plantas acuáticas. Desde este punto de vista todos los humedales estudiados tienen una prioridad ecológica alta: (a) los humedales altoandinos del Tatio, (b) el humedal altoandino de Laguna Lejía, (c) los humedales riparianos del Guatín, (d) el matorral ripariano del desierto absoluto de Calama y (e) matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua.

Quebradas. Estas formaciones crean las condiciones para la existencia de un microhábitat que proporciona sombra, heterogeneidad espacial, microclimas (por la sombra y las diferentes exposiciones al sol). Estas quebradas son relevantes en el Desierto Andino, entre los 1.800 y los 3.500 msm. También el Oasis de Calama (e.g., Ojo de Opache).

Desierto Florido. Considera agrupaciones de especies que comparten el fenómeno ecológico limitado a la ocurrencia ocasional de lluvias que desencadenan su proceso de reproducción. De este modo, su conservación tiene influencia directa sobre otras especies asociadas.

Especies focales (filtro fino)

Valor como especie focal

Para calcular el valor de conservación atribuible a la especie focal se siguió, con modificaciones, a lo usado por Daza (2005) en el Parque Nacional Sajama, Bolivia, a Reca et al. (1994) y a lo considerado en diversos talleres en que ha participado parte del equipo de trabajo para clasificar fauna silvestre (Grigera 2002, Grigera et al. información no publicada). La propuesta metodológica (basada en Muñoz-Pedreros et al. información no publicada) se fundamenta en la integración ponderada de diferentes variables que se agrupan en tres tipos: (a) las variables inherentes a la especie objetivo y que presentarían muy pocas variaciones intrapoblacionales (e.g., endemismo, tamaño corporal, uso del hábitat, estrategia trófica y perceptibilidad), (b) variables no inherentes, que no son atribuibles a la especie objetivo y que tienen una causa antrópica (e.g., amenaza) y (c) variables mixtas, son algunas variables propias de la especie, cuya expresión está condicionada por acciones antrópicas (e.g., distribución geográfica, valor taxonómico). La valoración de realizó en un panel de especialistas empleando el método de Delphi y siguiendo consideraciones de Hess & King (2002). Para esto se reunieron una serie de factores en una fórmula con expresión numérica para obtener el valor como especie focal (Vef).

Vef = Ve + Va + Vd + Vm + Vt + Vs + Vh + Vi + Vp

Donde:

Ve = Valor de endemismo
Va = Valor de amenaza
Vd = Valor de distribución
Vm = Valor de tamaño corporal
Vt = Valor trófico
Vs = Valor de singularidad taxónomica
Vh = Valor de uso del hábitat
Vi = Valor como indicadora de salud ecosistémica
Vp = Valor de perceptibilidad

Valor de endemismo (Ve). Aquí se empleó la información generada en capítulo anterior.

NIVEL DE ENDEMISMO	VE
Endemismo continental	1
Endemismo regional	2
Endemismo del país	3
Endemismo del área	4
Endemismo local	5

Valor de amenaza (Va). Se emplean los estados de conservación en que están clasificadas las especies y analizadas en capítulo anterior.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	VA
Rara	1
Insuficientemente conocido	2
Riesgo menor	3
Vulnerable	4
En peligro	5

Valor de distribución (Vd). Se considera la distribución de la especie objetivo, conjugando la distribución continental y nacional. Se asume que la contigüidad geográfica permite el flujo genético interpoblacional disminuyendo su vulnerabilidad.

DISTRIBUCIÓN	VD
Parte de la región neotropical	1
Todo el país o gran parte del país	2
Aproximadamente la mitad del país	3
Zona norte grande	4
Local	5

Valor de tamaño corporal (Vm). Esta variable asume que a mayor masa existe un mayor requerimiento de superficie, y por lo tanto hay menor densidad de individuos.

TAMAÑO CORPORAL	ANIMALES PESO (KG)	PLANTAS FORMAS DE VIDA	VM
Pequeño	< 0,5	Hierbas	1
Mediano	0,5 a 5	Arbustos	3
Grande	> 5	Árboles	5

Valor trófico (Vt). Esta variable, sólo aplicable a vertebrados, se refiere a la estrategia de alimentación de la especie objetivo. Conjuga el nivel trófico que ocupa y su grado de especialización. Desde el punto de vista de la conservación, las especies situadas en los niveles más altos de la cadena trófica son las más afectadas por las acciones humanas, ello debido a que éste está relacionado con el tamaño del ámbito de hogar (e.g., mayor en carnívoros).

NIVEL TRÓFICO	Vt
Herbívoro	1
Omnívoro	2
Insectívoro	3
Frugívoro	4
Carnívoro	5

Valor de singularidad taxonómica (Vs). El valor taxonómico se considera con el fin de priorizar las especies que pertenecen a taxones monotípicos. Cuanto menor sea el número de especies que incluye un taxón, ya sea a nivel de Género, de Familia o de Orden, se asume que es motivo de mayor interés desde el punto de vista científico.

VALOR TAXONÓMICO	Vs
En Géneros con $\geq$ 4 especies	1
En Géneros con >2 y < 4 especies	2
En Género monotípico	3
En Familia monotípica	4
En Orden monotípico	5

Valor de uso del hábitat (Vh). La utilización del hábitat está condicionada por diversos factores, pero para nuestros objetivos consideraremos la heterogeneidad y la complejidad de los hábitats que la especie objetivo utiliza. Es decir la variedad de hábitats, tanto a nivel horizontal como vertical. Una especie será menos vulnerable mientras sea capaz de utilizar toda o una buena parte de hábitats heterogéneos y/o complejos. Es decir mientras ocupe una mayor variedad de estratos y/o ambientes. Este valor se refiere a las diferentes aptitudes de las especies para vivir en diferentes tipos de hábitats

USO DEL HÁBITAT PLANTAS/VERTEBRADOS	Vh
Ruderal/Hábitat generalista	1
Resistente/Hábitat semi generalista	3
Competidora/Hábitat especialista	5

Valor como especie indicadora de salud (Vi). Existen especies que son muy buenas indicadoras del estado del ecosistema, ya sea indicador de perturbación o pristinidad**.** Por ejemplo los anfibios son excelentes indicadores por su alta labilidad a los cambios en su hábitat.

USO DEL HÁBITAT	Vi
Buena indicadora	5
Indicadora intermedia	3
No es indicadora	1

Valor de perceptibilidad (Vp). La definimos como el conjunto de elementos propios del medio y de las plantas o animales en sí, que permiten al observador advertir, en distintos grados, la presencia de una especie determinada, ya sea a través de su percepción visual o auditiva (para la fauna), pudiendo ésta darse en forma directa (al ser posible el avistamiento de un ejemplar) o en forma indirecta (a través de indicios, huellas o signos). De este modo consideramos para esta variable factores como: período de actividad, colorido, mimetismo, tamaño, perceptibilidad acústica, perceptibilidad de indicios, conductas y grado de tolerancia a la presencia humana (Muñoz-Pedreros et al. información no publicada). La perceptibilidad es importante para los monitoreos y una eventual sindicación como especies banderas.

PERCEPTIBILIDAD	Vp
Capacidad críptica. Perceptibilidad muy baja	1
Mimética. Perceptibilidad baja	2
No mimética. Perceptibilidad media baja	3
Sin capacidad críptica. Perceptibilidad media	4
Perceptibilidad alta	5

El cálculo del valor como especie focal consideró tres factores para seleccionar a las especies: (a) todas las especies endémicas, (b) todas las clasificadas en los niveles más graves de amenaza (En Peligro y Vulnerables) y (c) las que tienen una clara característica como especie indicadora del estado del ecosistema en que se encuentra. Así se ingresaron 26 especies de plantas y un género (*Prosopis*) y 40 especies de vertebrados. En las Tablas 5-26 y 5-27 se presentan las evaluaciones, y en la Tabla 5-28 la selección final de las especies después de que fueron sometidas a discusión en un taller de especialistas, donde se consideraron otros factores como singularidad estética (e.g., *Calceolaria stellariifolia*), valor como germoplasma de uso agrícola (e.g., *Solanum sitiens*), especies de valor agrícola (e.g., género *Prosopis*) o participación destacada en el fenómeno del desierto florido (e.g., *Lupinuys oreophilus*). Respecto al valor de algunas especies como indicadoras ecosistémicas, se consideró, para plantas a Daza (2005) en un estudio en el PN Sajama, en Bolivia, en que considera a *Deyeuxia breviaristata* y *Stipa nardioides* como pasto vigoroso que indicaría un adecuado balance trófico con los herbívoros y a *Oxychloe andina* como indicadora de bofedales antiguos. Al revés, como indicadores de perturbación *Deyeuxia curvula* indica un bofedal en proceso de desecamiento y *Distichlis humilis* como indicadora de un bofedal en proceso de salinizacion.

TABLA 5-26. PLANTAS PRESELECCIONADAS COMO ESPECIES FOCALES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. VE= VALOR DE ENDEMISMO, VA= VALOR DE AMENAZA, VD= VALOR DE DISTRIBUCIÓN, VM= FORMA DE VIDA, VST= VALOR DE SINGULARIDAD TAXONÓMICA, VH= VALOR DE USO DE HÁBITAT, VALOR COMO INDICADORA, VP= VALOR DE PERCEPTIBILIDAD, VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Ve	Va	Vd	Vm	Vst	Vh	Vi	Vp	Vef
Azorella compacta	Llareta	2	4	1	3	1	3	1	5	20
Polyachyrus carduoides	Amargura	4	1	3	1	1	1	1	4	16
Trichocline caulescens	S/N	4	1	4	1	1	3	1	3	18
Werneria glaberrima	Poposa	4	1	4	1	1	1	1	3	16
Haplopappus rigidus	Bailahuén	1	1	4	1	1	3	1	5	16
Neuontobothrys linifolius	S/N	3	1	3	1	2	3	1	3	17
Lobivia formosa	S/N	2	1	3	3	1	5	3	5	23
Neoporteria aricensis	Escondido	4	1	4	3	1	3	1	2	19
Opuntia conoidea	S/N	4	2	4	3	1	3	1	5	23
Tephrocactus atacamensis	Chuchampe	4	1	4	3	1	3	1	5	22
Trichocereus atacamensis	Cardón Gigante	4	4	4	5	1	5	1	5	29
Reicheella andicola	S/N	2	1	4	1	3	3	1	3	18
Adesmia aphylla	Anaguaya	4	1	3	3	1	3	1	5	21
Adesmia atacamensis	Tano - tano	4	1	3	3	1	3	1	4	20
Adesmia kingii	Anaguaya	3	1	3	3	1	1	1	4	17
Nototriche argentea	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Nototriche auricoma	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Nototriche pulvinata	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Prosopis alba	Algarrobo blanco	2	4	1	5	1	1	5	5	24
Prosopis chilensis	Algarrobo	2	4	1	5	1	1	5	5	24
Prosopis spp	Tamarugo	4	4	4	5	1	1	1	5	25
Distichlis humilis	Grama salada	1	1	1	1	1	3	5	3	16
Junellia tridactyla	S/N	4	1	4	1	1	5	1	3	20
Festuca orthophylla	Ichu, Paja brava	1	1	1	1	1	3	5	5	18
Calceolaria stellariifolia	Capachito	4	1	4	1	1	5	3	3	22
Lupinus oreophilus	Salcarai	4	1	4	3	1	1	1	5	20

TABLA 5-27. VERTEBRADOS PRESELECCIONADOS COMO ESPECIES FOCALES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. VE= VALOR DE ENDEMISMO, VA= VALOR DE AMENAZA, VD= VALOR DE DISTRIBUCIÓN, VM= VALOR DE TAMAÑO CORPORAL, VT= VALOR TRÓFICO, VS= VALOR DE SINGULARIDAD TAXONÓMICA, VH= VALOR DE USO DE HÁBITAT, VI= VALOR COMO INDICADORA, VP= VALOR DE PERCEPTIBILIDAD, VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	Ve	Va	Vd	Vm	Vt	Vs	Vh	Vi	Vp	Vef
MAMÍFEROS											
Chaetophractus nationi	quirquincho de la puna	1	5	1	3	2	2	3	3	1	21
Myotis atacamensis	murciélago oreja de ratón	3	4	3	1	3	1	1	1	3	20
Eligmodontia puerulus	ratita de pie sedoso	1	1	4	1	2	2	1	1	2	15
Auliscomys sublimis	pericote de la Puna	1	1	4	1	1	2	1	1	2	14
Phyllotis magister	lauchón orejudo grande	3	1	3	1	1	1	1	1	2	14
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla	1	1	4	1	1	2	1	1	3	15
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	1	4	4	1	1	1	3	5	2	22
Ctenomys opimus	tuco tuco de la puna	1	1	4	1	1	1	3	5	2	19
Lagidium viscacia	vizcacha	1	5	3	3	1	2	1	5	5	26
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	1	5	4	3	1	2	1	5	3	25
Leopardus colocolo	gato colocolo	1	5	1	5	5	1	3	5	4	30
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	1	1	1	5	5	1	1	5	5	25
Lycalopex griseus	zorro chilla	1	1	1	5	5	1	1	5	5	25
Lama guanicoe	guanaco	1	5	1	5	1	1	1	3	5	23
Vicugna vicugna	vicuña	1	5	1	5	1	3	1	3	5	25
AVES											
Attagis gayi	perdicita cordillerana	1	2	1	3	1	2	3	3	3	19
Chloephaga melanoptera	piuquén	1	4	3	3	1	1	1	1	5	20
Conirostrum tamarugense	comesebo del Tamarugal	1	4	5	1	3	1	1	1	3	20
Falco peregrinus	halcón peregrino	1	4	1	3	5	1	1	5	5	26
Fulica ardesiaca	tagua andina	1	1	4	3	1	1	5	3	5	24
Fulica gigantea	tagua gigante	1	4	4	3	1	1	5	3	5	27
Larus modestus	gaviota garuma	1	4	3	1	5	1	1	1	5	22
Larus serranus	gaviota andina	1	4	2	1	5	1	1	1	5	21
Phoenicoparrus andinus	parina grande	1	4	4	5	1	2	5	5	5	32
Phoenicoparrus jamesi	parina chica	1	4	4	5	1	2	5	5	5	32
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	1	4	3	5	5	2	5	5	5	35
Pterocnemia pennata	suri	1	5	4	5	1	3	3	5	5	32
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	1	4	4	3	2	2	1	1	3	21
Vultur gryphus	cóndor	1	4	1	5	5	2	1	3	5	27
REPTILES											
Microlophus theresioides	corredor de Pica	4	2	5	1	3	1	3	1	5	25
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara	5	1	5	1	3	1	3	1	5	25
Liolaemus constanzae	lagartija de Constanza	1	2	5	1	3	1	3	1	2	19
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	5	2	5	1	3	1	3	1	5	26
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	5	2	5	1	3	1	3	1	5	26
Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	5	1	5	1	3	1	3	1	5	25
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	5	2	5	1	3	1	3	1	1	22
Phrynosaura reichei	dragón de Reich	5	1	5	1	3	1	3	1	1	21
ANFIBIOS											
Bufo spinulosus	bufo espinoso	1	4	3	1	3	1	5	5	3	26
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko	5	1	5	1	3	1	5	5	3	29
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama	5	1	5	1	3	1	5	5	3	29

TABLA 5-28. SELECCIÓN FINAL DE ESPECIES FOCALES. VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL. NA= NÚMERO DE AMBIENTES EN QUE LA ESPECIE FOCAL ESTÁ PRESENTE. AMBIENTES= LOS NÚMEROS SON CÓDIGOS DE LOS NOMBRES DE LOS AMBIENTES, PRESENTADOS DEBAJO DE ESTA TABLA.

PLANTAS	NOMBRE VULGAR	Vef	NA	Ambientes	Áreas
Azorella compacta	llareta	20	2	2,3	Tatio
Lobivia formosa	sin nombre vulgar	23	1	4	Tatio
Opuntia conoidea	sin nombre vulgar	23	4	2,3,4,5	Tatio, Licancabur
Trichocereus atacamensis	cardón gigante	29	1	5	Licancabur
Adesmia atacamensis	tano - tano	20	1	5	Licancabur
Lupinus oreophilus	salcarai	20	1	5	Licancabur
Prosopis spp	tamarugos	25	4	9,10,11,12	Quillagua, Calama
Calceolaria stellariifolia	capachito	22	1	1	Lejía
Junellia tridactyla	sin nombre vulgar	20	2	1,2	Lejía, Tatio
VERTEBRADOS	NOMBRE VULGAR	Vef	NA	Ambientes	
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	22	2	3,5,7	Lejía, Licancabur
Lagidium viscacia	vizcacha	26	3	1,3	Tatio, Licancabur
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	25	1	1	Lejía
Vicugna vicugna	vicuña	25	4	1,3,4,6	Lejía, Licancabur, Tatio
Larus modestus	gaviota garuma	22	1	12	Quillagua
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	22	2	3,4	Tatio, Licancabur
Falco peregrinus	halcón peregrino	26	2	9,10	Calama
Fulica gigantea	tagua gigante	27	1	6	Tatio
Phoenicoparrus spp	parinas	32	1	7	Lejía
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	35	2	6,7	Lejía
Pterocnemia pennata	suri	32	2	1,4	Lejía, Tatio
Microlophus theresioides	corredor de Pica	25	4	9,10,11,12	Quillagua, Calama
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara	25	1	3	Tatio, Licancabur
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	26	1	5	Licancabur
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	26	1	9	Calama
Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	25	1	1, 3	Lejía, Licancabur
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	22	1	5	Licancabur
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko	29	1	9	Calama
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama	29	1	8	Licancabur

CÓDIGO	AMBIENTES
1	Pajonal de la Estepa Subdesertica de la Puna de Atacama
2	Pajonal/Tolar de la Estepa Altoandina Altiplánica
3	Pajonal/Tolar de la Estepa Altoandina Subdesértica
4	Tolar de la Estepa Arbustiva Prepuneña
5	Ojalar del Desierto de Aluviones
6	Humedales Altoandinos de El Tatio
7	Humedal Altoandino Lacustre de Laguna Lejía
8	Humedales Riparianos de Guatín
9	Matorral Ripariano del Desierto Absoluto de Calama
10	Cultivos del Oasis de Calama
11	Matorral Ripariano del Desierto Absoluto de Quillagua
12	Cultivos del Oasis de Quillagua

Si observamos, ahora, la conservación de la diversidad desde la perspectiva de las cinco áreas de estudio dos de ellas, Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio, son las que presentan los mayores créditos en una eventual priorización por los siguientes motivos: (a) Si focalizamos sobre la vegetación, Licancabur reúne dos de los ambientes con mayor valor de importancia: el ojalar del desierto de aluviones y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Ambos contienen la mayor riqueza de especies de plantas (46 y 45 respectivamente), el mayor número de plantas endémicas (ocho y cinco respectivamente) y el mayor número de especies de plantas focales (cuatro y tres respectivamente). (b) Si focalizamos sobre los vertebrados todos presentan una valoración de importancia similar (entre 17 y 21), asimismo en diversidad de especies destacan los géiseres del Tatio ya que en sus ambientes de humedales altoandinos, existe la mayor riqueza de especies (38) con una especie endémica, 12 amenazadas y tres especies focales (Anexo 4-3, 4-4 y 4-5).

Respecto a los filtros medio, los humedales y las quebradas están presentes en las cinco áreas, sin embargo son más frecuentes en el área Alrededores del Volcán Licancabur. Esta misma área también posee el fenómeno de desierto florido, que ocurre, principalmente, en el ojalar del desierto de aluviones (también en el pajonal/tolar), donde florece extensamente *Lupinus oreophilus* (salcarai).

En relación al Valle de Quillagua y Oasis de Calama consideramos que, pese a los argumentos antes desplegados, cada uno de ellos pueden ser objetos de conservación en sí mismos por las prioridades ecológicas que representan. Por un lado, se deben considerar las comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales, las que podríamos reunir en el concepto más amplio de oasis. Y por otro lado, al sistema hídrico río Loa y su zona ribereña. Ambos son sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía y están inmersos en una matriz hostil como es el desierto absoluto. Finalmente existen especies de alto interés como el anfibio endémico local ya nombrado (*Telmatobius dankoi*) al que se debe agregar *Solanum sitens*, planta de la familia de los tomates, también endémica local, que se distribuye solamente en el borde del desierto absoluto, de la cual no existen más de 500 plantas y que es actualmente usada en el mejoramiento de los tomates de uso agrícola. Es una planta de gran potencial y está considerada como Vulnerable, aunque esta categoría podría revisarse (L. Faundez com. per.).

En conclusión los seis ambientes seleccionados (Tabla 5-29) son de alto valor para la conservación de la biodiversidad y cada una de las cinco áreas de estudio contiene al menos uno de estos ambientes. En el capítulo subsiguiente examinaremos los usos, amenazas y protección legal a que están sometidos los objetos de conservación, lo que permitirá agregar más antecedentes para una propuesta final.

TABLA 5-29. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEIS AMBIENTES DE ALTO VALOR DE IMPORTANCIA EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA

AMBIENTE	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales altoandinos del Tatio	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua
Áreas donde está presente	**Licancabur**	**Licancabur Tatio**	**Lejía**	**Tatio**	**Calama**	**Quillagua**
PLANTAS						
Nº especies	42	45	40	25	33	12
Nº especies endémicas	8	5	2	2	0	1
Nº especies amenazadas	1	3	3	0	2	3
Nº especies focales	4	3	2	0	1	1
VERTEBRADOS TERRESTRES						
Nº especies	16	38	26	39	50	21
Nº especies endémicas	2	2	1	0	4	1
Nº especies amenazadas	7	11	5	11	6	3
Nº especies focales	2	0	8	3	4	2
Total especies	58	83	66	64	83	33
Total especies endémicas	10	7	3	2	4	2
Total especies amenazadas	8	14	8	11	8	6
Valor de importancia plantas/vertebrados **FILTRO GRUESO**	21/20	23/18	20/10	18/15	17/18	20/10
Prioridades ecológicas **FILTRO MEDIO**	3	0	0	1	1	1
Total especies focales **FILTRO FINO**	6	3	10	3	5	3

5.4. Objetos de conservación en las cinco áreas

En la Tabla 5-30 se presenta el resumen con los objetos de conservación seleccionados, considerando los filtros grueso, medio y fino.

TABLA 5-30. OBJETOS DE CONSERVACIÓN PARA CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. *= PLANTA, **= VERTEBRADO.

ÁREAS	OBJETOS DE CONSERVACIÓN		
	FILTRO GRUESO (AMBIENTES)	FILTRO MEDIO (PRIORIDADES ECOLÓGICAS)	FILTRO FINO (ESPECIES FOCALES)
Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	*Prosopis spp** *Microlophus theresioides*** *Larus modestus***
Oasis de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	*Prosopis spp** *Microlophus teresioides*** *Falco peregrinus*** *Liolaemus paulinae*** *Telmatobius dankoi***
Laguna Lejía	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales altoandinos lacustres de Laguna Lejía	*Calceolaria stellariifolia** *Junellia tridactila** *Ctenomys fulvus*** *Chinchilla brevicaudata*** *Vicugna vicugna*** *Phoenicoparrus spp*** *Phoenicopterus chilensis** *Pterocnemia pennata***
Alrededores del volcán Licancabur	Ojalar del desierto de aluviones Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales ribereños del Guatín Desierto florido Cañones	*Opuntia conoidea** *Trichocereus atacamensis** *Adesmia atacamensis** *Lupinus oreophilus** *Ctenomys fulvus*** *Lagidium viscacia*** *Vicugna vicugna*** *Tinamotis pentlandii*** *Liolaemus barbarae*** *Liolaemus fabiani*** *Liolaemus puritamensis*** *Phrynosaura audituvelata*** *Telmatobius vilamensis***
Géiseres del Tatio	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica Humedales altoandinos del Tatio	Humedales altoandinos	*Azorella compacta** *Lobivia formosa** *Opuntia conoidea** *Trichocereus atacamensis** *Junellia tridáctila** *Lagidium viscacia*** *Vicugna vicugna*** *Tinamotis pentlandii*** *Fulica gigantea*** *Phoenicopterus chilensis** *Pterocnemia pennata*** *Liolaemus barbarae***

5.5. Consideraciones finales

Para implementar programas de conservación de la biodiversidad es fundamental tener claro y presente los mecanismos que pueden extinguir las especies o disminuir sus tamaños poblacionales. Gilpin & Soulé (1986) han propuesto un modelo, del vórtice de extinciones, que señala que: (a) a medida que las poblaciones y su tamaño poblacional efectivo se hace más pequeño, la población se hace más vulnerable a variaciones ambientales y factores de pérdida de variabilidad genética que tienden a reducir aún más el tamaño de la población; (b) las poblaciones reducidas presentan una mayor depresión por autocruzamiento (expresión de genes nocivos por cruces entre individuos emparentados o genéticamente muy similares), menor variabilidad genética y mayor sensibilidad a los cambios ambientales, disminuyendo aún más el tamaño poblacional, en lo que constituye un verdadero vórtice que lleva, finalmente, a la extinción. Por esto deben considerarse en los objetos de conservación, no sólo aquellas especies que cumplen con los “requisitos” para ser priorizadas, como ya vimos, sino que debe prestarse cuidadosa atención a las especies que están en los anillos más externos del vórtice de extinciones; es decir, aquellas que recién comienzan a ingresar a categorías críticas de amenaza. La extinción a que se refiere el modelo es aplicable tanto a la extinción local (en un área o región específica), como a la extinción global (en el ámbito mundial). Los factores ambientales que desencadenan este vórtice son, entre otros: (a) destrucción del hábitat, (b) fragmentación del hábitat, (c) degradación del ambiente, (d) variaciones del ambiente (naturales o inducidas antrópicamente), (e) sobrecaptura y (f) efecto de las especies invasoras. Algunos de estos factores son los que analizaremos en el siguiente capítulo de usos y amenazas.

Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Filtro grueso

Humedales ribereños del Guatín y cañones. Filtro medio

Vicugna vicugna, Trichocereus atacamensis y *Lagidium viscacia,*. Filtro filtro.

CAPÍTULO VI
ESTUDIO DE PAISAJE

CAPÍTULO VI ESTUDIO DE PAISAJE

1. INTRODUCCIÓN

El paisaje es la expresión espacial y visual del medio y puede identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas. Es un recurso natural escaso, valioso y con demanda creciente, fácilmente depreciable y difícilmente renovable, por lo que merece especial consideración al momento de evaluar impactos ambientales negativos en un proyecto determinado. A su vez el estudio del paisaje debe ser considerado dentro de la planificación física de la planificación, puesto que forma parte de los recursos naturales del medio físico y como tal es de carácter limitado y está expuesto a deterioro. El paisaje visual considera la estética y la capacidad de percepción por un observador. Para evaluar el paisaje existen diferentes métodos y procedimientos, en este caso se va utilizar un método mixto con valoración directa de subjetividad representativa y análisis posterior indirecto con análisis de componentes principales de acuerdo a lo descrito por Muñoz-Pedreros 2004

2. METODOLOGÍA

2.1 Registro de imágenes

Para realizar la evaluación de la calidad visual del paisaje, se registraron imágenes de forma dirigida desde los caminos existentes al interior de los límites del área de estudio, utilizando una cámara fotográfica digital Cannon EOS-Rebel. Los caminos corresponden a la principal ruta de accesibilidad, concentración y flujo de observadores en el área. Para no afectar la posterior percepción del paisaje, se controlaron las condiciones en que se realizó la observación (e.g., posición, movimiento, distancia del observador en relación al paisaje) y las condiciones de visibilidad (e.g., cielo despejado que permitiera una iluminación óptima) (véase detalles en Escribano et al. 1991 y Muñoz-Pedreros 2004).

2.2 Definición y asignación de unidades homogéneas de paisaje

Para facilitar la evaluación del paisaje y disponer de una buena base para ordenar el territorio, éste se fragmentó en unidades homogéneas según su contenido paisajístico. Las unidades de paisaje (UP), entendidas como una agregación ordenada y coherente de las partes elementales, fueron definidas como unidades irregulares, según los criterios establecidos por MOPT (1992). Para esto se analizaron las imágenes registradas en función de los descriptores que presentaran (e.g., tipo de vegetación predominante en primer plano, vegetación en segundo orden de importancia, relieve y construcciones).

2.3 Análisis de la calidad visual del paisaje

Para determinar la calidad visual del paisaje, se utilizó el método mixto con valoración directa de subjetividad representativa y análisis posterior indirecto, con análisis de componentes desarrollado por Muñoz-Pedreros et al. (1993), y generado a partir de una modificación al método de subjetividad controlada elaborado por Fines (1968).

TABLA 6-1. LISTA DE ADJETIVOS JERARQUIZADOS (SENSU MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993) Y SU CORRELACIÓN CON LA ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (SENSU FINES 1968). VP= VALOR DEL PAISAJE.

ESCALA DE CALIFICATIVOS (MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993)		ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (FINES 1968)		ESCALA DE CALIFICATIVOS (MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993)		ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (FINES 1968)	
VP	Adjetivo	VP	Categoría	VP	Adjetivo	VP	Categoría
1	Insoportable	0		16	Interesante	4,1	
2	Horrible	0,25		17	Grato	5	
3	Desagradable	0,5	FEO	18	Agradable	6	DISTINGUIDO
4	Pésimo	0,75		19	Conservado	7	
5	Feo	1		20	Singular	8	
6	Triste	1,10		21	Variado	8,1	
7	Pobre	1,25		22	Estimulante	10	
8	Frío	1,50	SIN INTERES	23	Bonito	12	FANTÁSTICO
9	Monótono	1,75		24	Hermoso	14	
10	Sin interés	2		25	Precioso	16	
11	Común	2,1		26	Estupendo	16,1	
12	Sencillo	2,50		27	Soberbio	20	
13	Pasable	3,00	AGRADABLE	28	Maravilloso	24	ESPECTACULAR
14	Regular	3,50		29	Fantástico	28	
15	Aceptable	4		30	Espectacular	32	

En el análisis directo, los paisajes registrados fueron expuestos con una cadencia de 20 segundos, a un panel de evaluadores con las características propuestas por Muñoz-Pedreros et al. (2000), es decir; 12 integrantes subdivididos en: cuatro exigentes en paisaje (profesionales relacionados con el sector turismo y gestión de recursos naturales), cuatro transformadores del paisaje (profesionales, ingenieros y otros relacionados) y cuatro personas con experiencia en evaluación de paisajes (postgraduados en ciencias ambientales y manejo de recursos naturales), que actuaron como grupo control. Se utilizó como instrumento de evaluación una encuesta desarrollada Muñoz-Pedreros et al. (1993) (véase anexo), la cual consta de dos partes, una que caracteriza al evaluador a través de un cuestionario estructurado, y otra que es una lista de adjetivos que califica los paisajes a observar y que permite obtener una valoración nominal. Estos adjetivos están agrupados según la escala universal de valores de Fines, lo cual permite asignarle valoración numérica o cuantitativa a la valoración nominal antes mencionada (véanse Tabla 6-1 y 6-2).

TABLA 6-2. ASOCIACIÓN DE LOS VALORES DE CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE (VP) CON VALOR NOMINAL Y VALOR NUMÉRICO (MUÑOZ-PEDREROS 2004).

RANGO DE VP	VALOR NOMINAL	VALOR NUMÉRICO
1– 5	Muy bajo	1
6 – 10	Bajo	2
11 - 15	Medio bajo	3
16 - 20	Medio alto	4
21 - 25	Alto	5
26 - 30	Muy alto	6

2.4 Análisis de la fragilidad visual del paisaje

Con el fin de conocer la vulnerabilidad del paisaje, entendida como su capacidad de respuesta frente a su uso (Bolós 1992), se realizará un análisis de acuerdo al método propuesto por Muñoz-Pedreros (2004). Este método entrega la fragilidad visual intrínseca, al considerar factores biofísicos que ponderan la fragilidad visual del punto, y el carácter histórico-cultural que pondera los valores singulares del paisaje según escasez, valor tradicional e interés histórico.

Los factores biofísicos determinan la fragilidad visual del punto que, sumados a los factores histórico- culturales constituyen la fragilidad visual intrínseca. De este modo la valoración se hará según la fórmula:

$$VFVP = \Sigma\ S\ f/nf$$

Donde VFVP es el valor de la fragilidad visual del punto, f son los factores biofísicos y n es el número de factores considerados. Los valores de fragilidad fluctúan entre 1 y 3 (Tabla 6-3).

TABLA 6-3. FACTORES PARA EVALUAR LA FRAGILIDAD EN UN PAISAJE (MUÑOZ-PEDREROS 2004).

FACTOR		CARACTERÍSTICAS	VALORES DE FRAGILIDAD	
			NOMINAL	NÚMERICO
D	densidad de la vegetación	67-100	bajo	1
		34-67	medio	2
		0-34	alto	3
E	diversidad de estratos de la vegetación	> 3 estratos	bajo	1
		< 3 estratos	medio	2
		1 estrato dominante	alto	3
A	altura de la vegetación	> 3m altura promedio	bajo	1
		> 1m< 3m altura	medio	2
		< 1m	alto	3
ES	estacionalidad de la vegetación	vegetación dominante perenne	bajo	1
		mixta	medio	2
		caducifolia	alto	3
CV	contraste cromático vegetación/ vegetación	manchas policroma ticas sin pauta nítida	bajo	1
		con pauta nítida	medio	2
		manchas monocromáticas	alto	3
CS	contraste cromático vegetación suelo	contraste visual bajo	bajo	1
		contraste visual medio	medio	2
		contraste visual alto	alto	3
P	Pendiente	0-25%	bajo	1
		25-55%	medio	2
		> 55%	alto	3
O	orientación del paisaje	exposición sur-este	bajo	1
		exposición sureste-noroeste	medio	2
		exposición norte-oeste	alto	3
H	valor histórico y cultural	baja unicidad, singularidad y/o valor	bajo	1
		media unicidad, singularidad	medio	2
		alta unicidad	alto	3

TABLA 6-4. ASOCIACIÓN DE LOS VALORES DE FRAGILIDAD DEL PAISAJE (VFVP) CON SU VALOR NOMINAL (SENSU MUÑOZ-PEDREROS 2004).

VFVP	VALOR NOMINAL
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

2.5 Capacidad de uso según características de calidad y fragilidad del paisaje.

Finalmente con los valores de fragilidad y calidad del paisaje se proponen categorías de uso del paisaje en el área de estudio basados en la propuesta de Muñoz-Pedreros (2004) que se detalla en la tabla 6-5.

TABLA 6-5. CAPACIDAD DE USO SEGÚN CARACTERISTICAS DE CALIDAD Y FRAGILIDAD DEL PAISAJE (sensu Muñoz-Pedreros 2004).

CLASE	CARACTERÍSTICAS		USOS RECOMENDADOS
	CALIDAD	FRAGILIDAD	
1	Alta	Alta	Conservación
2	Alta	Media	Turismo /recreación de bajo impacto
3	Alta/media	Baja	Turismo recreación
4	Media	alta/media	Según estudios más profundos puede incorporarse a 2 ó 1
5	Baja	alta/ media	Según estudios más profundos puede incorporarse a 6
6	Baja	Baja	Localización de actividades de alto impacto visual

3. RESULTADOS

3.1. Definición de unidades homogéneas de paisaje

Basado en la caracterización del área, las unidades de paisaje (UP) fueron definidas como unidades irregulares homogéneas en su contenido. Siendo las UP, definidas por varias subunidades de paisaje (SUP), en algunos casos, mientras que otras UP fueron definidas por subunidades únicas presentes en el área de estudio. Cada fotografía registrada corresponde a una subunidad de paisaje. El componente central en la definición de UP fue la vegetación, que se presentó como de mayor relevancia y en segundo lugar el relieve y formas geomorfológicas.

3.2. Unidades homogéneas de paisaje

La caracterización de los paisajes en terreno y el análisis visual de los descriptores fue en 79 imágenes registradas y seleccionadas (SUP), lo que permitió definir 16 unidades de paisaje (UP) (véase Tabla 6-6). Al agrupar las UP de acuerdo a su componente principal, la vegetación; y en un segundo plano, el relieve, se identificaron siete macrounidades de paisaje (MUP), “Vegetación densa mixta”, “Paja brava semi densa”, “Paja brava rala”, “Vegetación semi densa mixta”, “Vegetación rala mixta”, “Vegetación muy rala mixta”, y “Sin vegetación”.

TABLA 6-6. UNIDADES DE PAISAJE (UP) PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO. MUP= MACROUNIDAD DE PAISAJE, COD= CÓDIGO UP, F= FRECUENCIA DEL PAISAJE, %= PORCENTAJE FRECUENCIA.

MUP	COD	UNIDADES DE PAISAJE (UP)	F	%
Vegetación densa mixta	VDM	Vegetación densa mixta, plano, con quebrada, muro piedra y cerros en segundo plano	3	3,8
Paja brava semi densa	PBSDP	Vegetación semi densa de paja brava, plano	8	10,1
	PBSDL	Vegetación semi densa de paja brava, ladera	5	6,3
Paja brava rala	PBR	Vegetación rala de paja brava, plano, con cerros o cordillera en segundo plano	7	8,9
	PBRC	Vegetación rala de paja brava, ondulado o ladera con cordillera en segundo plano	5	6,3
Vegetación semi densa mixta	VSDPB	Vegetación semi densa mixta de paja brava y rica rica, ladera con clastos pequeños y grandes	5	6,3
Vegetación rala mixta	VRMP	Vegetación rala mixta, plano, clastos grandes agrupados	2	2,5
	VRML	Vegetación rala mixta, ladera, clastos grandes agrupados	4	5,1
Vegetación muy rala mixta	VMRMP	Vegetación muy rala, plano y ondulado	4	5,1
	VMRML	Vegetación muy rala mixta, ladera con clastos grandes agrupados	10	12,7
Sin Vegetación	SVP	Sin vegetación, plano	6	7,6
	SVC	Sin vegetación, plano y ladera con vegetación rala de paja brava y cordillera segundo plano	2	2,5
	SVP	Sin vegetación, plano con clastos medianos	7	8,9
	SVL	Sin vegetación, ladera, con clastos medianos	6	7,6
	SVQ	Sin vegetación, quebrada, clastos pequeños, medianos y grandes	4	5,1
	SVVL	Sin vegetación, ladera, volcán Licancabur	1	1,3
TOTAL			79	100

De un total de 79 imágenes procesadas, las unidades que obtuvieron mayor frecuencia fueron las correspondientes a la macrounidad “Sin vegetación”, siendo las menores frecuencias para las macrounidades “Vegetación densa mixta” y “Vegetación semi densa mixta”.

Al analizar los paisajes evaluados de acuerdo a la cubierta vegetal se obtuvo que la mayor proporción corresponde a los paisajes sin vegetación con un 32,9%, mientras que los paisajes con vegetación densa alcanzan un 3,8% del total (Tabla 6-7).

TABLA 6-7. PROPORCIÓN DE PAISAJES SEGÚN TIPO DE CUBIERTA VEGETAL.

Vegetación densa	3,8
Vegetación semi densa	22,8
Vegetación rala	22,8
Vegetación muy rala	17,7
Sin vegetación	32,9
TOTAL	**100,0**

De acuerdo a las formas del relieve los paisajes que obtuvieron una mayor proporción fueron los planos y ondulados con un 41,8%, mientras que las quebradas representan un 5,1% del total (Tabla 6-8).

TABLA 6-8. PROPORCIÓN DE PAISAJES SEGÚN TIPO DE RELIEVE.

Planos	41,8
Ondulados	11,4
Laderas	41,8
Quebradas	5,1
TOTAL	100,0

Según los clastos que observan en la superficie, los paisajes con clastos imperceptibles correspondieron al 51,9% del total, mientras que los paisajes con clastos grandes correspondieron al 20,3% del total (Tabla 6-9).

TABLA 6-9. PROPORCIÓN DE PAISAJES SEGÚN CLASTOS DE SU SUPERFICIE.

Imperceptibles	51,9
Diversos tamaños	11,4
Medianos	16,5
Grandes	20,3
TOTAL	**100,0**

3.3. Calidad visual del paisaje

Valoración del paisaje

La valoración de la calidad visual se realizó sobre el total de imágenes (SUP), conformando una muestra de 16 UP agrupadas en siete macrounidades (MUP). El rango en que se distribuyen los valores de las UP, según la escala de Muñoz-Pedreros et al. (1993a), va de VPUP= 11 (DE=0,9) a VPUP= 23 (DE=0,0). La valoración máxima fue obtenida por la unidad de paisaje ”SVVL” (VP= 23, DE=0,0) que corresponde al calificativo “Bonito” de la categoría “Fantástico” sensu Muñoz- Pedreros (2004), categorizado como paisaje de calidad Alta. Otra de las unidades de paisaje mejor evaluadas fue “BPRC” (VPUP=18, DE= 1,6) y que corresponde a calificativo “Agradable” de la categoría “Distinguido”.

Las unidades de paisaje presentan una baja desviación estándar, y en el caso de la unidad “SVVL”, tiene un valor 0, ya que esta unidad se encuentra conformada por sólo una subunidad de paisaje. Las unidades de paisaje que obtuvieron una menor valoración fueron “SVPC” (VPUP=11, DE=0,9) y “SQV” (VPUP=12, DE=1,6), calificadas como “común” y “sencillo” respectivamente.

TABLA 6-10. VALORES DE CALIDAD VISUAL (VPUP) (VPMUP), DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DE) Y ADJETIVO CALIFICATIVO ASOCIADO A LAS UNIDADES DE PAISAJE REGISTRADAS EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCAN LICANCABUR, SEGÚN EL MÉTODO DE MUÑOZ-PEDREROS ET AL. (1993).

MUP	UP	VP UP	DE	Adjetivo	VPMUP	Adjetivo
Vegetación densa mixta	VDM	14	1,4	Regular	14	Regular
Paja brava semi densa	PBSDP	15	2,2	Aceptable	17	Grato
	PBSDL	18	2,3	Agradable		
Paja brava rala	PBR	15	2,3	Aceptable	17	Grato
	PBRC	18	1,6	Agradable		
Vegetación semi densa mixta	VSDPB	14	0,6	Regular	14	Regular
Vegetación rala mixta	VRMP	13	0,6	Pasable	14	Regular
	VRML	15	3,6	Aceptable		
Vegetación muy rala mixta	VMRMP	14	1,7	Regular	14	Regular
	VMRML	14	2,3	Regular		
Sin vegetación	SVP	14	2,8	Regular	15	Aceptable
	SVC	16	0,2	Interesante		
	SVPC	11	0,9	Común		
	SVL	13	1,8	Pasable		
	SVQ	12	1,6	Sencillo		
	SVVL	23	0,0	Bonito		

Al agrupar las UP y sus valores de acuerdo a las macrounidades de paisaje que representan, el rango en que se distribuyen los valores fluctúa entre VPMUP=17 y VPMUP=14, con los adjetivos “Grato” y “Regular”, los que pertenecen a las categorías de “Distinguido” y “Agradable”, respectivamente.

Las macrounidades mejor evaluadas fueron “Paja brava semi densa” y “Paja brava rala” consideradas como paisajes “Interesantes”, con VPMUP=17, y compartiendo el mismo valor de paisaje (VPMUP=14) las macrounidades “Vegetación densa mixta”, “Vegetación semi densa mixta”, “Vegetación rala mixta” y “Vegetación muy rala mixta”, consideradas como paisajes “Regular”.

La macrounidad “Sin vegetación” obtuvo un VPMUP=15, destacando la UP “SVVL”, sin vegetación ladera volcán Licancabur, valorada como un paisaje “Bonito”. Esta unidad es altamente valorada, pero escasamente representada en el contexto del área de estudio, ya que depende de la accesibilidad de los usuarios a caminos existentes que permitan observar esta unidad. En la Figura 6-1 se muestran algunas de las fotografías evaluadas, correspondientes a las unidades de paisaje descritas (ver detalles en Tabla 6-10).

Análisis indirecto

El estudio de las características visuales básicas indicó que estos paisajes responden a dos patrones, poseen por un lado, elementos en común tales como la forma tridimensional, con líneas que marcan bordes claramente definidos en su gran mayoría panorámicos, brillantes y claros posicionados en pies de laderas, y otros elementos disímiles como la presencia y textura de los clastos, y el contraste cromático que produce la vegetación en algunas unidades.

3.4. Fragilidad visual del paisaje

Del análisis de los factores biofísicos en las fotografías evaluadas se desprende que los paisajes evaluados posen un valor de fragilidad promedio que varía entre 1 y 2, es decir, desde baja a media fragilidad visual. El valor de fragilidad visual que presenta la mayor frecuencia es 2 (medio), representando el 91% del total. Este valor dominante de fragilidad, está dado principalmente por la cubierta vegetal, la que se encuentra representada por formas herbáceas, lo que disminuye la capacidad de absorción visual en ponderación con los factores considerados.

Las unidades de paisaje que obtuvieron bajo valor de fragilidad fueron “SVP” y “SVVL”, unidades correspondientes a paisajes carentes de vegetación y que representan formas planas y laderas del volcán Licancabur, respectivamente.

Las macrounidades de paisaje, comparten un valor de fragilidad medio, al ponderar los valores obtenidos para las unidades de paisaje (Tabla 6-8).

3.5. Capacidad de uso del paisaje

En la determinación de la capacidad de uso del paisaje, ésta debe estudiarse con mayor nivel de detalle, incluyendo atributos espaciales y variables ecológicas, para de esta forma planificar la inclusión del paisaje en actividades turísticas de bajo o alto impacto y/o recreación. En este sentido, destaca que en el área de estudio, las unidades de paisaje obtuvieron en general un valor 4 de capacidad de uso, es decir, que con estudios más profundos pueden incorporarse a un uso 2 ó 1; turismo de bajo impacto ó conservación, respectivamente. Considerando como factor común en los paisajes, la presencia de vegetación, formaciones geomorfológicas, y vistas panorámicas.

La unidad de paisaje “SVVL” fue valorada como la de mayor calidad paisajística, lo que sumado a la baja fragilidad visual, se clasifica en una capacidad de uso para el turismo/recreación. Por otro lado, la unidad de paisaje “SVP”, fue clasificada para una capacidad de uso 5, es decir, que con estudios más profundos puede incorporarse para la realización de actividades de alto impacto visual. Sin embargo, en el contexto del área de estudio y su extensión, las UP representan los paisajes que mayor frecuencia y representatividad tienen en el territorio en estudio, por lo que al realizar un análisis en las macrounidades de paisaje, la capacidad de uso se aproxima para el turismo de bajo impacto y la conservación (Tabla 6-7).

Unidad de paisaje “SVVL” VP=23

Unidad de paisaje “PBSDP” VP= 20

Unidad de paisaje “PBSDL” VP=20

Unidad de paisaje “PBRC” VP=18

Unidad de paisaje “SVP” VP=13

Unidad de paisaje “SVP” VP=10

FIGURA 6-1. UNIDADES DE PAISAJE CON MAYOR Y MENOR VALOR DE CALIDAD VISUAL (VP).

TABLA 6-11. PONDERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DEL PAISAJE DE ACUERDO A MUÑOZ-PEDREROS (2004). VP=VALOR DE CALIDAD, P=PONDERACION DE LA ESCALA DE USO, VF=VALOR DE FRAGILIDAD, CU=CATEGORIA DE USO.

MUP	COD	UNIDAD DE PAISAJE	VP	P	VF	P	CU
Vegetación densa mixta	VDM	Vegetación densa mixta, plano, con quebrada, muro piedra y cerros en segundo plano	14	medio	2	medio	4
Paja brava semi densa	PBSDP	Vegetación semidensa de paja brava, plano	15	medio	2	medio	4
	PBSDL	Vegetación semidensa de paja brava, ladera	18	medio	2	medio	4
Paja brava rala	PBR	Vegetación rala de paja brava, plano, con cerros o cordillera en segundo plano	15	medio	2	medio	4
	PBRC	Vegetación rala de paja brava, ondulado o ladera con cordillera en segundo plano	18	medio	2	medio	4
Vegetación semi densa mixta	VSDPB	Vegetación semidensa mixta de paja brava y rica rica, ladera con clastos pequeños y grandes	14	medio	2	medio	4
Vegetación rala mixta	VRMP	Vegetación rala mixta, plano, clastos grandes agrupados	13	medio	2	medio	4
	VRML	Vegetación rala mixta, ladera, clastos grandes agrupados	15	medio	2	medio	4
Vegetación muy rala mixta	VMRMP	Vegetación muy rala, plano y ondulado	14	medio	2	medio	4
	VMRML	Vegetación muy rala mixta, ladera con clastos grandes agrupados	14	medio	2	medio	4
Sin vegetación	SVP	Sin vegetación, plano	14	medio	1	bajo	5
	SVC	Sin vegetación, plano y ladera con vegetación rala de paja brava y cordillera segundo plano	16	medio	2	medio	4
	SVPC	Sin vegetación, plano con clastos medianos	11	medio	2	medio	4
	SVL	Sin vegetación, ladera, con clastos medianos	13	medio	2	medio	4
	SVQ	Sin vegetación, quebrada, clastos pequeños, medianos y grandes	12	medio	2	medio	4
	SVVL	Sin vegetación, ladera, volcán Licancabur	23	alto	1	bajo	3

4. CONCLUSIONES

El rango en que se distribuyen los valores de las Unidades paisajísticas (UP) va de Valor de Paisaje (VP)=11 (DE=0,9) a VP= 23 (DE=0,0). La calidad de los paisajes, en general es media, sobresaliendo el paisaje asociado a las laderas del Volcán Licancabur, y aquellos con vegetación densa y fondo de cordillera.

La calidad predominante del área está dada principalmente por: a) paisajes mayoritariamente panorámicos y de especial singularidad, b) paisajes con elementos tales como vegetación de textura gruesa a media, con alto contraste cromático y brillo, y c) parajes panorámicos correspondientes a quebradas, planicies y cordillera.

El área posee efectivamente en base a sus valores de fragilidad y calidad una capacidad de uso que se orienta hacia el turismo de bajo impacto y a la conservación, usos que deben ser planificados con un estudio integrado del área de estudio.

El paisaje del área Alrededores del Volcán Licancabur, posee componentes de interés natural, asociados a la geomorfología, geología, la presencia de vegetación y de vida silvestre, los que atraen a los visitantes de intereses especiales.

CAPÍTULO VII
USOS Y PROTECCIÓN

CAPÍTULO VII USOS Y PROTECCIÓN

Este capítulo aborda dos componentes, el primero está referido a los usos detectados en las áreas de estudio y las amenazas que conllevan estos usos a su conservación y el segundo a los instrumentos legales y jurídicos actualmente vigentes que podrían asociarse al resguardo de su integridad, otorgándole distintos grados de protección.

USOS Y AMENAZAS EN LAGUNA LEJÍA, VOLCÁN LICANCABUR Y EL TATIO

1. INTRODUCCIÓN

Con el propósito de ubicar al lector en la problemática general referida a los usos y amenazas en el sector de la puna y el altiplano que abarcan los tres sitios prioritarios para la conservación (Laguna Lejía, Geisers del Tatio y Alrededores del Volcán Licancabur), dada la continuidad territorial y similitudes de ambientes, entre otras particularidades que comparten, se entregan antecedentes generales en forma conjunta para los tres sitios. Igualmente se entregan los antecedentes de uso provenientes de la aplicación de instrumentos en forma conjunta para las tres áreas. Posteriormente se aborda el análisis general de usos y amenazas para cada sitio prioritario en particular.

Para ello se realizó una recopilación de antecedentes secundarios, observaciones en terreno y la aplicación de dos encuestas de opinión, una cerrada simple dirigida a pobladores locales y otra abierta, dirigida a informantes clave que recogen, cualitativamente, y desde distintos ámbitos, una situación aproximada actual del sitio de interés en relación a sus usos y las presiones a las que está sometido. Cabe destacar que los antecedentes obtenidos de la aplicación de instrumentos tuvo un ámbito de aplicación restringido, no constituyendo un análisis exhaustivo de la situación sino más bien un ejercicio orientador, que complemente la información de línea de base ambiental, a partir de los cuales se puedan plantear los escenarios, actuales y potenciales en función de las presiones identificadas que estén afectando al sitio prioritario de conservación.

En base a todos estos antecedentes se propone posteriormente una zonificación de usos y orientaciones de manejo que pueda contribuir a la rehabilitación ambiental y conservación del área.

2. ANTECEDENTES SOCIOECONÓMICOS

2.1. Antecedentes comunales

Las poblaciones que habitan este amplio territorio que abarca las tres áreas de estudio, se distribuyen en dos grandes zonas geográficas, conocidas como: la cuenca del río Loa Superior-río Salado y la cuenca del salar de Atacama y pertenecen administrativamente a las comunas de Calama y San Pedro de Atacama respectivamente.

Comuna de Calama. La comuna de Calama pertenece a la provincia de El Loa, junto a las comunas de San Pedro de Atacama y Ollagüe. La superficie del territorio de la comuna de Calama es de 15.567,5 Km2, de los cuales 19,7 km2 corresponden a la actual superficie

urbana. Posee una población de 146.635 habitantes (71.710 mujeres y 74.925 hombres), acogiendo al 28,02% de la población total de la región. 1,17% corresponde a población rural y 98,83% a población urbana (Información censal 2002). La comuna cuenta con un servicio de salud primaria, tres consultorios, tres postas rurales y 38 establecimientos de educación municipales. La población comunal cuenta con un promedio de 10,56 años de escolaridad. Con relación a la pobreza comunal, existen 13.218 personas pobres no indigentes, lo que representa el 9,28% de la población total y 935 indigentes (0,66%) (MIDEPLAN encuesta CASEN 2006). Sobre la base de sus recursos, población y grados de desarrollo, la comuna de Calama es la más importante de la provincia de El Loa. En ella se ubica la ciudad de Calama, la capital provincial, es además la segunda ciudad de mayor importancia de la región de Antofagasta y donde se encuentran los principales recursos minerales del país.

Comuna de San Pedro de Atacama. La comuna tiene una superficie de 23.439 km2, de los cuales 2,34 km2 corresponden a la actual superficie urbana e industrial. Posee una población de 4.969 habitantes (2.041 mujeres y 2.928 hombres), acogiendo al 1,01% de la población total de la región. 61% corresponde a población rural y 39% a población urbana (Información censal 2002). La población comunal cuenta con un promedio de 8,6 años de escolaridad (CASEN 2006). De acuerdo al censo 2002 el 58% de la población se reconoce como atacameño y un 3% de otras etnias. La comuna cuenta con posta médica, correos, teléfono, fax, aduana, registro civil, carabineros, policía internacional, bencina, casa de cambio y oficina de información turística. Cuenta además con hoteles, residenciales, campings, restaurantes y numerosas empresas de turismo receptivo. Con relación a la pobreza comunal, existen 197 personas pobres no indigentes, lo que representa el 3,6% de la población total y 33 indigentes (0,6%) (de un total comunal de 5.481 personas) (MIDEPLAN encuesta CASEN 2006). San Pedro es capital municipal y se encuentra en la desembocadura del mayor río que desagua en el salar del mismo nombre. Está considerada la “capital arqueológica” de Chile y se declaró Zona Típica. Fue el principal centro de la cultura atacameña, con una fortaleza defensiva y una población distribuida en quince ayllus (agrupación socioeconómica con lazos de parentesco), que se repartió las tierras cultivables y el agua canalizada del río Grande.

2.2. Actividades económicas y uso del suelo

Minería

En la actualidad, la mayor actividad productiva en la comuna de Calama se basa en la explotación de cobre de las minas de Chuquicamata y Radomiro Tomic, por parte de la división CODELCO Norte y además, por la presencia de la Minera El Abra. Adicionalmente se explotan el azufre y el bórax. En San Pedro de Atacama existen diversos emprendimientos mineros. Dos empresas operan directamente sobre el salar, SQM y Sociedad Minera del Litio; y dos operan fuera de la comuna, extrayendo agua subterránea desde el sur de la misma. Dada la riqueza mineral de la zona se presume que la explotación de yacimientos minerales metálicos y no metálicos está en expansión, pudiendo establecerse a futuro en cualquiera de las áreas.

Actividad silvoagropecuaria

Calama y San Pedro de Atacama son las únicas comunas con actividad agrícola de la región. Ésta se desarrolla a pequeña escala y su relevancia radica en sustentar formas de vida ancestrales asociadas a la cultura y sobrevivencia de las poblaciones altiplánicas. Así, el río Loa y sus tributarios sustentan la actividad agropecuaria que se desarrolla principalmente en el Oasis de Calama y en las comunidades indígenas de Chiu Chiu, Lasana, Ayquina y Caspana, entre otras. En el caso de San Pedro de Atacama la actividad agropecuaria se desarrolla en el oasis de San Pedro de Atacama y varios ayllus junto a los pueblos de Toconao, Talabre, Tomar, Socaire y Peine, ocupando una estrecha faja cordillerana y precordillerana. El uso del suelo en la comuna de San Pedro de Atacama corresponde mayoritariamente a praderas naturales, las que se dedican principalmente al pastoreo de camélidos y caprinos (RIDES 2005). Los suelos, principalmente alcalinos y con contenidos significativos de sales, los hacen no aptos para actividades agrícolas intensivas (e.g. frutales), a excepción de algunas áreas específicas como quebrada de Jere en Toconao. El principal cultivo permanente es alfalfa, seguido de hortalizas, frutales y cereales. La estructura de la propiedad agrícola ha mantenido el patrón prehispánico de numerosas pequeñas chacras de formas irregulares, con un sistema de riego comunitario (RIDES 2005).

De acuerdo a la información proporcionada por SINIM 2007 (Tabla 7-1) el principal uso del suelo comunal son las praderas y matorrales que en la comuna de Calama cubre un 25,55% y en la de San Pedro de Atacama un 44,49%. La superficie comunal desprovista de vegetación es de un 74% y un 55% en Calama y San Pedro de Atacama, respectivamente. Destaca además para esta última comuna una superficie pequeña (0,15%) cubierta de bosques.

TABLA 7-1. SUPERFICIE COMUNAL Y DE DISTINTOS USOS EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (SENSU SINIM 2007).

Comuna	Superficie total comunal en km²	Porcentaje de áreas urbanas e industriales (%)	Porcentaje de áreas agrícolas (%)	Porcentaje de praderas y matorrales (%)	Porcentaje de bosques (%)	Porcentaje de áreas desprovistas de vegetación (%)
Calama	15.596,90	0,11	0,21	26,55	0	73,79
San Pedro de Atacama	23.438,80	0,01	Sin información	44,49	0,15	55,2

La información proporcionada por el censo agropecuario de 2007 permite caracterizar con mayor detalle la actividad agropecuaria de ambas comunas (Tabla 7-2), en la que se observa la superficie destinada a diferentes usos agropecuarios del suelo a nivel comunal. Si se comparan ambas comunas se aprecia que la aptitud agrícola de San Pedro de Atacama es algo mayor a la de Calama. La primera posee también una pequeña superficie cubierta por vegetación arbórea, ya sea proveniente de plantaciones o bosque nativo. Destaca en esta comuna la extensión de sus praderas naturales, producto de una mayor superficie de vegas y pajonales.

TABLA 7-2. USO DEL SUELO AGROPECUARIO EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (SENSU CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

TIPOS DE SUELO	CALAMA SUPERFICIE (HA)	SAN PEDRO DE ATACAMA SUPERFICIE (HA)
Cultivos anuales y permanentes	359,87	322,48
Praderas sembradas perm. y de rotación	335,97	749,65
En barbecho y descanso	591,00	620,70
Praderas mejoradas	12,60	251,62
Praderas naturales	93.509,49	263.025,96
Plantaciones forestales	83,26	492,75
Bosques naturales y montes	4,38	33,95
Matorrales	36,66	329,03
De uso indirecto (infraestructura)	3.640,39	44,89
Estériles (áridos, pedreg. y arenales)	539,77	44.597,03

Con respecto a la tenencia de la tierra, en ambas comunas las explotaciones agropecuarias constituyen, en un porcentaje cercano al 90% de los informantes, superficies inferiores a cinco hectáreas (Tabla 7-3). La producción es destinada principalmente al autoconsumo y forraje para el ganado (Tabla 7-4).

TABLA 7-3. SUPERFICIE DE LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS CON TIERRA POR TAMAÑO, Y NÚMERO DE INFORMANTES, COMUNAS DE SAN PEDRO DE ATACAMA Y CALAMA (SENSU CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

	SAN PEDRO DE ATACAMA		CALAMA	
Tamaño de las explotaciones (ha)	Superficie explot. agropecuarias (ha)	Nº informantes	Superficie explot. agropecuarias (ha)	Nº informantes
Menores de 1	209,91	474	140,90	277
De 1 a menos de 5	1.041,38	483	649,22	324
De 5 a menos de 10	552,33	81	296,52	43
De 10 a menos de 20	350,61	27	262,31	20
De 20 a menos de 50	171,25	6	90,02	3
De 50 a menos de 100	138,02	2	65,36	1
De 100 a menos de 200	0	0	0	0
De 200 a menos de 500	204,4	1	1.338,77	4
De 500 a menos de 1000	0	0	0	0
De 1000 a menos de 2000	1.809,96	1	0	0
De 2000 y más	305.990,2	9	96.270,29	4
TOTAL	310.468,06	1.084	99.113,39	676

TABLA 7-4. SUPERFICIE TOTAL SEMBRADA O PLANTADA POR GRUPOS DE CULTIVOS EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

ESPECIE	CALAMA (ha)	SAN PEDRO (ha)
Cereales	131,41	52,57
Chacras	0,84	3,55
Industriales	0,1	0,0
Hortalizas al aire libre e invernadero	207,73	123,01
Flores	4,02	0,09
Forrajeras anuales y permanentes	336,97	750,65
Frutales caseros y de plantación	4,35	135,30
Viñas y parronales	0,0	6,02
Viveros	0,17	0,0
Semilleros	11,43	1,30
Forestales	83,09	492,75
Total superficie cultivada	665	1.038
Total superficie explotaciones comerciales	780,11	1.565,24

Con respecto a la actividad pecuaria (Tabla 7-5) las principales especies de crianza son los ovinos, caprinos y camélidos andinos, sustentando la comuna de San Pedro de Atacama la mayor masa ganadera del área con 14.215 cabezas.

TABLA 7-5. EXISTENCIA DE GANADO EN LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS POR ESPECIE EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (SENSU CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

ESPECIE	SAN PEDRO (Nº de cabezas)	CALAMA (Nº de cabezas)
Bovinos	121	152
Ovinos	5.560	4.539
Porcinos	446	984
Equinos (caballares, mulares, asnales)	906	394
Caprinos	3.981	2.070
Camélidos (alpacas, llamas)	3.200	1.777
Conejos	(2.250)	(4.942)
Otros (jabalíes, ciervos)	1	(12)
Total cabezas (excepto conejos y otros)	14.215	9.916

La ganadería se realiza en suelos que reciben aportes hídricos en forma natural, como es el caso de las vegas, sin embargo, las actividades de cultivo requieren necesariamente de riego. Los humedales, en sus formaciones de vegas y bofedales, han constituido el centro de la economía pastoril altoandina. El ciclo anual de pastoreo contempla una tipología de humedales de acuerdo a estacionalidad y tiempo de uso. El tiempo de uso se refiere al tiempo que el ganado puede permanecer en un lugar considerando la percepción de capacidad de carga que posea el pastor. En general, el pastoreo en humedales suele estar asociado con técnicas de conducción y almacenamiento -canales y represas- del agua, con la finalidad de lograr, tanto la reproducción de las especies vegetales que lo conforman como la ampliación de la superficie. En la actualidad en las localidades rurales se señala la existencia de una merma notable de las fuentes de agua subterráneas conllevando una pérdida de superficies proveedoras de forraje, las que sustentaban antiguamente la ganadería.

Turismo

Además de la explotación minera que se realiza en ambas comunas, existe otra actividad que se ha desarrollado fuertemente en los últimos años. Ésta es el turismo, que se ha constituido en una fuente importante de ingresos a los territorios. Un claro indicador de esto es San Pedro de Atacama al convertirse a partir del 2005 en el destino turístico nacional que presenta uno de los mayores índices de pernoctaciones de extranjeros con 107.974 noches/año (SERNATUR 2005). Este destino turístico de carácter nacional e internacional se sustenta en diversos atractivos naturales y culturales (e.g. paisaje, volcanes, géiseres, termas, flora y fauna, valles y oasis), así mismo en la existencia de diversas construcciones y ruinas de alto valor histórico y turístico, de las cuales algunas han sido declaradas monumentos nacionales, como se muestra en la tabla 7-6.

Adicionalmente, la presencia de áreas protegidas también constituye un atractivo importante. Actualmente, la región posee tres unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), la Reserva Nacional Alto Loa, la Reserva Nacional Los Flamencos y el Parque Nacional Llullaillaco. El Parque Nacional Pan de Azúcar también posee parte de su superficie en la región de Antofagasta. Aún cuando un porcentaje relevante del territorio está protegido, no se alcanzan a cubrir todas las áreas representativas de este vasto complejo ecológico que abarca las tres áreas de este estudio.

La actividad turística ha visto reforzado su desarrollo mediante diversas medidas, tales como programas de difusión para inversionistas, la declaración de un área de la comuna de San Pedro de Atacama y de la comuna de Calama como ZOIT (Zona de interés Turístico Nacional “Área de San Pedro de Atacama - Cuenca Geotérmica del Tatio”, según Resolución Exenta Nº 775 del 1 de agosto de 2002), así como también con la implementación de programas que involucran a la población local.

Así, a nivel de la gestión del desarrollo turístico de la zona, se formuló el Plan de Desarrollo Turístico Alto Loa, con el fin de proyectar un desarrollo de esta actividad de manera sustentable y planificada. En ese contexto el Ministerio de Bienes Nacionales ha otorgado concesiones sobre atractivos turísticos a las comunidades del Alto Loa, para su usufructo y administración. Éstas se han realizado sobre los Geisers del Tatio (a favor de las comunidades atacameñas de Caspana y Toconce); de los pukarás de Lasana, Quitor y Chiu Chiu; la habilitación de la ruta Patrimonial del “Oasis del Desierto de Atacama”. Estas concesiones también existen sobre los baños de Puritana; las lagunas Miscanti y Miñiques asociadas a la Reserva Nacional Los

Flamencos y en cogestión con CONAF (en 2005 lograron un ingreso de $ 40 millones por la llegada de 25 mil turistas); las lagunas altiplánicas de Céjar, de Piedra, Pozo 5 y Tebenquiche, terrenos administrados por la comunidad de Solor, entre otras.

TABLA 7-6. MONUMENTOS NACIONALES Y ZONAS TIPICAS EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA.

MONUMENTO	DECRETO MINISTERIO EDUCACIÓN	FECHA
CONSTRUCCIÓN/ LUGAR		
Iglesia de Caspana	Nº 5058	6-7-51
Iglesia de Chiu-Chiu	Nº 5058	6-7-51
Pukará de Chiu-Chiu	Nº 36	7-1-82
Pueblo de Ayquina	Nº 862	27-8-74
Pukará de Turi	Nº 36	7-1-82
Iglesia de Conchi Viejo	Nº 274	14-5-96
Aldea de Tulor (Monumento Arqueológico)	Ley 17.288	
Callejón de Larache en Sitio de Larache (Monumento Arqueológico)	Ley 17.288	
Tambo de Catarpe (Monumento Arqueológico)	Ley 17.288	
Iglesia de San Pedro de Atacama	5058	06/07/1951
Campanario de Toconao	5058	06/07/1951
Ruinas de la capilla de misiones de Peine Viejo	D.S. 5058	06/07/1951
Pueblo Antiguo de Peine	36	07/01/1982
Pukara de Quitor	36	07/01/1982
Tambo Incaico de Peine	171	21/01/1982
Pueblo de Ayquina y campos de cultivo	Nº 0862	27-8-74
Caserío de Conchi Viejo	Nº 274	14-5-96
Pueblo de San Pedro de Atacama	D.S. 2344	28/03/1980
SANTUARIO DE LA NATURALEZA		
Valle de La Luna y parte de la sierra de Orbate	37	07/01/1982

Aparentemente estas concesiones turísticas se han transformado en una de las principales fuentes de ingresos para las poblaciones locales, especialmente en aquellos sectores donde las prácticas agrícolas y ganaderas se han visto afectadas en su productividad por la disminución de la disponibilidad de aguas (Claudio López comunicación personal).

2.3. Antecedentes socioculturales de las áreas

La movilidad poblacional y social

Las poblaciones andinas se han desarrollado desde hace miles de años en un entorno ecológico que presenta particularidades distintivas en relación al surgimiento de otras sociedades agrarias como las europeas o las asiáticas. Lo que caracteriza el desarrollo agrario en el mundo andino es la gran diversidad de condiciones ecológicas en un territorio de espacios muy reducidos y no contiguos entre sí, de forma tal que las sociedades desplegaron una producción agropecuaria adaptada a las variaciones de la naturaleza. Estas limitaciones del entorno fueron sobrellevadas a partir de una estrategia de complementariedad y de "un máximo control de pisos ecológicos" (Murra 1972). Esto significa utilizar nichos ecológicos espacialmente distanciados entre los cuales se articula una producción complementaria. En consecuencia, es el conjunto de las actividades distribuidas espacialmente en forma de archipiélagos el que permite el desarrollo de sus partes. El control de un territorio con este carácter requirió históricamente de la formación de un tipo de sociedad capaz de administrar mecanismos de cooperación para su manejo (Golte 2001).

Una de las formas de administración del territorio identificada para poblaciones prehispánicas en los Andes Centro Sur es la que Núñez & Dillehay (1979) denominaron como de "movilidad giratoria", la cual consistiría en movimientos articulados por el tráfico de caravanas de llamas, que dibujan formas circulares en el espacio, como imperativo para el control y cooperación entre espacios ecológicamente diferenciados y espacialmente dispersos. A partir de estas prácticas de movilidad ancestrales, se ha argumentado más recientemente que la movilidad atacameña ha permitido la conformación de una "interdigitación multiétnica", como resultado de la vinculación de distintos grupos sociales a través del parentesco y otras instituciones sociales localizadas geográficamente en forma discontinua (Martínez 1998).

La complementariedad territorial de las sociedades surandinas habría estado marcada por un modo de vida móvil que transitó desde los cazadores recolectores a sociedades agropastoriles que practicaron el caravaneo. De esta forma, fue fundamental la formación de "ejes" o asentamientos sedentarios que permitieron la complementariedad de recursos especializados formando una fisonomía social de "señoríos" políticamente autónomos pero imbricados económicamente. Esta forma de complementación sufrió transformaciones como consecuencia de la dominación colonial española así como posteriormente la ejercida por los estados boliviano y chileno. Nuevas disposiciones territoriales en los últimos 20 años han transformado las prácticas de la población atacameña, producto de la implementación tanto de elementos institucionales como de la generación de una geografía económica, de la cual los atacameños no están marginados.

Movilidad atacameña en la actualidad

En los últimos 20 años se ha desarrollado con fuerza un movimiento de la población atacameña hacia las ciudades, en correspondencia a una “nueva geografía económica”, marcada por lo que Imilan (2007) denomina como tres “focos”: minería, turismo y pastoreo-agricultura tradicionales. A la clásica minería industrial de tipo metálica orientada a la extracción de cobre en explotaciones a cielo abierto desarrollada desde principios del siglo pasado, se ha sumado en los últimos años una minería no metálica cuyas explotaciones -extracción de litio, cadmio, etc.- se localizan al interior de los salares (principalmente en el de Atacama pero también en el

de Ascotán). Las empresas que poseen explotaciones en la cuenca del salar de Atacama comprenden la subcontratación de servicios como uno de los principales ejes de gestión. Esto ha significado que los antiguos campamentos mineros administrados por las compañías que dotaban de servicios a los trabajadores han tendido a desaparecer y ser remplazados por los asentamientos tradicionales. De esta forma, el suministro de alojamiento, alimentación y esparcimiento que requieren los trabajadores de la minería, antiguamente provistos por las compañías a través de sus propios campamentos, hoy en día han sido transferidos a localidades como Peine o Toconao. Sin duda, la presencia masiva de trabajadores asalariados es una fuente de cambio social fundamental en las localidades del Salar de Atacama, fenómeno que sólo recientemente ha llamado la atención de los investigadores sobre la dimensión de tal impacto.

Otro foco de transformación reciente de la geografía económica de la zona es la consolidación de una industria turística internacional con asiento en San Pedro de Atacama. Esta industria ha expandido las actividades económicas hacia el sector servicios. En los últimos cinco años la conformación de una Red de Turismo Rural y la incorporación aparentemente exitosa de comunidades atacameñas a la administración de Áreas Protegidas han permitido incrementar significativamente la participación de fuerza de trabajo de origen étnico local en la industria turística.

La tercera actividad que completa la geografía económica son el pastoreo y la agricultura tradicional desarrollada en oasis y quebradas. Fueron justamente estas actividades, junto a la recolección de algarrobo, de carácter tradicional, las que promovieron desde tiempos ancestrales la construcción de redes de circulación tanto de productos como de personas que abarcaron incluso el actual territorio argentino. Esto último es aún hoy observable en la localidad de Talabre, la cual mantiene relaciones con la zona de Catua (Argentina) que posibilita el comercio de camélidos, sosteniendo de esta forma inmemoriales circuitos de circulación en los Andes Centro Sur (Morales 1997). No obstante, hay que precisar que la movilidad sustentada por esta articulación de redes ancestrales resulta en la actualidad ser más bien excepcional, ya que los sistemas de producción industrial y turístico juegan un rol mucho más fuerte que los tradicionales en la movilidad atacameña.

Las prácticas económicas recientes trazan una circulación permanente entre las localidades del Salar, San Pedro de Atacama y Calama. Este circuito de movilidad es producto no tan sólo de la geografía económica ya reseñada sino también por una serie de dispositivos institucionales. Entre ellos destaca la localización del poder estatal (Municipalidad y Gobernación Provincial), la distribución de servicios (principalmente vinculados a la educación y salud) y la construcción de infraestructura vial. Si el rol que juega la minería en la formación de la geografía económica es preponderante, se puede plantear que, en el caso de los dispositivos institucionales, la política indígena llevada a cabo por el estado desde mediados de la década de 1990 es también fundamental en la actualidad. El desarrollo de esta política que ha permitido alinear a otros actores sociales, como son organizaciones de la sociedad civil y la empresa privada, está habilitando nuevos circuitos de movilidad al impulsar obras de infraestructura y desarrollar servicios específicamente orientados a la población atacameña (Imilan 2007).

Los circuitos de movilidad atacameña entre las localidades del Salar y San Pedro de Atacama tienen un carácter muy visible. La capital comunal ha experimentado en años recientes el crecimiento de suburbanizaciones donde se asientan migrantes de las localidades. Si bien estas suburbanizaciones poseen un núcleo de residentes permanentes, también son utilizadas como asentamientos temporales por los miembros de la familia extensa. Si bien cada localidad

establece una forma relativamente diferenciada de relacionarse con San Pedro de Atacama, entre ellas vale la pena destacar el caso de la comunidad de Machuca por su aparente radicalidad, ya que sus miembros residen casi en su totalidad en San Pedro de Atacama.

Desde hace un par de años las reuniones de la comunidad indígena de Machuca se llevan a cabo periódicamente en la sede social construida en la periferia de San Pedro de Atacama. En tales reuniones se deciden proyectos y acciones para ser realizadas en la localidad distante 40 km en dirección noreste. La construcción de una sede comunitaria en San Pedro de Atacama responde al hecho de que para la mayoría de los machuqueños resulta más fácil encontrarse en San Pedro de Atacama que en el propio Machuca, ya que la mayoría de ellos han abandonado las actividades tradicionales de la localidad para asentarse en San Pedro de Atacama atraídos por actividades asalariadas. De esta forma, la comunidad se reconstituye en San Pedro de Atacama movilizada por la posibilidad de restablecer bases de desarrollo colectivo en su localidad original. Así, ambos asentamientos se conectan a través de un movimiento permanente que dispone a la población machuqueña al desarrollo de una práctica de multirresidencia.

En efecto, lo que observamos en este caso se ajusta más a ser denominada como una práctica de movilidad que de migración. Frente a este caso resulta inadecuado insistir en el carácter unidireccional de la migración en el orden campo-pueblo-ciudad, tal como se comprendieron en un primer momento los procesos de migración. La discusión actual denomina como movimiento pendular el tipo de migración que circula por varios puntos de un itinerario a partir de un movimiento de "ir y venir".

En un intento de generalización y resguardando de las diferencias entre cada comunidad-localidad atacameña, la práctica de un movimiento de tipo pendular es la fisonomía preponderante del movimiento de la sociedad atacameña, entendido como un tipo de movilidad exigida para el control territorial actual. Una nueva geografía económica dispondría las actividades de turismo, minería y servicios institucionales en nuevos "pisos ecológicos", cuya administración actual o participación en ellos es posible por el establecimiento de múltiples residencias conectadas por un movimiento pendular (Imilan 2007).

2.4. Uso ancestral de recursos naturales

Las comunidades altoandinas han heredado un modo ancestral de comprender su ambiente, lo que le permite integrar múltiples facetas de su realidad y experienciar la naturaleza como cultura (Castro 2002).

Conocimiento vernáculo del paisaje

Los estratos vegetacionales son reconocidos por los habitantes locales con nombres que aluden a la fisionomía y utilización de este paisaje (Tabla 7-7). El piso más alto, que corresponde a la cima de los cerros y volcanes, casi sin vegetación, recibe el nombre de panizo, por su condición de criar minerales. Los estratos inmediatamente inferiores son llamados pajonal, aludiendo a las duras gramíneas o pajas bravas que dominan la cobertura del paisaje. Más abajo está el tolar, nombre vernáculo colectivo que designa a las variadas especies arbustivas que dominan este estrato junto a las cactáceas. El límite inferior de la vegetación, cuando el tolar es más ralo y menos variado y el paisaje se torna en una llanura, se denomina

pampa, palabra quechua que alude a una extensa llanura (Aldunate et al.1981). Cuando los habitantes locales se refieren a la forma en que utilizan este paisaje, usan la nomenclatura de cerro, campo y chacra, que a veces comprenden varios pisos vegetacionales. El cerro comprende el panizo y el pajonal y está asociado a elementos sagrados, religiosos y al forrajeo de camélidos. El campo comprende el tolar y la pampa, formados por arbustos que son la base de la alimentación de los rebaños pastoriles de camélidos, ovinos y caprinos. Asociadas a los poblados hay otras unidades económicas de fundamental importancia: las chacras, terrazas artificiales con sistemas de irrigación, donde se cultiva maíz, alfalfa, habas, quínoa y tubérculos (Aldunate et al.1981).

Según Castro et al. (2004) los lugareños en Ayquina y Toconce, poseen un alto conocimiento de la vegetación, reconociendo al 89% del total de 134 especies de la flora nativa registradas en el área. Los usos que mayoritariamente dan a las plantas son forrajero (61,9%), medicinales (27,6%), alimentación (14,9%), combustible (11,2%) y usos rituales (3%). Gran parte de las plantas forrajeras pertenecen al piso *tolar*, destinado al pastoreo, que tiene la mayor variedad de especies vegetales. Las medicinales están representadas en todos los pisos, pero especialmente forman la base de la vegetación del *cerro*. A medida que se asciende en altura crece el valor medicinal de las plantas. Así, de las nueve especies que crecen en el *panizo*, hay seis a las que se atribuye el más alto poder curativo. Con las plantas utilizadas para los rituales y ceremonias ocurre otro tanto. Aquellas especies usadas como alimentos o combustibles, se distribuyen más o menos armónicamente entre todos los pisos (Aldunate et al. 1981).

TABLA 7-7. ZONAS FISIONÓMICAS Y DISTINCIONES NATIVAS EN AYQUINA Y TOCONCE (SENSU CASTRO 2002).

PERCEPCIÓN LOCAL	PISOS FISIONÓMICOS
Etnounidades del paisaje	Etnounidades ecológicas
Utilización. A. Chacra (unidad hecha por el hombre) B. Campo 1. Pampa 2a. Tolar 2b. Médano C. Cerro 3. Pajonal 4 a. Hoyada 4 b. Panizo	 B. 1. Pre Puna 2. Puna C. 3. Piso Alto andino 4. Piso Subnival

Esta forma de comprensión vernácula del paisaje contribuye a la construcción de un paisaje social en donde la naturaleza se transforma en cultura. Sobre este ambiente, se escogen los espacios para la ocupación humana y la instalación de los asentamientos (Castro et al. 2004).

Uso de la flora nativa

Según Castro (2002) los pobladores de Toconce asignan usos al 89% de un total de 134 especies silvestres nativas del área, distinguiendo ocho principales categorías de utilización de éstas. El uso de las plantas de acuerdo a las unidades ecológicas a las que pertenecen, muestra la profunda vinculación que existe en el modo de explotación de los recursos naturales por los habitantes originarios.

La mayoría de las especies que sirven de forraje se presentan en el tolar, mantención de llamas (*Lama glama*), especialmente en años lluviosos. Sin embargo, durante la mayor parte del año las llamas consumen preferentemente las plantas del pajonal y particularmente los pastos de las vegas (Villagrán & Castro 1999). El número de plantas forrajeras disminuye con la altitud, y aumenta la proporción de plantas medicinales en los pisos altitudinales más altos. Entre las plantas medicinales, una de las más apreciadas es la *Lampaya medicinalis* (lampaya). Alrededor del 75% de las plantas silvestres usadas como alimento se encuentran en el tolar y en el médano. La pasakana, fruto de *Trichocereus atacamensis* y otras cactáceas, es consumida por los pastores. Las sichas, un fruto dulce que proviene del engrosamiento radical de la planta subterránea *Ambrophyton subterraneum* que vive asociada a las raíces de varios arbustos del tolar e.g. *Adesmia spinosissima, Baccharis incalum, Fabiana densa*, entre otras (Aldunate et al 1981) son también populares. Éstas se recolectan después de las lluvias para consumirlas frescas. Parte de la sicha se almacena seca, para confeccionar harina que se ofrece en ceremonias tradicionales, como un signo de gratitud hacia la tierra, el agua, las montañas sagradas y los ancestros.

Las plantas son también una fuente de combustible muy significativa. Aunque varias especies leñosas se incluyen dentro de esta categoría, la yareta (*Azorella compacta*) es la más valorizada de todas.

Varias especies poseen un rol ceremonial. La planta ritual más importante en las comunidades del área de estudio y para gran parte de los indígenas de las tierras altas del norte de Chile, Bolivia y el noroeste argentino es la koa (*Fabiana bryoides*), la que se quema como incienso durante las ceremonias del calendario tradicional anual. Particularmente significativa en relación con los ritos de la muerte es la planta alma tola (*Fabiana denudata*) (Castro 1997).

En usos artesanales y de construcción es utilizada la madera del cactus columnar gigante o cardón (*Trichocereus atacamensis)*, espinas de cactus para el tejido "a palillo" de calcetas, guantes, gorros y bolsas de lana. Para la construcción la mayoría de las viviendas se utiliza la paja brava (*Festuca crysophilla*) para techar y las ventanas, puertas y estructuras de soporte de las viviendas están hechas de la madera de cardón.

Captura de fauna silvestre

La captura de fauna silvestre se señala en la actualidad como una práctica en desuso. Ésta se centraba en la captura de 12 especies. Sin embargo al menos nueve (75%) de ellas presentan actualmente problemas de conservación. Dentro de ellas destacaba la captura de avifauna acuática y particularmente las tres especies de flamencos, las cuales se reproducen en los salares de los Andes de Antofagasta y posteriormente migran a sitios más benignos de los Andes de Perú y Argentina durante el otoño. Respecto de las causas que motivan la disminución de las poblaciones de flamenco, las comunidades lo asocian a las actividades mineras que se desarrollan en el Salar de Atacama, lo que implica ruido, caminos y tránsito de

vehículos cercanos a sitios de reproducción y alimentación, mayor presencia del hombre y actividades vinculadas al turismo. La comunidad de Peine indica que las poblaciones de flamencos fueron mucho más abundantes en la década de los años 1960 y 1970. Así en el período de primavera se escuchaban, durante la noche, a cientos de flamencos que provenían de la cordillera, los cuales se establecían y anidaban en las lagunas ubicadas frente a esta localidad. En cuanto a los productos obtenidos de la fauna silvestre de las localidades de San Pedro de Atacama (Toconao, Camar, Talabre, Socaire, Peine y San Pedro de Atacama), se extraían principalmente en primavera y verano: fibra, piel y carne de vicuña (*Vicugna vicugna*); piel y carne de guanaco (*Lama guanicoe*) y chinchilla (*Chinchilla brevicaudata*); plumas y carne de suri o ñandú (*Pterocnemia pennata*); pieles de zorro culpeo (*Pseudalopex cupaeus*) y gato montés (*Leopardus colocolo*); carne de vizcacha (*Lagidium viscacia*) y chululo o tuco tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), varias especies de patos, perdiz de la Puna (*Tinamtis pentlandii*) y plumas de cóndor (*Vultur gryphus*) y flamencos (*Phoenicopterus* spp.).

Las comunidades reconocen que además se cosechaban huevos de al menos siete especies de avifauna, los cuales eran destinados en su mayor parte al autoconsumo, excepto los huevos de flamencos que eran comercializados eventualmente en la misma localidad, San Pedro de Atacama y Calama. Por otro lado el Salar de Atacama (lagunas Barros Negros, Salada, Saladita e Interna) y Tara, surgen como los humedales utilizados en la colecta de huevos de flamencos (*Phoenicopterus* spp.)., en tanto que de las lagunas de Miscanti y Miñique, se recogen huevos de tagua (*Fulica* spp.) y, en menor escala, de patos, ñandú (*Pterocnemia pennata*) y gaviota andina (*Larus serranus*). Los residentes locales señalan que la práctica de cosecha de huevos de avifauna silvestre, no se efectúa en el presente, debido a la escasa magnitud del recurso y a la prohibición legal que existe sobre esta actividad. Sin embargo, esta práctica tuvo alguna importancia en las comunidades atacameñas, al menos hasta mediados de la década del ‘80, período en que se inician los proyectos de creación de áreas silvestres protegidas y de conservación de fauna silvestre.

2.5. Otras presiones sobre los ecosistemas de las áreas de estudio

Turismo

El turismo es una actividad que mantuvo un nivel de desarrollo más bien reducido y casi sin grandes variaciones hasta la década de 1970, período en el cual se advierte un rápido y sostenido crecimiento de la actividad, situación que se mantiene en el presente, gracias a los atractivos turísticos diversos, tanto naturales, arqueológicos y culturales en el área. Estas potencialidades para el desarrollo del turismo, han sido aprovechadas por agencias privadas, que actualmente realizan circuitos turísticos desde la ciudad de Calama y el poblado de San Pedro de Atacama, hacia las zonas de atractivos culturales y naturales más representativos de la zona. En general, se trata de circuitos realizados en vehículos menores y medianos con capacidad para seis a doce personas (minibuses y camionetas), que generalmente no cuentan con guía especializado. El turismo de naturaleza es ofertado en San Pedro de Atacama por 14 tour-operadores, mientras que el poblado dispone de unos 330 alojamientos entre hoteles, residenciales y camping, y de 12 restaurantes.

En la actualidad, los humedales más visitados por los turistas son: Salar de Atacama (laguna Burro Muerto), lagunas de Miscanti y Minique, y salar de Tara. Otros humedales visitados son salar de Aguas Calientes II y las vegas de Jauna, Putama, del Tatio y Tambillo y los géiseres del Tatio.

Cabe señalar que en general, las comunidades locales perciben como muy marginal los beneficios que deja la actividad turística en el sector, por cuanto virtualmente éstas no participan en el ofrecimiento de servicios como alojamiento, comida y transporte, limitándose en el mejor de los casos a la venta de artesanía y fruta.

La actividad turística no controlada provoca, entre otros, los siguientes efectos negativos: perturbación de la fauna y dispersión de basura. El estudio “Capacidad de carga turística en San Pedro de Atacama” (EuroChile 2006) abarcando el Área de Desarrollo Indígena Atacama La Grande y las comunidades de Caspana, Lasana, Chiu Chiu, Toconce, Ayquina y Turi al sur del Área de Desarrollo Indígena Alto de El Loa, identificó 64 sitios de visita (de los cuales el 39% corresponde a asentamientos humanos, el 20% a sitios de visita culturales y el 41% a sitios de visita naturales). En este mismo estudio se estableció que sólo el 10% posee las condiciones de gestión, administración e infraestructura óptimas para soportar la carga turística que hoy llega al destino. Así, del total de sitios de visita existe un 34% cuya capacidad de carga es cero, considerándose que debieran excluirse de la visitación turística regular, dado que no cuentan con las condiciones de gestión y administración adecuadas a su uso. Dentro de ellos se encuentran el río Puritama, el valle de la Muerte, la laguna Lejía, los testigos de la Pacana, y el salar de Tara, los que sin embargo, están recibiendo visitación turística, con lo cual perjudicaría la calidad y estado de sus recursos en un corto plazo. Sólo un 53% de los sitios de visita presentan condiciones aceptables pero con restricciones, lo que implica, la necesaria implementación de medidas correctivas en su funcionamiento, diseño de planes de manejo y planes de sitio, etc. (EuroChile 2006).

Presión por uso del recurso hídrico

Los recursos hídricos disponibles en la región de Antofagasta, son escasos y varían en magnitud y distribución tanto espacial como temporalmente, en tanto que la cantidad total y distribución de las precipitaciones es extremadamente variable, lo que crea condiciones de vulnerabilidad y de fragilidad en el medio natural. Por otro lado en los últimos años se han agregado a las fluctuaciones climáticas naturales normales, la amenaza del cambio climático cuyo efecto es todavía incierto sobre la zona en estudio pero que podría tener profunda influencia tanto sobre la cantidad de recursos hídricos, las precipitaciones y la aridez de la zona, con consecuencias impredecibles para la vida natural y las personas.

En la zona de estudio el régimen de precipitaciones sufrirá modificaciones aún inciertas. Según los modelos disponibles existe una mayor probabilidad de que el calentamiento global intensifique la aridez en lugar de atenuarla, por lo que extensos sectores de la zona árida, que es donde se localiza este estudio, podrían ver significativamente reducido el escurrimiento superficial y la recarga de las napas freáticas con las consecuente reducción de las disponibilidades de agua para los sistemas naturales y necesidades de las comunidades locales.

En el contexto indicado, es evidente que uno de los factores de amenaza que causa mayor impacto sobre los humedales es la utilización de los recursos hidrológicos superficiales y/o subterráneos con fines urbanos domésticos e industriales, situación que en la última década se ha incrementado notablemente. Lo expuesto es extremadamente crítico pues parte de los recursos que se están explotando o solicitando utilizar constituyen aguas fósiles. Específicamente en el salar de Tara, la mayor demanda de recursos hídricos la impone la

Empresa de Servicios Sanitarios de Antofagasta (ESSAN), quien se adjudicó los derechos de aprovechamiento de las aguas del río Zapaleri, pero que aún no los ejerce.

La explotación energética geotérmica en Geisers del Tatio

El interés de explotar la energía geotérmica es antiguo. En 1922 se constituyó la "Comunidad Minera del Tatio", que después se transformó en la "Sociedad Minera Explotadora del Tatio", la cual durante 1923 financió diversas exploraciones, practicando tres perforaciones en el terreno del sector para identificar sus cualidades energéticas.

Más adelante, en el año 1952, la Universidad Técnica Federico Santa María, encargó un estudio de las características de la energía geotérmica al ingeniero Angelo Filipponi. En 1956, la Universidad de Chile amplió los antecedentes de Filipponi y bajo esos estudios se efectuaron tres nuevas exploraciones en la región del Tatio los que continuaron hasta comienzos de la década del sesenta. En 1962 se constituyó la "Sociedad Geotérmica del Tatio S.A." que no sólo se concentró en la exploración de la energía geotérmica, sino también de las sustancias minerales existente en el sector. Durante el año 2005 la "Sociedad Geotérmica del Tatio S.A." recibió una oferta de compra de la concesión por parte de una nueva empresa del rubro: "Geotérmica del Norte S.A.", constituida con aportes de CODELCO y la Empresa Nacional del Petroleo (ENAP), quienes desde un tiempo a esta parte se encuentran desarrollando los trámites exigidos por la legislación para comenzar nuevas prospecciones y explotaciones en la zona de El Tatio, Apacheta y cerro La Torta.

De esta forma, se ha iniciado una fuerte disputa entre las comunidades indígenas de la zona, los actores turísticos y estas empresas mineras, que ha dado origen a un nuevo movimiento reivindicatorio atacameño cuyos planteamientos han sido dados a conocer a través de diversos medios de comunicación nacional, sin que hasta la fecha se hayan logrado resultados favorables.

3. USO ACTUAL DE LOS TRES SITIOS

Con el propósito de establecer las amenazas actuales y potenciales a la conservación de la biodiversidad de los sitios prioritarios objeto de este estudio, se efectuó un estudio de los usos actuales que se realizan en las áreas y un análisis de los eventuales impactos que éstos generan. Como se mencionó anteriormente, este procedimiento no constituye un análisis exhaustivo de la realidad actual sino más bien un ejercicio de aplicación limitada, tendiente a complementar la información de línea de base ambiental, a partir del cual se puedan plantear los escenarios, actuales y potenciales en función de las presiones identificadas que estén afectando al sitio prioritario de conservación.

3.1. Metodología

Descripción de las técnicas utilizadas

Para el levantamiento de información respecto de los usos e impactos se utilizaron los siguientes elementos metodológicos: (a) revisión bibliográfica, (b) reconocimiento y observación en terreno, y (c) encuesta a la población aledaña y entrevistas a informantes claves. Este

procedimiento aporta los antecedentes de usos y amenazas actuales y potenciales a la conservación de las áreas de estudio.

Análisis bibliográfico

Se recurrió a información secundaria, desde la cual se proporciona la información de uso de suelo a nivel de comuna. El análisis de fuentes secundarias incluyó informes de consultorías, documentos proporcionados por servicios públicos y publicaciones científicas, entre otras existentes en relación al territorio.

Reconocimiento y observación en terreno

En terreno se individualizaron unidades territoriales en las que pudieran identificarse diferentes destinos de uso en los sitios mencionados. El reconocimiento en terreno se efectuó en forma paralela y complementaria al levantamiento de la línea de base de biodiversidad, mediante la visita a los lugares de muestreo y el registro de los siguientes aspectos: cubierta vegetal presente en el área, usos productivos, presencia de construcciones y otros elementos que releven ocupación y usos del suelo. Los caminos inmediatos al área de estudio fueron recorridos con el propósito de localizar viviendas y familias de lugareños que pudieran estar ejerciendo presiones de uso sobre las áreas de estudio. Paralelamente se realizaron observaciones sistemáticas del entorno con el propósito de percibir otros aspectos de interés a evaluar. También se aprovecharon eventos locales que congregaron a representantes de diversas organizaciones indígenas provenientes de las comunidades de Alto el Loa y del Salar Atacama. En el Segundo Congreso Atacameño, organizado por el Consejo de Pueblos Atacameños y por la Comunidad Lickan Antay de Toconao (12 y 13 de enero de 2008), se pudo obtener una visión complementaria a las prospecciones de terreno, posibilitando un contacto hacia diversos grupos humanos que poseen protagonismo en las actividades habituales que hace la población de los sitos de interés.

Actores identificados e instrumentos utilizados

Los antecedentes se recabaron mediante una entrevista cerrada, dirigida a habitantes del área (actores aledaños o insertos en el sitio) y una entrevista abierta dirigida a personas externas que pueden intervenir directa o indirectamente y actual o potencialmente en el territorio (a los que llamamos informantes clave). Así, la prospección consideró la aplicación de instrumentos a dos tipos de actores; (a) los usuarios directos de las áreas de estudio, y (b) informantes clave, conformados por representantes de organizaciones, funcionarios de servicios públicos y privados. Todos ellos fueron contactados personalmente por el equipo de trabajo a través de visitas y también se les explicó el marco del estudio y el propósito específico de la entrevista. La información recabada por las entrevistas fue sometida a análisis de tipo cualitativo y cuantitativo según procedía.

Encuesta a población aledaña y entrevistas a informantes claves

Los antecedentes se recabaron mediante una entrevista cerrada, dirigida a habitantes del área que en este caso correspondió a actores aledaños a los sitios y una entrevista abierta dirigida a

los informantes clave. Así, la prospección consideró la aplicación de instrumentos a dos tipos de actores; (a) los usuarios directos del área, y (b) representantes de organizaciones indígenas, privados que se relacionan con el área y representantes de servicios públicos.

En el primer caso la encuesta se centró en determinar la actividad productiva del entrevistado, la identificación de sitios con algún valor especial, la identificación de cambios ambientales en el último tiempo y las causas de los cambios ambientales negativos. En el segundo caso la entrevista tipo “sondeo de opinión” pretendió conocer los planteamientos de los diferentes actores ante la conservación del área, aportando con aspectos como la determinación de las actividades de mayor impacto, las amenazas presentes y potenciales, la necesidad de estudios y programas a desarrollar, la definición de áreas de restauración o de protección, entre otros aspectos.

En el caso de los residentes aledaños a los sitios de estudio, éstos constituyeron la escasísima población que reside en las áreas de estudio. La encuesta aplicada se estructuró en base a preguntas mayoritariamente semi-estructuradas en torno a cuatro grandes ítems. El primero recoge datos personales del entrevistado, el segundo permite una caracterización económica (actividades productivas, propiedad de terreno, venta de productos y uso de recursos naturales). El tercer item recoge la percepción de sitios con algún valor asignado y su destino de uso. La última parte se relaciona con la percepción de cambios ambientales detectados y la causa de éste (véase instrumento en Anexos). Se debe destacar que el propósito de esta encuesta no fue un levantamiento exhaustivo de antecedentes sino más bien posibilitar un contacto más sistemático con lugareños que aporten información de interés y complementaria al trabajo de terreno. Algunas de las dimensiones evaluadas en dicha entrevista se resumen en la siguiente tabla.

TABLA 7-8. DIMENSIONES EVALUADAS EN LA ENCUESTA REALIZADA A RESIDENTES ALEDAÑOS A LAS ÁREAS DE ESTUDIO. 2008.

DIMENSIONES	ALGUNAS VARIABLES
Antecedentes personales	Sexo Edad Escolaridad
Antecedentes socioeconómico-culturales	Actividad u ocupación Actividad productiva Superficie y titularidad de la propiedad Uso de recursos naturales Ingreso mensual Productos que se comercializan Cantidad y estado de la tierra
Redes sociales	Organizaciones sociales adhesión Acceso a servicios
Percepción	Sitios de valor especial Cambios ambientales y otro tipo Motivo de los cambios

En relación con la entrevista a informantes clave, ésta estuvo constituida por actores externos al área que intervienen directa o indirectamente y actual o potencialmente en ella (asociados a la conservación de los sitios, a su explotación turística u otras actividades) e incluyó tres tipos de actores: dirigentes sociales, guías o administradores de empresas turísticas y guardadores (personal de CONAF y carabineros). La encuesta contuvo una identificación del entrevistado y preguntas que abordaron diferentes temáticas desde la función institucional que cumple el actor y su relación con temas de conservación y planificación del área. El sondeo incluyó preguntas mayoritariamente abiertas, la identificación de los principales problemas ambientales en la comuna y en los sitios de estudio, grado de conocimiento de los mismos y sus límites, importancia que atribuye la población al área, impactos sobre ésta y su conservación, actividades productivas asociadas, necesidad de protección y mecanismos de conservación, entre otras (véase instrumento en Anexos).

Para efectos del capítulo de uso de suelo y amenazas, se incluye aquí el análisis de las preguntas vinculadas a éste.

3.2. Resultados y discusión

Actores entrevistados

Población aledaña al área

El número de entrevistados fueron dos en el sector Guatín (asociado a Alrededores del Volcán Licancabur), dos en el sector Talabre (asociado a la Laguna Lejía) y uno en el sector de Caspana (asociado al sitio Geisers del Tatio).

El reducido número de encuestas aplicadas refleja la situación de despoblamiento de las áreas rurales no asociadas a poblados. Como se mencionó, el propósito fue complementar los resultados de las prospecciones visuales del equipo de trabajo, para ello se identificó a las personas que evidenciaran alguna relación de uso con superficies de terreno. En los sectores Guatín, Talabre y Caspana se entrevistó a los únicos residentes más cercanos a las áreas de estudio. Corresponden en su mayoría (tres de los cinco entrevistados) a familias de adultos mayores de uno o dos miembros, como es el caso de las entrevistadas de Guatín y Caspana. Los otros dos entrevistados corresponden a dos familias de seis integrantes cada una. Todos ellos declaran pertenecer a la etnia atacameña y desarrollan actividades agrícolas (alfalfa y maíz) y ganaderas (llamos o cabras), productos de las cuales obtienen ingresos económicos, aun cuando un aporte importante proviene de pensiones asistenciales.

Informantes clave

Se contactaron 13 informantes clave, vinculados con instituciones públicas y privadas, así como de organizaciones indígenas. Los primeros seis encuestados se contactaron durante el Segundo Congreso Atacameño. Los representantes de organizaciones indígenas se entrevistaron en sus lugares de trabajo, ya sea por estar vinculados a concesiones para la administración de sitios de interés turístico (Reserva Nacional Los Flamencos, Geisers del Tatio). Los carabineros del retén Tocorpuri constituyen un grupo humano residente en el área del Tatio. En la Tabla 7-9 se muestra su identificación, perfil profesional, adscripción institucional y lugar de residencia.

Así, a nivel de la gestión del desarrollo turístico de la zona, se formuló el Plan de Desarrollo Turístico Alto Loa, con el fin de proyectar un desarrollo de esta actividad de manera sustentable y planificada. En ese contexto el Ministerio de Bienes Nacionales ha otorgado concesiones sobre atractivos turísticos a las comunidades del Alto Loa, para su usufructo y administración. Éstas se han realizado sobre los géiseres del Tatio (a favor de las comunidades atacameñas de Caspana y Toconce); de los pukarás de Lasana, Quitor y Chiu Chiu; la habilitación de la ruta Patrimonial del "Oasis del Desierto de Atacama". Estas concesiones también existen sobre los baños de Puritana; las lagunas Miscanti y Miñiques asociadas a la Reserva Nacional Los Flamencos y en cogestión con CONAF (en 2005 lograron un ingreso de $ 40 millones por la llegada de 25 mil turistas); las lagunas altiplánicas de Céjar, de Piedra, Pozo 5 y Tebenquiche, terrenos administrados por la comunidad de Solor, entre otras.

Aparentemente estas concesiones turísticas se han transformado en una de las principales fuentes de ingresos para las poblaciones locales, especialmente en aquellos sectores donde las prácticas agrícolas y ganaderas se han visto afectadas en su productividad por la disminución de la disponibilidad de aguas (Claudio López comunicación personal).

TABLA 7-9. IDENTIFICACION DE INFORMANTES CLAVE ENTREVISTADOS. 2008.

NOMBRE	PERFIL ENTREVISTADO	RESIDENCIA
Víctor Magna	Empresario y guía turístico	San Pedro
Antonio Cruz	no menciona su actividad ni profesión	San Pedro
Gonzalo Martínez	Administrador de Termas de Puritana	Puritama
Rodrigo Araya Ayabire	Técnico Mecánico. Guardaparque de CONAF	San Pedro
Oscar Díaz	Guía turístico, expediciones	San Pedro
Carmen Chocobar	Técnico en turismo. Red de Turismo Rural Lican. Red de Turismo Indígena Lican Huasi	San Pedro
Marisol Gonzalez	Dueña de casa y secretaria de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao.	Toconao
María Mondaca	Coordinadora avanzada de la Reserva Nacional Los Flamencos, 2007-2008 y miembro de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao.	Toconao
Ernesto Cerda	Ingeniero en prevención de riesgos y medioambiente. Ex guardaparque de CONAF. Director y Encargado de la Comisión de Medioambiente de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao.	Toconao
Juan Mancilla Rodríguez	Ingeniero Ambiental, Master en Auditoria Ambiental. Asesor CONADI Proyecto Tatio.	Calama
Claudio Andrés López Cereceda	Administrador de empresas. Administrador Concesión géiseres del Tatio de Comunidades Indígenas de Caspana y Toconce.	Calama
Wilfredo Hernández Godoy	Carabinero Jefe del Retén Tocorpuri	Tocorpuri (El Tatio)
Meter Jaime Sagua	Carabinero del Retén Tocorpuri	Tocorpuri (El Tatio)

Uso de Suelo

De acuerdo a la recopilación de antecedentes bibliográficos y las prospecciones realizadas en terreno se ha podido constatar el bajísimo grado de uso productivo del suelo, el cual se restringe al uso agrícola de algunos pequeños predios y el pastoreo de rebaños de camélidos y cabras. La información obtenida de las encuestas a la población aledaña a las áreas de estudio reafirma este hecho. Como se aprecia en la tabla siguiente, la población entrevistada señala poseer entre una y cinco hectáreas de terreno. Los usos agrícolas consisten en la producción de alfalfa, señalada por dos de los entrevistados y maíz (uno de los entrevistados), ambos en el sector de Guatín, aledaño al sitio volcán Licancabur. El uso productivo más relevante es el ganadero, ya que todos los entrevistados señalaron poseer ganado caprino o llamos. El forrajeo de estos animales se realiza en los propios predios y en las áreas adyacentes. La entrevistada de Caspana señaló específicamente utilizar las vegas del Tatio para estos fines. Otro uso que se hace de los recursos naturales locales es material para hacer leña y carbón, para el abastecimiento doméstico (e.g. tolas en camino a Guatín y azufrera Sasiel).

TABLA 7-10. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y USO DE RECURSOS NATURALES EN SECTORES ALEDAÑOS A LOS SITIOS GÉISERS DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Sector	Actividad productiva	Superficie propiedad agrícola	Tipo de ganado y cantidad	Uso de recursos naturales	Productos que comercializa	Concepto mayores ingresos
Guatin (alrededores volcán Licancabur)	Agrícola ganadera	1,5 ha	Ovino (5) Caprino (80) Burro (2)	Forraje Leña/ carbón	Alfalfa Chivos	Ventas de productos, Pensión asistencial
	Agrícola ganadera	1 ha	Caprino (50)	Leña/ carbón Forraje	Alfalfa, maíz Chivos	Ventas de quesos, chivos, Pensión asistencial
Talabre (Laguna Lejía)	Agrícola ganadera	0-1 ha	Llamas (30)	Leña/ carbón Forraje	Llamas	Ventas de productos, Salario
	Agrícola ganadera	0-1 ha	Llamas (40)	Forraje Leña/ carbón	Llamas	Pensión asistencial
Caspana (Tatio)	Agrícola ganadera	1-5 ha	Llamas (más de 100)	Forraje	Llamas	Pensión asistencial

Con respecto a los antecedentes que entregan los informantes clave, como se aprecia en la siguiente tabla, éstos consignan como usos actuales que efectúa la población aledaña en los sitios de estudio los siguientes: 1) ganadería, 2) agrícola de pequeña escala, 3) turismo, 4) obtención de leña y madera de cactus, y 5) ceremonial. Uno de los entrevistados señala además la extracción de agua y las faenas mineras, acciones que no son atribuibles a la población local, sino a empresas.

Del análisis de estas respuestas se recoge que los usos son principalmente ganaderos y en una menor escala agrícolas. Es relevante la percepción del turismo como actividad productiva realizada en los sitios, lo que fue señalado por cinco de los entrevistados. Este hecho destaca dado que varios de los más relevantes atractivos turísticos que se localizan, ya sea dentro de los sitios (Geisers del Tatio) como en sus inmediaciones (Reserva Nacional Los Flamencos), son gestionados por las comunidades locales.

TABLA 7-11. USOS IDENTIFICADOS POR INFORMANTES CLAVE EN LOS SITIOS GÉISERES DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Perfil entrevistado	Usos detectados de la población aledaña a los sitios
Víctor Magna	Ganadería, “pero muy lejano”
Antonio Cruz	Turismo
Gonzalo Martínez	Obtención de leña, madera de cactus Antiguamente caza de vicuñas
Rodrigo Araya Ayabire	Ganadera. Turística Ceremonial (asociada a volcanes y cerros)
Oscar Díaz	Ganadería (llamas) Pequeños cultivos (alfalfa).
Carmen Chocobar	Ganadería, agricultura.
Marisol González	Ganadería
María Mondaca	Ganadería: bajo impacto por bajo número de animales.
Ernesto Cerda Candia	Extracción de agua, depósito de relaves; prospección minera (caminos, tránsito de vehículos, otros).
Juan Mancilla Rodríguez	Agrícola
Claudio A. López Cereceda	Turismo
Wilfredo Hernández Godoy	Turismo
Meter Jaime Sagua	Turismo

Percepción actual de amenazas sobre los tres sitios

Amenazas declaradas por encuestados e informantes

Las amenazas detectadas por la encuesta a la población aledaña y entrevistas a informantes clave son las que se listan a continuación: (a) disposición inadecuada de basuras, (b) tránsito de turistas y visitantes, c) accesos y tráfico vehiculares, (d) caza ilegal, (e) obtención de madera, (f) obtención de leña y (g) obtención de agua (Tabla 7-12 a 7-14). Se debe notar que el impacto que cada una de estas actividades tiene en el área no ha sido evaluado y es distintamente valorado por los entrevistados. La mayoría de ellas se ha realizado de manera histórica y sin ningún tipo de control.

TABLA 7-12. INFORMACIÓN RELATIVA A CONEXIÓN ENTRE USOS Y AMENAZAS DE LOS SITIOS GÉISERS DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008. (LAS PREGUNTAS PUEDEN VERSE EN EL ANEXO 7-1. (*) ESTE ENTREVISTADO NO SE REFIRIÓ A LAS ÁREAS DE ESTE ESTUDIO, SINO APARENTEMENTE AL OASIS DE CALAMA, POR LO TANTO SU RESPUESTA NO ES CONSIDERADA EN ESTE ANÁLISIS.

Perfil entrevistado	Usos detectados de la población aledaña a los sitios (pregunta 13)	Efectos negativos de los usos de la población en los sitios (pregunta 14)	Identificación del origen/ responsable del efecto negativo
Víctor Magna	Ganadería	No. Muy pequeña escala (subsistencia)	Población local
Antonio Cruz	Turismo	El turismo no controlado puede afectar gravemente estos paisajes, con senderos y residuos.	Población flotante (Turistas)
Gonzalo Martínez	Obtención de leña, madera de cactus Antiguamente caza de vicuñas.	No. “Porque el indígena sabe en que época, cómo y cuánto obtener de la tierra”.	No ve efecto negativo
Rodrigo Araya	Ganadera. Turística. Ceremonial (asociada a volcanes y cerros).	No detecta efectos negativos. Aunque respecto a la “ganadería, se puede sanitizar y hacer manejo”.	Asociado a población local.
Oscar Díaz	Ganadería (llamas) Pequeños cultivos (alfalfa).	No.	No ve efecto negativo.
Carmen Chocobar	Ganadería, agricultura.	No. “Porque tienen sus propios potreros y mantienen ahí a sus animales”.	No ve efecto negativo.
Marisol González	Ganadería	No. “No más pastoreo cerca de Talabre”	No corresponde.
María Mondaca	Ganadería: bajo impacto por bajo número de animales.	No. Por bajo número de animales.	
Ernesto Cerda	Extracción de agua, depósito de relaves; prospección minera (caminos, tránsito de vehículos, otros).	Sí, por el uso no controlado de agua, los relaves en superficie, el material es trasladado por el viento y es nocivo.	Mineras.
Juan Mancilla (*)	Agrícola	“El oasis ha ido perdiendo paulatinamente la vegetatividad por escasez de agua, construcción de viviendas y lugar de microvertedero clandestino”.	Distintos actores: población en general, externa al área.
Claudio López	Turismo	“Porque los estudios de capacidad de carga y la explotación energética afectan al ecosistema en algún grado, e impacto visual y sonoro”.	Vinculados a empresas (proyectos de geotermia en Tatio).
Wilfredo Hernández G.	Turismo	No percibe efectos negativos.	
Meter Jaime Sagua	Turismo	No percibe efectos negativos.	

En cuanto a los usos que se dan a los sitios, del total de 13 informantes clave, seis mencionan la ganadería (especificando uno de ellos que se refiere a llamas; y señalando otro que ésta se ejerce lejos de los sitios priorizados y un tercero que ésta sería de bajo impacto); cinco señalan el turismo como uso relevante; dos señalan la agricultura (pequeña escala); uno menciona la práctica de recolección de leña y madera de cactus, uno señala actividad relacionada al ámbito ceremonial (en el marco de la ritualidad andina asociada a volcanes y montañas). Es importante destacar también que se señala la caza de vicuñas, pero como actividad del pasado. Dos informantes enfatizan la importancia de la actividad minera, cuya utilización indiscriminada del agua y depósito de relaves resultan especialmente nocivos para el sector, aunque sin asociarlos a un sitio en particular. Igualmente se señala como efecto negativo la potencial explotación energética del Tatio.

TABLA 7-13. AMENAZAS ESPECÍFICAS SOBRE LA BIODIVERSIDAD DE LOS SITIOS GÉISERS DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. (PREGUNTAS 37 A 40). ENERO 2008. (*) ESTE ENTREVISTADO NO SE REFIRIÓ, A LAS ÁREAS DE ESTE ESTUDIO, SINO APARENTEMENTE AL OASIS DE CALAMA, POR LO TANTO SU RESPUESTA NO ES CONSIDERADA EN ESTE ANÁLISIS.

Perfil entrevistado	Actividades que afectan a la fauna	Actividades que afectan a la vegetación	Problemas de conservación de especies (vegetación/ animales)	Percepción de desaparición de especies (vegetación/ animales)	Causa de disminución/ desaparición de especies (vegetación/ animales)
Víctor Magna	Paso de vehículos y personas	Mucho tránsito, hay que restringir	Sí.	Fauna: flamencos, gaviota andina, vizcacha.	Turismo, minería (humanos).
Antonio Cruz	Sí. Caza ilegal, la pequeña minería utiliza a camélidos como fuente de carne.	Sí. Proyectos mineros y necesidades hídricas de éstos.	Sí.	Fauna: chinchilla, guanacos.	Fauna: chinchilla: caza guanacos: caza (pirquineros para obtención de carne).
Gonzalo Martínez	No.	No.	Sí.	Fauna: vicuña.	“Antes era cazada por personas que venían de afuera”.
Rodrigo Araya	Sí. “Introducción de animales produce desplazamiento” .	Sí. “Turismo, salirse del camino. Ganadería afecta poco, sólo sobre pajonales”.	Sí, pato andino.	Fauna: pato andino (mencionado en preg, 39) Flora: cactus, llareta.	Pato andino: no menciona causa. Flora: artesanía, construcción, combustible.
Oscar Díaz	No.	Sí, “extracción de llareta (volcán Licancabur) y cardón (Tatio)”	Sí.	Para Volcán Licancabur Flora: llareta, cactus.	Flora: Llareta: calefacción. Cactus: Construcción y artesanía.

Carmen Chocobar	Sí. “Caza de las vicuñas”.	No sabe.	Sí.	Sí. Fauna: vicuña.	Fauna: Vicuña: caza.
Marisol González	No.	No.	Sí.	Sí. Fauna: vicuña.	Vicuña: caza.
María Mondaca	No. Muchos años atrás se cazaba mucho la vicuña y extraían huevos.	No.	Sí.	Vicuña.	Caza en la antigüedad.
Ernesto Cerda	Sí. Caza ilegal, desconocimiento, falta de estudios en terreno. Manejo de influencias. (Se han capturado flamencos vivos para llevarlos al zoológico particular en barrio alto de Santiago.	Sí. Proyecto ALMA. Miles de cáctaceas fueron removidas para la construcción de camino particular en sector altoandino. Esto es visible usando esa ruta.	Sí. Fauna: chinchilla, kiula, suri, cóndor, gato andino, otros. Flora: llareta, cactáceas (en San Pedro) otros.	Sí. Especie: el 1) Suri 2) Kiula (perdiz de la puna)	1) Intervención del hábitat, caza ilegal. 2) Caza ilegal, excepto en sector el Tatio. Estas especies han aumentado la presencia diaria de turistas, que evita la caza ilegal.
Juan Mancilla (*)	Sí. “Depósito de basura, quema de vegetación, acceso de vehículos, perros”	Sí (no detalla)	Sí (no detalla)	Sí (no detalla)	(No detalla)
Claudio López	Sí. “La no recogida o retorno de la basura a San Pedro de Atacama o Calama, afecta a los zorros, quienes podrían, perder la capacidad de cazar”	Sí “El acceso de vehículos y los caminos que no poseen los adecuados pasos de agua”.	No sabe (preg. 39)	Sí Especies: Flora: Llareta Fauna: Quirquinchos vizcachas.	Llareta: Explotación industrial (años 50-60) para abastecer a Chuquicamata de leña) Quirquinchos: Caparazón Vizcachas: carne y piel.
Wilfredo Hernández	Sí, “las personas que llegan al lugar”	Sí. “El ingreso de personas”	Sí.	No sabe.	No sabe.
Meter Jaime Sagua	Sí, “las personas que llegan al lugar”	Sí. “El ingreso de personas”	Sí.	No.	No sabe.

En este ítem asoman amenazas asociadas a usos culturales de los recursos naturales, que no fueron mencionados o lo fueron en forma más sutil en el anterior.

En el caso de las amenazas concretas a la fauna, la mayoría (13) de los entrevistados menciona que ésta se ve afectada por las actividades humanas. Vemos que el tema de la caza de vicuñas se enuncia como práctica común en el pasado (entrevistado 3) y aparentemente todavía vigente (entrevistada 6). Por su parte, el entrevistado 2 menciona la existencia de caza ilegal, practicada por mineros, que usan la carne de camélidos para alimentarse. También se señala la estaría afectando la llegada de personas y vehículos a los sitios. La disminución de fauna es considerada por siete de los 13 entrevistados. Entre las especies que se considera afectadas, los entrevistados destacan la disminución de aves: flamencos y gaviota andina, considerando a la actividad minera como responsable del daño. Otro entrevistado menciona la disminución (no queda claro en que cantidad) del “pato andino”, sin dar causas para ella. El entrevistado 9 menciona un hecho de captura de fauna para proveer zoológicos particulares con fauna local. Señala además la caza ilegal de suri (ñandú andino) y kiula (perdiz de la puna). Otras especies que se considera afectadas son chinchilla, cóndor, gato andino, zorro, quirquincho y vizcacha.

En cuanto a la flora, los entrevistados señalan efectos adversos generales sobre ésta, provocados por el flujo de visitantes y el tránsito de vehículos que se salen de los caminos y, señalado por uno de los informantes, por la explotación de los recursos hídricos que abastecen a las mineras. En términos específicos sólo se señala la disminución de llareta, utilizada como recurso energético, y de cactus, utilizado en artesanía y construcción. La extracción de llareta y cactus se refiere al área del volcán Licancabur, y la extracción de cardón (cactus), a la zona del Tatio. Estas especies también se mencionan con problemas de conservación en el sector de San Pedro de Atacama. Otro informante (9) señala un impacto negativo sobre la flora, causada por la construcción de un camino particular asociado al proyecto ALMA.

En general, y salvo casos específicos que se relatan (tales como hechos puntuales vinculados al proyecto ALMA, o las explotaciones históricas que afectaron a la llareta para proveer de combustible a las faenas mineras), los informantes coinciden en la percepción de un efecto dañino en el medioambiente, causado por “las personas”, especialmente asociadas al turismo, dadas las características de los sectores en estudio. Sólo un informante (9) atribuye a la llegada de turistas, en el sector del Tatio, un efecto beneficioso sobre la fauna en términos de que la presencia de éstos evitaría la caza furtiva.

Acerca de los elementos que se perciben con un mayor impacto producto de las actividades humanas, la mayoría de los informantes (7) se refiere al paisaje, cuyas causas de modificación son atribuidas principalmente a la apertura de caminos y el tráfico de vehículos como consecuencia del flujo turístico como de la explotación minera. El otro recurso que se percibe afectado es el agua, tanto en su calidad como en su abundancia, lo que se atribuye principalmente a la explotación minera y al abastecimiento de las ciudades.

TABLA 7-14. OTROS ELEMENTOS DEL ECOSISTEMA AFECTADOS NEGATIVAMENTE POR USOS DEL ÁREA. ENERO 2008. (PREGUNTA 41). LAS PREGUNTAS PUEDEN VERSE EN EL ANEXO 7-1. (*) ESTE ENTREVISTADO NO SE REFIRIÓ, A LAS ÁREAS DE ESTE ESTUDIO, SINO APARENTEMENTE AL OASIS DE CALAMA, POR LO TANTO SU RESPUESTA NO ES CONSIDERADA EN ESTE ANÁLISIS.

Informante	Elementos modificados	Causas de modificación
Víctor Magna	a) Paisaje	a) "Vehículos"
Antonio Cruz	Al principio aparece "(Todos)" a) Dunas b) Terrazas c) Paisaje d) Fuentes de agua	No menciona
Gonzalo Martínez	a) Paisaje	a) Muchos caminos
Rodrigo Araya Ayabire	a) Paisaje	a) Extracción de áridos
Oscar Díaz	a) Paisaje	a) Mineras (Talabre, Volcán Licancabur). Gasoducto.
Carmen Chocobar	a) Ninguno	No menciona
Marisol González	No responde	No responde
María Mondaca	No responde	No responde
Ernesto Cerda Candia	Fuentes de agua Paisaje	Minería Minería- Militar
Juan Mancilla Rodríguez (*)	Calidad del agua Paisaje	No menciona causas
Claudio A. López Cereceda	Paisaje general	Caminos llareteros; tuberías de explotación energía geotérmica.
Wilfredo Hernández Godoy	Agua	Extracción (in)discriminada (sic), (Minería)
Meter Jaime Sagua	Agua	Extracción, Minería.

3.3. Clasificación de perturbaciones/impactos

Marco teórico y conceptual

Perturbaciones o disturbios

Desde el punto de vista ecológico una perturbación puede ser definida como un evento que provoca el despeje de una porción de sustrato que puede ser colonizado por ciertos organismos (Dayton 1971). Por otro lado, Forman & Godron (1986) definen la perturbación (también llamada disturbio) como un evento que causa un cambio significativo del patrón normal de un ecosistema. Finalmente van Andel & van den Bergh (1987) explican la perturbación como un cambio de condiciones que interfiere con el funcionamiento normal de un ecosistema. La alteración del ecosistema dependerá de la extensión, intensidad y frecuencia de esas perturbaciones. De acuerdo al tamaño, pueden clasificarse en: (a) grandes disturbios cuando exceden las 10 hectáreas, (b) medianos de una a 10 hectáreas y (c) pequeños cuando son menores de una hectárea. Según la intensidad o daño que ocasionan se pueden clasificar en: severos, medianos y leves.

Se distinguen dos tipos de perturbaciones (sensu Sousa 1984): las naturales y las antrópicas (generadas por el ser humano). La primera incluye el vulcanismo, los deslizamientos, los movimientos tectónicos, etc., y las segunda la agricultura, la silvicultura, la ganadería, la actividad minera, la expansión urbana, etc. Por otro lado los ecosistemas pueden estar sometidos a factores tensionantes, que son estímulos externos que pueden dañar los sistemas naturales. Cuando esto ocurre hablamos de un ecosistema tensionado (sensu Brown & Lugo 1994), ya que ese sistema no puede funcionar normalmente por estar sometidos a estímulos externos (factores tensionantes).

Un ecosistema perturbado

Un ecosistema tensionado producto de las perturbaciones a que está sometido puede alterarse de diferentes maneras. Por ejemplo (a) disminuyendo su diversidad biológica, (b) perdiendo y/o alterando su suelo (e. g., pérdida de nutrientes, contaminación), (c) cambiando su microclima (e. g., humedad, precipitación), (d) disminuyendo el reclutamiento de organismos con disminución del tamaño de las poblaciones, (e) alteración de los cuerpos de agua.

Un ecosistema perturbado ha perdido total o parcialmente sus funciones (productividad, interacciones, polinización, regulación hídrica) y su estructura (organización espacial de las especies, número de especies, estado de las poblaciones). Barrera-Cataño & Valdés-López (2007) describen varios ejemplos: (a) áreas perturbadas por la extracción de materiales a cielo abierto, afectándose todos los componentes del ecosistema (e.g., suelo, vegetación y fauna) y las condiciones microclimáticas; (b) áreas perturbadas por tala selectiva afectándose parcialmente los componentes de la biota, suelo, y condiciones microclimáticas; (c) áreas perturbadas por uso y expansión agropecuaria, alterando todos los compartimentos del ecosistema y las condiciones microclimáticas; (d) áreas perturbadas por expansión y uso urbano, afectando drásticamente todos los componentes ecosistémicos y las condiciones microclimáticas; (e) áreas perturbadas por especies exóticas, alterando todos los compartimentos, en especial la diversidad de especies nativas; (f) áreas perturbadas por procesos erosivos hídrico y/o eólicos, afectando todos los compartimentos, pero principalmente

el suelo; (g) áreas perturbadas por descargas de sedimento, afectando, principalmente, el suelo y el agua; (h) áreas perturbadas por descarga de contaminantes, afectando todos los componentes del ecosistema, pero fundamentalmente el agua y el suelo.

Perturbaciones asimiladas como impactos ambientales

Se entiende por impacto ambiental a la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Dicho de otro modo un impacto ambiental es la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes, de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo. Así, si tomamos estos conceptos sensu lato podemos asimilar el concepto de perturbación antrópica, con su marco teórico ecológico, al de impacto ambiental. De este modo podemos evaluar, ponderar y clasificar esas perturbaciones, más allá que los ecólogos también lo hacen (véase Sousa 1984), pero al vincular ambos conceptos orientamos el análisis de las perturbaciones/impactos a un problema claramente enfocado al tema de la biodiversidad, que necesita un refuerzo teórico ecológico. Aclarado esto podemos asumir que las actividades humanas, que se realizan en el área de estudio, y que se relacionan con el uso y aprovechamiento de sus recursos naturales, ya sea que éstas se ubiquen dentro de los límites del área de interés o en su zona de influencia, suelen generar impactos que exceden los rangos naturales de variación y con ello pueden afectan la integridad ecológica del sitio. Así, el área de interés puede afectarse por impactos directos o indirectos y en ambos casos el resultado es exceder la capacidad de uso sustentable o sostenible, conduciéndolos a su eventual colapso. Cuando un área de conservación deja de ser funcional requerirá manejo o restauración ecológica (Granizo et al. 2006).

3.4. Impactos sobre los tres sitios

Mapas conceptuales

Un mapa conceptual es una representación gráfica de información, entendida como una red de conceptos circunscritos a círculo u óvalos que se interrelacionan con flechas. Este resumen esquemático es una estructura de proposiciones, que contienen las ideas más importantes del tema en cuestión. En un mapa conceptual elaborado, los conceptos más importantes los ubicamos arriba (causas u orígenes de las perturbaciones/impactos), desprendiéndose hacia abajo los efectos, es decir las perturbaciones/impactos propiamente tales. Todos los componentes fueron unidos con líneas ya que representan factores interconectados. Los mapas conceptuales se elaboraron en base a: (a) el análisis bibliográfico, (b) el reconocimiento y observación en terreno, (c) los resultados de las encuestas a población aledaña y (c) las entrevistas a informantes claves.

Caracterización y valoración de los impactos ambientales sobre los sitios Laguna Lejía, géiseres del Tatio y Alrededores del Volcán Licancabur

Una vez identificados los impactos ambientales negativos, se describieron en forma cualitativa los efectos que potencialmente pueden afectar el área de estudio y los impactos que los procesos identificados pueden generar en los componentes receptores.

Los diferentes impactos identificados y caracterizados, se cuantificaron en forma separada y se contrastaron, con normas, estándares o criterios de protección para cada componente ambiental. Para medir el efecto o impacto de las actividades humanas sobre los factores ambientales del área de estudio, se calificó el impacto mediante los criterios que se definen a continuación: se calculó la (a) importancia, (b) la probabilidad y (c) la magnitud de cada impacto, aplicando la metodología adaptada para la matriz causa-efecto de acuerdo a Conesa (1995):

Importancia del impacto. Se calculó según la siguiente fórmula cuyos componentes se describen en la Tabla 7-15.:

$$Im = (S)\ (I + E + M + T + R + In + P + Re)$$

Probabilidad del impacto. Se estimó la Probabilidad del impacto de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia del impacto, jerarquizando en tres rangos:

1 = Improbable: el impacto ocurrirá con una probabilidad $< 0{,}4$
2 = Probable: el impacto ocurrirá con probabilidad entre 0.4 y 0.8
3 = Cierto: el impacto ocurrirá con probabilidad $> 0{,}8$

Magnitud del impacto. Se estimó la Magnitud (Mg) del impacto, que califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental generado. Se compara el valor impactado de cada recurso, con el valor total del recurso, expresado en porcentaje.

1 = baja (30 – 0 %)
2 = media (31 – 69 %)
3 = alta (70- 100%)

La valoración de cada uno de los factores antes mencionados se efectuó utilizando el método Delphi (descrito en MIDEPLAN 1994) donde cada carácter fluctuó entre los valores 1 y 3 el cual se asigna del consenso y sapiencia del panel de expertos conformado por especialistas de las áreas de: limnología, humedales, ecología, ciencias ambientales, vida silvestre, recursos naturales y estudios de impacto ambiental. Los valores obtenidos se ubicaron frente a cada actividad evaluada para el factor ambiental valorado.

Una vez obtenida la importancia del impacto se procedió a calificar cada impacto, según la fórmula: Calificación del Impacto Ambiental (CIA) CIA= Im (Importancia del Impacto) x p (Probabilidad del Impacto).

El valor obtenido, promedio del total de evaluadores, fue finalmente ubicado en la matriz de importancia. Luego se localiza en la matriz el promedio de los evaluadores, en el cálculo de la Magnitud (Mg). Finalmente para obtener el Valor del Impacto Ponderado Total (VIPT) se multiplicó el valor de la Calificación del Impacto Ambiental (CIA) y el valor de la Magnitud (Mg),

correspondiendo el valor final al Impacto Negativo Total, de esta forma el impacto evaluado es el que se ubica en la matriz.

TABLA 7-15. FACTORES PARA ESTIMAR LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

S	Signo		+ = benéfico o positivo - = dañino o negativo d = neutro o desconocido
I	Intensidad	grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa).	1 = acción mínima 2 = destrucción media 3 = destrucción total
E	Extensión	área de influencia teórica del impacto, en relación del proyecto	1 = puntual 2 = parcial 3 = total
M	Momento	tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto	1 = largo plazo (> 5 años) 2 = mediano plazo (1 –5 años) 3 = inmediato (< 1 año)
T	Temporalidad	tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado volvería a condiciones iniciales	1 = fugaz (< 1 año) 2 = temporal (1- 10 años) 3 = permanente (> 10 años)
R	Reversibilidad	posibilidad de restauración del factor afectado	1 = a corto plazo 2 = a mediano plazo 3 = irreversible
In	Interacción	interacción de dos o más efectos simples	1 = indiferente 2 = aditiva 3 = sinérgica
P	Periodicidad	regularidad de manifestación del efecto en el tiempo	1 = indiferente 2 = periódico 3 = continuo
Re	Recuperabilidad	posibilidad de restauración del factor afectado mediante medidas correctoras	1 = inmediata (< 1 año) 2 = mitigable (1 – 5 años) 3 = irrecuperable

Amenazas y perturbaciones registradas sobre los tres sitios

Según el análisis de la información proporcionada por los actores locales, el reconocimiento y observaciones en terreno se pueden identificar dos amenazas mayores, no evaluadas, en el área de Laguna Lejía: (a) Gestión turística poco planificada; (b) Actividades extractivas no controladas. Las perturbaciones registradas, no jerarquizadas ni evaluadas asociadas a estas amenazas son: (a) Disposición inadecuada de basuras, (b)Tránsito de turistas y visitantes, (c) Accesos y tráfico vehiculares, (d) Caza ilegal, (e) Extracción de madera, (f) Extracción de leña, y (g) Extracción de agua. Estas perturbaciones están presentes en la mayoría de las áreas de estudio, sin embargo, se presentan diferencias en la ponderación de los impactos en cada sitio. Por lo cual, una vez clasificados como factores tensionantes, perturbaciones asociadas e impactos ambientales se evalúa su manifestación específica en cada sitio en estudio (Tabla 7-16).

Clasificación de perturbaciones/impactos sobre los tres sitios

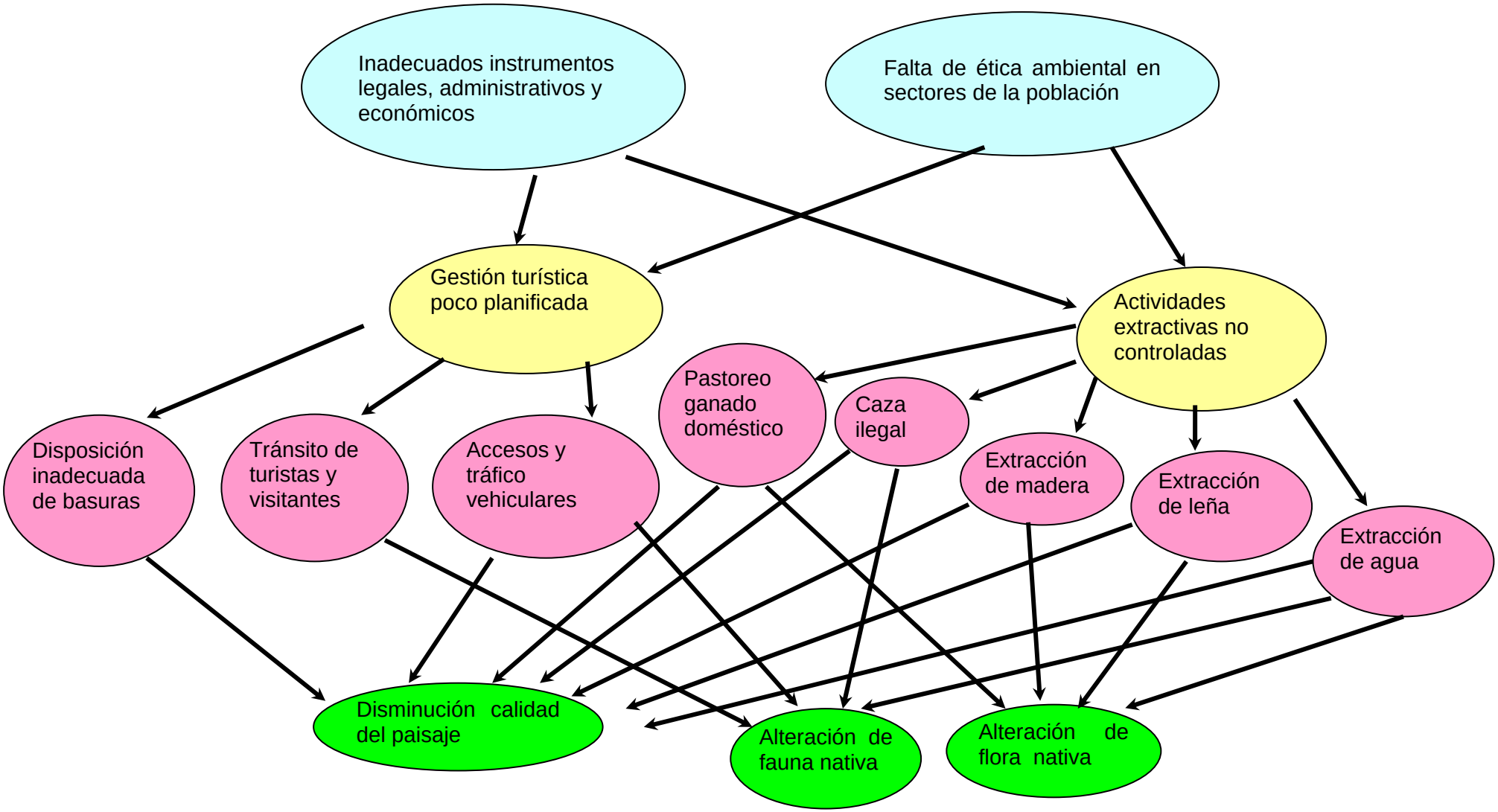
TABLA 7-16. CLASIFICACIÓN DE FACTORES TENSIONANTES, PERTURBACIONES E IMPACTOS EN LOS SITIOS GÉISERES DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

FACTORES TENSIONANTES	PERTURBACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL
Gestión turística poco planificada	Disposición inadecuada de basuras	disminución de la calidad del paisaje
	Tránsito de turistas y visitantes	alteración de fauna nativa
	Accesos y tráfico vehiculares	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de fauna nativa
Actividades extractivas no controladas	Caza ilegal	alteración de fauna nativa
		disminución de la calidad del paisaje
	Extracción de madera	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la flora nativa
	Extracción de leña	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la flora nativa
	Extracción de agua	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la fauna nativa
		alteración de la flora nativa

Mapa conceptual de factores tensionantes, perturbaciones e impactos ambientales identificados

Para una mejor comprensión, se presenta en el siguiente diagrama el mapa conceptual de factores tensionantes (óvalos de color amarillo), sus perturbaciones derivadas y a evaluar posteriormente (óvalos morados) y los impactos ambientales relevantes (óvalos verdes). En la parte superior se presentan las causas determinantes que explican el mapa conceptual en su conjunto (óvalos celestes).

MAPA CONCEPTUAL



4. VALORACIÓN DE LAS PERTURBACIONES AMBIENTALES EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR

a) Disposición inadecuada de basuras

Esta perturbación generaría impactos sólo sobre la calidad del paisaje atribuyéndosele un grado bajo (> 44 < 86). Esta perturbación se asocia a la llegada de turistas y visitantes especialmente a aquellos lugares de interés turístico, como también a basuras depositadas por población local. (Fig 7-1).

Disposición inadecuada de basuras

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	∑	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pequeños mamíferos. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carnívoros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	1	1	3	3	1	2	3	1	15	3	45	1	45
	Uso recreacional y turístico	1	1	3	3	1	2	3	1	15	3	45	1	45
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 7-1. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN DISPOSICIÓN INADECUADA DE BASURAS EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

Folio009214

b) Tránsito de turistas y visitantes

Esta perturbación generaría impactos sobre la fauna (aves terrestres y artiodáctilos) atribuyéndosele un grado muy bajo (< 43) (Fig. 7-2). En ambos casos son los ruidos asociados al desplazamiento de personas lo que se considera la mayor perturbación para las especies. Adicionalmente se consideran afectados la calidad del paisaje y el uso recreacional y turístico Estas perturbaciones están circunscritas a las áreas de tránsito y podrían incrementar su impacto en la medida que se mejore el acceso a otros sitios que se incorporen a los circuitos turísticos establecidos.

Tránsito de turistas y visitantes		Impacto muy bajo	0	43											
		Impacto bajo	44	86											
		Impacto medio	87	130											
		Impacto alto	131	173											
		Impacto muy alto	174	216											
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**	
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. Vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves acuáticas. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	3	1	13	3	39	1	39	
	Pequeños mamíferos. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	3	1	13	3	39	1	39	
	Carnívoros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	2	2	3	1	1	2	3	1	15	3	45	2	90	
	Uso recreacional y turístico	2	2	3	1	1	2	3	1	15	3	45	2	90	
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

FIGURA 7-2. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN TRÁNSITO DE TURISTAS Y VISITANTES EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

c) Accesos y tráfico vehiculares

Esta perturbación generaría impactos sobre la fauna, atribuyéndosele un grado bajo (> 44 y < 86). El componente de fauna que se considera afectado son los artiodáctilos. Esta perturbación se asocia al ruido que generan los vehículos motorizados, y que en este caso se restringe a los sectores aledaños a los caminos. Asociado a lo anterior existiría un impacto, de nivel medio sobre la calidad del paisaje, que se propiciaría por el efecto visual que ejercen los vehículos (Fig 7-3).

Accesos y tráfico vehiculares															
		Impacto muy bajo		0	43										
		Impacto bajo		44	86										
		Impacto medio		87	130										
		Impacto alto		131	173										
		Impacto muy alto		174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**	
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	2	1	12	3	36	2	72	
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	2	2	3	1	1	2	3	1	15	3	45	2	90	
	Uso recreacional y turístico	2	2	3	1	1	2	3	1	15	3	45	2	90	
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

FIGURA 7-3. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN ACCESOS Y TRÁFICO VEHICULARES EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

Folio009216

d) Caza ilegal

Esta perturbación genera impactos sólo sobre la fauna terrestre. Se consideran afectados en un grado muy bajo las aves terrestres y los mamíferos (< 43) y en un grado bajo los artiodáctilos (> 44 < 86). Esta evaluación se sustenta en que la práctica de la caza, aunque a muy baja escala, persiste en sectores aislados, siendo las especies más cotizadas las de mayor tamaño. La caza ha sido históricamente una de las actividades productivas más intensamente desarrollados por las poblaciones locales. En el ámbito de las funciones y servicios del ecosistema esta perturbación se considera de bajo impacto sobre la calidad del paisaje, ya que la pérdida de especies ocasionaría una disminución de la perceptibilidad de la fauna (Fig. 7-4).

Caza ilegal

Impacto muy bajo	0	43												
Impacto bajo	44	86												
Impacto medio	87	130												
Impacto alto	131	173												
Impacto muy alto	174	216												

FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	2	1	2	1	2	13	1	13	1	13
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	2	1	2	1	2	13	1	13	1	13
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	2	1	2	1	2	13	3	39	2	78
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	1	1	3	2	1	2	1	1	12	2	24	2	48
	Uso recreacional y turístico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 7-4. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN CAZA ILEGAL EN EL SITO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

Folio009217

e) Extracción de madera

Esta perturbación genera impactos sólo sobre la vegetación terrestre considerándose afectada en un grado muy bajo (< 43). Esta evaluación se sustenta en que el cardón, la única especie maderable se localiza en una gran extensión de este sitio. La extracción de cardón es una práctica muy arraigada en las poblaciones locales, la cual a pesar de la prohibición actual es posible que se continúe efectuando con fines artesanales. Esta perturbación se considera de bajo impacto sobre la calidad del paisaje, ya que la pérdida de esta especie ocasiona una disminución de su perceptibilidad al ser un componente destacado del paisaje (Fig. 7-5).

Extracción de madera															
		Impacto muy bajo		0	43										
		Impacto bajo		44	86										
		Impacto medio		87	130										
		Impacto alto		131	173										
		Impacto muy alto		174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Proba bilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**	
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	1	1	3	2	2	1	1	2	13	2	26	1	26	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	1	1	3	2	2	1	1	2	13	2	26	1	26	
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	1	1	3	2	2	2	1	2	14	1	14	1	14	
	Uso recreacional y turístico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

FIGURA 7-5. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN EXTRACCIÓN DE LEÑA EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

f) Extracción de leña

Esta perturbación genera impactos sobre la vegetación terrestre considerándose afectada en un grado bajo (>44 <86), dado que el uso de las tolas como combustible doméstico es común. Pudiendo existir cierta presión por parte de la población de Machuca, así como desde la azufrera Saziel. La extracción de tolas pudo constatarse en terreno (Fig. 7-6).

Extracción de leña														
		Impacto muy bajo	0	43										
		Impacto bajo	44	86										
		Impacto medio	87	130										
		Impacto alto	131	173										
		Impacto muy alto	174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	1	1	3	2	2	1	1	2	13	3	39	2	78
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	1	1	3	2	2	1	1	2	13	3	39	2	78
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Uso recreacional y turístico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 7-6. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN EXTRACCIÓN DE LEÑA EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

g) Pastoreo por ganado doméstico

Esta perturbación generaría impactos sobre la vegetación terrestre considerándose afectada en un grado muy bajo (<43). Podría ocasionar también un bajo impacto sobre las poblaciones de artiodáctilos por competencia, sin embargo la presencia de ganado doméstico es escasa. Se considera que esta perturbación podría provenir de ganado asociado a la población de Machuca como de Guatín. No se considera un impacto sobre el paisaje ya que su presencia más bien constituye un elemento de atracción visual (Fig. 7-7).

Pastoreo de ganado doméstico		Impacto muy bajo	0	43										
		Impacto bajo	44	86										
		Impacto medio	87	130										
		Impacto alto	131	173										
		Impacto muy alto	174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	1	1	3	1	1	1	3	1	12	1	12	1	12
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	1	1	3	1	1	1	3	1	12	1	12	1	12
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Artiodactilos (camelidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	1	3	1	12	1	12	1	12
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Uso recreacional y turístico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 7-7. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN PASTOREO POR GANADO DOMÉSTICO EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

Folio009220

h) Extracción de agua

Esta perturbación sería la de mayor impacto tanto en los componentes del ecosistema como en sus funciones y servicios. A nivel del recurso agua se afectarían en un grado medio tanto los ríos como los bofedales de las nacientes en sus usos para vida silvestre como su disponibilidad en superficie o caudal respectivamente (> 87 < 130). Con respecto a la vegetación también se afectarían en un grado medio las asociaciones vegetacionales acuáticas y su cobertura. Los anfibios por su estrecha vinculación con el medio acuático tendrían un impacto medio (>131 < 173). Aves y artiodáctilos se afectarían en un grado bajo (> 44 < 86). La calidad de paisaje y el uso recreacional y turístico y la actividad pecuaria igualmente se afectarían en un grado medio (> 87 < 130) (Fig. 7-8).

Extracción de agua		Impacto muy bajo	0	43											
		Impacto bajo	44	86											
		Impacto medio	87	130											
		Impacto alto	131	173											
		Impacto muy alto	174	216											
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	∑	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT	
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108	
	Cauce/superficie	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108	
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108	
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	2	3	3	3	2	3	3	22	2	44	3	132	
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	1	2	3	3	1	2	2	2	16	1	16	1	16	
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	2	3	3	1	2	2	2	16	2	32	2	64	
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	2	3	3	2	2	2	3	2	19	2	38	3	114	
	Uso recreacional y turístico	2	3	3	2	2	2	3	2	19	2	38	3	114	
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad pecuaria	2	2	3	2	2	1	2	2	16	2	32	3	96	

FIGURA 7-8. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN EXTRACCIÓN DE AGUA EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

Ponderación de las amenazas

En el sitio Alrededores del Volcán Licancabur se pueden identificar ocho perturbaciones actuales o potenciales de origen antrópico que estarían provocando 19 impactos a los distintos componentes del ecosistema. Estos se disgregan en amenazas de nivel medio (4), bajo (6) y muy bajo (9), siendo solo una de nivel alto. Los componentes del ecosistema que mayormente se verían afectados son la vegetación, la fauna y la calidad paisajística y recreacional del área (Fig. 7-9). Las perturbaciones que se perfilan de mayor riesgo son la caza, la extracción de leña y la extracción de agua. Esta última afecta los componentes flora y fauna que viven estrechamente asociados al ecosistema acuático así como la calidad del paisaje y su uso turístico. Los impactos sobre los factores ecosistémicos podrían verse incrementadas en la medida que se mantengan las presiones actuales sobre los recursos pero especialmente si llegara a aumentar el flujo vehicular y turístico hacia el sitio, lo que considerando la demanda actual sobre el área de San Pedro de Atacama es muy factible que ocurra en el mediano plazo. Los factores tensionantes que se vincularían a estos procesos son una gestión turística poco planificada y actividades extractivas no controladas.

Folio009222

IMPACTOS ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR		Disposición inadecuada de basuras	Tránsito de turistas y visitantes	Accesos y tráfico vehiculares	Caza ilegal	Extracción de madera	Extracción de leña	Pastoreo de ganado doméstico	Extracción de agua
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA									
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	108
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	108
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	26	78	12	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	26	78	12	0
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	108
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	108
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	132
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	16
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	39	0	13	0	0	0	0
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	13	0	0	0	0
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	0	39	72	78	0	0	12	64
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA									
	Calidad del paisaje	45	90	90	48	14	14	0	114
	Uso recreacional y turístico	45	90	90	0	0	0	0	114
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	96

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FIGURA 7-9. EVALUACIÓN DEL VALOR DE IMPACTO PONDERADO TOTAL (VIPT) DE OCHO PERTURBACIONES QUE ACTÚAN EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

5. OBJETOS NATURALES DE CONSERVACIÓN Y SU GRADO DE AMENAZA EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR

En Alrededores del Volcán Licancabur hemos identificado cuatro ambientes que caracterizan el área, estos son los humedales ribereños del Guatín, que corresponden a los ríos Puritama y Purifica incluyendo los bofedales de la porción altoandina asociados a las nacientes de ambos ríos; el ojalar del desierto de aluviones; el pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Según se expuso en el capítulo precedente, el ojalar del desierto de aluviones y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica se han definido como objetos de conservación de filtro grueso, y los humedales ribereños del Guatín, las asociaciones del desierto florido y los cañones como objeto de conservación de filtro medio. Se incorporaron además catorce especies focales, cinco de flora *Azorella compacta* (yareta), *Opuntia conoidea*, *Trichocereus atacamensis* (cardón gigante), *Adesmia atacamensis* (tano-tano) y *Lupinus oreophilus* (salcarai) y nueve de fauna *Ctenomys fulvus* (tuco tuco de Atacama), *Lagidium viscacia* (vizcacha), *Vicugna vicugna* (vicuña), *Tinamotis pentlandii* (perdiz de la puna), *Liolaemus barbarae* (lagartija de Bárbara), *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián), *Liolaemus puritamensis* (lagartija de Puritama), *Phrynosaura audituvelata* (dragón de oido cubierto) y *Telmatobius vilamensis* (sapo de Vilama).

Los objetos de conservación cumplen con los requisitos de representar toda el área de estudio, reflejar las amenazas en cada uno de los ambientes y reflejar la escala a la que se está trabajando, de este modo, una vez conocidas y valoradas las amenazas establecidas sobre la conservación de la biodiversidad de estas áreas se podrán proponer medidas para enfrentarlas y conservar la salud de este frágil ecosistema.

Atendiendo a los dos componentes ambientales del área de estudio se explicitan sobre ellos las amenazas ya valoradas. Sobre éstos se expresará el nivel de amenaza en la cartografía. Los sistemas son:

I.- Humedales ribereños del Guatín, que incorpora los ríos Puritama y Purifica incluyendo los bofedales de la porción altoandina asociados a las nacientes de ambos sistemas fluviales.
II.- Ojalar del desierto de aluviones
III.- Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica
IV.- Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica

En la Tabla 7-17. Se muestra el número total de amenazas por sistema, nivel de amenaza e incorporación de especies focales. Puede apreciarse que el sistema humedales ribereños y bofedal presenta una sola amenaza, la que actuaría también solo sobre una especie focal del objeto de conservación de grano fino (*Telmatobius vilamensis*). Si bien la amenaza de extracción de agua sería la que presentaría los mayores impactos en toda el área, se considera en téminos de sus consecuencias generales como una amenaza de nivel medio. Sobre el ojalar del desierto de aluviones actúan cinco amenazas, todas ellas de nivel bajo, sin embargo éstas actúan sobre seis de las especies focales del objeto de conservación de grano fino, *Opuntia conoidea*, *Trichocereus atacamensis*, *Adesmia atacamensis*, *Lupinus oreophilus, Ctenomys fulvus*, *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata.* Por su parte el pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica presenta también cinco amenazas, todas de nivel bajo actuando sobre seis de las especies focales *Lagidium viscacia, Vicugna vicugna, Tinamotis pentlandii, Liolaemus barbarae* y *Liolaemus puritamensis*. Finalmente sobre el pajonal/tolar de

la estepa altoandina altiplánica se presentan igualmente cinco amenaza de nivel bajo, actuando sobre una de las especies focales *Azorella compacta*. En la Fig. 7-10 se representa cartográficamente la síntesis de las amenazas detectadas y evaluadas en el área de estudio.

TABLA 7-17. CLASIFICACIÓN TOTAL DE AMENAZAS Y NIVEL, DISGREGADO SEGÚN AMBIENTE Y OBJETO DE CONSERVACIÓN EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR

SISTEMA	CÓDIGO	Nº AMENAZAS TOTALES	Nº AMENAZAS NIVEL MEDIO	Nº AMENAZAS NIVEL BAJO	Nº ESPECIES FOCALES QUE AFECTA
Humedales ribereños y bofedal	I	1	1	0	1
Ojalar del desierto de aluviones	II	5	0	5	6
Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	III	5	0	5	6
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	IV	5	0	5	1

6. CONCLUSIONES

En el sitio Alrededores del Volcán Licancabur los ambientes relevantes, sobre los cuales debe focalizarse la conservación de la biodiversidad y la integridad ecosistémica son a) el ojalar del desierto de aluviones y b) el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica, a los que se agregan los humedales ribereños del Guatín como objeto de conservación de prioridad ecológica.

De los resultados anteriormente expuestos y las observaciones realizadas se concluye que, dada las circunstancias ambientales actuales, las presiones de uso sobre el sitio Alrededores del Volcán Licancabur son de nivel bajo en todos los ambientes.

Las perturbaciones que se perfilan de con algún riesgo son la caza, la extracción de leña y la extracción de agua. Esta última afecta los componentes flora y fauna que viven estrechamente asociados al ecosistema acuático.

Los componentes del ecosistema que mayormente se verían afectados por los usos son la vegetación, la fauna y la calidad paisajística y recreacional del área.

Los impactos sobre los factores ecosistémicos podrían verse incrementadas en la medida que se mantengan las presiones actuales sobre los recursos pero especialmente si llegara a aumentar el flujo vehicular y turístico hacia el sitio, lo que considerando la demanda actual sobre el área de San Pedro de Atacama es muy factible que ocurra en el mediano plazo.

Las funciones y servicios ecosistémicos más sensibles a los impactos ambientales son la calidad del paisaje y el uso recreacional y turístico. Esto requerirá, ante un eventual aumento de la demanda de visita de este sitio, la implementación de herramientas de gestión adecuadas que cautelen su conservación.

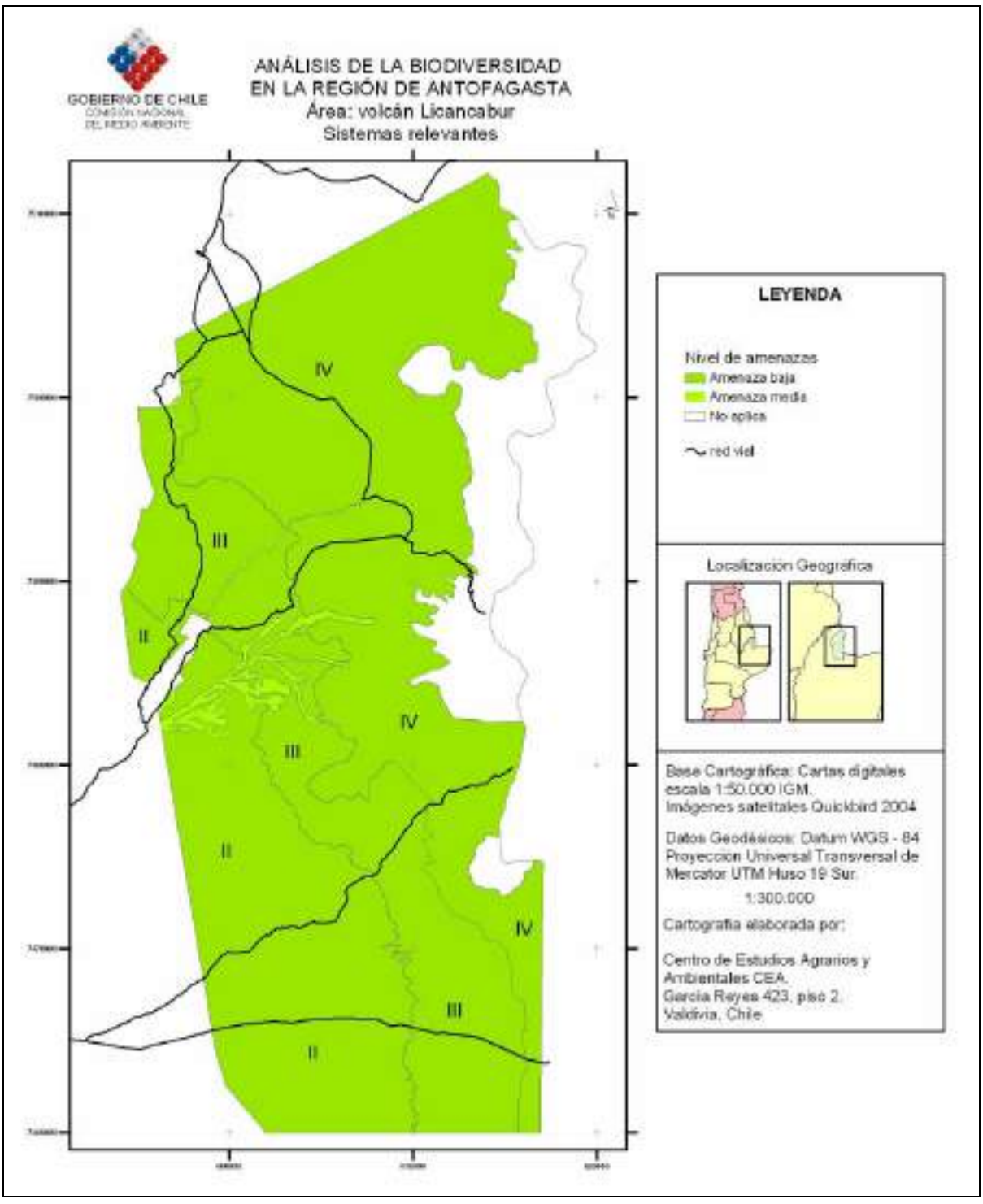


FIGURA 7-10. CARTA DE SÍNTESIS DE AMENAZAS EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

ANÁLISIS JURÍDICO E INSTITUCIONAL APLICABLE AL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR

1. INTRODUCCIÓN

Si entendemos por legislación ambiental la que reconoce como bien jurídico protegido el resguardo de la integridad de los sistemas ambientales en cuanto a tales, regulando el manejo de los factores que lo componen con una perspectiva global e integradora, veremos que la legislación ambiental en nuestro país no aborda los sistemas ambientales con un enfoque global e integrador.

La existencia de un gran marco regulatorio único que trate la biodiversidad en forma explicita, especifica y orgánica, debiera contarse dentro de las tareas pendientes en la elaboración de un proyecto de ley en la materia. Existen en la actualidad diversas regulaciones, las que tienen en común que ninguna de ellas ha sido dictada tras el objetivo básico de la conservación misma de la diversidad biológica, siendo sus propósitos centrales el desarrollo de una actividad económica ligada a la explotación de un recurso natural. Recordemos que el término conservación implica el uso de un recurso en un marco de sustentabilidad, por el contrario, la preservación implica el no uso.

Por otro lado, mientras se mantenga el actual régimen de protección y garantías del derecho de propiedad en Chile, por sobre el bien común, Hermosilla (2004) estima que ello no contribuirá a la efectiva protección y conservación de la biodiversidad. Para que esto ocurra en la realidad, debiera contarse necesariamente con normativas de rango constitucional y de legislación básica del ordenamiento jurídico chileno, que llenen vacíos o modifiquen normas existentes. Ello implica reformas de la Constitución Política del Estado y de Códigos fundamentales como el Civil, de Minería y de Aguas.

Pese a esto existen numerosas normas jurídicas aplicables a la biodiversidad y los objetos de conservación descritos en el capítulo anterior. Por esto se realizó una revisión bibliográfica con un análisis y selección de la normativa legal, acotándola a las características del objeto de conservación y la aplicabilidad al área de estudio son sus sistemas. Con una metodología poco difundida se entregan cartas temáticas para las normativas jurídicas seleccionadas, para proporcionar, en estas cartas de amenaza, una visión panorámica del nivel de protección de los sistemas estudiados y así, poder contrastarlos. Esto proporcionará una idea espacial de ambos aspectos, para orientar las posteriores propuestas de preservación y conservación de la biodiversidad.

Tipos de normas jurídicas

El Código Civil de Chile, en su artículo 1° expresa que la Ley es: "Una declaración de la voluntad soberana que, manifestada en la forma prescrita por la Constitución, manda, prohíbe o permite". La expresión "Ley" comprende distintos tipos de normas jurídicas y según su grado de importancia son:

La Constitución Política. Es la ley fundamental del Estado. Ella establece la forma de gobierno, los poderes públicos, sus atribuciones y determina los derechos y garantías de las personas.

Las leyes propiamente tales. Son las normas aprobadas por el Poder Legislativo, según el procedimiento que la Constitución establece, pudiendo ser de distinta clase según la cantidad de votos que necesita para ser aprobada, modificada o derogada.

Los decretos con fuerza de ley. Son normas dictadas por el Presidente de la República sobre materias propias de ley, en virtud de una autorización que le confiere el Congreso Nacional para ello, la que no puede exceder de un año y debe expresar las materias sobre las cuales versa la delegación. Asimismo, el Presidente de la República está autorizado para dictar DFL, para fijar el texto refundido, coordinado y sintetizado de las leyes cuando sea conveniente para su mejor ejecución.

Los decretos leyes. Son normas dictadas por el Presidente de la República sobre materias propias de ley, sin autorización alguna del Congreso Nacional.

Los tratados internacionales. Son acuerdos, pactos o contratos, de carácter internacional, que rigen situaciones jurídicas establecidas de común acuerdo por dos o más estados soberanos.

Normas de inferior jerarquía que las leyes. La potestad reglamentaria le permite al Presidente de la República y otras autoridades dictar un conjunto de normas de inferior jerarquía que las leyes, como los reglamentos, los simples decretos, las instrucciones, los decretos supremos y las resoluciones.

Toda esta legislación se clasificó, de acuerdo con su nivel jerárquico en: (a) normas constitucionales, (b) normas legales y (c) normas reglamentarias:.

2. METODOLOGÍA

2.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica de la legislación vigente en relación a los temas de biodiversidad, humedales y recursos hídricos, incluyendo normas jurídicas, documentos de análisis, descripción y caracterización de normas así como estudios éditos e inéditos (e.g., Maldonado & Chacón 2000, Environmental Law Institute et al. 2003, Hermosilla 2004). Se recopilaron textos legales (leyes, reglamentos, etc.) de los que se extrajeron los documentos que se refieren a los temas ya indicados. En los trabajos desarrollados por la CONAMA (e. g., CONAMA 1996a, 1996b, 1996c, 1996d, 1997a, 1997b) se describen las competencias ambientales de las diferentes reparticiones del Estado, los procedimientos administrativos, la legislación punitiva y sancionatoria ambiental, y se incluye un diagnóstico del ordenamiento jurídico aplicable a la protección de la diversidad biológica, entre otras. También se consideraron los estudios de diversos autores (e. g., Gallardo 1985, 1989, Ortiz 1986, 1990, Castillo 1994, Valenzuela 1994, Hermosilla 2004).

2.2. Análisis y selección

Posteriormente se realizó un análisis y selección de la normativa legal, acotándola a las características de interés en el área de estudio (e. g., flora, fauna, paisaje, recursos hídricos, humedales, cuencas). Se seleccionaron las normas orientadas a proteger y conservar en el

área de estudio. Se ordenaron jerárquicamente siguiendo la propuesta de Gallardo (1985, 1989) y se describieron y comentaron utilizando la bibliografía recopilada. La legislación ambiental seleccionada se analizó desde un punto de vista de su aplicación en el área Alrededores del Volcán Licancabur para describir los factores tensionantes, sus perturbaciones e impactos ambientales relacionados.

2.3. Cartografía

Siguiendo y modificando la metodología usada por Pellet et al. (2005), la legislación seleccionada se expresó cartográficamente, obtenidos de los atributos específicos que la legislación define, generando así tres tipos de cartas:

Carta de normativas jurídicas. Sobre la carta base de cada área se representa la legislación siguiendo las recomendaciones de King (1993), en sistemas de información geográficos visualizando así todos los espacios del territorio que están protegidos desde la perspectiva legal. Como fundamento para la interpretación de la ley, se siguieron los artículos 19 al 24 contenidos en el número 4, Título Preliminar, del código civil chileno.

Carta de competencias institucionales. Se considera la elaboración de un diagrama de instituciones públicas y privadas que proporcionan protección a las áreas de estudio. Con esta información se confeccionará una carta con diferentes niveles de protección, ponderando la superposición de competencias.

Carta de Protección. La carta de síntesis de protección se genera integrando: la carta de normativas jurídicas con la carta de competencias institucionales. Se discrimina en al menos tres niveles de protección según una matriz de ponderación *ad hoc* para este proyecto.

3. RESULTADOS

3.1. Normas constitucionales

Son aquellas normas contenidas en la Constitución Política del Estado. La Constitución Política es importante porque toda norma que se dicte o haya sido dictada debe estar supeditada a sus mandatos (Gallardo 1985). Entre éstos destacan, por estar referidos al ambiente, primero, que es deber del Estado velar porque las personas vivan en un ambiente libre de contaminación y, segundo, tutelar la preservación de la naturaleza.

- El *Artículo 19 Nº 8.* Asegura a todas las personas "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente".
- El *Artículo 19 Nº 24.* Garantiza el derecho de propiedad y considera entre las funciones sociales de la propiedad la conservación del patrimonio ambiental.
- El *Artículo 21 inciso 1º*. Otorga el "derecho a desarrollar cualquiera actividad económica que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulen".

- El *Artículo 20 inciso 2º.* Consagra el recurso de protección para los casos en que "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación sea afectado por un acto arbitrario e ilegal imputable a una autoridad o persona determinada".

3.2. Normas legales

Son aquellas normas contenidas en las leyes, las que también pueden consistir en leyes aprobatorias de Convenciones Internacionales, de Códigos, de Decretos con Fuerza de Ley y de Decretos Leyes. Dentro de esta categoría se encuentran la mayoría de las leyes más conocidas en especial la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que a su vez, se haya supeditada a la Constitución Política de la República.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente

Ley Nº 19.300 (D.O. 09/03/94) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente. Contiene las normas generales que regulan las materias relacionadas con “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental” (Artículo 1°, Ley N° 19.300 (D.O. 09/03/94). Esta ley y su reglamento son los pilares del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, constituyen el principal instrumento preventivo de gestión ambiental del país y, a través de su aplicación, es posible detectar los impactos ambientales negativos o positivos de los diversos proyectos o actividades, y al mismo tiempo, tomar las medidas necesarias para evitarlos, minimizarlos, repararlos o potenciarlos.

Tratados internacionales

D.S. Nº 531 (23/08/ 1967) del Ministerio de Relaciones Exteriores, referido a La Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América (Convención de Washington). Esta convención fue firmada en Washington el 12 de octubre de 1940, y aprobada por el Congreso Nacional de Chile, fue ratificada por el Presidente de la República, don Eduardo Frei Montalva, y publicada en el Diario Oficial para su cumplimiento como ley de la República en virtud de Decreto Supremo Nº 531 de 23 de agosto de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores. La Convención está destinada a “proteger y conservar en su medio ambiente natural, ejemplares de todas las especies y géneros de flora y fauna nativas, en número suficiente y en regiones lo bastante vastas para evitar su extinción por cualquier medio al alcance del hombre”. También se orienta a proteger y conservar los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, en los casos a que esta Convención se refiere.

D.S. Nº 141 (D.O. 25/03/75) del Ministerio de Relaciones Exteriores referido a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Esta convención tiene como objetivo regular el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre. Los países que lo suscriben se comprometen a cooperar internacionalmente, adoptando las medidas administrativas y técnicas necesarias para que la explotación de estas especies no afecte su supervivencia. Se clasifica a las especies amenazadas en tres apéndices que poseen mayor o menor grado de exigencias para autorizar

su exportación o importación. En Chile las actividades más relevantes que se han desarrollado en el marco de este convenio son la Ley 19.473 (Ley de caza) y el Nuevo Reglamento de la Ley de Caza (17 de noviembre de 1998).

D.L. Nº 3.485 (11/11/1981) y D.S. Nº 971 del Ministerio de Relaciones Exteriores de 1986. Referidos a la Convención Relativa a Los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención de Ramsar). La Convención sobre los Humedales es un tratado intergubernamental que se adoptó en la ciudad iraní de Ramsar en 1971, entró en vigencia a finales de 1975 y es el único tratado ambiental mundial que trata de un ecosistema en particular. Los países miembros de la Convención abarcan todas las regiones geográficas del planeta y su misión es "la conservación y el uso racional de los humedales, a través de la acción nacional y mediante la cooperación internacional, a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo". Las Partes Contratantes (países miembros) se han comprometido a: (a) Designar por lo menos un humedal que cumpla los criterios para ser inscrito en la Lista de Humedales de Importancia Internacional y a asegurar el mantenimiento de las características ecológicas de cada uno de ellos. (b) Promover el uso racional de todos los humedales de su territorio mediante la planificación nacional del uso del suelo, incluidas la conservación y el manejo de los humedales. (c) Promover la capacitación en materia de investigación, manejo y uso racional de los humedales. (d) Celebrar consultas con otras Partes acerca de la aplicación de la Convención, principalmente con respecto a los humedales transfronterizos, los sistemas hídricos compartidos, las especies compartidas y los proyectos de desarrollo que pudieran afectar humedales (véanse más detalles en Davis 1994, Muñoz-Pedreros 2004). Esta Convención fue ratificada por Chile mediante D.L. Nº 3.485, publicado en el Diario Oficial el 11 de noviembre de 1981. Posteriormente se aprobó un protocolo para enmendar la citada Convención, suscrito en París el 3 de diciembre de 1982, ratificado por Chile mediante Decreto Supremo Nº 971 del Ministerio de Relaciones Exteriores de 1986.

Decreto Nº 1963 (6/5/1995) del Ministerio de Relaciones Exteriores referido a la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB). Durante el mismo año en la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, este convenio fue firmado por 152 países y la Unión Europea. Los objetivos del Convenio son: (a) la conservación de la biodiversidad biológica, (b) la utilización sustentable de sus componentes y (c) la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. La CDB fue adoptada en 1992 y entró en vigencia internacional en diciembre de 1993, después de la ratificación de 30 Estados. Chile la ratificó en 1994, pasando a constituir ley de la República desde su publicación en el Diario Oficial el 6 de mayo de 1995.

D.S. Nº 868 de 1981 (D.O. 12/12/81) *del Ministerio de Relaciones Exteriores. Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Salvaje (CMS).* Esta convención fue celebrada en Bonn, Alemania el 23 de junio de 1979 y fue ratificada por Chile el 12 de diciembre de 1981. Su propósito es proteger a aquellas especies de animales salvajes que migran a través de los límites nacionales. Esta Convención protege a las especies migratorias, principalmente a aves, secundariamente a mamíferos marinos y finalmente a peces y tortugas marinas. Categoriza a las especies migratorias en dos anales. El Anal I incluye especies en peligro y el Anal II a especies vulnerables. De la fauna continental chilena, 17 especies de aves, 7 de mamíferos, todas las tortugas marinas, y ninguna de anfibios o peces aparecen en la lista de la CMS.

Decreto Nº 2 de 2006 (D.O. 02/01/2006). Este decreto fue promulgado por el Ministerio de Relaciones Exteriores y norma la creación del Comité Nacional CMS, con el objeto de asesorar

al Ministro de Relaciones Exteriores y servir de instancia de coordinación entre los distintos órganos del Estado vinculados a la conservación de especies migratorias de la fauna salvaje. Este comité está integrado por representantes de los siguientes órganos del Estado: a) Ministerio de Relaciones Exteriores, que lo preside; b) Servicio Agrícola y Ganadero, quien actúa como Secretaría Técnica; c) Ministerio Comisión Nacional del Medio Ambiente; d) Corporación Nacional Forestal; e) Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas; f) Servicio Nacional de Pesca; g) Subsecretaría de Marina; h) Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de la Armada de Chile; i) Museo Nacional de Historia Natural; j) Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.

D.L. Nº 3530 de 1980 del 16 de diciembre de 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores. Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña. Esta Convención internacional fue celebrada entre Chile, Bolivia, Perú, Argentina y Ecuador, suscrita en Lima, Perú el 29 de Diciembre de 1979, y cuyo objeto es establecer un conjunto de normas jurídicas para la conservación y manejo de la vicuña, especie de fauna que habita las regiones andinas.

Decreto Nº 212 (DO 19.05.1981) Ministerio de Relaciones Exteriores. Promulga Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña, suscrito en Lima, el 29 de Diciembre de 1979. Convenio suscrito por los gobiernos de las Repúblicas de Bolivia, Chile, Ecuador y Perú, con el propósito de la conservación y el manejo de la vicuña. Se reconoce que la conservación de la vicuña constituye una alternativa de producción económica en beneficio del poblador andino y se comprometen a su aprovechamiento gradual bajo estricto control del Estado (Art. 1°). Los gobiernos signatarios prohíben la caza y la comercialización ilegales de la vicuña, sus productos y derivados en el territorio de sus respectivos países. Comprometiéndose a mantener y desarrollar los parques y reservas nacionales y otras áreas protegidas con poblaciones de vicuñas y a ampliar las áreas de repoblamiento bajo manejo en su forma silvestre prioritariamente y siempre bajo control del Estado (Art. 5°).

Leyes y Decretos Leyes

Ley N° 19.473 de 1996. Ley de Caza, del Ministerio de Agricultura. Sustituye la Ley Nº 4.601, sobre caza, y el Artículo 609 del Código Civil. Establece la prohibición de caza y captura para todos los vertebrados nativos de Chile, con la excepción de peces, reptiles marinos, pingüinos y mamíferos marinos (ballenas, delfines, focas, elefantes, lobos y nutrias), los que están protegidos por normas derivadas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, bajo tuición de la Subsecretaría de Pesca y del Servicio Nacional de Pesca. Fue implementada mediante el Decreto Supremo N° 05, de enero de 1998. La fauna de vertebrados terrestres que viven en Chile, nativos o exóticos asilvestrados, se agrupan en: (a) Especies cuya caza y captura está prohibida, cuya nómina está contenida en el artículo 4° del Reglamento de la Ley de Caza. (b) Especies de caza autorizada para cazadores con permiso de caza vigente, cuyo listado se señala en el artículo 5° del Reglamento de la Ley de Caza y (c) Especies calificadas como perjudiciales o dañinas cuya nómina se señala en el artículo 6° del Reglamento de la Ley de Caza. Las especies protegidas son aquellas para las cuales se han dictado normas de conservación (prohibición de caza y definición de vedas o cuotas, entre otros), es decir aquellas especies contenidas en los artículos 4° y 5° del Reglamento de la Ley de Caza.

Ley Nº 18.362 de 1984 del Ministerio de Agricultura, crea el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) administrado por CONAF, para la conservación (planes de manejo y administración) de los ambientes naturales, terrestres o acuáticos dentro

de esas áreas. Está formado por: Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales. Dentro de algunos de estos sitios del norte se encuentran vegas y bofedales andinos en la II Región: Parque Nacional Llullaillaco y Reserva Nacional Los Flamencos.

Ley Nº 17.288 (D.O. 04/02/70) del Ministerio de Educación, Sobre Monumentos Nacionales. Esta ley señala que el Estado guardará y protegerá los monumentos nacionales a través del Consejo de Monumentos Nacionales; organismo técnico que depende directamente del Ministerio de Educación. Entre otros, pertenecen a la categoría de monumentos nacionales “las piezas u objetos. de formación natural, que existan bajo o sobre la superficie del territorio nacional o en la plataforma submarina de sus aguas jurisdiccionales y cuya conservación interesa a la historia, al arte o a la ciencia” (Artículo 1°, Ley N° 17.288 (D.O. 04/02/70); y también, los santuarios de la naturaleza. El concepto de *Santuarios de la Naturaleza* es definido por el artículo 31º de la misma ley, donde se señala que son "todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado". El Artículo 29º establece también la categoría de Zonas típicas o Pintorescas, para el efecto de mantener el carácter ambiental y propio de ciertas poblaciones o lugares donde existieren ruinas arqueológicas, o ruinas y edificios declarados Monumentos Históricos.

D.L. Nº 1.939 (Ministerio de Bienes Nacionales) D.O. 10.11.1977 Normas sobre adquisición, administración y disposición de bienes del Estado (Con su ultima modificación Ley 20.062 29.10.2005). Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. Artículo 15.- Las reservas forestales, parques nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación y trabajo en cualquier forma comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse o concederse en uso a organismos del Estado o a personas jurídicas regidas por el Título XXXIII del Libro I del Código Civil, para finalidades de conservación y protección del medio ambiente. Artículo 16.- En los contratos de compraventa de terrenos fiscales rústicos y en los decretos o resoluciones que concedan arrendamientos, actas de radicación o títulos gratuitos de dominio, deberán contemplarse, previo informe del Ministerio de Agricultura, las prohibiciones y obligaciones tanto de índole forestal como de protección o recuperación de terrenos a que se someterá el beneficiario. Cuando procediere, podrán imponerse obligaciones para la protección del medio ambiente. Artículo 21.- El Ministerio, con consulta o a requerimiento de los Servicios y entidades que tengan a su cargo el cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, la preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio ecológico, podrá declarar Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines. Estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes. Los predios que hubieren sido comprendidos en esta declaración no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán esta calidad, sino en virtud de decreto del Ministerio, previo informe favorable del Ministerio de Agricultura.

D.F.L. Nº 725/67 del Ministerio de Salud, Código Sanitario. Artículo 73º. Prohíbe descargar las aguas servidas y los residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquiera otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que se señale en los reglamentos. La autoridad sanitaria podrá ordenar la inmediata suspensión de dichas descargas y exigir la ejecución de sistemas de tratamientos satisfactorios destinados impedir toda contaminación.

*D.F.L. Nº 1.122/81 del Ministerio de Obras Públicas, Código de Agua*s. A continuación se cita el texto completo de los artículos que se considera más relevantes para los fines de este informe.

Art. 58º. Cualquiera persona puede explorar con el objeto de alumbrar aguas subterráneas, sujetándose a las normas que establezca la Dirección General de Aguas. Si dentro del plazo establecido en el inciso primero del artículo 142 se hubieren presentado dos o más solicitudes de exploración de aguas subterráneas sobre una misma extensión territorial de bienes nacionales, la Dirección General de Aguas resolverá la adjudicación del área de exploración mediante remate entre los solicitantes. Las bases de remate determinarán la forma en que se llevará a cabo dicho acto, siendo aplicable a su respecto lo dispuesto en los artículos 142, 143 y 144, en lo que corresponda. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, y siempre que se haya otorgado el permiso para explorar aguas subterráneas, para los efectos de lo señalado en artículo 142 inciso primero, se entenderá que la fecha de presentación de la solicitud para constituir el derecho de aprovechamiento sobre aguas subterráneas, será la de la resolución que otorgue tal permiso. El suelo ajeno sólo se podrá explotar previo acuerdo con el dueño del predio, y en bienes nacionales con la autorización de la Dirección General de Aguas. No se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta, sino con autorización fundada de la Dirección General de Aguas, la que previamente deberá identificar y delimitar dichas zonas.

Art. 61º La resolución que otorgue el derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas establecerá el área de protección en la cual se prohibirá instalar obras similares (área de protección de los pozos).

Art. 62º Si la explotación de aguas subterráneas por algunos usuarios ocasionare perjuicios a los otros titulares de derechos, la Dirección General de Aguas, a petición de uno o más afectados, podrá establecer la reducción temporal del ejercicio de los derechos de aprovechamiento, a prorrata de ellos. Esta medida quedará sin efecto cuando los solicitantes reconsideren su petición o cuando a juicio de dicha Dirección hubieren cesado las causas que la originaron.

Art. 63º La Dirección General de Aguas podrá declarar zonas de prohibición para nuevas explotaciones, mediante resolución fundada en la protección de acuífero, la cual se publicará en el Diario Oficial. La declaración de una zona de prohibición dará origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidos en ella. Las zonas que correspondan a acuíferos que alimenten vegas y los llamados bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores extracciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa. La Dirección General de Aguas deberá previamente identificar y delimitar dichas zonas. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, la Dirección General de Aguas podrá alzar la prohibición de explotar, de acuerdo con el procedimiento indicado en el artículo siguiente.

Art. 65º Serán áreas de restricción aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que exista el riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él. Cuando los antecedentes sobre la explotación del acuífero demuestren la conveniencia de declarar área de restricción de conformidad con lo dispuesto en el inciso anterior, la Dirección General de Aguas deberá así decretarlo. Esta medida también podrá ser declarada a petición de cualquier usuario del respectivo sector, si concurren las circunstancias que lo ameriten. Será aplicable al área de

restricción lo dispuesto en el artículo precedente. La declaración de un área de restricción dará origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidas en ella.

Art. 67º Los derechos de aprovechamiento otorgados de acuerdo al artículo anterior, se podrán transformar en definitivos una vez transcurridos cinco años de ejercicio efectivo en los términos concedidos, y siempre que los titulares de derechos ya constituidos no demuestren haber sufrido daños. Lo mismo ocurrirá cuando el dueño de los derechos provisionales ejecute obras de recarga artificial que incorporen un caudal equivalente o superior a la extracción que efectúe. La Dirección General de Aguas declarará la calidad de derechos definitivos a petición de los interesados y previa comprobación del cumplimiento de las condiciones establecidas en el inciso precedente. De esta manera, los acuíferos que alimentan los humedales altoandinos quedaron protegidos según la forma que se señala en los artículos 58 a 67 que establece que "las zonas que correspondan a acuíferos que alimentan vegas y bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores explotaciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa". Así, "no se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten vegas y bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta sino con autorización fundada de la DGA".

Art. 92º Prohíbe botar a los canales substancias, basuras, desperdicios y otros objetos similares, que alteran la calidad de las aguas. Será responsabilidad de las Municipalidades respectivas, establecer las sanciones a las infracciones de este artículo y obtener su aplicación.

D.L. Nº 19.821/02 del Ministerio de Obras Públicas, Deroga la Ley Nº 3.133 y modifica la Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales. Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas. Ordena y simplifica los procedimientos administrativos, fortalece las potestades fiscalizadoras y traslada la preocupación estatal desde la gestión de los administrados hacia los resultados que éstos logran alcanzar, en razón de las normas de emisión que deben cumplir.

3.3. Normas reglamentarias

Son aquellas normas contenidas básicamente en Decretos Supremos, donde también se incluyen los reglamentos

D.S. Nº 30 (D.O. 03/04/97). Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Refundido en el D.S. Nº 95 de 2001 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. *Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Este reglamento "establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Participación de la Comunidad, de conformidad con los preceptos de la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente" (Artículo 1). Entre otras, identifica los proyectos y actividades que deben ser objeto de una declaración o estudio de impacto ambiental y señala los criterios que permiten definir esta situación. También se refiere a los contenidos mínimos que debe incluir un estudio de este tipo, así como el

procedimiento para su presentación ante los organismos competentes. Incluye, además, un título completo referido a la participación de la ciudadanía en estos casos.

D.S. 02 de 2005 Ministerio de Agricultura. *Declara Monumento Natural las especies de fauna silvestre* huemul (*Hippocamelus bisulcus*), chinchilla lanígera, costina o chilena (*Chinchilla lanigera*), chinchilla cordillerana (C*hinchilla brevicaudata*), cóndor (*Vultur gryphu*s), picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) y picaflor de Juan Fernández (*Scephanoides fernandensis*).

D.S. N° 1528 de 29 de julio de 1940, del Ministerio de Tierras y Colonización. Declara Reservas Forestales todos los terrenos de yaretales del país comprendidos desde la provincia de Antofagasta al norte.

D.S. N° 1.427 de 23 de octubre de 1941, del Ministerio de Tierras y Colonización. Reglamento sobre la explotación de la Yareta (*Azorella compacta*).

Norma Chilena Nº 1.333 de 1987 del Instituto Nacional de Normalización. *Requisitos de Calidad de Agua para Diferentes Usos.* Esta norma chilena regula la calidad del agua para diferentes usos, y es emitida por el Instituto de Normalización.

D.S. N° 75 de 2005 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, establece las disposiciones que regirán el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a las cuales alude la ley Nº19.300.

D.S. N°148 de 2003 Ministerio de Salud: *Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos*. Este reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.

D.S. Nº 93 de 1995 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión. Procedimiento para la dictación de normas de calidad ambiental primarias y secundarias y el procedimiento y los criterios para la revisión de dichas normas, se sujetarán a las disposiciones del presente reglamento.

D.S. N° 94 de 1995 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. *Reglamento que fija el Procedimiento y Etapas para Establecer Planes de Prevención y de Descontaminación*. El procedimiento para la elaboración de los Planes de Prevención y de Descontaminación, y su proposición a la autoridad para su establecimiento, conforme a lo dispuesto en el inciso final del artículo cuarenta y cuatro de la Ley 19.300, se sujetará a las normas del presente reglamento.

D.S. Nº 90 de 2000 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. Esta norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de los contaminantes asociados a los residuos líquidos que descargan a estos cuerpos receptores. En ella se establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos industriales líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile. Establece que será la Dirección General de Aguas quien determinará el caudal disponible para dilución en un cuerpo receptor, el contenido de captación y el contenido natural del cuerpo receptor. La norma clasifica las aguas en cuatro clases: -Clase excepción: por su extraordinaria pureza y escasez forma parte del patrimonio ambiental; -Clase 1: Muy buena calidad. Apta para la protección y conservación

de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3; -Clase 2: Buena calidad. Agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.; -Clase 3: Regular calidad. Agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

D.S. Nº 46 de 2002 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. Esta norma de emisión tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero, contribuyendo a mantener la calidad de las aguas subterráneas. En ella se determinan las concentraciones máximas de contaminantes permitidas en los residuos líquidos que son descargados por la fuente emisora, a través del subsuelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras destinadas a infiltrarlo. Establece que será la Dirección General de Aguas quien determinará la vulnerabilidad del acuífero y el contenido natural del cuerpo receptor. Para esos efectos podrá solicitar los antecedentes que estime conveniente al responsable de la fuente emisora.

Normas Secundarias de Calidad Ambiental. Es aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza. Los objetivos de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental son: (a) Mantener o recuperar la calidad de las aguas para proteger y contribuir a la conservación de las comunidades acuáticas. (b) Proteger la calidad de las aguas para la bebida de animales sea que vivan en estado silvestre o bajo el cuidado y dependencia del hombre. (c) Proteger la calidad de las aguas para riego de manera de contribuir a la conservación de los suelos y la flora silvestre o cultivada. (d) Proteger cuerpos o cursos de agua de extraordinaria calidad que constituyen parte del patrimonio ambiental.

Ley 19.253 del 5 de octubre de 1993 (Ministerio de Planificación). Promulga la Ley sobre Protección, Fomento y Desarrollo de los Indígenas (Ley Indígena), por medio de la cual el Estado reconoce a los mapuche, aymará, rapa nui, atacameños, quechuas y collas y a los kawéskar y yaganes de los canales australes, estableciendo normas sobre protección, fomento y desarrollo de los indígenas. La ley consagra, entre otras garantías, el derecho a la tierra, su protección y ampliación, la protección de las culturas indígenas y sus lenguas, el derecho a la educación intercultural bilingüe y el derecho a la participación y al desarrollo. Junto a ello, se crea la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.

DS N°70 del 10 de marzo de 1997. MIDEPLAN. Declara área de Desarrollo Indígena II Región, el espacio territorial denominado "Atacama la Grande", que integra casi la totalidad de la comuna de San Pedro de Atacama. Esta declaración del Área de Desarrollo Indígena, tiene por finalidad la focalización de la acción que corresponde desarrollar a los organismos de la administración del Estado en beneficio del desarrollo armónico de los indígenas y sus comunidades.

En la Tabla 7-18 se resume la legislación aplicable al área de estudio.

3.4. Análisis de la aplicabilidad de la legislación seleccionada

Atendiendo a las características del área de estudio, se han definido cuatro unidades como sistemas relevantes sobre los cuales se aplicarían las normas jurídicas (Fig.7-7). Estos cuatro componentes ambientales reúnen la biodiversidad el sitio y constituyen los objetos de conservación definidos con anterioridad y sobre los cuales se expresó el nivel de amenazas. A continuación se analizará sobre ellos la aplicación de las normas jurídicas con su expresión cartográfica. Los cuatro sistemas son:

I.- Humedales ribereños del Guatín y bofedal (incorpora los ríos Puritama y Purifica incluyendo los bofedales de la porción altoandina asociados a las nacientes de ambos sistemas).
II.- Ojalar del desierto de aluviones
III.- Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica
IV.- Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica

TABLA 7-18. LEGISLACIÓN AMBIENTAL REFERIDA A LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Norma Constitucional	
Artículo 19, Nº 8	Derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
Artículo 19, Nº 24	Derecho de propiedad.
Artículo 20, inciso 2º	Consagra el Recurso de protección.
Artículo 21, inciso 1º	Derecho a desarrollar cualquiera actividad económica.
Norma Legal	
Ley Nº 19.300	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.
Ley Nº 17.288	Sobre Monumentos Nacionales.
D.S. Nº 141	Aprueba Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).
D.L. Nº3.485	Aprueba convención relativa a las zonas de importancia internacional, especialmente como hábitat de las aves acuáticas, firmada en Ramsar, Irán, el 2 de febrero de 1971
Ley N° 19.473	Ley de Caza
Ley Nº 18.362	Sistema Nacional de Áreas Silvestres del Estado
D.F.L Nº 725/67	Código Sanitario
D.F.L Nº 1.122	Código de Aguas
DL Nº 1.939/77	Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado
DL Nº 19.821/02	Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales. Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio

	ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas
D.S. Nº 868 /81	Convención sobre la conservación de especies migratorias de la fauna salvaje (CMS).
D Nº 2 de 2006	Promulga creación del Comité Nacional CMS
D.S. Nº 3530 /80	Convenio para la Conservación y manejo de la Vicuña.
Norma Reglamentaria	
D.S. Nº 30/97	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
D.S. Nº 531	Convención de Washington. Dispone que se cumpla y lleve a cabo la "Convención para la protección de la flora la fauna y las bellezas escénicas naturales de América", firmada en Washington el 12 de octubre de 1940.
D.S. Nº 771	Promulga la Convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitats de las aves acuáticas, suscrito en Irán el 02 de febrero de 1971.
D.S. Nº 971	Protocolo para enmendar la convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitats de las aves acuáticas.
D.S. N° 75/05	Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres
DS 02/05	Declara Monumento Natural las especies de fauna silvestre Huemul, Chinchilla lanígera, costina o chilena, Chinchilla cordillerana, Cóndor, Picaflor de Arica y Picaflor de Juan Fernández
DS Nº1528/40	Declara Reservas Forestales los yaretales desde la provincia de Antofagasta al norte
DS Nº1427/41	Reglamenta la explotación de la yareta
Ch Nº 1.333/87	Regula la calidad del agua para diferentes usos
D.S. N°148/03	Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos
D.S. Nº 93/95	Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión
D.S. Nº 95/01	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
D.S. 90/00	Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales
D.S. 46/02	Norma de Emisión Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas
Normas Secundarias de Calidad Ambiental.	Norma Secundaria de Calidad Ambiental

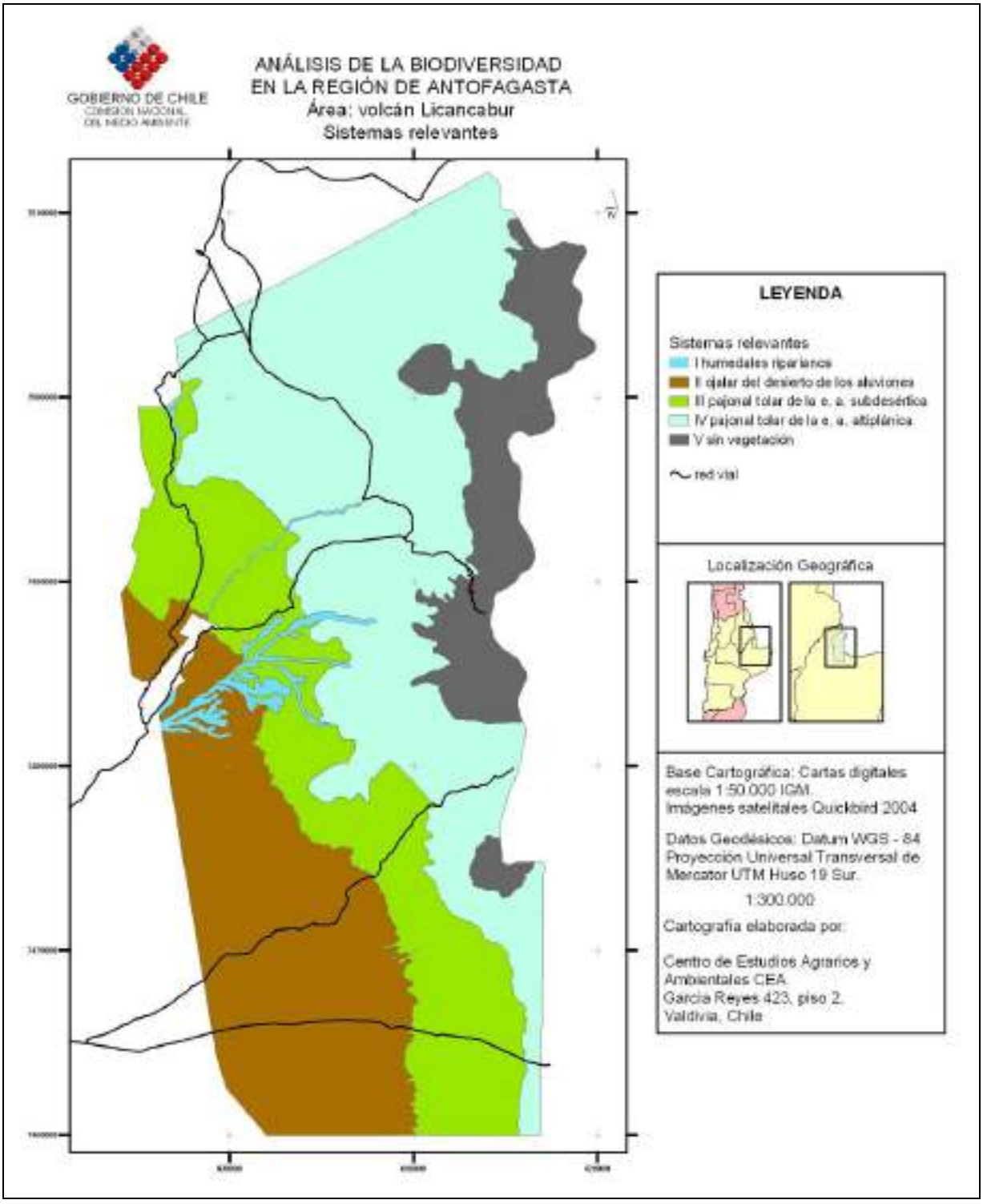


FIGURA 7-11. SISTEMAS RELEVANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR

3.4.1. Normas constitucionales

La constitución no alude en forma explícita a la biodiversidad, lo cual contrasta con el tratamiento que ella da a los componentes ambientales minerales e hídricos, respecto de los cuales existen normas específicas (Valenzuela 1994). Esto es importante porque la constitución también asegura la propiedad privada y la posibilidad de desarrollar cualquier actividad económica (Artículo 19, números 24 y 21, respectivamente). De este modo, como afirma Valenzuela (1994), en la práctica la diversidad biológica constituye "un objetivo ajeno a la Constitución de 1980" y se puede adquirir libremente la propiedad de sus diversos componentes. En consecuencia, ello abre espacios para hacer un "uso, goce y disposición" de estas propiedades que con mucha frecuencia contrastan con los intereses superiores, más generales y de largo plazo del país (véase Pellet 2005). Reiterando lo dicho, mientras se mantenga el actual régimen de protección y garantías del derecho de propiedad en Chile, por sobre el bien común, Hermosilla (2004) estima que ello no contribuirá a la efectiva protección y conservación de la biodiversidad. Para que esto ocurra en la realidad, debiera contarse necesariamente con normativas de rango constitucional y de legislación básica del ordenamiento jurídico chileno, que llenen vacíos o modifiquen normas existentes. Ello implica forzosamente reforma de la Constitución Política del Estado y de Códigos fundamentales como el Civil, de Minería y de Aguas.

3.4.2. Aplicabilidad de los tratados internacionales

En general no existe una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios. Dentro de este contexto, se aprecia la total ausencia, en el ordenamiento jurídico actual, de manifestaciones concretas del Principio de Precaución, al que obliga, por ejemplo, la adhesión al Convenio sobre Diversidad Biológica (Hermosilla 2004).

Convención de Washington

En la Convención de Washington, la norma más directamente vinculada a la biodiversidad establece que “los límites de los parques nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos sino por acción de autoridad legislativa competente” disposición que entra en claro conflicto con la normativa nacional que indica que “las unidades de manejo serán creadas, alteradas o reclasificadas mediante sendo decretos supremos expendidos por intermedio de los ministerios que señala” agregando que “la pérdida de su condición de tal quedará sujeta a igual procedimiento administrativo”. Aunque, si bien es cierto esta ley no entra en vigencia aún, queda la incertidumbre de que cobre tal aplicación una vez que se defina la suerte de la nueva CONAF. La otra disposición conflictiva, dispone que “las riquezas existentes en parques nacionales no se explotarán con fines comerciales” así como sus disposiciones en el sentido que los monumentos naturales deben ser considerados “inviolables”, con las excepciones establecidas en beneficio de las “investigaciones científicas” debidamente autorizadas o para efectuar inspecciones gubernamentales. Según Hermosilla (2004) el punto crítico radica en que la legislación nacional, para compatibilizar sus normas con los compromisos internacionales asumidos por el país, debiera prohibir la realización de actividades mineras en los parques nacionales o dictar una ley especial para cada caso y con respecto a los monumentos

naturales, protegerlos efectivamente asegurando su inviolabilidad. Esta convención también se orienta a proteger y conservar los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, todos aspectos que podrían conjugarse en el sitio en estudio.

Convención de Ramsar

El estado de los humedales en la región de Antofagasta es crítica en los oasis, así como en la zona desértica de altura (Comité Nacional de Humedales de Chile, 2000). Los factores tensionantes son las descargas de aguas residuales (domésticas e industriales) sin tratamiento; la falta de una adecuada planificación y ordenamiento territorial, y uso de aguas sin criterios de sustentabilidad ecológica. Algunas normas han significado un relativo avance en resguardo de estos ecosistemas, tales como las disposiciones de protección de vegas y bofedales de las zonas altiplánicas, como también las recientes normas regulatorias de descargas de residuos líquidos industriales a sistemas de alcantarillado y la que se refiere a los cuerpos de aguas superficiales. Sin embargo, el cumplimiento de la Convención no es adecuada (véase Muñoz-Pedreros 2004) ya que el peso del sistema privilegia el ejercicio del derecho de dominio sobre las aguas y el beneficio de la actividad minera, por sobre consideraciones de protección a estos ecosistemas (Hermosilla 2004). Así, por ejemplo, el derecho de uso de las principales fuentes de aguas superficiales y subterráneas han sido entregadas en la región de Antofagasta conforme a los procedimientos legales vigentes, no respetándose varias recomendaciones de la Convención, como los caudales ecológicos. La utilización de esta agua, principalmente por las demandas del sector minero, ha producido cambios en los ecosistemas. Así el uso de esta Convención no es alta por la inexistencia de una política nacional operativa, normativa nacional específica en Chile que regule con un enfoque integral los humedales, como asimismo, por falta de un solo organismo estatal que se encargue de su manejo y protección (Montenegro et al. 2001). En la región de Antofagasta existen dos sitios Ramsar, el Sistema Hidrológico Soncor y el salar de Tara, ambos pertenecen a la Reserva Nacional Los Flamencos, aunque no son parte de una misma extensión territorial continua.

Convención de Biodiversidad

En una de sus partes la Convención dispone: "la Conferencia de las Partes examinará sobre la base de estudios que se llevarán a cabo, la cuestión de la responsabilidad y reparación, incluso el reestablecimiento y la indemnización por daños causados a la diversidad biológica, salvo que esa responsabilidad sea una cuestión puramente interna". Existe falta de claridad sobre la materia y el ámbito de los estudios a los que alude el artículo 14 y que estima que éstos deben referirse sólo a materias como la biotecnología o los impactos ambientales que produce la lluvia ácida (UNEP/CBD, 2001). Es decir, busca restringir el ámbito de aplicación de un sistema de responsabilidad en esta materia como posición que no necesariamente se condice con la que tradicionalmente sostienen los países en desarrollo. También es patente la ausencia, dentro de nuestro Derecho Interno, de normativas que recojan el principio de la precaución. La idea central del principio de precaución es que tanto los intereses privados como los públicos debieran actuar de manera de prevenir el daño ambiental antes que este ocurra; en contraste con las políticas de mitigación y remediación que adoptan una aproximación reactiva.

3.4.3. Aplicabilidad de normas legales generales

Aplicabilidad de la normativa referente a los humedales y recursos hídricos

Utilizando como base las normas ya señaladas en los puntos anteriores, se puede describir la situación actual del recurso agua desde el punto de vista de la aplicación de la legislación ambiental; al tiempo que se construye su expresión cartográfica.

Áreas de protección

Acuíferos protegidos que alimentan vegas y bofedales de la I y II Región

Las áreas de protección son sectores protegidos por ley, éstas están asociadas a ciertas áreas que son de importancia para la flora y fauna o bien para el consumo humano o animal de localidades indígenas. Dentro de ellas se pueden distinguir: Acuíferos Protegidos de la I y II Región. La relación de la Dirección General de Aguas con el tema indígena comienza en concreto en el año 1992, cuando a la luz de las políticas de Gobierno impulsadas por el Presidente Aylwin, se modificaron los artículos 58 y 63 del Código de Aguas en el sentido de prohibir la exploración y explotación de aguas subterráneas en los acuíferos alimentadores de las vegas y bofedales de las ex I y II regiones, que son el sustento de las actividades agroganaderas y de sobrevivencia de las comunidades andinas, como una medida de protección de estos ecosistemas únicos y del manejo y uso ancestral que las comunidades habían hecho de ellos. A partir del año 1993 la DGA comenzó a realizar estudios para identificar y ubicar áreas de vegas y bofedales y delimitar sus acuíferos alimentadores. Es así entonces que en 1996 se dictó la Resolución DGA N° 909 que prohibió la exploración y explotación de las aguas subterráneas antes mencionadas. En la región de Antofagasta se protegieron 167 humedales con una superficie asociada de 2.798 km^2, equivalentes al 2.22% de la superficie total de la región. En el 2006 mediante Resolución DGA Nº 87 se modificó la delimitación de estos acuíferos para la II Región, quedando protegidos 228 humedales y una superficie de 5.149 km^2 equivalentes al 4.07% de la superficie total regional.

Aunque estas medidas aparentemente protegen las aguas subterráneas la interpretación que hizo la Contraloría General de la República (véase Muñoz 2003) de la norma ha establecido que la disponibilidad de las aguas subterráneas se comprueba sólo a través de las correspondientes pruebas de bombeo y que la autoridad no está facultada para denegar un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas cuando no existe disponibilidad de agua a nivel de fuente (a nivel de acuífero). Dicha interpretación establece en síntesis, que la Administración no tiene la facultad de denegar un derecho de aprovechamiento de agua subterránea por falta de disponibilidad de agua en el acuífero y que la protección de terceros y del acuífero, está dada sólo por el área de protección de los pozos (art. 61 del Código de Aguas), por la declaración de áreas de restricción (art. 65, 66 y 67 del Código de Aguas), por la declaración de Zonas de Prohibición (art. 63 del Código de Aguas), y por el establecimiento de Reducción Temporal del ejercicio de los derechos (art. 62 del Código de Aguas). Además señalan que dichas declaraciones tienen efecto sólo sobre los derechos que se soliciten después de su dictación, es decir no es de aplicación retroactiva desde el momento en que se produce el efecto nocivo que permitiría hacer dichas declaraciones.

En la práctica, hoy día, la Autoridad está imposibilitada de adoptar alguna medida que tienda a la protección general de los derechos otorgados y del acuífero, salvo que exista una petición expresa en ese sentido por parte de los usuarios. Este hecho obliga a una adecuación de la normativa vigente que permita reflejar la situación existente en los acuíferos del país, de acuerdo con los resultados de las evaluaciones técnicas existentes. De acuerdo a lo anterior existen restricciones a la aplicación de esta normativa, la que, sin embargo, podría ser un buen instrumento para la conservación de recursos hídricos.

Política Nacional de Humedales (PNRH)

La propuesta para una Política Nacional de Recursos Hídricos fue elaborada por la Dirección General de Aguas, recogiendo los resultados de numerosos estudios y la experiencia del Servicio adquirida a lo largo de 30 años y sometida a un amplio debate. En ella se identifican los principales desafíos a enfrentar en el futuro próximo, los que se identifican con la demanda, los temas ambientales y la variabilidad climática. En el ámbito ambiental la gestión de los recursos hídricos se centra en los requerimientos hídricos para fines ambientales, para la protección de los ecosistemas y de los valores paisajísticos y turísticos asociados; y la contaminación de las aguas.

Los principales objetivos de la PNRH son: Asegurar la disponibilidad de agua para el abastecimiento de las necesidades básicas de la población y mejorar la eficiencia de uso; localizar los recursos hídricos en aquellas demandas que presentan el mayor beneficio económico, social y medio ambiental para el país; maximizar el aporte de los recursos hídricos al crecimiento del país, a través del desarrollo de las fuentes no utilizadas y del reuso; disminuir el impacto de la variabilidad hidrológica en la actividad del país; recuperar el pasivo ambiental existente y; minimizar los niveles de conflicto relacionados con el agua. En materia ambiental los principales problemas de contaminación que es necesario resolver se refieren a la contaminación por aguas servidas domésticas, la proveniente de efluentes mineros y residuos industriales líquidos (RILes) y la contaminación agrícola y difusa de aguas subterráneas. Las líneas de acción que se propone implementar están referidas a i) Naturaleza jurídica de los derechos de aprovechamiento y acondicionamiento del marco legal. ii) Estructura institucional, gestión integrada y planificación. iii) Medio ambiente y contaminación. iv) Aprovechamiento de los recursos hídricos. v) Administración del agua y organizaciones de usuarios. vi) Evaluación y conocimiento de los recursos hídricos y sistemas de información. vii) Formación técnica y educación al público.

Protección de vegas y bofedales

La Ley Nº 19.300, de Bases del Medio Ambiente, de 1994, a través del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, contempla cuatro artículos relativos a las vegas y bofedales, y humedales en general.

Art. 3.- Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

a) Presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas. Se entenderá que estos proyectos o actividades son significativos cuando se trate de: a.2. Drenaje o desecación de vegas y bofedales ubicados en las Regiones I y II, cualquiera sea su superficie.

Art. 6.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire. A objeto de evaluar los efectos adversos significativos a que se refiere el inciso anterior, se considerará: n) el volumen, caudal y/o superficie, según corresponda, de recursos hídricos a intervenir y/o explotar en: n.1. vegas y/o bofedales ubicados en las Regiones I y II, que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas;

Art. 77.- En el permiso para efectuar exploraciones de aguas subterráneas en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales, en las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, a que se refiere el inciso tercero del artículo 58 del D.F.L. 1.122/81, Código de Aguas, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para la preservación del bofedal o vega, en consideración a: sus características, su régimen de alimentación, el caudal máximo de agua que se pretende alumbrar, los aprovechamientos existentes de las aguas superficiales y subterráneas que se encuentran en la zona que se va a explorar y la ubicación de los terrenos donde se realizarán los trabajos y la extensión que se desea explorar.

Art. 78.- En el permiso para realizar nuevas explotaciones o mayores extracciones de aguas subterráneas que las autorizadas, en zonas de prohibición, a que se refiere el artículo 63 del D.F.L. 1.122/81, Código de Aguas, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para la preservación de acuíferos que alimenten vegas y bofedales en las regiones indicadas, de acuerdo a: las características del acuífero, su régimen de alimentación, el caudal máximo de agua que se pretende explotar y los efectos sobre la recarga artificial del acuífero.

Aplicabilidad de la normativa referente a la flora y vegetación

Respecto de las especies vegetales, existen varias normas que se refieren desde reglamentar su explotación hasta asegurar la conservación de algunas de ellas.

Ley de bases del Medio Ambiente (Ley Nº 19.300, D.O. 09/03/94**).** Indica que los organismos competentes del Estado "confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas" (Artículo 38º).

D.S. Nº 4.363 Ley de Bosques. El elemento más destacable de esta ley se encuentra en el artículo 10º, según el cual el Presidente de la República puede establecer "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", dos figuras cuyos objetivos centrales serían "regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje" (Artículo 10º).

D.S. N° 1528 de 1940. Declara Reservas Forestales todos los terrenos de yaretales del país comprendidos desde la provincia de Antofagasta al norte.

D.S. N° 1.427 de 1941. Reglamento sobre la explotación de la Yareta (*Azorella compacta*).

DS N° 75 de 2005. Reglamento sobre la Clasificación de Especies Silvestres.

Aplicabilidad de la normativa referente a la fauna silvestre

Ley de bases del Medio Ambiente (Ley Nº 19.300, D.O. 09/03/94**).** Indica que los organismos competentes del Estado "confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas" (Artículo 38º).

Ley N° 19.473 Ley de Caza. Aplicada a todos las especies protegidas, aquellas para las cuales se han dictado normas de conservación (prohibición de caza y definición de vedas o cuotas, entre otros), es decir aquellas especies contenidas en los artículos 4° y 5° del Reglamento de la Ley de Caza.

DS N° 75 de 2005. Reglamento sobre la Clasificación de Especies Silvestres.

Decreto Nº 212 (DO 19.05.1981). Promulga Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña, suscrito en Lima, el 29 de Diciembre de 1979. Convenio suscrito por los gobiernos de las Repúblicas de Bolivia, Chile, Ecuador y Perú, con el propósito de la conservación y el manejo de la vicuña. Se reconoce que la conservación de la vicuña constituye una alternativa de producción económica en beneficio del poblador andino y se comprometen a su aprovechamiento gradual bajo estricto control del Estado (Art. 1°). Los gobiernos signatarios prohíben la caza y la comercialización ilegales de la vicuña, sus productos y derivados en el territorio de sus respectivos países. Comprometiéndose a mantener y desarrollar los parques y reservas nacionales y otras áreas protegidas con poblaciones de vicuñas y a ampliar las áreas

de repoblamiento bajo manejo en su forma silvestre prioritariamente y siempre bajo control del Estado (Art. 5°).

Aplicabilidad de la normativa referente al paisaje

Convención de Washington

Este acuerdo internacional para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América, incorpora la protección y conservación de los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, todos componentes del paisaje asociables al sitio en estudio, aunque como se mencionó esta convención no ha entrado en vigencia.

Resumen de aplicabilidad de normas legales en Alrededores del Volcán Licancabur

En la Tabla 7-19 se resume la aplicabilidad de las diferentes normas jurídicas a la conservación del sitio Alrededores del Volcán Licancabur. Sólo se consideraron aquellas regulaciones que tienen expresión sobre los sistemas relevantes anteriormente descritos y que fueron seleccionados como objeto de conservación.

TABLA 7-19. APLICABILIDAD DE LAS DIFERENTES NORMAS JURÍDICAS A LA CONSERVACIÓN DE LOS SISTEMAS DEFINIDOS COMO OBJETOS DE CONSERVACIÓN EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. I.- HUMEDALES RIBEREÑOS DE LOS RÍOS PURITAMA Y PURIFICA INCLUYENDO LOS BOFEDALES DE LA PORCIÓN ALTOANDINA ASOCIADOS A LAS NACIENTES DE AMBOS SISTEMAS; II.- OJALAR DEL DESIERTO DE ALUVIONES; III.- PAJONAL/TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA SUBDESÉRTICA; IV.- PAJONAL/TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA ALTIPLÁNICA

NORMAS JURÍDICAS	DESCRIPCIÓN	SISTEMA INVOLUCRADO	APLICABILIDAD POTENCIAL
Ley Nº 19.300	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.	I, II, III y IV	Alta
DL Nº 3.485 DS Nº 971	Convención de Ramsar. Promueve el uso racional de todos los humedales de su territorio	I	Baja
D.S. Nº 141	Aprueba Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).	I, II, III y IV	Alta
D.S. Nº 531	Convención de Washington. Dispone que se cumpla y lleve a cabo la “Convención para la protección de la flora la fauna y las bellezas escénicas naturales de América”, firmada en Washington el 12 de octubre de 1940.	I, II, III y IV	Baja
Ley Nº 18.362	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado	I, II, III y IV	Alta
Ley Nº 17.288	Sobre Monumentos Nacionales.	I, II, III y IV	Alta
DS Nº 4.363 Art. Nº 10	Ley de bosques. Podrán establecerse "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", con fines de regularizar el	I, II, III y IV	Baja

	comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje"		
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. Artículo 15.- Las reservas forestales, Parques Nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse para finalidades de conservación y protección del medio ambiente. Artículo 16.- En los contratos de compraventa o concesiones de terrenos fiscales rústicos podrán imponerse al beneficiario obligaciones para la protección del medio ambiente. Artículo 21.- Podrán declararse Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines.	I, II, III y IV	Alta
Ley Nº 19.473/96	Ley de Caza. Establece prohibición de caza y captura de todos los vertebrados nativos de Chile.	I, II, III y IV	Alta
D Nº 212/81	Promulga Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña.	I, III	Alta
DS Nº 1528/40	Declara Reservas Forestales los yaretales	IV	Alta
DS Nº 1427/41	Reglamenta la explotación de la yareta	IV	Alta
DS N° 75/05	Reglamenta la Clasificación de Especies Silvestres	I, II, III y IV	Alta
DFL Nº 1.122/81	Código de Águas. Regula la exploración en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta. Protege los acuíferos que alimentan los humedales altoandinos (Art. 58 a 67) alimentan vegas y bofedales de la Región de Antofagasta prohibiendo mayores explotaciones que las autorizadas y nuevas explotaciones sino con autorización fundada de la DGA.	I	Alta
DS Nº 90/00 Norma de emisión	Regula la emisión de contaminantes asociados a descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales	I	Alta
DS Nº 46/02 Norma de emisión	Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas	I (incluye napas)	Alta
DL 19.82102 Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales.	Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas.	I	Alta
NCh Nº 1.333/87.	Regula la calidad del agua para diferentes usos, entre ellos la vida acuática, estableciendo concentraciones máximas permitidas.	I	Alta
DS Nº 30/97.	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.	I, II, III y IV	Alta
DS Nº 95/01	Establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental identificando los proyectos y actividades que deben ser objeto de una declaración o estudio de impacto ambiental y señala los criterios que permiten definir esta situación.	I, II, III y IV	Alta

3.5. Expresión cartográfica

La expresión cartográfica de las leyes se hizo representando en una carta cada una de las normas jurídicas seleccionadas sobre cada uno de los sistemas relevantes que tiene injerencia en el objeto de conservación del área de estudio.

3.5.1. Cartografía temática de las leyes

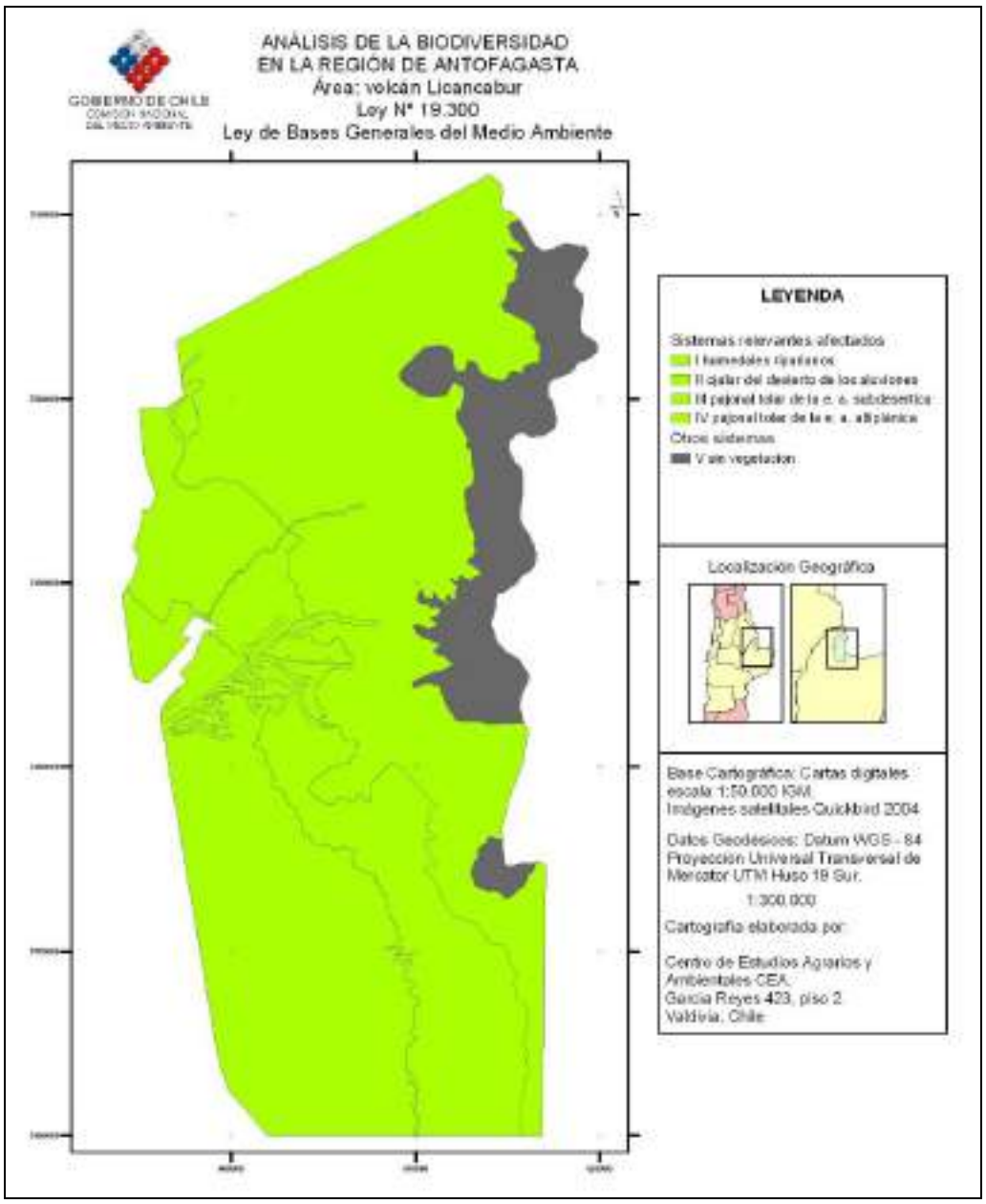


FIGURA 7-12. LEY Nº 19.300 LEY GENERAL DE BASES DEL MEDIO AMBIENTE EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

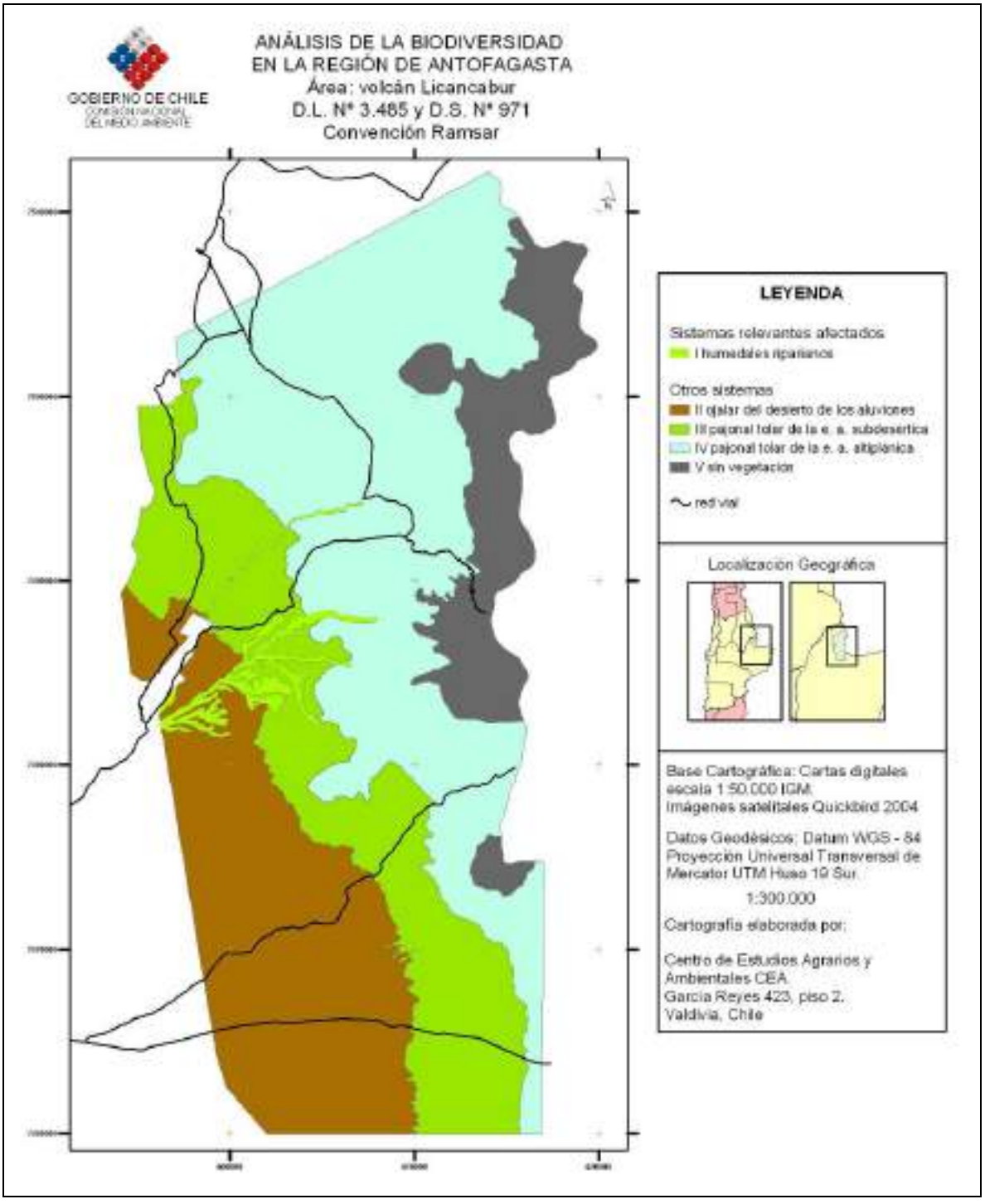


FIGURA 7-13. DL Nº 3.485 (DS Nº 971) CONVENCIÓN DE RAMSAR EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

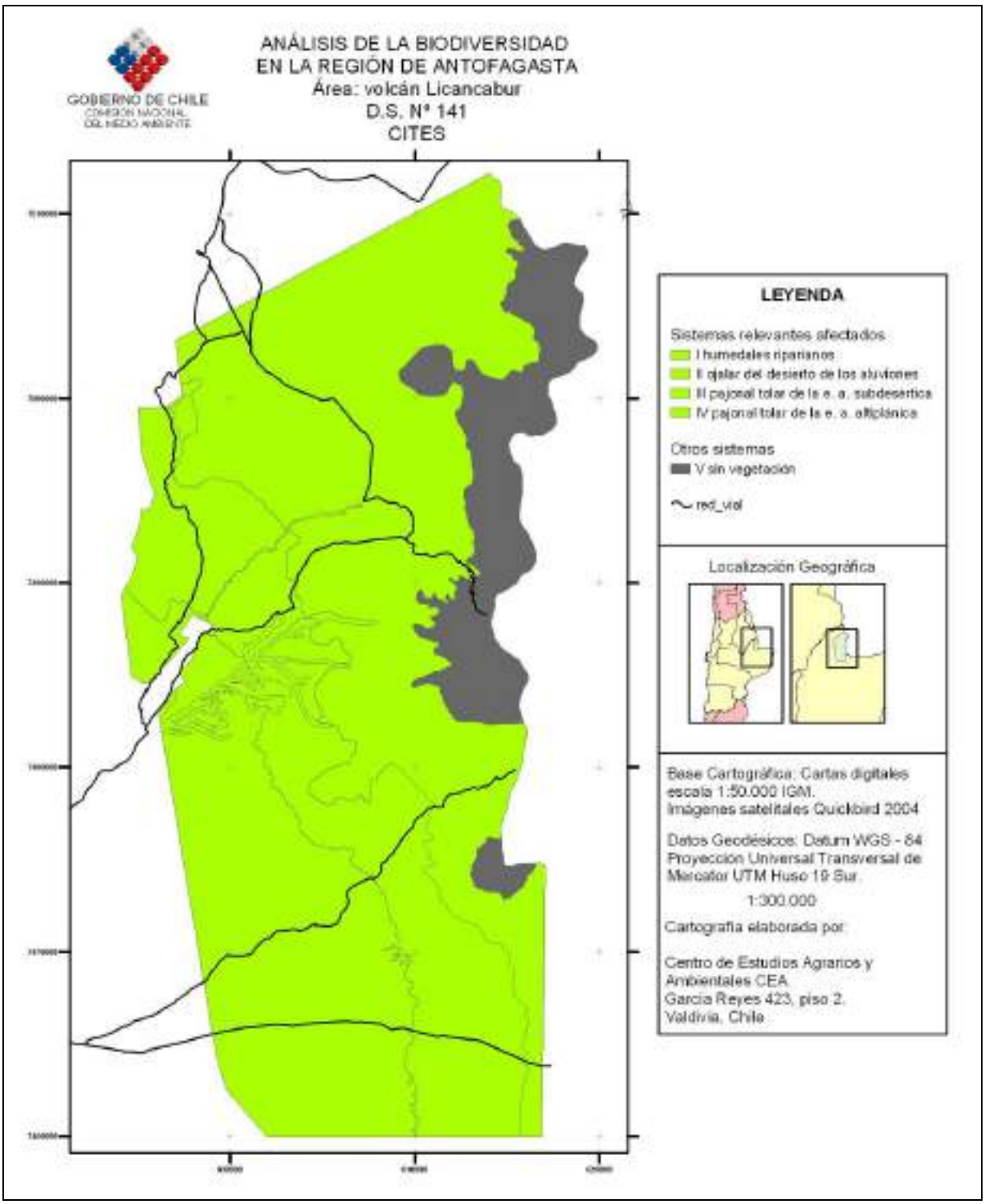


FIGURA 7-14. DS Nº 141. APRUEBA CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES (CITES).

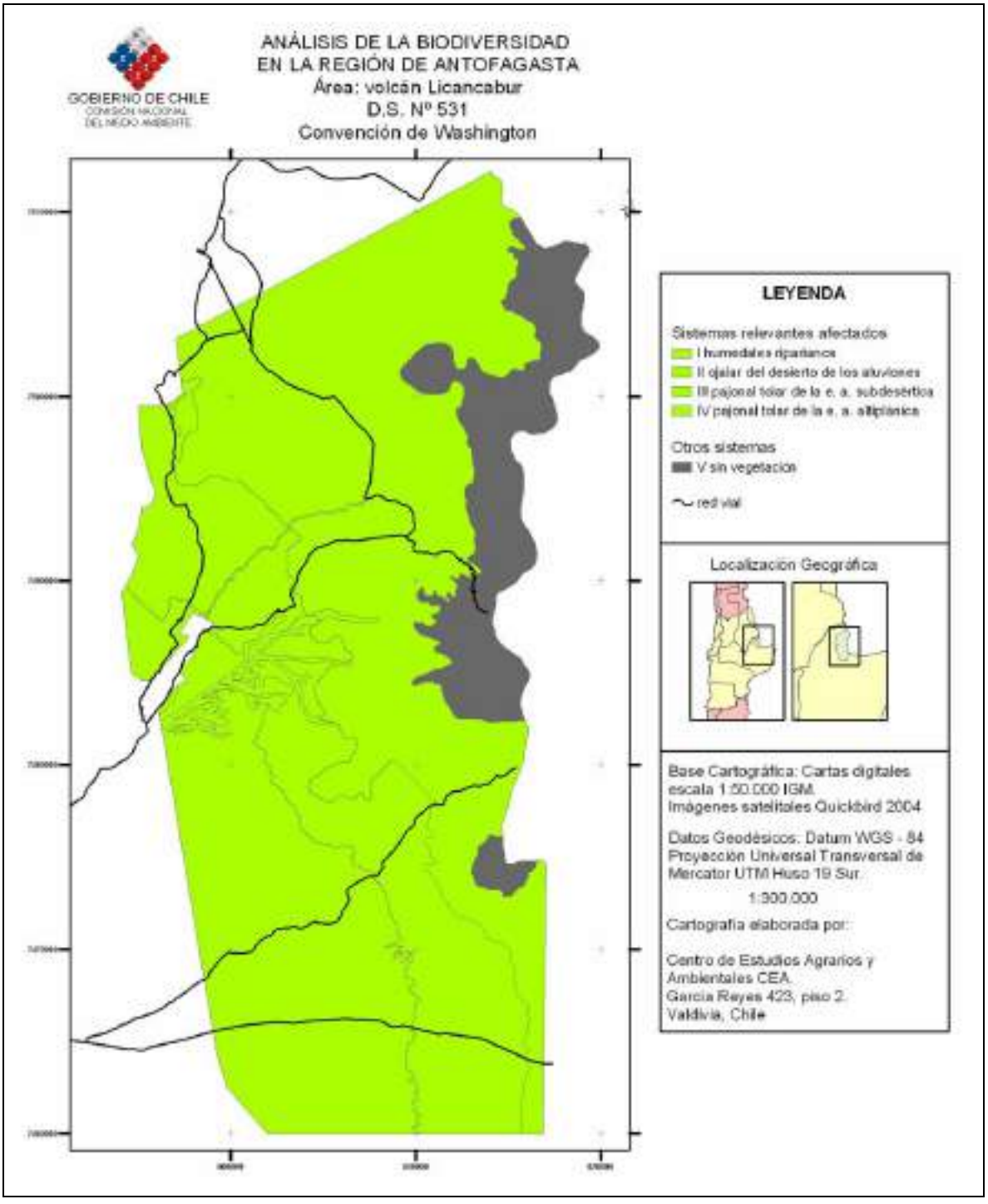


FIGURA 7-15. DS Nº 531. CONVENCIÓN DE WASHINGTON PARA LA PROTECCIÓN DE LA FLORA LA FAUNA Y LAS BELLEZAS ESCÉNICAS NATURALES DE AMÉRICA.

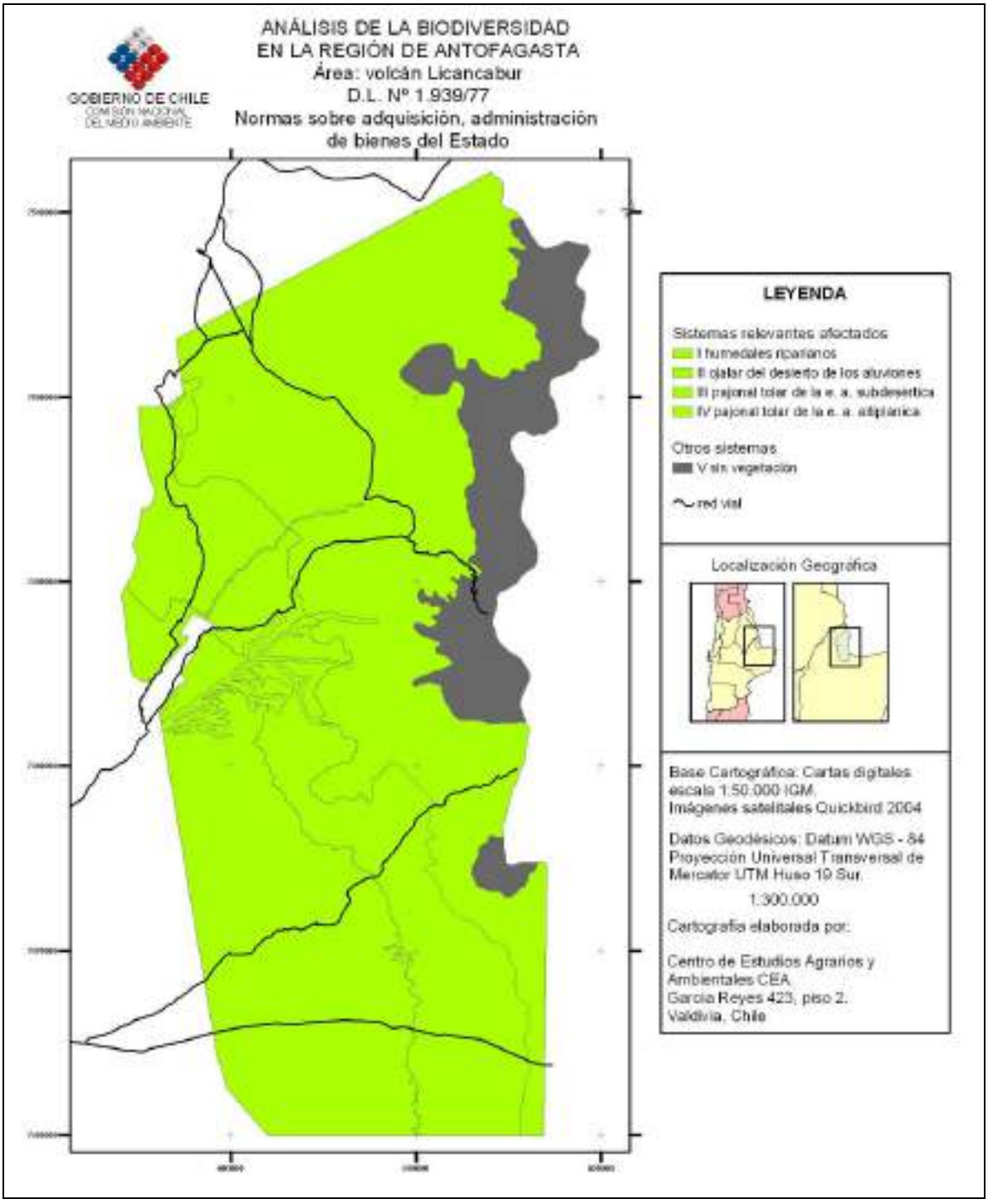


FIGURA 7-16. DL Nº 1.939/77 NORMAS SOBRE ADQUISICIÓN, ADMINISTRACIÓN DE BIENES DEL ESTADO (ART. 15, 16 Y 21) DECLARACIÓN DE RESERVAS FORESTALES O PARQUES NACIONALES. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

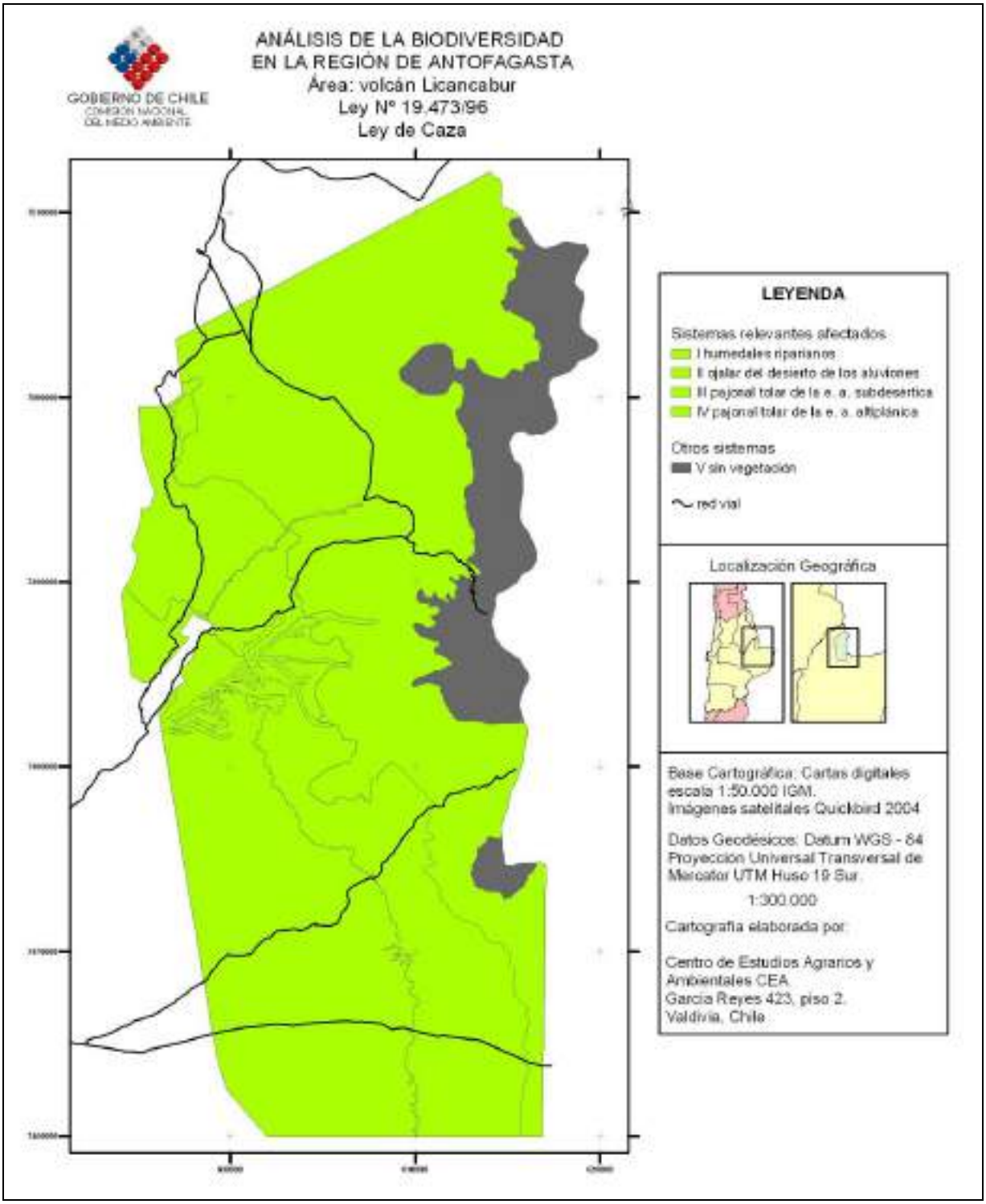


FIGURA 7-17. LEY N° 19.473 LEY DE CAZA. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR

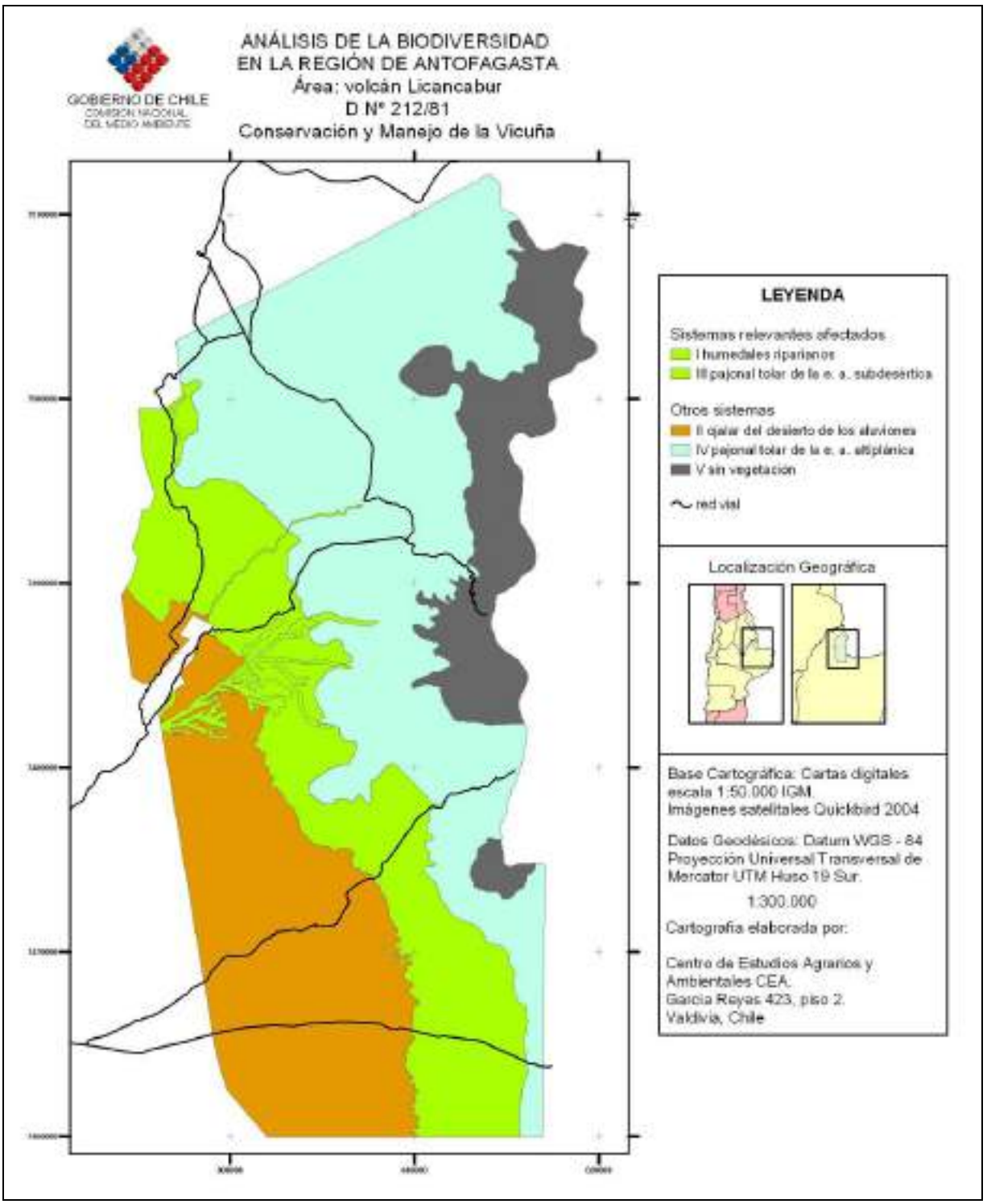


FIGURA 7-18. DS Nº 212/81. PROMULGA CONVENIO PARA LA CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LA VICUÑA. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

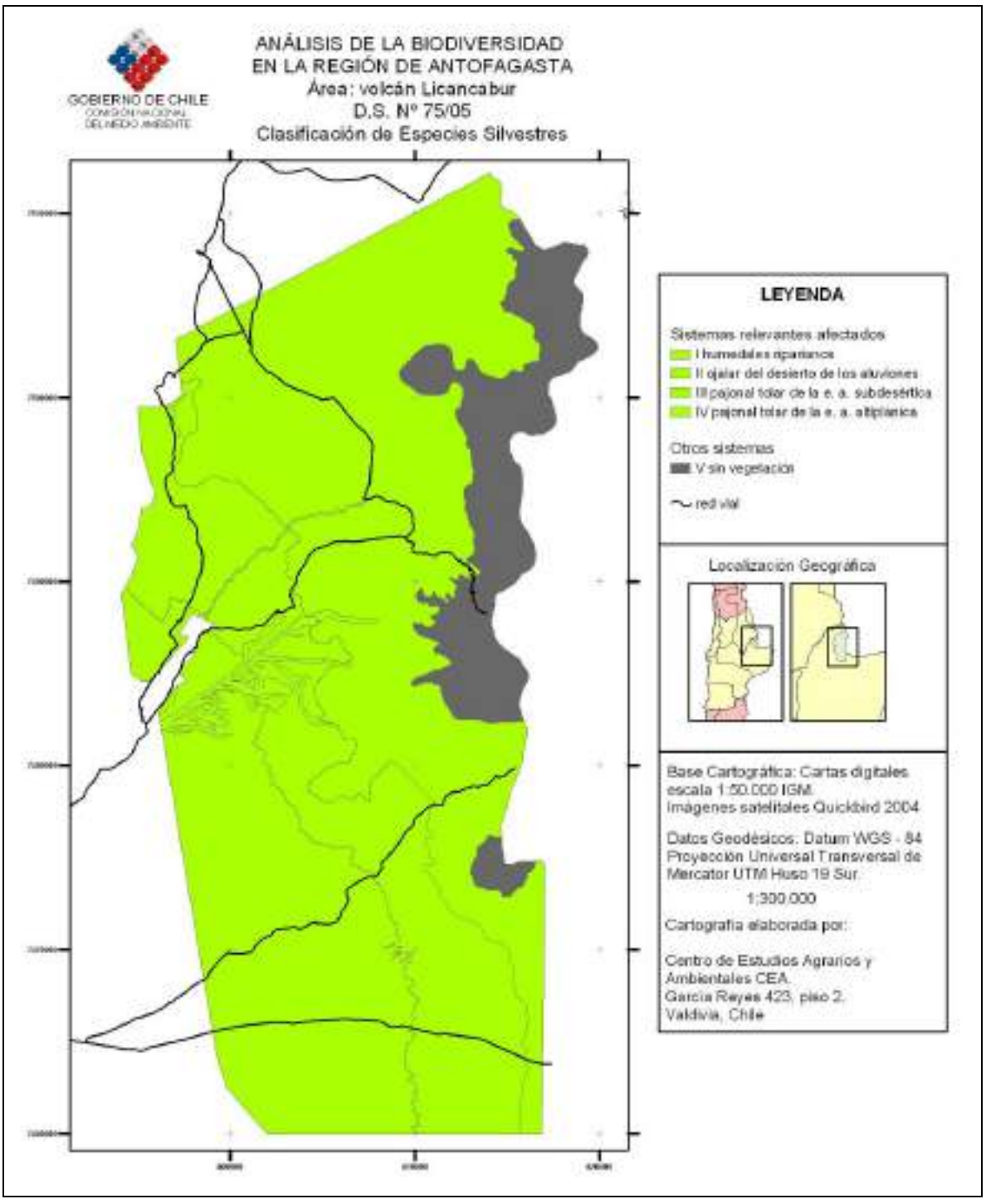


FIGURA 7-19. DS N° 75/05 REGLAMENTA LA CLASIFICACIÓN DE ESPECIE SILVESTRES. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

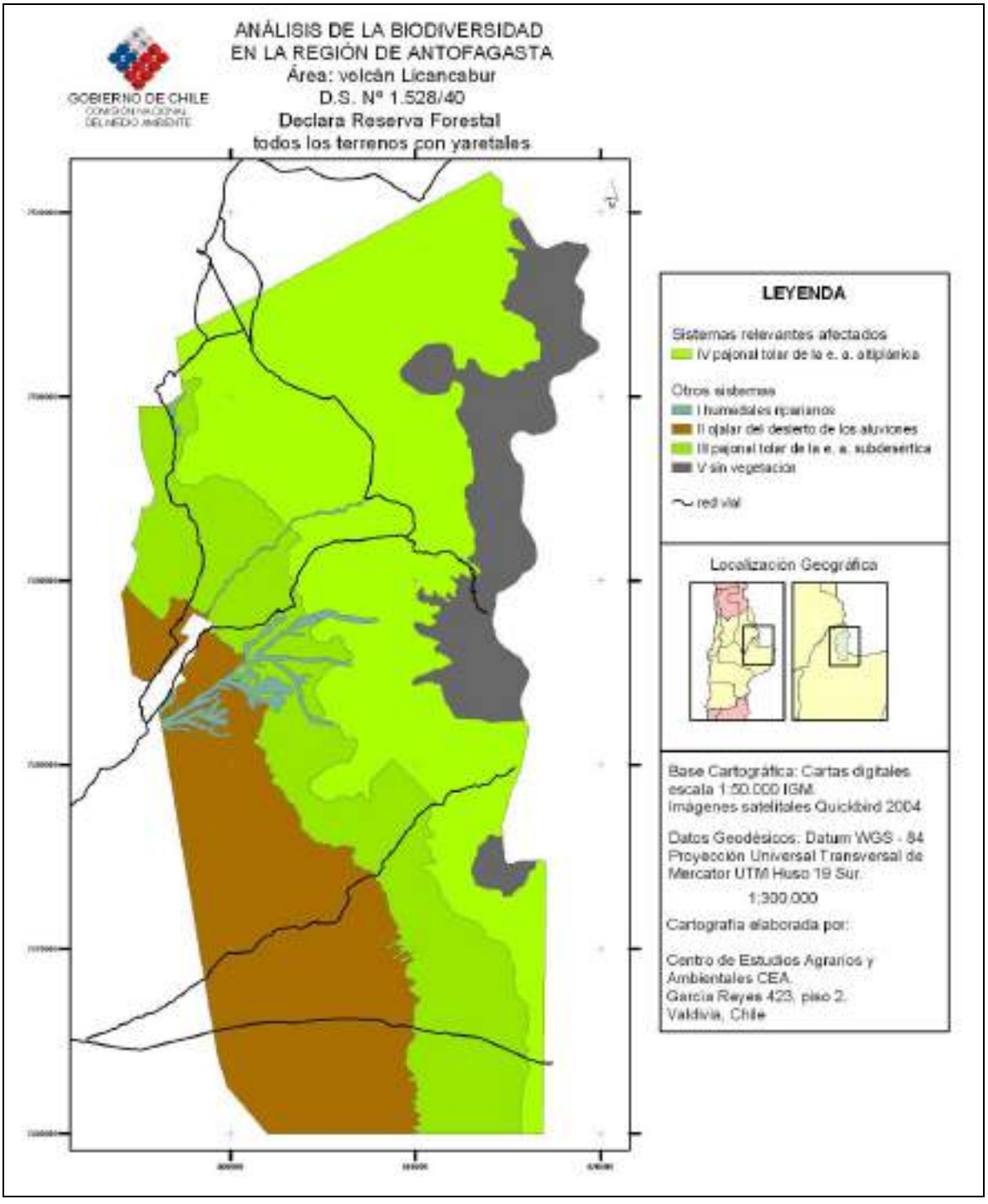


FIGURA 7-20. DS N° 1528/40 DECLARA RESERVAS FORESTALES LOS YARETALES. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

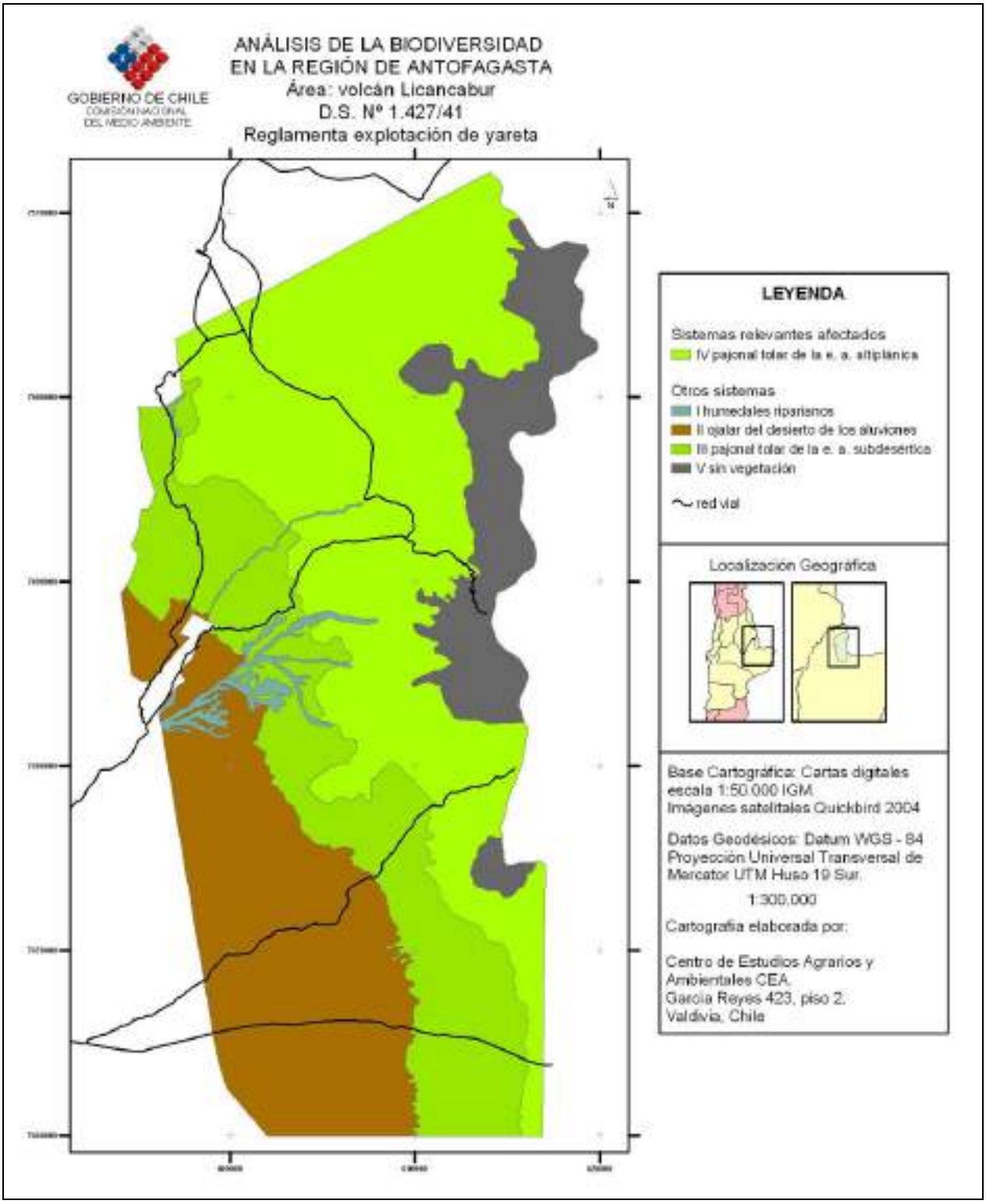


FIGURA 7-21. DS N° 1427/41. REGLAMENTA LA EXPLOTACIÓN DE LOS YARETALES. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

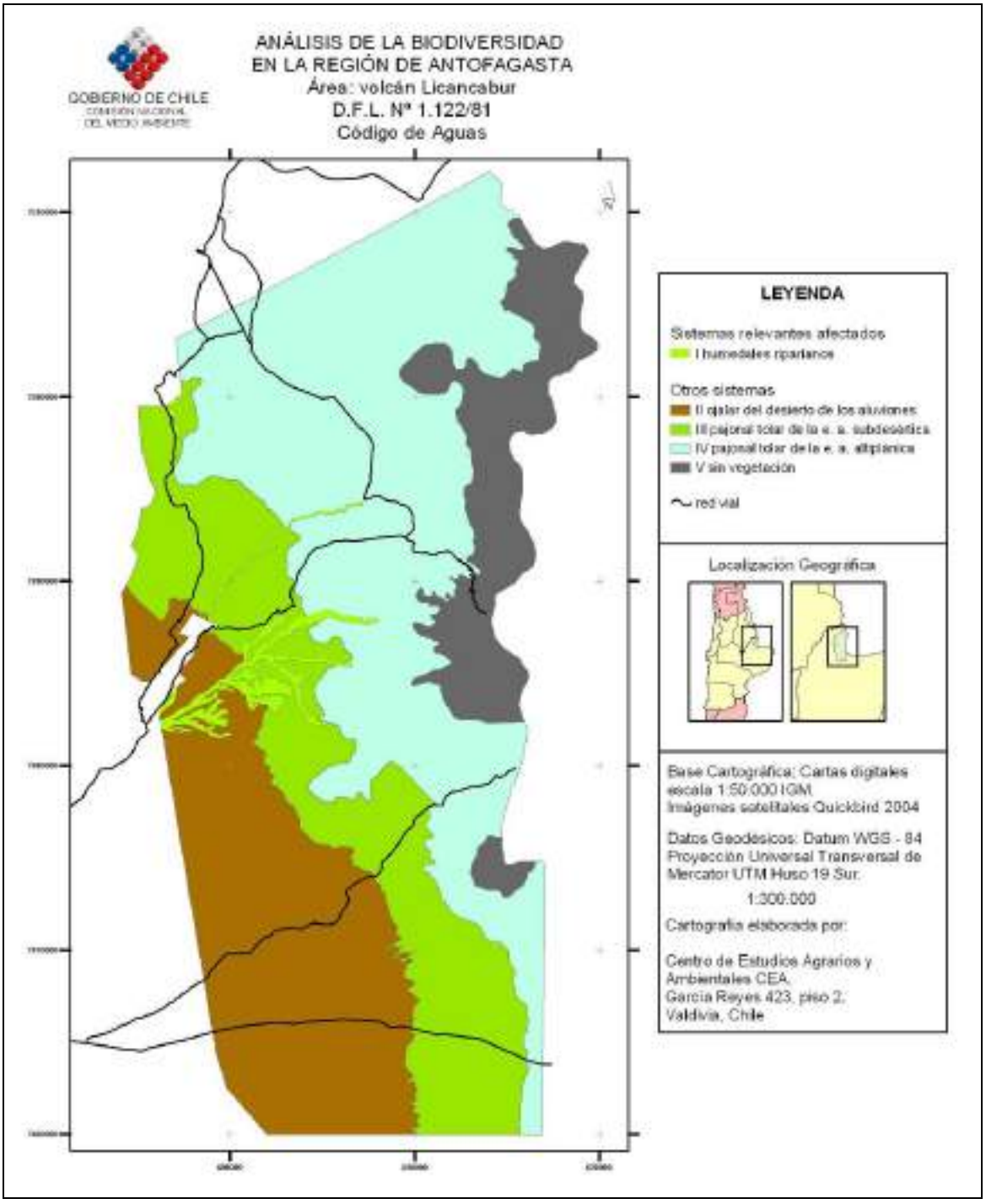


FIGURA 7-22. DFL Nº 1.122/81 CÓDIGO DE AGUAS (ART. 58 A 67) EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

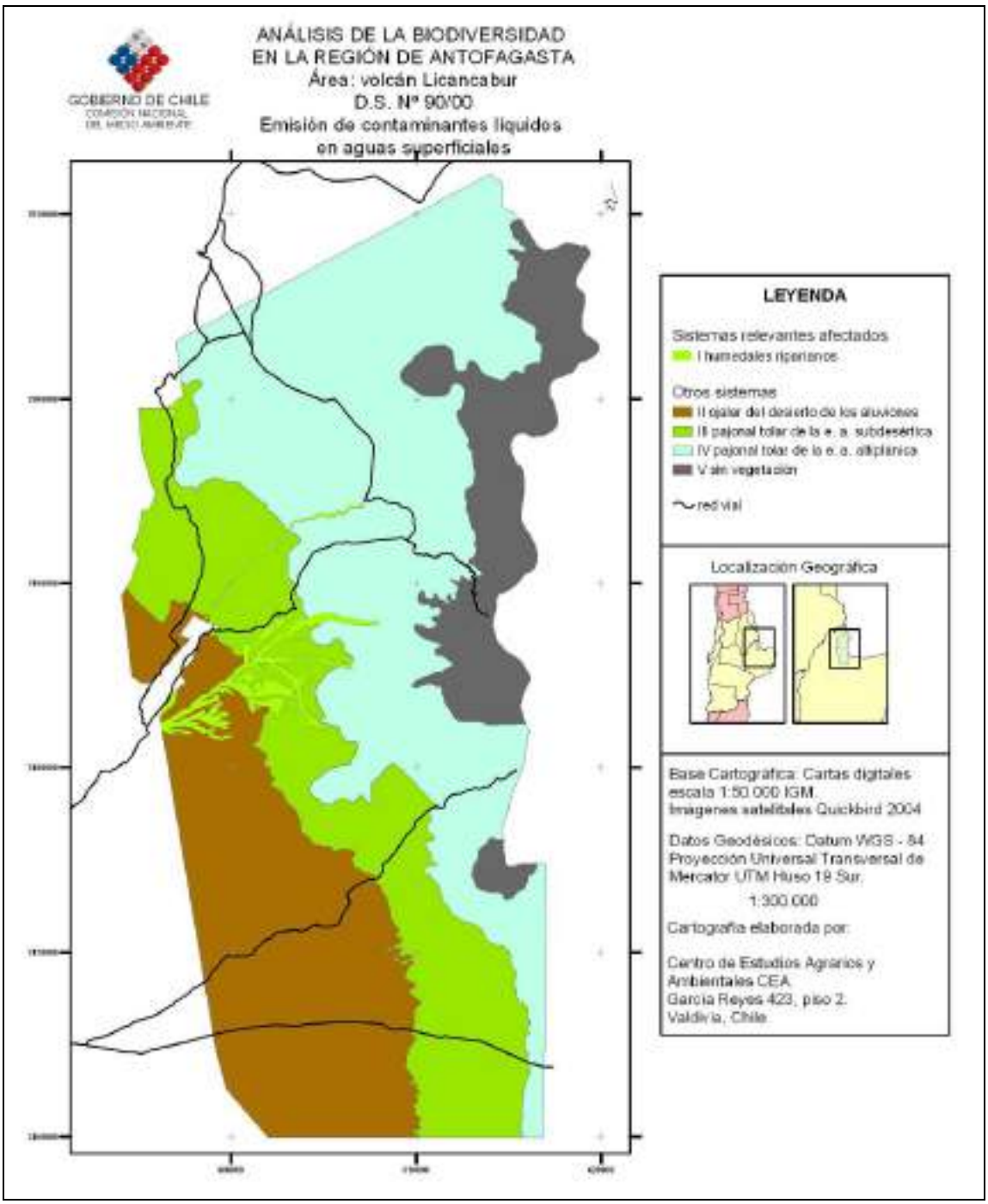


FIGURA 7-23. DS Nº 90/00 NORMA DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN RESIDUOS LÍQUIDOS VERTIDOS EN AGUAS CONTINENTALES EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

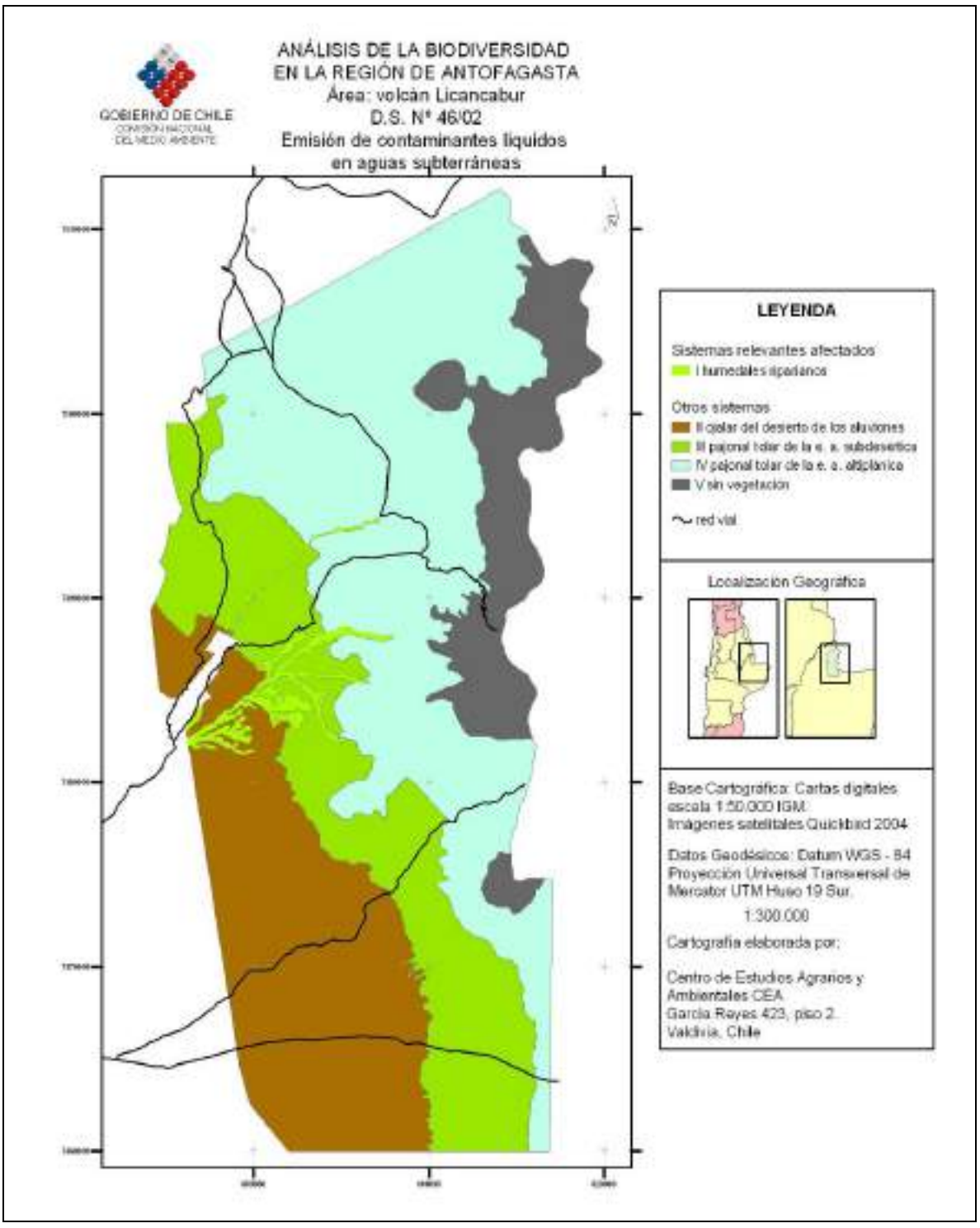


FIGURA 7-24. DS Nº 46/02 NORMA DE EMISIÓN DE RESIDUOS LIQUIDOS A AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

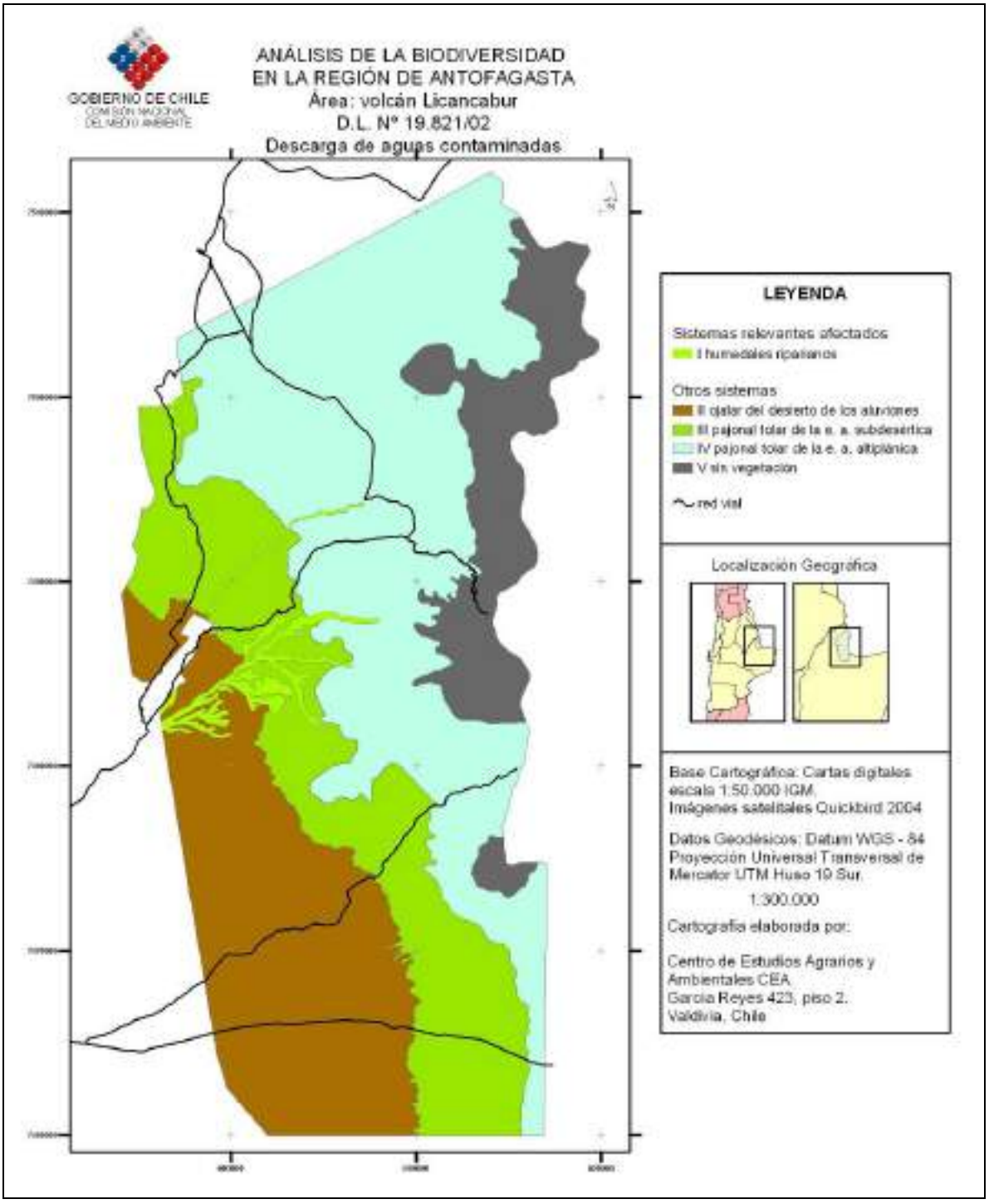


FIGURA 7-25. DL Nº 19.821/02 PROHÍBE LAS DESCARGAS DE AGUAS CONTAMINADAS AL MEDIO AMBIENTE Y PERFECCIONA EL MARCO REGULATORIO VIGENTE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

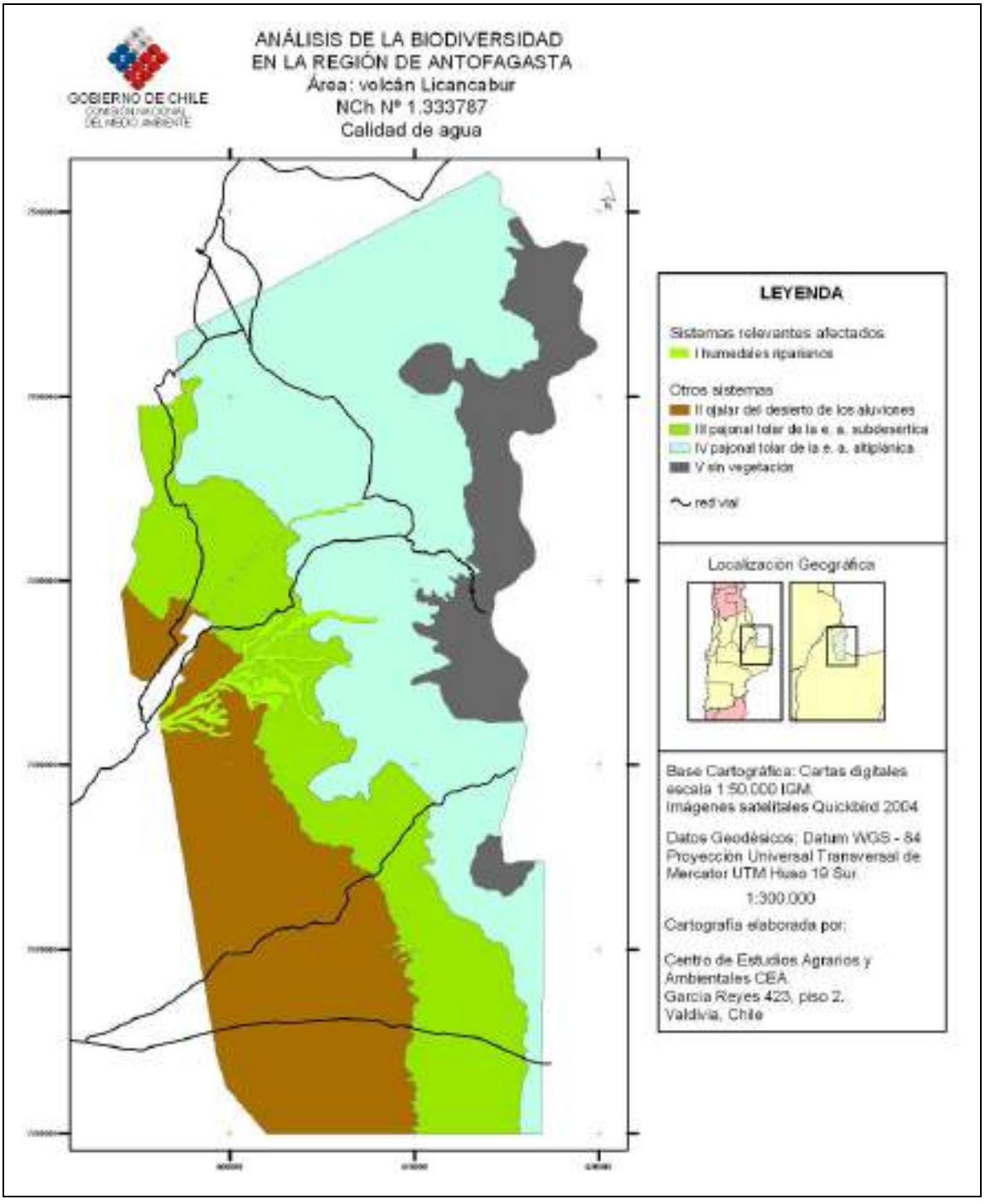


FIGURA 7-26. NCH Nº 1.333/87. DE CALIDAD DE AGUAS EN EL SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

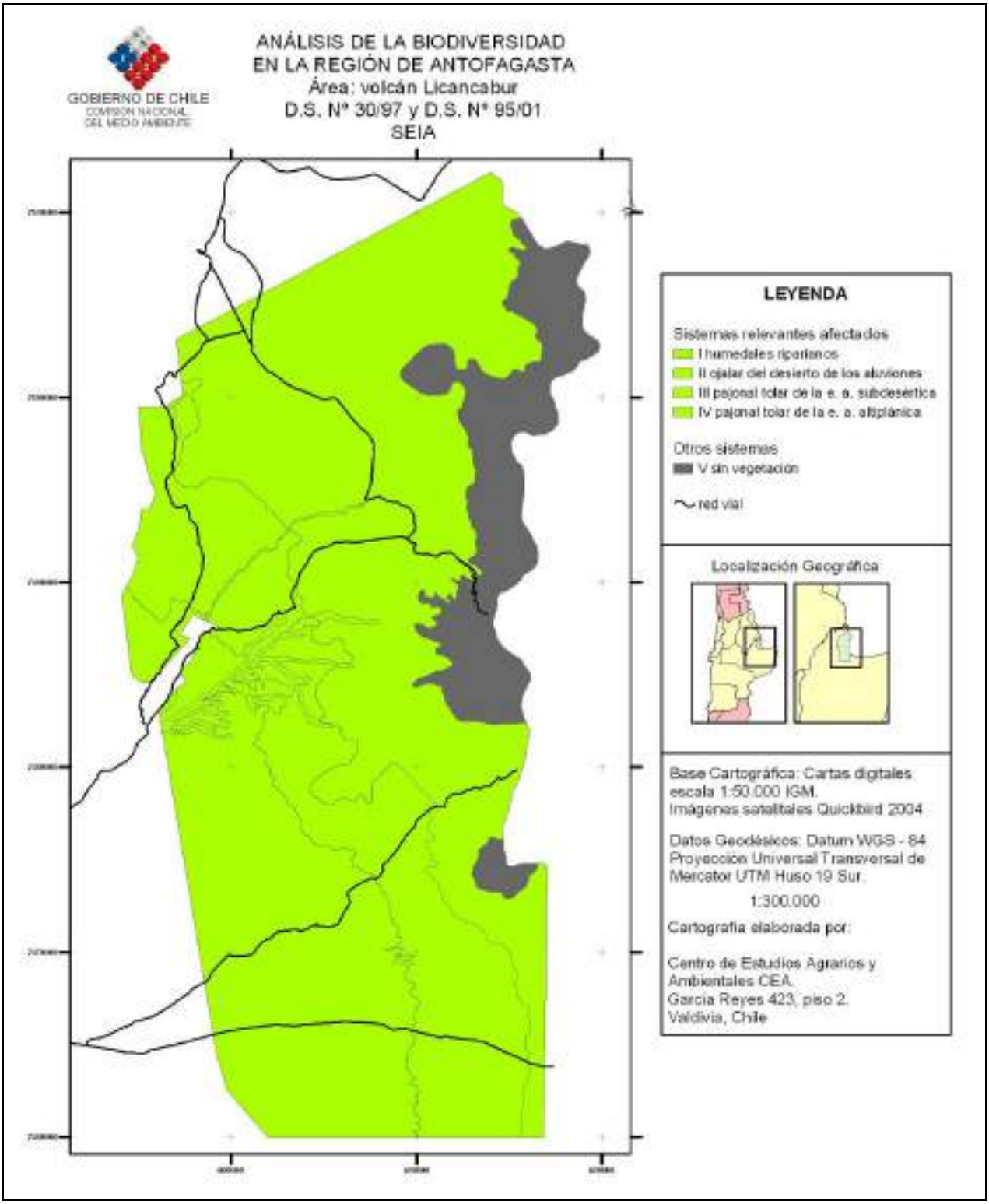


FIGURA 7-27. DS Nº 30/97 Y DS. Nº 95/01 REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. SITIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

Folio009264

3.5.2. Cartografía de síntesis de protección legal

Para la construcción de la carta de síntesis de la Protección Legal, se procedió a: a) reunir todas las normas jurídicas involucradas por sistema, para luego considerar tres parámetros. El primero es el **número de normas jurídicas (N)** que tienen efecto sobre el sistema objetivo. El segundo, la **especificidad (E),** se refiere a si la norma jurídica fue promulgada expresamente para los objetivos de conservación del sistema involucrado (valor 3), o si secundariamente puede considerarse (valor 2) y si, finalmente, sólo tangencialmente está involucrada en este objetivo de conservación sensu estricto (valor 1). El tercer parámetro es la **aplicabilidad (A)**, entendida como la posibilidad de aplicar una norma jurídica determinada en el área de estudio, así, si posee aplicabilidad cierta en la actualidad (valor3), si su aplicabilidad es baja porque faltan instrumentos para su aplicación (valor 2) y si existen restricciones para su aplicación (nivel 1). Los valores de estos tres parámetros se suman y luego se ponderan (multiplican) por la **jerarquía (J)** que la norma jurídica tiene. La máxima jerarquía (valor 3) es la Constitución Política y las leyes propiamente tales. La jerarquía media (valor 2) son los decretos con fuerza de ley y los decretos leyes. Finalmente las normas reglamentarias (e. g., reglamentos, simples decretos, instrucciones, decretos supremos, resoluciones) con un valor 1.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de estas valoraciones y ponderaciones para los dos sistemas considerados en el área de estudio.

TABLA 7-20. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA I HUMEDALES RIBEREÑOS DEL GUATÍN Y BOFEDAL, EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

LEGISLACIÓN VINCULADA AL SISTEMA I (HUMEDALES RIBEREÑOS Y BOFEDAL) ALREDEDORES VOLCÁN LICANCABUR					
NORMA JURÍDICA	Nº	ESPECIFICIDAD	APLICABILIDAD	JERARQUÍA	V=(E+A)*(J) VALORACIÓN
Ley Nº 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	1	3	3	3	18
DL Nº 3.485. DS Nº 971 Convención de Ramsar	2	3	1	2	8
D.S. Nº 141. Convención CITES	3	3	3	3	18
D.S. Nº 531. Convención de Washington	4	2	2	3	12
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	5	1	1	2	4
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	6	3	3	3	18
DS Nº 212/81. Convenio conservacion de la vicuña	7	3	3	3	18
DS N° 75/05. Reglamento clasificación de especies	8	3	3	1	6
DFL Nº 1.122/81. Código de aguas (Art. 58 a 67)	9	3	3	2	12
DS Nº 90/00 Norma de emisión	10	3	3	1	6
DS Nº 46/02 Norma de emisión	11	3	3	1	6
DL 19.82102 Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales.	12	3	3	2	12
NCh Nº 1.333/87. Norma de calidad de aguas	13	3	3	1	6
DS Nº 30/97 y DS Nº 95/01 Reglamentación del SEIA	14	3	3	1	6
TOTAL NORMAS	**14**				**150**

TABLA 7-21. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA II OJALAR DEL DESIERTO DE ALUVIONES, EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

LEGISLACIÓN VINCULADA AL SISTEMA II (TOLAR DE LA ESTEPA ARBUSTIVA PREPUNEÑA) ALREDEDORES VOLCÁN LICANCABUR					
NORMA JURÍDICA	Nº	ESPECIFICIDAD	APLICABILIDAD	JERARQUÍA	V=(E+A)*(J) VALORACIÓN
Ley Nº 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	1	3	3	3	18
D.S. Nº 141. Convención CITES	2	3	3	3	18
D.S. Nº 531. Convención de Washington	3	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	4	1	1	2	4
Ley Nº 19.473/96. Ley de caza	5	3	3	3	18
DS N° 75/05. Reglamento clasificación de especies	6	3	3	1	6
DS Nº 30/97 y DS Nº 95/01 Reglamentación del SEIA	7	3	3	1	6
TOTAL NORMAS	**7**				**88**

TABLA 7-22. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA III PAJONA/ TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA SUBDESÉRTICA, EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

LEGISLACIÓN VINCULADA AL SISTEMA III (PAJONAL/TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA SUBDESÉRTICA) ALREDEDORES VOLCÁN LICANCABUR					
NORMA JURÍDICA	Nº	ESPECIFICIDAD	APLICABILIDAD	JERARQUÍA	V=(E+A)*(J) VALORACIÓN
Ley Nº 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	1	3	3	3	18
D.S. Nº 141. Convención CITES	2	3	3	3	18
D.S. Nº 531. Convención de Washington	3	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	4	1	1	2	4
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	5	3	3	3	18
DS Nº 212/81. Convenio conservacion de la vicuña	6	3	3	3	18
DS N° 75/05. Reglamento clasificación de especies	7	3	3	1	6
DS Nº 30/97 y DS Nº 95/01 Reglamentación del SEIA	8	3	3	1	6
TOTAL NORMAS	**8**				**106**

Del análisis de las Tablas 7-20 y 7-23 que indican el resultado del procedimiento descrito, se puede concluir la valoración final de protección que presentan los cuatro ambientes identificados en el sitio Alrededores del Volcán Licancabur, como se muestra en la Tabla 7-24. En la Figura 7-28 se muestra la carta de síntesis de la protección legal del sitio Alrededores del Volcán Licancabur.

TABLA 7-23. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA IV PAJONA/ TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA ALTIPLÁNICA, EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

LEGISLACIÓN VINCULADA AL SISTEMA III (PAJONAL/TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA ALTIPLÁNICA) ALREDEDORES VOLCÁN LICANCABUR					
NORMA JURÍDICA	Nº	ESPECIFICIDAD	APLICABILIDAD	JERARQUÍA	V=(E+A)*(J) VALORACIÓN
Ley Nº 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	1	3	3	3	18
D.S. Nº 141. Convención CITES	2	3	3	3	18
D.S. Nº 531. Convención de Washington	3	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	4	1	1	2	4
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	5	3	3	3	18
DS Nº 212/81. Convenio conservacion de la vicuña	6	3	3	3	18
DS Nº 1528. Declara reservas forestales los yaretales	7	3	3	1	6
DS Nº 1427. Reglamenta la explotación de la yareta	8	3	3	1	6
DS N° 75/05. Reglamento clasificación de especies	9	3	3	1	6
DS Nº 30/97 y DS Nº 95/01 Reglamentación del SEIA	10	3	3	1	6
TOTAL NORMAS	**10**				**118**

TABLA 7-24. NIVEL DE PROTECCIÓN LEGAL POR AMBIENTE EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

SISTEMA	CÓDIGO	NIVEL DE PROTECCIÓN LEGAL	JUSTIFICACIÓN
Humedales ribereños y bofedal	I	Alto	Catorce normas jurídicas, siete de ellas con valoración > 12, actuando sobre un objeto focale de conservación, con una valoración total de 112
Ojalar del desierto de aluviones	II	Bajo	Siete normas jurídicas, cuatro de ellas con valoración > 12, actuando sobre cuatro objetos focales de conservación, con una valoración total de 88
Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	III	Medio	Ocho normas jurídicas, cinco de ellas con valoración > 12, actuando sobre tres objetos focales de conservación, con una valoración total de 106.
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	IV	Alto	Diez normas jurídicas, cinco de ellas con valoración > 12, actuando sobre cinco objetos focales de conservación, con una valoración total de 118.

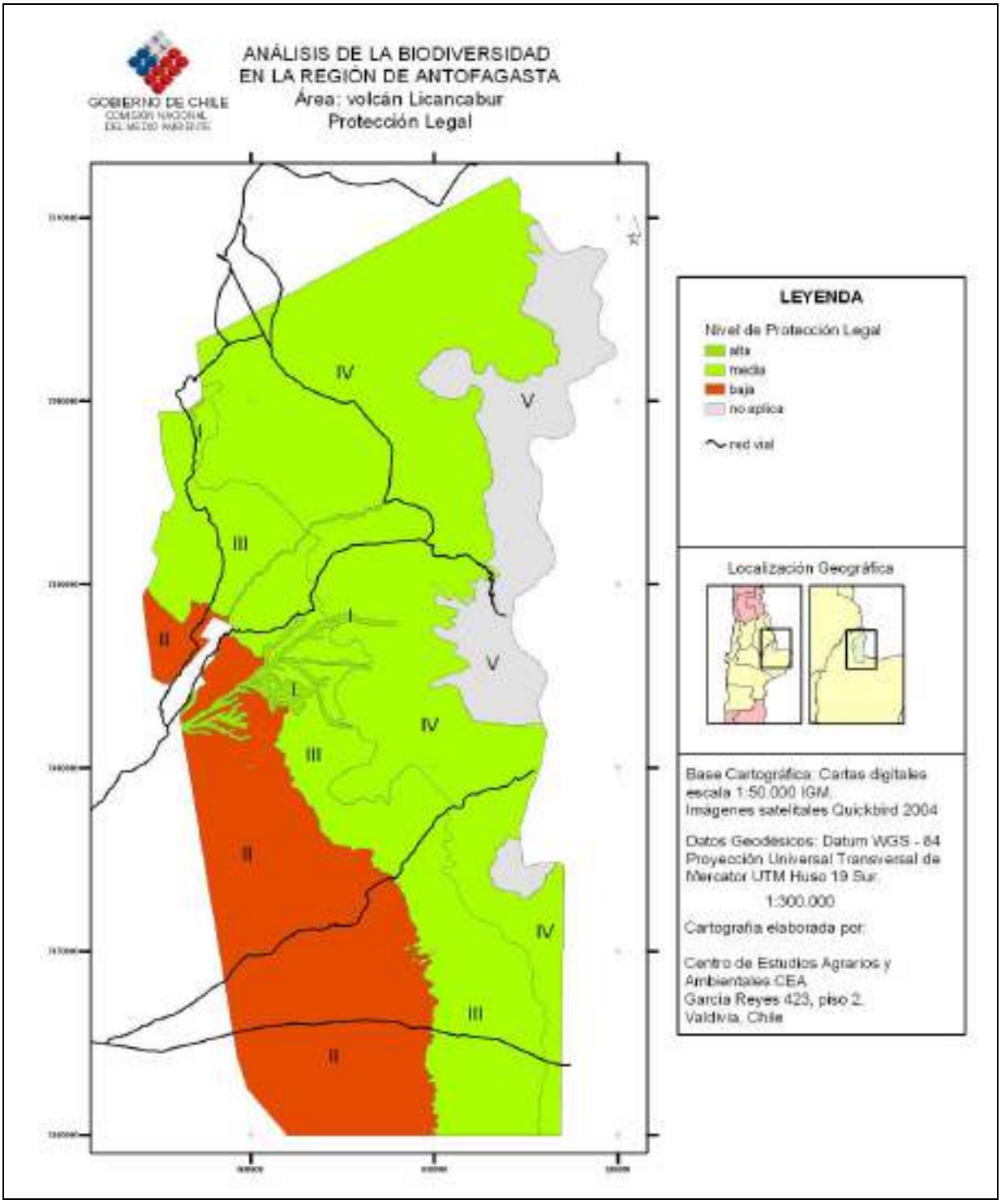


FIGURA 7-28. CARTA DE SÍNTESIS DE LA PROTECCIÓN LEGAL DEL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR

3.6. Competencias institucionales

La existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y más aún responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales pone de manifiesto superposición de funciones y pocas posibilidades de coordinación (Hermosilla 2004).

La institucionalidad ambiental en la Ley 19.300

A continuación se presenta con mayor detalle la institucionalidad ambiental en la Ley 19.300 por ser esta la ley más relevante en materia ambiental.

La Ley 19.300 en su título final, párrafos 1, 2, 3, 4 y 5, se refiere a la institucionalidad ambiental. En el Art. 69 se crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, como un servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República, a través del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Los órganos de CONAMA son: el Consejo Directivo, la Dirección Ejecutiva, el Consejo Consultivo y las Comisiones Regionales del Medio Ambiente o COREMAS.

El Consejo Directivo

El Consejo Directivo tiene a su cargo la Dirección Superior de CONAMA y está formado por 13 ministros: el ministro Secretario General de la Presidencia, quien lo preside con el título de presidente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente; ministros de Relaciones Exteriores, Defensa Nacional, Economía Fomento y Reconstrucción, Planificación y Cooperación, Educación, Obras Públicas, Salud, Vivienda y Urbanismo, Agricultura, Minería, Transportes y Telecomunicaciones y Bienes Nacionales. Entre los ministros que no forman parte de este Consejo está el ministro de Hacienda, a pesar de la importancia que tiene para la política nacional ambiental (Fernández 1998). Los acuerdos que adopte este Consejo Directivo de CONAMA, deberán ser ejecutados por los organismos del Estado competentes.

Dirección Ejecutiva

De conformidad al Art. 75 del párrafo 3° de la Ley 19.300, la administración de la Comisión Nacional del Medio Ambiente corresponde al director ejecutivo, quien es designado por el Presidente de la República. Este director ejecutivo es el jefe superior del servicio.

Consejo Consultivo

Otro de los órganos pertenecientes a la institucionalidad creada por la Ley 19.300 es el Consejo Consultivo que tiene por objeto absolver las consultas que le formule el Consejo Directivo, emitir opiniones sobre los anteproyectos de ley y decretos supremos que fijen normas de calidad ambiental, de preservación de la naturaleza y conservación del patrimonio ambiental, planes de prevención y de descontaminación, regulaciones especiales de emisiones y normas de emisión

que les sean sometidos a su conocimiento, además de ejercer las funciones que le encomiende el Consejo Directivo y la ley.

Este Consejo Consultivo está formado por las siguientes personas: dos científicos propuestos en quina por el Consejo de Rectores de las universidades chilenas, dos representantes de organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro que tengan por objeto la protección del medio ambiente, dos representantes de centros académicos independientes que estudien o se ocupen de materias ambientales, dos representantes del empresariado, dos representantes de los trabajadores y un representante del Presidente de la República. Estos consejeros son nombrados por el Presidente de la República por un período de dos años, prorrogables por una sola vez.

Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAS)

La Comisión Nacional del Medio Ambiente se desconcentra territorialmente a través de las Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAs). En cada región del país existe una COREMA que está integrada por el intendente de la región, quien la preside; los gobernadores provinciales de la región, los SEREMIs de los ministerios que forman el Consejo Directivo, cuatro consejeros regionales elegidos por el respectivo Consejo y por el director regional de la Comisión del Medio Ambiente, que actúa como secretario. Conforme a la ley, corresponde a las Comisiones Regionales coordinar la gestión ambiental en el nivel regional y cumplir las demás funciones que le encomiende la ley. Con respecto a los SEREMIs de los ministerios señalados por el Art. 71 y que forman parte del Consejo Directivo, es necesario tener presente que estos no existen a nivel del Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio Secretaría General de la Presidencia y Ministerio de Defensa.

Comité Técnico

En cada COREMA existe un Comité Técnico integrado por el director regional del Medio Ambiente, quien lo preside, y por los directores regionales de los servicios públicos con competencia en materia de medio ambiente, incluyendo entre ellos al gobernador marítimo correspondiente. Este Comité Técnico es de extraordinaria importancia, ya que es el organismo que hace el análisis técnico de los estudios de impacto ambiental, formulando las recomendaciones pertinentes para su modificación, aprobación o rechazo del mismo. Su informe, si bien es cierto no ha sido debidamente considerado por los COREMAs, sí lo ha sido por la jurisprudencia de los Tribunales de Justicia, los que han tomado en cuenta sus juicios para dirimir los conflictos que han sido sometidos a su competencia.

Consejo Consultivo Regional

En cada COREMA existe un Consejo Consultivo Regional de Medio Ambiente, cuyos miembros son nombrados por el intendente regional, a propuesta en nómina de las respectivas organizaciones que ellos representan. Así, cada Consejo Consultivo Regional está formado por dos científicos, dos representantes de ONGs que tengan por objeto la protección o estudio del medio ambiente, dos representantes del empresariado, dos representantes de los trabajadores y un representante del intendente regional. Su duración en el cargo es de dos años. Son

funciones de estos Consejos Consultivos Regionales dar respuesta a las consultas que le formule la Comisión Regional del Medio Ambiente.

Institucionalidad ambiental sectorial

Sin perjuicio de las facultades ambientales que la ley entrega a CONAMA, existen atribuciones ambientales en la mayoría de los ministerios que se ejercen, ya sea a través de las llamadas Unidades Ambientales, o bien, de los servicios públicos con competencias ambientales otorgadas por la ley.

Unidades Ambientales

En algunos ministerios existen las llamadas Unidades Ambientales, cuyo origen es reciente. Su objetivo es colaborar con CONAMA, en especial en apoyo al proceso de evaluación de impacto ambiental. De este modo se potenciaría la capacidad de cada ministerio de responsabilizarse por la gestión de su sector. Además de esta función, estas Unidades Ambientales tienen algunos otros objetivos, como por ejemplo, asesorar al ministro en la representación del sector en la propia CONAMA, definir políticas y líneas de acción para el sector, diagnosticar el impacto ambiental y evaluar los estudios de impacto ambiental, contribuir a la elaboración de la legislación ambiental, promover la formación de recursos humanos en esta área, asesorar en la elaboración de planes de descontaminación, detectar y diagnosticar soluciones a problemas ambientales en el ámbito de su ministerio, etc. En algunos ministerios existen grupos organizados de personas dedicadas a funciones ambientales. Los ministerios que cuentan con Unidades Ambientales hasta el momento son: Economía, Fomento y Reconstrucción, Obras Públicas, Agricultura, Bienes Nacionales, Salud, Minería, Vivienda y Urbanismo, Transportes y Telecomunicaciones, Planificación y Cooperación, Educación, Defensa Nacional, Relaciones Exteriores e Interior.

Servicios públicos con competencia ambiental

Entre las principales instituciones involucradas en la gestión ambiental, podemos citar las siguientes: Ministerio del Interior (ONEMI), Ministerio de Relaciones Exteriores (Dirección del Medio Ambiente, el IChA), Ministerio de Economía (Subsecretaría de Pesca, SERNAPESCA, CORFO, Comisión Nacional de Riego, INFOR, INIBP, PONTEE, SIREN, SERNATUR), Ministerio de Educación (CONICYT, Consejo de Monumentos Nacionales), Ministerio de Defensa Nacional (Directemar, SHOA), Ministerio de Obras Públicas (Dirección de Riego, DGA, SISS), Ministerio de Agricultura (SAG, CONAF), Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Salud (SESMA, Servicio de Salud, ISP), Ministerio de Minería (COCHILCO, SERNAGEOMIN, Comisión Chilena de Energía Nuclear, Comisión Nacional de Energía), Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (Subsecretaría de Transportes), Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo), Ministerio de Planificación y Cooperación (CONADI).

Los ministerios antes nombrados con sus respectivos servicios serían los de mayor injerencia ambiental, ya que abarcan diferentes tópicos, como la planificación ambiental sectorial, regulaciones, control ambiental, formación ambiental, prestación de servicios ambientales y reparación de daños ambientales.

Consejo de Defensa del Estado

Además de los órganos citados, posee competencia ambiental el Consejo de Defensa del Estado, el cual tiene una acción de reparación o acción ambiental y una acción indemnizadora.

Competencia ambiental de las municipalidades

Las municipalidades tienen importantes atribuciones ambientales que emanan de la Ley 19.300 y de su propia Ley Orgánica 18.695. Así el Art. 23 de la Ley de Bases del Medio Ambiente establece que los gobernadores, conjuntamente con las COREMAs, deberán coordinar con las municipalidades de su provincia el cumplimiento de lo establecido en el párrafo 2° de la Ley 19.300, que se refiere al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en lo que les sea de su competencia. Por su parte, el Art. 31 señala que las COREMAs deben remitir a las municipalidades, en cuyo ámbito comunal se realizarán las obras o actividades que contemple el proyecto bajo evaluación, una copia del extracto del Estudio de Impacto Ambiental y las listas de los proyectos o actividades sujetos a Declaración de Impacto Ambiental.

En materia de daños, la Ley 19.300 señala que cualquier persona puede exigir a la municipalidad en cuyo territorio se desarrollen actividades que causen daño al medio ambiente que ésta deduzca la acción ambiental, de no hacerlo, la hará solidaria de los perjuicios que el hecho denunciado ocasione, a menos que dentro de un plazo de 45 días haya hecho ver al requirente -fundadamente- que no iniciará acción.

Además, conforme al artículo 56 de la Ley 19.300, las municipalidades y demás órganos competentes del Estado podrán requerir del juez sanciones para los responsables de fuentes emisoras que no cumplan planes de prevención o descontaminación o con las regulaciones especiales para situaciones de emergencia o por incumplimiento de los planes de manejo.

En relación con su ley orgánica citada, las municipalidades tienen también importantes funciones en materia ambiental. Desde luego, pueden desarrollar actividades en la organización de la comunidad, elemento clave en el cumplimiento de las normativas ambientales, en el desarrollo de proyectos ambientales y en la defensa de los intereses de la comunidad.

Además de su participación activa con los grupos de base, tiene funciones de incidencia ambiental específicas como la aplicación de disposiciones sobre transporte y tránsito público dentro de su territorio comunal en la forma señalada en la ley y sin que contravengan disposiciones sobre la materia dictadas por el Ministerio de Transporte; la planificación y regulación urbana de su comuna y la confección del plan regulador comunal; dictar normas sobre aseo y ornato; desarrollar directamente o bien con otros órganos de Administración del Estado, como podría ser CONAMA, funciones relacionadas con la protección ambiental; el turismo; la recaudación, etc.

3.6.3. En relación a los tratados internacionales

Convención de Washington

Las instituciones con competencia en su implementación son: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y

Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), la Subsecretaría de Pesca, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), el Consejo de Monumentos Nacionales, la Comisión Nacional de Diversidad Biológica, organismo asesor de la Comisión, el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Ministerio de Bienes Nacionales y el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR).

Convención Ramsar

Las siguientes instituciones tienen competencia en la implementación del Convenio Relativo a Los Humedales de Importancia Internacional. (Convención Ramsar): la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), el Museo Nacional de Historia Natural y el Ministerio de Relaciones Exteriores.

Convención sobre Diversidad Biológica

Las siguientes instituciones tienen competencia en la implementación de la Convención en Chile: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), la Subsecretaría de Pesca, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), Comisión Nacional de Diversidad Biológica y Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).

Convención CITES

Las instituciones con competencias en esta convención son el SAG y CONAF.

Como puede apreciarse existe una gran diversidad y número de instituciones sectoriales que intervienen en estos asuntos y los diferentes campos de intervención que atañen a cada institución. Esta situación se repite en la aplicación de muchas leyes.

3.6.4. En los aspectos de fiscalización

La fiscalización es un componente de gran relevancia en el cumplimiento de las leyes, aspecto que adolece de grandes deficiencias en su aplicación ya sea por aspectos de asignación presupuestaria como de personal. En la Tabla 7-25 se presentan las instituciones de fiscalización que tienen objetivos ambientales, las cuales abarcan distintos componentes del medio ambiente en el ejercicio de sus funciones fiscalizadoras (Tabla 7-26).

TABLA 7-25. INSTITUCIONES FISCALIZADORAS Y SUS OBJETIVOS AMBIENTALES.

INSTITUCIÓN	NORMA QUE ORIGINA LA INSTITUCIÓN	OBJETIVOS INSTITUCIONALES
Aduanas	DFL Nº 30 del 13/04/83	Vigilar el paso de mercancías por las costas, fronteras y aeropuertos de la República, que perjudiquen los componentes del ambiente y la salud humana.
CONAF	Ley 18.348 del 27/12/1984 DS 728 de 1970	Contribuir a la protección, conservación, incremento, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales del país, con el fin de lograr un rápido crecimiento y desarrollo de la actividad forestal productiva, en términos conciliables con la protección y conservación del bosque y su medio ambiente.
DGA	Ley 16.640 del 28/7/67	Resguardar y planificar el recurso agua. Velar por el cumplimiento del Código de Aguas.
DIRECTEMAR	DS Nº 1.340, DS Nº 1 Ministerio de Defensa ampliada y potenciada por el DL 2.222	Aplicar y fiscalizar el cumplimiento de la Ley de Navegación, de los convenios internacionales y de las normas legales y reglamentarias relacionadas con sus funciones. Preservar el medio ambiente acuático y la navegación de las aguas sometidas a su jurisdicción.
Municipalidades	Ley Orgánica de Municipalidades Nº 18.695 del 31/3/88	Satisfacer las necesidades de la comunidad y asegurar su participación en el proceso económico, cultural y social. Velar por el cumplimiento de la normativa ambiental vigente de acuerdo a la ley y reglamentos. Realizar actividades de prevención del deterioro ambiental y educativas.
SAG	Ley 18.775	Contribuir al desarrollo agropecuario del país mediante la protección y conservación de los recursos naturales renovables que inciden en la producción agropecuaria del país. Aplicar el cumplimiento de las normas legales y reglamentarias sobre prevención y erradicación de las plagas vegetales y enfermedades transmisibles de los animales. Promover las medidas tendientes a asegurar la conservación de los suelos y aguas que eviten la erosión de éstos, y mejoren su fertilidad y drenaje.
SERNAGEOMÍN	DL 3.525 26/11980	Fiscalizar los tranques de relaves que puedan causar algún daño en el ambiente. Desarrollar la investigación geológica aplicada aportando información técnica y científica asociada a eventos de la naturaleza que sirvan de base para la planificación del uso de áreas territoriales.
SERNAPESCA	DFL Nº 2.442 de 1978 y el DFL Nº 1 de 1992	Ejecutar la política pesquera nacional y fiscalizar su cumplimiento, en especial, velar por la debida aplicación de las normas legales y reglamentarias sobre pesca, caza marítima y demás formas de explotación de recursos hidrobiológicos.
Autoridad Sanitaria (Servicios de Salud)	DL Nº 2.763, de 1979	Proteger la salud humana de los daños potenciales existentes en el ambiente. Velar por el cumplimiento del Código Sanitario, sus reglamentos y decretos.
SISS	Ley Nº 18.902 del 27/01/90	Fiscalizar a las empresas prestadoras de servicios sanitarios. Interpretar y velar por el cumplimiento de las normas relativas a los servicios sanitarios. Proponer normas técnicas relativas al diseño, construcción y explotación de servicios sanitarios. Controlar las empresas que emiten residuos líquidos. Proponer normas técnicas relativas a la descarga de RILES. Aplicar las sanciones a los prestadores de servicios sanitarios.
Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad	Ley 15.840, Art. 16 (modificada por Art. 19 de la Ley 18.267, Art. 2 de la Ley 18.373, DFL 205 de 1976.	Coordinar las acciones que permitan una adecuada preservación del medio ambiente en todos aquellos aspectos que tengan relación con las obras viales. Asesorar al nivel directivo en materia ambiental, proponiendo la clasificación de los proyectos desde el punto de vista ambiental. Promover la adecuada coordinación entre las unidades de la Dirección de Vialidad, los bancos internacionales de crédito y otros organismos internos o ajenos al MOP, teniendo presente la legislación y normas vigentes sobre la materia. Proponer normas, procedimientos y metodologías para el estudio y mitigación de los impactos ambientales. Proponer y llevar a cabo acciones de supervisión, seguimiento y monitoreo de obras en construcción u operación en lo relativo a los aspectos ambientales, y proponer medidas específicas para el control de los impactos negativos asociados al proyecto.

TABLA 7-26. INSTITUCIONES Y AREA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL POR ORGANISMO

AREA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL POR ORGANISMO													
ORGANISMO	COMPONENTES DEL AMBIENTE									EMISIONES AL AMBIENTE			
	Aire	Aguas Superficiales	Aguas Subterráneas	Aguas Marítimas	Suelos	Flora	Fauna	Paisaje	Áreas Silvestres	Emisiones Atmosféricas	RILES	Residuos Sólidos	Ruidos y Vibraciones
Aduanas						X	X					X	
CONAF						X	X	X	X				
DGA		X	X										
DIRECTEMAR		X		X					X		X		
Depto. Fisc. del MINTRATEL										X			
Municipalidades		X			X					X	X	X	X
SAG	X	X	X		X	X	X			X			
SERNAGEOMIN					X							X	
SERNAP		X		X			X						
Autoridad Sanitaria (Serv. Salud reg.)	X	X	X	X						X	X	X	X
SISS										X	X		
Depto. Vialidad del MOP						X		X					

Adicionalmente Carabineros de Chile también posee atribuciones fiscalizadoras en el ámbito forestal y de fauna.

3.6.5. Institucionalidad ambiental en el área de estudio

En la Tabla 7-27 se muestra una compilación de la institucionalidad que se vincula con la normativa asociada al resguardo de los sistemas relevantes en el sitio Alrededores del Volcán Licancabur, en los diferentes aspectos analizados previamente.

TABLA 7-27. INSTITUCIONALIDAD VINCULADA A LOS SISTEMAS RELEVANTES.

SISTEMA	CÓDIGO	SERVICIOS/MINISTERIOS VINCULADOS	NÚMERO DE INSTITUCIONES	PROTECCIÓN INSTITUCIONAL
Humedales ribereños y bofedal	I	CONAMA SAG DGA SISS Autoridad Sanitaria (Servicio Salud) Instituto Nacional de Normalización Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Economía, Sub.Sec. de Pesca Ministerio de Agricultura Ministerio de Justicia Ministerio de Salud Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Relaciones Exteriores	14	Alta
Ojalar del desierto de aluviones	II	CONAMA SAG CONAF SERNAGEOMIN Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio de Bienes Nacionales Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Minería	11	Alta
Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	III	CONAMA SAG CONAF SERNAGEOMIN Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio de Bienes Nacionales Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Minería	11	Alta
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	IV	CONAMA SAG CONAF SERNAGEOMIN Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio de Bienes Nacionales Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Minería	11	Alta

Como puede apreciarse ambos sistemas poseen una alta injerencia de instituciones en aspectos normativos y de competencias legales, siendo el sistema vinculado con los cuerpos de agua es el que posee una mayor protección.

3.6.6. Cartografía de la institucionalidad

El propósito de representar cartográficamente la institucionalidad ambiental con competencias en el área de estudio es establecer la protección ambiental de los distintos sistemas, la que se expresa, en la medida que se detectan diferencias entre los sistemas, que no es el caso para este estudio. Así en la Fig. 7-29 se muestra una carta de protección institucional considerando el **número total de instituciones vinculadas con cada sistema (N)**. Para una eventual construcción de esta carta con mayor desagregación (fuera de los objetivos de este estudio), se pueden considerar, además la **especificidad de la institución (E)** que tienen efecto sobre el sistema objetivo, la **presencia local (P),** referido a si la institución tiene presencia permanente en el lugar, por ejemplo a través de una oficina local (valor 3), o si su presencia es provincial (valor 2) y si sólo está presente a nivel regional (valor 1). Un cuarto parámetro podría ser la **capacidad fiscalizadora (F)**, entendida como la posibilidad concreta y material de ejercer una capacidad de fiscalización permanente en el cumplimiento de las normas jurídicas que aplican en el área de estudio. La caracterización y análisis de estos parámetros adicionales deberían ser hechos en un estudio monográfico específico y con paneles de expertos multisectoriales.

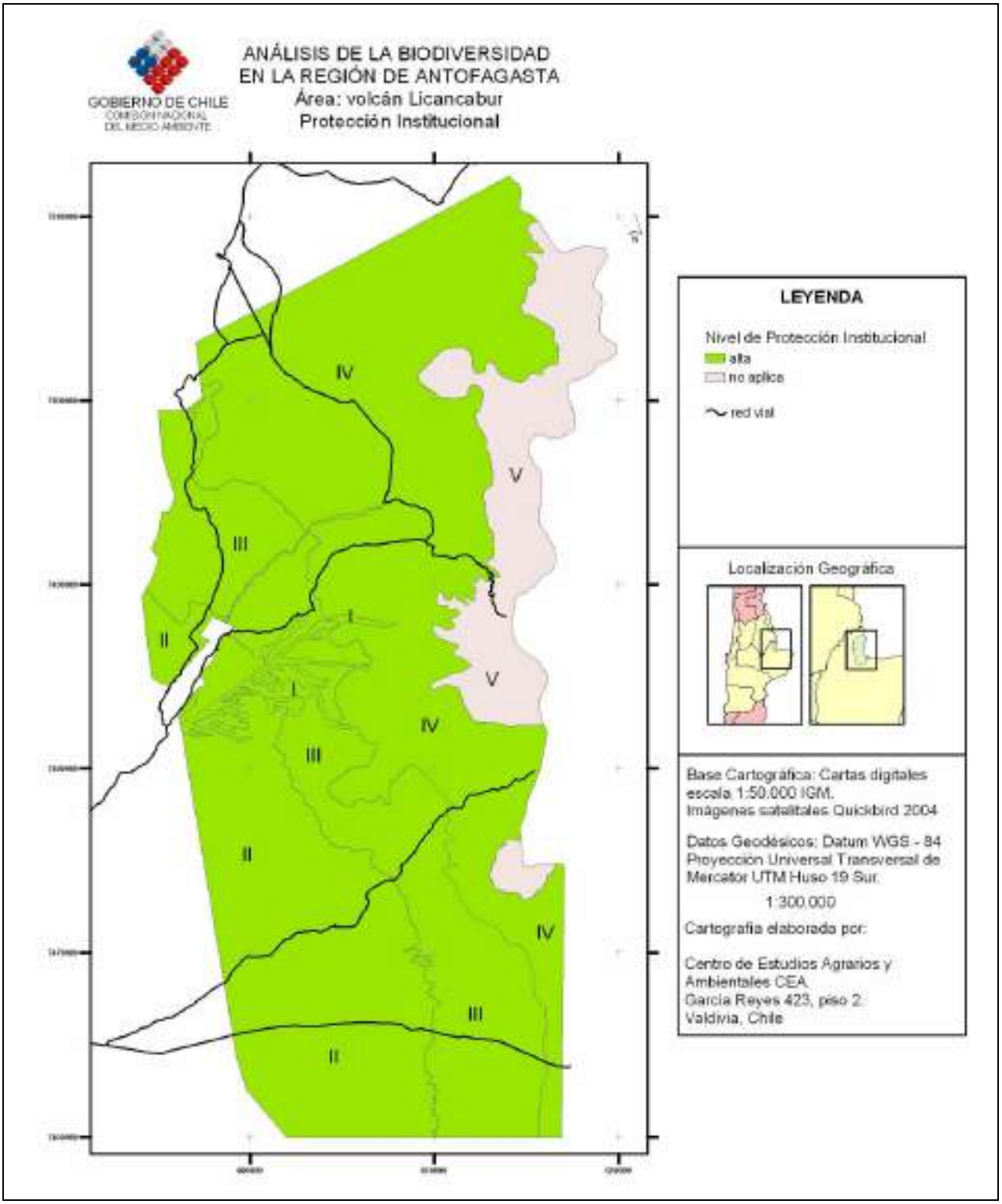


FIGURA 7-29. CARTA DE PROTECCIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR.

4. CONCLUSIONES

Existen 14 normas jurídicas que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos, siete que tendrían influencia sobre la conservación del ojalar del desierto de aluviones, ocho sobre el pajonal/tolar de la estepa arbustiva prepuneña y diez sobre el pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica.

Se considera así, que la protección es alta en los humedales ribereños y bofedales, baja en el ojalar y media en los ambientes de pajonal/tolar.

El sistema hídrico es el componente ambiental de mayor protección en relación a la cantidad de regulaciones que lo afectan. Algunas de éstas abordan el ambiente en su conjunto, otras se refieren a la calidad del agua y a la protección de acuíferos y algunas se orientan a la protección de especies asociadas a ese ambiente.

Los ambientes terrestres poseen pocas regulaciones que podrían aplicarse a su conservación en su dimensión ecosistémica, sino que más bien se orientan a especies (caza, extracción, comercio, clasificación) lo cual, si bien en la representación cartográfica se extrapola a todo el ambiente al cual se asocia esa especie, en la práctica estamos ciertos que no garantizarán su conservación.

No existe una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios. Dentro de este contexto, se aprecia una ausencia, en el Ordenamiento Jurídico, de manifestaciones concretas del Principio de Precaución, al que obliga la adhesión al Convenio sobre Diversidad Biológica y la Convención de Ramsar.

La existencia de muchos servicios y organismos estatales, con competencias sectoriales sobre la biodiversidad, y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales, ponen de manifiesto la superposición de funciones y pocas posibilidades de coordinación, aspectos que debieran subsanarse a futuro con la reciente creación del Ministerio de Medio Ambiente.

Existe una enorme dispersión dentro de las normas con contenido ambiental, como así mismo una gran diferencia de rango normativo, lo cual acusa la falta de una Política Nacional orientadora de la normativa de protección del patrimonio natural, y muy especialmente de la diversidad biológica. Luego, la elaboración de una Estrategia Nacional de protección y conservación de la biodiversidad debiera definirse dentro del marco de una Política Nacional de protección a la Naturaleza, que hoy no existe.

Potencialmente existirían las normas jurídicas suficientes para proteger y resguardar las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados.

CAPÍTULO VIII
ZONIFICACIÓN

CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN

1. ASPECTOS GENERALES

De acuerdo con la información recolectada en las campañas de terreno, las características de las amenazas sobre los recursos naturales y la capacidad de protección territorial que otorga la normativa vigente en nuestro país, se construyó un modelo de zonificación que debería constituir la base territorial para que en una etapa siguiente se puedan delinear las actividades de manejo del área de interés a una escala más fina para el sector de Volcán Licancabur.

Esta zonificación es entendida como parte de un proceso de ordenamiento territorial que consiste en definir la superficie del área de interés en zonas con un manejo o destino homogéneo que en el futuro serán sometidas a determinadas normas de uso a fin de cumplir los objetivos planteados para el área.

Como resultado, el siguiente procedimiento establece los valores de importancia de las áreas con respecto al objetivo de conservación. De este modo, y de acuerdo a un valor de las variables de 1 a 3, se obtiene mediante un proceso sumativo de overlay las prioridades de conservación.

El trabajo de zonificación se ha desarrollado utilizando sistemas de información geográficos, los que permiten establecer un nexo entre la expresión gráfica y alfanumérica de la información, localizando y cualificando las áreas resultantes de los procesos de overlay, de manera de establecer prioridades de uso en cada área resultante. Se ha utilizado el software ArcView 3.2a y sus extensiones Spatial Analyst 2.0a, el programa Model Builder 1.1 para la construcción y diseño de los procedimientos de cálculo.

2. UNIFORMIDAD DEL TERRITORIO

El territorio de análisis está comprendido básicamente por unidades de paisaje descriptoras de biodiversidad, amenazas y protección legal. Esta información fue generada de acuerdo a pasos anteriores que establecen rangos de tres variables para cada uno de los parámetros antes mencionados.

Sin embargo, la aplicación y utilización de la información territorial requiere de un correcto levantamiento de información de flora y fauna y el relevamiento espacial de los niveles de menaza y protección legal. Estos pasos fueron explicados anteriormente en los capítulos respectivos.

El área Volcán Licancabur sometido a estudio corresponde a 93.934 ha, de ellas el 41% corresponde a pajonal de la estepa andina altiplánica, 22% al pajonal de la estepa andina subdesértica, 24% al ojalar del desierto de los aluviones y sólo un 1% de esta superficie corresponde a humedales altoandinos y riparianos, aunque esta superficie alcanza las 1640 ha. A su vez, existen más de 10.700 ha de áreas sin vegetación (Tabla 8-1).

TABLA 8-1. SUPERFICIES DE USO DEL SUELO EN EL SECTOR VOLCÁN LICANCABUR.

Uso de Suelo	ha	%
Humedales altoandinos	239,7	0%
Humedales riparianos	1.407,9	1%
Ojalar del desierto de los aluviones	22.365,3	24%
Pajonal tolar de la estepa andina altiplánica	38.877,2	41%
Pajonal tolar de la estepa andina subdesértica	20.342,3	22%
Sin vegetación	10.701,5	11%
Total general	93.934,1	

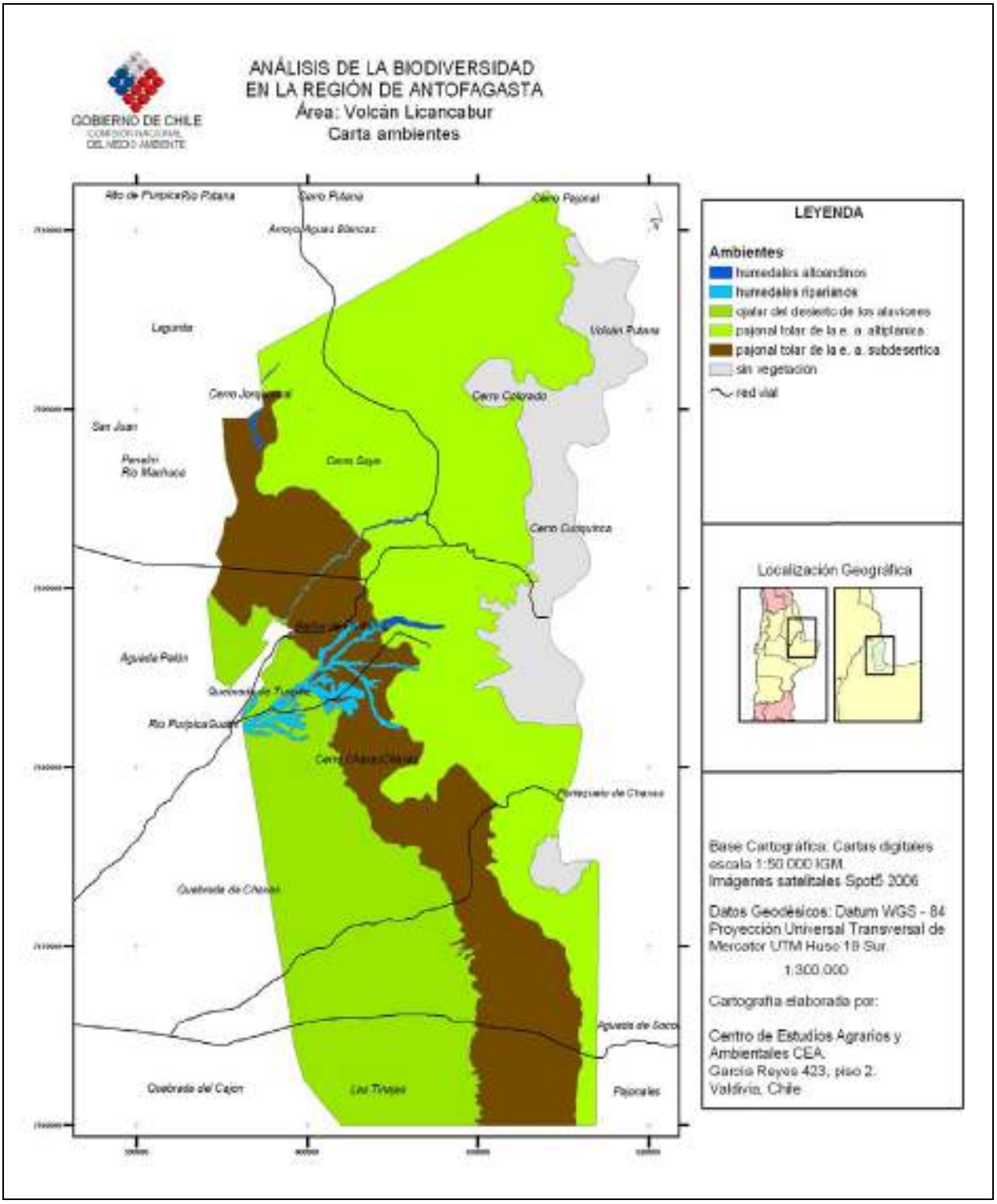


FIGURA 8-1. DISTRIBUCIÓN DE LAS FORMACIONES VEGETACIONALES EN VOLCÁN LICANCABUR.

Valor de Importancia del ambiente (Vimp)

Está determinado por la sumatoria de las riquezas de flora y fauna, número de especies endémicas y número de especies amenazadas de cada una de las áreas identificadas en el sitio Volcán Licancabur. De acuerdo a los valores resultantes, se determinó una jerarquía de las unidades cartográficas homogéneas como de alto valor, medio valor, bajo valor y sin información (n/a), cada variable fue explayada en los capítulos respectivos de flora y fauna. La expresión territorial de esta asignación se presenta en la siguiente figura.

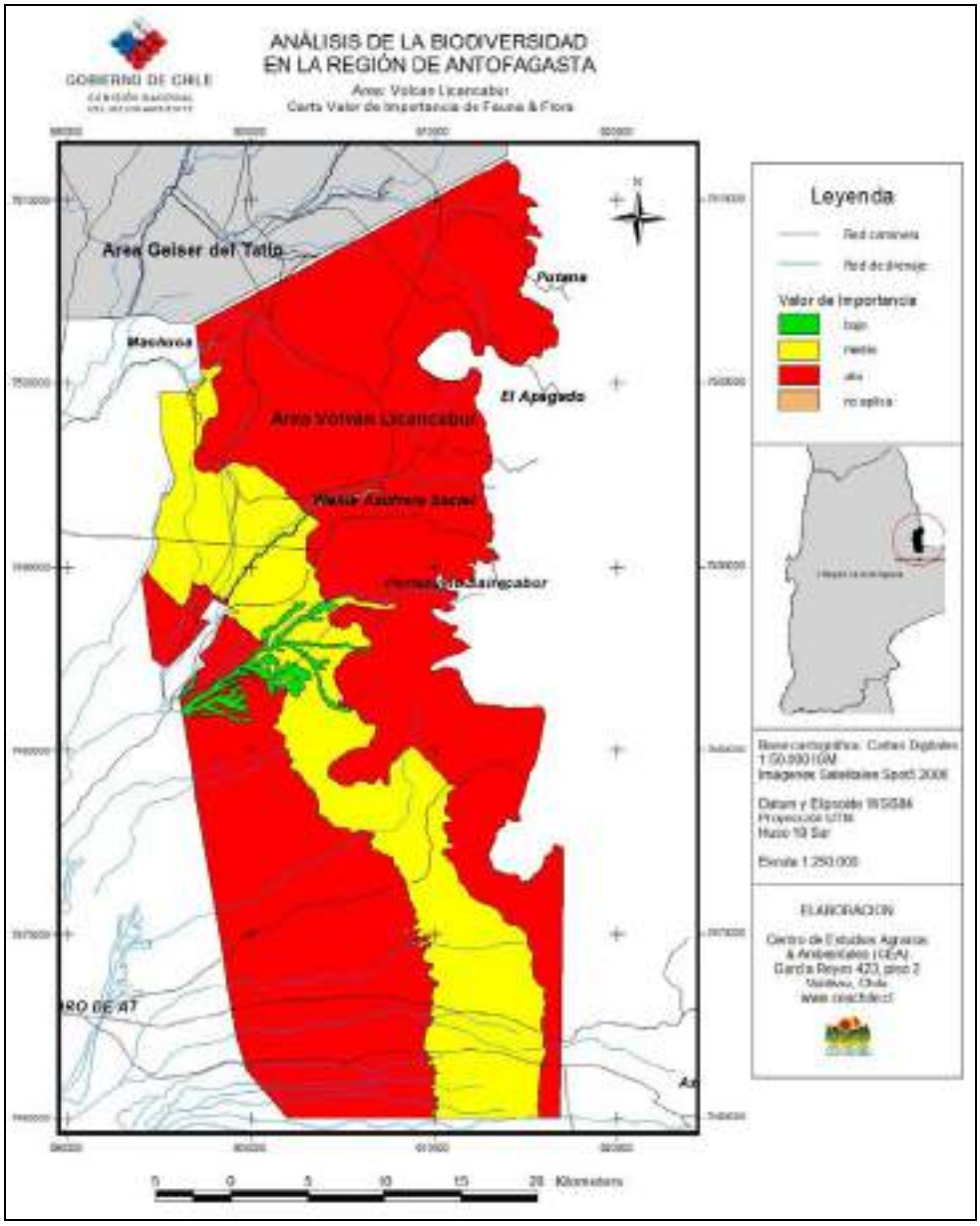


FIGURA 8-2. MAPA DE VALOR DE IMPORTANCIA DEL AMBIENTE.

Valor de protección Jurídica (Vp)

Se expresaron territorialmente 20 normas existentes en Chile en relación a la protección ambiental del sitio de estudio. El resultado fue un mapa de ponderaciones donde en cada área se cruzaban las distintas normas. De este modo se determinaron las áreas de alta protección legal, media protección legal, baja protección legal y sin información.

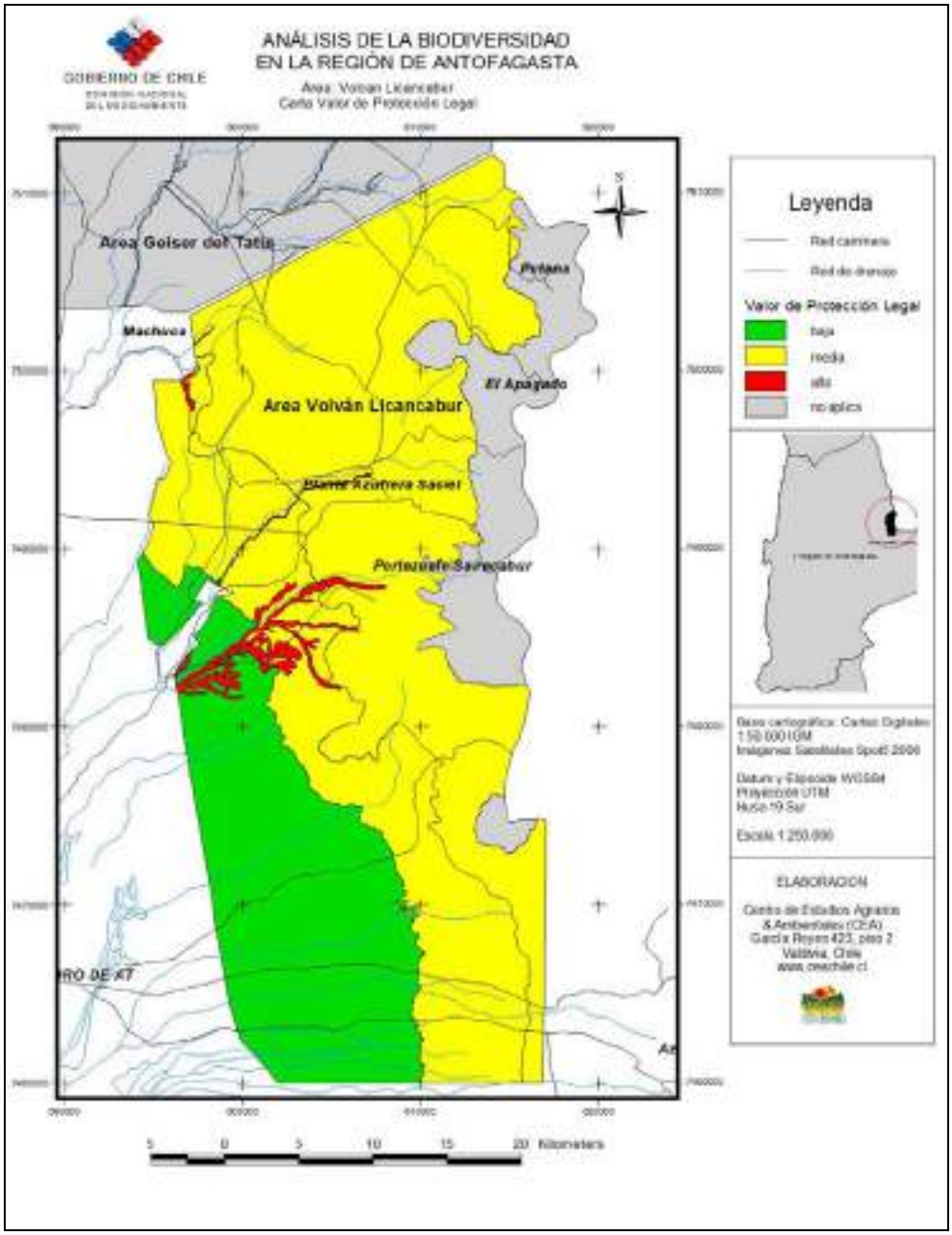


FIGURA 8-3. MAPA DE PROTECCIÓN LEGAL.

Valor de Amenazas (Va)

El valor de amenazas se construyó en base a los usos actuales y potenciales registrados en el área de estudio, tanto mediante el relevamiento de la información como en las encuestas aplicadas. También se definieron tres niveles de amenaza; áreas de alta amenaza, media amenaza, baja amenaza y sin información.

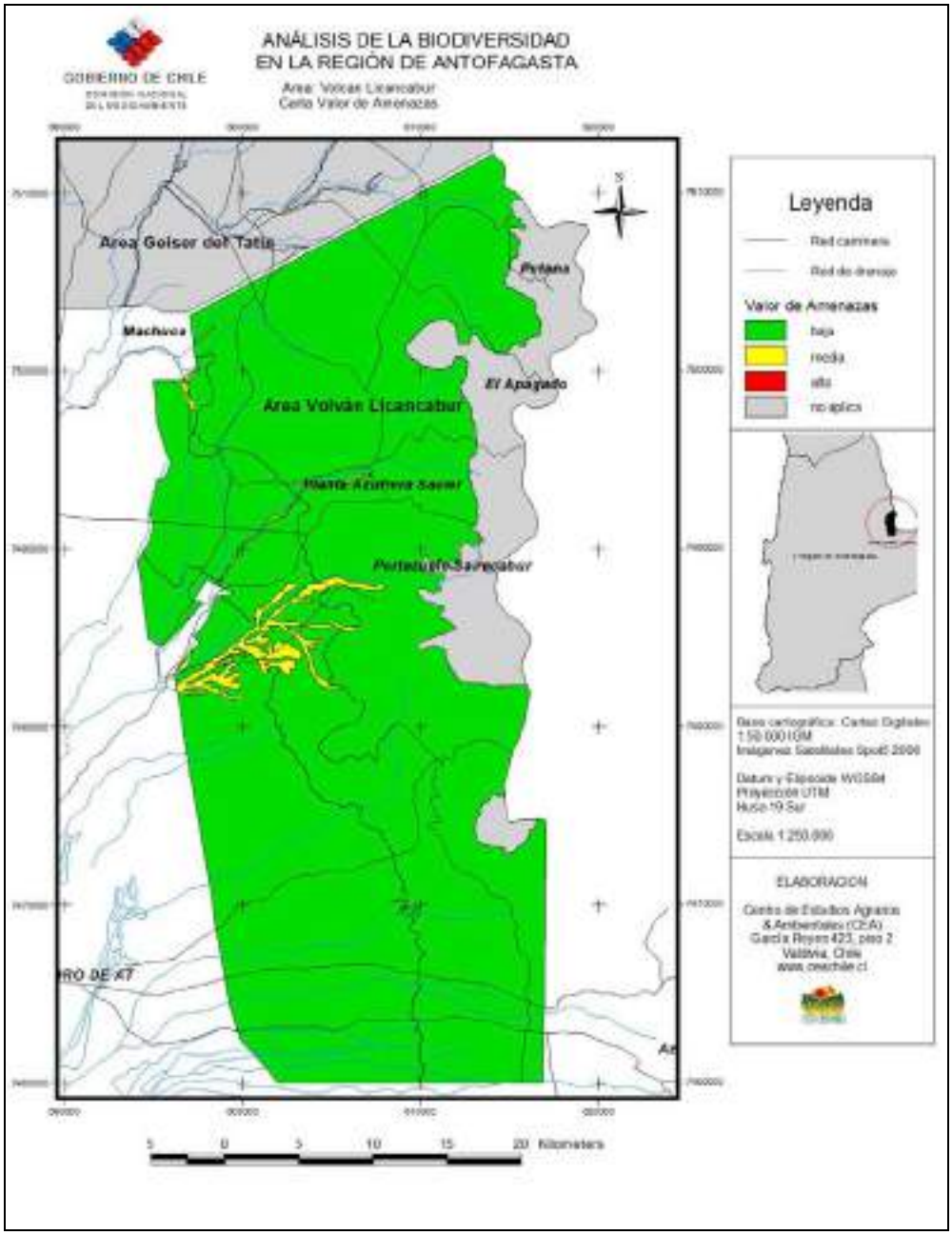


FIGURA 8-4. MAPA DE AMENAZAS.

3. PLANIFICACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN

La forma de integrar la información recopilada se simplifica al conocer a priori las potencialidades de uso, expectativas y uso del espacio actual que posea el área de estudio. La idea de simplificar y sistematizar la información recopilada anteriormente, representa sólo el primer paso de la zonificación. Estas capas representan las secciones complementarias del objetivo final, el territorio ordenado de acuerdo a parámetros ambientales, sociales y económicos, los cuales presentan énfasis evaluables en distintos escenarios.

Para integrar los tres parámetros presentados anteriormente se desarrolló un modelo de Overlay Aritmético entre las distintas variables. Para ello, las variables de estos factores (bajo, medio y alto) fueron sumativas, mediante la asignación de valores 1, 2 y 3 respectivamente arrojando áreas que obtienen como resultado un valor numérico de acuerdo a la sumatoria del proceso de overlay. La valoración se obtendrá en formato GRID de 5 x 5 m. Esta valorización del overlay se realiza utilizando el Módulo ModelBuilder de ArcView generando un algoritmo que traduce los formatos de la información geográfica y realiza los procesos de acuerdo al siguiente diagrama de proceso-resultado.

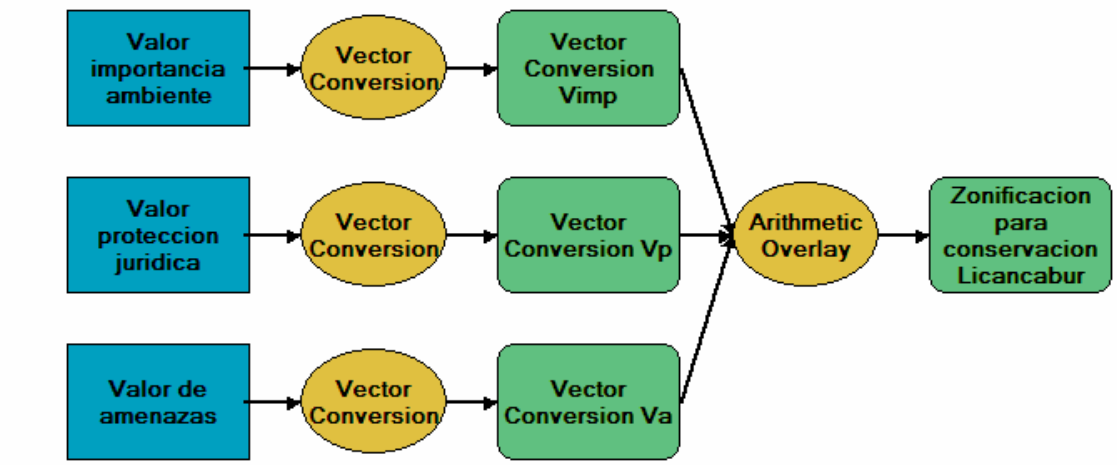


FIGURA 8-5. ALGORITMO DEL PROCEDIMIENTO DE OVERLAY.

Para generar las capas los valores numéricos se debe establecer el valor numérico de cada variable en cada cobertura, antes de proceder al modelo de overlay. Para ello, se utiliza una tabla de asignación que distribuye la sumatoria según el procedimiento gráfico detallado en el algoritmo de la Figura 8-5. Esta tabla es presentada en la Figura 8-6.

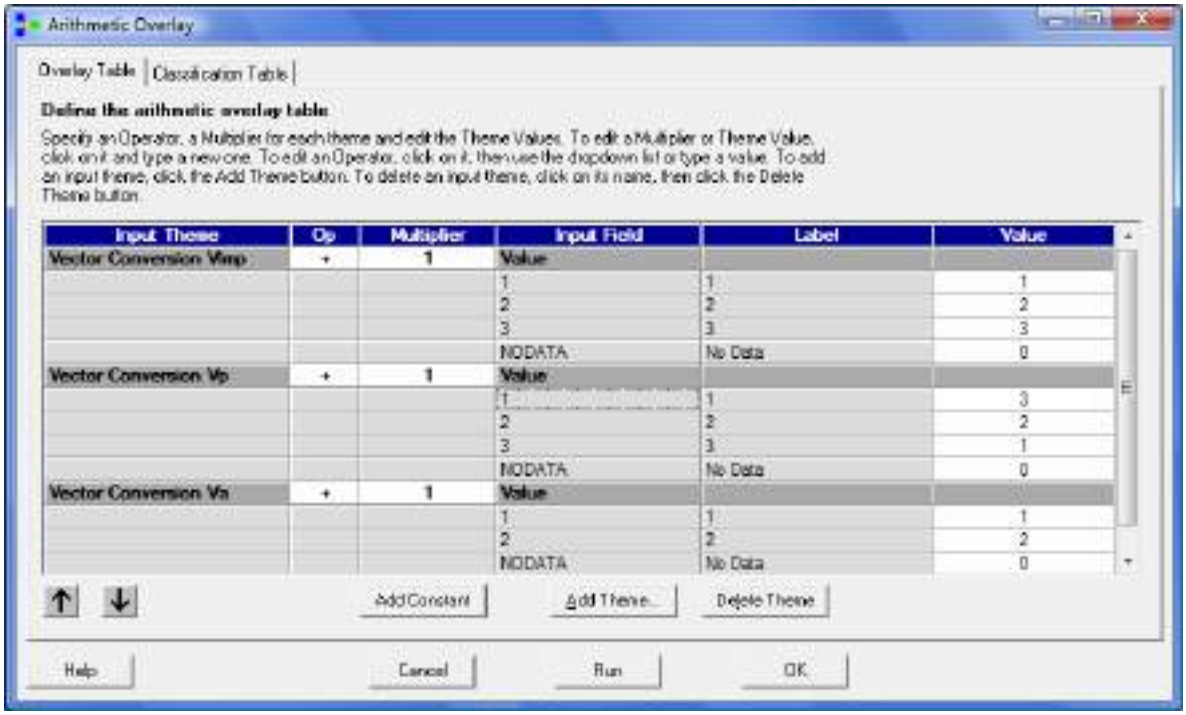


FIGURA 8-6. ASIGNACIÓN DE VALORES POR CATEGORÍA EN EL PROCEDIMIENTO DE OVERLAY.

4. RESULTADOS

Según el procedimiento, se obtiene una capa en formato GRID con los puntajes por área obtenidas del overlay de todas las variables consideradas. Con el énfasis en la conservación y uso sustentable de los recursos de Volcán Licancabur, los resultados de mayor puntaje corresponden a aquellos con mayor prioridad de conservación, como se presenta en la Fig. 8-7.

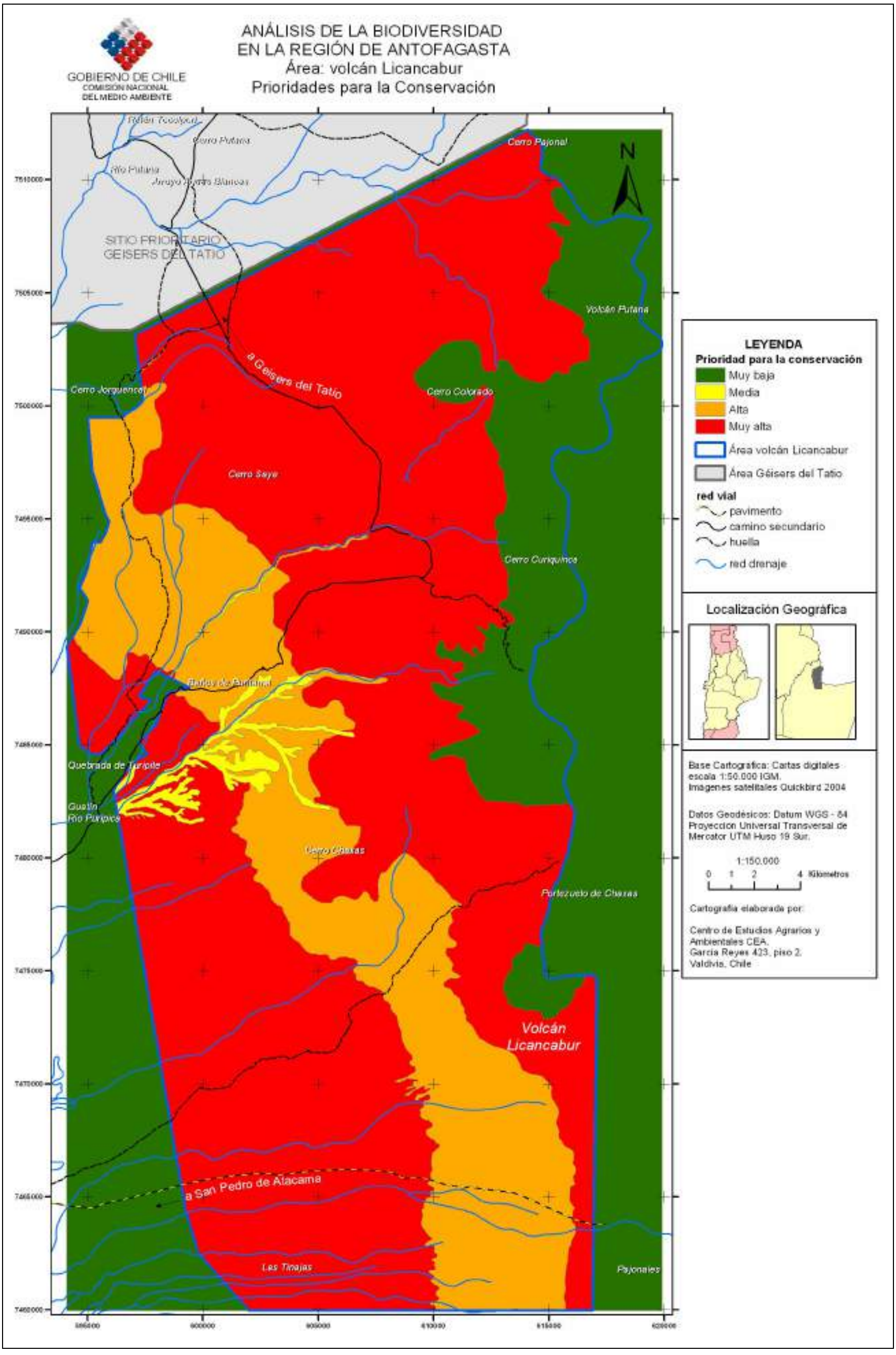


FIGURA 8-7. RESULTADO DEL PROCEDIMIENTO DE ZONIFICACIÓN.

Se observa que prácticamente toda el área de estudio posee el más alto nivel de prioridad para la conservación de sus recursos, a excepción del pajonal tolar de la estepa subdesértica que poseen prioridad media, dada la normativa legal existente en su protección. El resto del área no involucrada posee los menores puntajes.

Estos altos valores se deben, principalmente, a los bajos valores de protección (a excepción de los humedales), altas amenazas y altos valores de importancia de los ambientes, los que están determinados por un alto valor de biodiversidad, manifestado en la alta riqueza de especies y presencia de endemismos, ésta característica otorga un alto valor de unicidad al sitio. Este hecho es fundamental si consideramos que los niveles de amenaza son, en general, bajos y se refieren fundamentalmente al índice de visitas, a las probabilidades de caza, extracción de leña y agua. Estas amenazas también son latentes en la calidad del paisaje, repercutiendo en el uso ecoturístico y recreacional. Del mismo modo, los bajos y medios valores de protección están determinados por la escasez de protección jurídica concreta sobre los recursos específicos del sitio. En este marco, los recursos hídricos son los que cuentan con mayor resguardo, tanto en lo referente al uso y protección de los cauces como de la biodiversidad inherente.

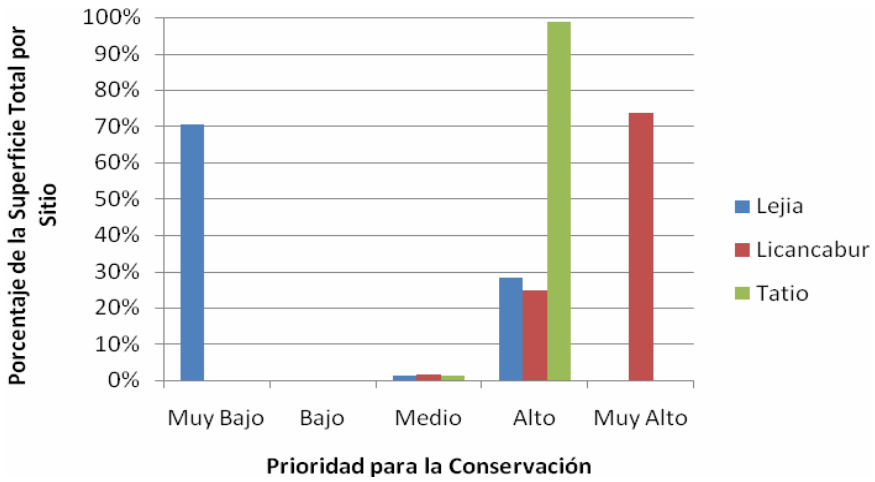


FIGURA 8-8. PRIORIDADES DE CONSERVACIÓN EN TRES SITIOS DEL ALTIPLANO.

La Figura 8-8 presenta la proporción en prioridades de conservación en los tres sitios del altiplano estudiados En Laguna Lejía, un 70 % de la superficie mantiene una muy baja prioridad de conservación y sólo un 28% de la superficie es considerada como de alta prioridad. Esto hace que sea el sitio con un menor balance general, comparado con Alrededores del Volcán Licancabur cuyas prioridades se concentran en las categorías de muy alta (74%) y alta (25%) y el sitio Geisers del Tatio posee un 99% de su superficie en la categoría de alta prioridad para la conservación. De esto, se concluye que se trata del sitio con un mayor valor prioritario para la conservación, transformándose en un área potencial para el desarrollo de programas de mantención de la biodiversidad, ecoturismo de bajo impacto y educación ambiental. El alto valor paisajístico de su territorio es respuesta a ello y requiere de delineamientos claros con respecto a este uso potencial y el uso tradicional actualmente realizado.

CAPÍTULO IX
PROGRAMAS DE MANEJO

CAPÍTULO IX PROGRAMAS DE MANEJO

1. INTRODUCCIÓN

Los programas de manejo son los elementos de acción donde se definen los lineamientos, directrices, actividades, normas y requerimientos de cada componente de manejo del área objetivo. Estos programas definen las actividades, infraestructura y normas a ser implementadas en cada una de las zonas definidas en el proceso previo de zonificación (Oltremari & Thelen 1999). Los programas de manejo aquí presentados, contienen las actividades a realizar al interior del área de conservación aunque en algunos casos su influencia se extiende más allá de sus límites. Los programas de manejo deben estar en concordancia con los objetivos estratégicos definidos para el área de conservación, los que en este caso se han definido preliminarmente como sigue:

Proteger los ecosistemas representativos y objetos de conservación de presiones antrópicas generadoras de perturbaciones.

Investigar tópicos prioritarios vinculados con área de conservación.

Sensibilizar, educar y concientizar a la población local, visitantes y actores clave sobre la importancia de los ecosistemas existentes en el área prioritaria de conservación.

Promover el manejo sustentable de los recursos existentes en el área prioritaria de conservación.

Recrear a los visitantes en las áreas adecuadas y establecidas para ello en el área prioritaria de conservación.

Debido a la estrecha relación espacial y ecológica de las tres áreas de estudio del sector andino, se desarrollarán los programas de manejo de modo integrado, indicando las especificidades cuando corresponda. A continuación se presentan los programas de manejo propuestos, con una breve descripción, sus objetivos y principales actividades.

2. PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE MANEJO

2.1. Programa de protección de ecosistemas representativos

Este programa comprende las actividades necesarias para la conservación de los ambientes de mayor valoración, de las prioridades ecológicas y de las especies focales de las tres áreas de estudio, y considera los siguientes objetivos y actividades particulares para el sitio prioritario Alrededores del Volcán Licancabur:

a) Objetivos

- Garantizar la integridad del ojalar del desierto de aluviones (Licancabur) y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (Licancabur y el Tatio).
- Garantizar la integridad de los humedales asociados al área de estudio.

b) Actividades

- Estudiar la factibilidad de otorgar protección legal específica a estos ambientes, evaluando la posibilidad de crear un área silvestre protegida desde Linzor por el norte y hasta la altura del paso Jama por el sur.
- Evaluar la factibilidad de focalizar humedales ribereños como Santuarios de Naturaleza, específicamente los del río Vilama y río Puritana, ya que contienen especies endémicas locales para cada humedal.

2.2. Programa de investigación

El Programa de investigación complementará la información existente en este estudio y llenará los vacíos de antecedentes, de manera de establecer el conocimiento suficiente para entender y manejar las áreas de estudio. Este programa de investigación cruza transversalmente varios de los programas propuestos, ya que establece el conocimiento base para los programas de protección e interpretación del patrimonio.

a) Objetivo

- Desarrollar información de áreas no relevadas o abordadas en el estudio de análisis de la biodiversidad de la Región de Antofagasta.
- Generar conocimiento para los programas de protección e interpretación del patrimonio.

b) Actividades (tópicos de investigación)

- Aumentar los registros de plantas en áreas pobres en registros, para determinar la representatividad de los ambientes (e.g., Linzor).
- Estudiar la dinámica poblacional del cardón in situ en Licancabur.
- Evaluar la producción de cardones in situ, para su venta por parte de las comunidades, con certificación ante CITES Apéndice II.
- Revisión en terreno de especies citadas en la literatura y no encontradas en las expediciones de la última década, especialmente mamíferos, anfibios y reptiles. Determinar si las especies raras sólo lo son por el esfuerzo de muestreo aplicado.
- Estudiar los anfibios presentes para establecer la filogenia y así verificar su situación de especies plenas.
- Estudiar la dieta del suri en diferentes ambientes de las tres zonas de estudio, ya que sus poblaciones están, en apariencia, recuperándose en las últimas décadas.
- Determinar la biodiversidad al interior de los cañones entre Licancabur y Talabre, con especial referencia a plantas como *Lampaya castellanosii* y *Solanum metarsium*, y de animales como el halcón perdiguero (nidificación).

- Análisis biogeográfico integrado de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Modelamiento de especiación de plantas y animales de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Determinar el efecto de la diagonal árida sobre las plantas de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Revisar y determinar los estados de conservación de plantas y vertebrados de la zona andina de la provincia de El Loa.

2.3. Programa de interpretación ambiental

La educación ambiental posibilita las vías de comprensión de los procesos y componentes de la naturaleza, así como de los problemas multidimensionales causados por el ser humano. Ayuda a fortalecer una ética ambiental que permita modificar las actitudes que no contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas socioeconómicos y a la responsabilidad para con las generaciones futuras. Las tres áreas de estudio presentan enormes e importantes recursos educativos e interpretativos para los visitantes. Por otro lado la interpretación es el arte de explicar el lugar del hombre en su medio, con el fin de incrementar la conciencia del visitante acerca de la importancia de esa interacción, y despertar en él un deseo de contribuir a la conservación de su ambiente (Aldridge 1973).

Edwards (1976) indica que la interpretación posee cuatro características que hacen de ella una disciplina especial: es comunicación atractiva, ofrece una información concisa, es entregada en presencia del objeto en cuestión y su objetivo es la revelación de un significado. Peart (1977) agrega que la interpretación es un proceso de comunicación diseñado para revelar al público significados e interrelaciones de nuestro patrimonio natural y cultural, a través de su participación en experiencias de primera mano con un objeto, artefacto, paisaje o sitio. Desde otro ángulo Rideout-Civitarese et al. (1997) definen la interpretación como una actividad de comunicación diseñada para mejorar la calidad de la experiencia recreativa del visitante, y para inspirar, de una forma agradable, un mayor aprecio por el recurso. Finalmente Morales (2000) sintetiza que la interpretación del patrimonio es el arte de revelar *in situ* el significado del legado natural, cultural o histórico, al público que visita esos lugares en su tiempo libre.

a) Objetivos

- Fomentar una ética de conservación hacia el patrimonio natural y cultural en los habitantes y visitantes de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Desarrollar un programa interpretativo del patrimonio de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Ayudar al público objetivo a comprender y valorar el patrimonio natural y cultural de la zona andina de la provincia de El Loa.

b) Actividades

- Evaluar la zona andina de la provincia de El Loa para su uso interpretativo.
- Desarrollar una puesta en valor de las especies del género Prosopis, especialmente en su origen (chaqueños), importancia en la evolución cultural local y potencialidades actuales.
- Rescatar los usos ancestrales de Prosopis y chañar, y propiciar a través de programas de fomento y capacitación, su uso con fines comerciales.
- Evaluar especies de plantas de valor ornamental susceptibles de ser cultivadas y comercializadas por las comunidades locales.
- Rescate de conocimiento local, especialmente de la etnobotánica, así como los conocimientos y usos de la fauna nativa del lugar. Recuperar los nombres en kunza de la biodiversidad.
- Desarrollar un programa de interpretación del patrimonio focalizado en áreas claves.

2.4. Programa de monitoreo de la biodiversidad

Frente a la incertidumbre generada por el desconocimiento y la escasa capacidad predictiva sobre la respuesta de los ecosistemas a nuestras acciones de manejo, surgen los siguientes conceptos: (a) manejo de ecosistemas, integra las visiones económicas, sociales y ecológicas involucradas en la toma de decisiones por parte de los distintos componentes de la sociedad frente a un problema ambiental, y (b) monitoreo, como una de las herramientas de mayor proyección en el ámbito de la ecología aplicada, presentándose como una forma de detectar a tiempo cambios no deseados en los ecosistemas (Rochelle 1994, Hellawell 1995, Gil 2002).

Monitoreo es el reconocimiento intermitente (regular o irregular) realizado para asegurar el grado de cumplimiento con un estándar determinado o el grado de variación de una norma definida, y asume que ya poseemos una idea, aunque sea vaga, de los resultados a obtener, siendo su principal propósito el fijar límites y decidir qué acciones deben efectuarse al comprobar que éstos se han traspasado (Spellerberg 1994, Goldsmith 1995, Hellawell 1995).

El monitoreo biológico y ecológico tiene un importante rol en el manejo tendiente a la conservación de las poblaciones de plantas y animales. Si no monitoreamos los cambios en las comunidades, los cambios en el estatus de las especies, el efecto de la pérdida de hábitat, tendremos escasa información en la cual basar buenas prácticas conservacionistas.

Lo aquí propuesto es un esquema de monitoreo ya que la implementación de un programa de monitoreo debe hacerse en el contexto de un programa de manejo, el que tiene tres objetivos principales: monitorear el cumplimiento del programa, es decir verificar el progreso; indicar si el manejo está alcanzando la productividad y/o los resultados esperados; y recopilar y proporcionar nueva información continuamente para actualizar y revisar el plan, y decidir sobre las futuras acciones (Gil 2002).

a) Objetivos

- Monitoreo de especies de vertebrados focales
- Monitoreo de los usos ilegales de plantas y animales
- Monitoreo de la población de roedores domésticos de San Pedro y Toconao
- Monitorear los resguardos de eventuales usos de recursos genéticos no autorizados en desmedro de las comunidades locales y el país en general.

b) Actividades

- Monitorear suris y vicuñas. Para el suri y vicuña se deberán hacer censos identificándolos en clases de edad y sexo georeferenciando los registros, integrando la información en un SIG.
- Monitorear la extracción de leña y madera de las especies objetivo (e.g., tola, cardón, yareta). Se deberán determinar las especies más extraídas, los volúmenes y las áreas afectadas. Este monitoreo deberá hacerse trimestralmente.
- Monitorear la caza ilegal para conocer y sistematizar la información sobre caza de fauna silvestre en las tres áreas. Se privilegiarán los indicios de cacería, informantes claves y eventuales decomisos. Se registrarán las especies objetivo, el número de indicios mensuales y las zonas de ocurrencia por área.
- Monitorear las población de roedores introducidos en San Pedro y Toconao, para evaluar su posible dispersión hacia las áreas de estudio. Se espera generar un modelo de dispersión.

2.5. Programa de monitoreo socio ambiental

La implementación de un monitoreo en el contexto de un programa de manejo tiene tres objetivos principales: verificar el progreso del programa; indicar si la implementación está alcanzando los resultados esperados; recopilar y proporcionar información para actualizar, revisar los programas y decidir sobre las futuras acciones. Es necesario, previo a su instauración, tener claridad en al menos cuatro puntos básicos: propósito, método, análisis e interpretación del programa de monitoreo (National Research Council 1986, Horton et al. 1993, Usher 1995, Gil 2002). Al proporcionar una retroalimentación en el tiempo, un sistema de monitoreo permite mejorar la implementación de las actividades en curso o hacer ajustes en los planes y diseños de investigación, para decidir si la actividad debe continuar como se ha planificado, si deben hacerse cambios, o si debe concluirse (Murphy & Noon 1991, Horton et al. 1993). Así un programa de monitoreo proporciona índices continuos de calidad que pueden señalar degradación o recuperación de un sistema (National Research Council 1986).

La incorporación de la dimensión social en los programas de monitoreo obedece a la necesidad de generar información confiable y objetiva acerca de los posibles impactos que la

implementación de iniciativas en el área de estudio puedan generar en el aspecto social, para lo cual se deben desarrollar actividades de monitoreo en la comunidad que permitan realizar un seguimiento constante, desarrollando indicadores sociales que posibiliten medir cambios en estos aspectos (e.g., acceso a recreación, acceso a la información y el conocimiento a través de los programas de educación e interpretación ambiental, cambios actitudinales hacia el medio ambiente, valoración del patrimonio). En el diseño del programa de monitoreo socio-ambiental se deben considerar tres aspectos principales: (a) Monitoreo del estado de conservación del patrimonio natural y cultural. (b) Monitoreo de impactos sociales de la implementación de las iniciativas en el área de estudio y de las medidas de conservación adoptadas. (c) Seguimiento o control de gestión, que considera la evaluación de los principales avances de la ejecución de los programas de manejo, con instrumentos *ad hoc* para cada uno de los aspectos a considerar, así como la sistematización de los aprendizajes.

a) Objetivos

- Seleccionar y aplicar indicadores ambientales para la zona andina de la provincia de El Loa
- Desarrollar indicadores de impactos sociales de la implementación de iniciativas en la zona andina de la provincia de El Loa
- Evaluar la gestión de los programas de manejo, adecuando sus actividades según el resultado del monitoreo.

b) Actividades

- Elaborar una matriz lógica de actividades y resultados
- Elaborar y aplicar un plan de monitoreo
- Análisis periódico de los resultados

3. HORIZONTE TEMPORAL Y NIVEL DE URGENCIA

Se entrega en la siguiente Tabla las sugerencias de temporalidad, horizonte de tiempo que es factible ejecutar las actividades y el nivel de urgencia, o prioridad de la actividad (clases: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo).

PROGRAMA	ACTIVIDAD	HORIZONTE DE TIEMPO PARA SU APLICACIÓN	NIVEL DE URGENCIA
Protección de ecosistemas representativos	Estudiar la factibilidad de otorgar protección legal específica a estos ambientes, evaluando la posibilidad de crear un área silvestre protegida desde Linzor por el norte y hasta la altura del paso Jama por el sur.	1 año	muy alto
	Evaluar la factibilidad de focalizar humedales ribereños como Santuarios de Naturaleza.	6 meses	alto
Investigación	Aumentar los registros de plantas en áreas pobres en registros, para determinar la representatividad de los ambientes (e.g., Linzor, norte del Tatio).	4 meses	medio
	Estudiar la dinámica poblacional del cardón *in situ* en Licancabur.	3 años	Muy alto
	Evaluar la producción de cardones *in situ*, para su venta por parte de las comunidades, con certificación ante CITES Apéndice II.	6 meses	alto
	Revisión en terreno de especies citadas en la literatura y no encontradas en las expediciones de la última década, especialmente mamíferos, anfibios y reptiles. Determinar si las especies raras sólo lo son por el esfuerzo de muestreo aplicado.	1 año	muy alto
	Estudiar los anfibios presentes para establecer la filogenia y así verificar su situación de especies plenas.	1año	alto
	Estudiar la dieta del suri en diferentes ambientes de las tres zonas de estudio, ya que sus poblaciones están, en apariencia, recuperándose en las últimas décadas.	1año	alto
	Determinar la biodiversidad al interior de los cañones entre Licancabur y Talabre, con especial referencia a plantas como *Lampaya castellanosii* y *Solanum metarsium*, y de animales como el halcón perdiguero (nidificación).	1 año	alto
	Análisis biogeográfico integrado de la zona andina de la provincia de El Loa.	2 años	medio
	Modelamiento de especiación de plantas y animales de la zona andina de la provincia de El Loa.	1 año	medio
	Determinar el efecto de la diagonal árida sobre las plantas de la zona andina de la provincia de El Loa.	1 año	bajo
	Revisar y determinar los estados de conservación de plantas y vertebrados de la zona andina de la provincia de El Loa.	3 meses	muy alto
Interpretación ambiental	Evaluar la zona andina de la provincia de El Loa para su uso interpretativo.	6 meses	alto

	Desarrollar una puesta en valor de las especies del género *Prosopis*, especialmente en su origen (chaqueños), importancia en la evolución cultural local y potencialidades actuales.	6 meses	alto
	Rescatar los usos ancestrales de *Prosopis* y chañar, y propiciar a través de programas de fomento y capacitación, su uso con fines comerciales.	6 meses	alto
	Evaluar especies de plantas de valor ornamental susceptibles de ser cultivadas y comercializadas por las comunidades locales.	6 meses	alto
	Rescate de conocimiento local, especialmente de la etnobotánica, así como los conocimientos y usos de la fauna nativa del lugar. Recuperar los nombres en kunza de la biodiversidad.	6 meses	muy alto
	Desarrollar un programa de interpretación del patrimonio focalizado en áreas claves.	6 meses	muy alto
Monitoreo de la biodiversidad	Monitorear suris y vicuñas. Para el suri y vicuña se deberán hacer censos identificándolos en clases de edad y sexo georeferenciando los registros, integrando la información en un SIG.	continuo	muy alto
	Monitorear la extracción de leña y madera de las especies objetivo (e.g., tola, cardón, yareta). Se deberán determinar las especies más extraídas, los volúmenes y las áreas afectadas. Este monitoreo deberá hacerse trimestralmente.	continuo	alto
	Monitorear la caza ilegal para conocer y sistematizar la información sobre caza de fauna silvestre en las tres áreas. Se privilegiarán los indicios de cacería, informantes claves y eventuales decomisos. Se registrarán las especies objetivo, el número de indicios mensuales y las zonas de ocurrencia por área.	continuo	medio
	Monitorear las poblaciones de roedores introducidos en San Pedro y Toconao, para evaluar su posible dispersión hacia las áreas de estudio. Se espera generar un modelo de dispersión.	continuo	medio
Monitoreo socio ambiental	Elaborar una matriz lógica de actividades y resultados	6 meses	alto
	Elaborar y aplicar un plan de monitoreo	6 meses	alto
	Análisis periódico de los resultados	continuo	alto

CAPÍTULO X
ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

CAPÍTULO X ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos específicos del estudio en ejecución, es diseñar material de difusión de la información obtenida de los sitios prioritarios, con el propósito de dar a conocer y relevar los objetos que presenten características singulares respecto a su categoría de conservación, taxonomía, atractivo turístico, belleza escénica, geología, valor cultural y arqueológico, entre otros. En base a estos objetos singulares, se han desarrollado seis productos, que contribuyen a la divulgación amplia de los aspectos naturales del sitio Laguna Lejía, como sitio prioritario para su conservación en el marco de la Estrategia Regional de Conservación de la Biodiversidad de la Región de Antofagasta. Se pretende así, motivar el conocimiento y la puesta en valor de este territorio, especialmente los que se relacionan con los componentes de biodiversidad del sitio, las particularidades de su emplazamiento y los procesos geológicos que determinan su condición actual.

Se ha focalizado como público objetivo de esta estrategia de difusión a los establecimientos educacionales de la comuna de San Pedro de Atacama, en particular, y las escuelas de la región en general, con especial énfasis en aquellas escuelas certificadas ambientalmente o en proceso de serlo, sin perjuicio de otros establecimientos u actores que quisieran participar de este programa de difusión.

2. PRODUCTOS CONTENIDOS EN LA ESTRATEGIA

2.1. Síntesis patrimonial del sitio Alrededores del Volcán Licancabur

Este documento reúne a modo de síntesis variados antecedentes del área provenientes tanto de fuentes secundarias, como de la información obtenida mediante las investigaciones en terreno en la realización del estudio de biodiversidad. Se proporciona información sobre los accesos al sitio, una descripción del sitio y sectores relevantes adyacentes, clima, aspectos geológicos y geomorfológicos, ecosistemas asociados al sitio y la biodiversidad contenida. También se entregan antecedentes culturales asociados al sitio especialmente vinculados con la etnia atacameña y los usos históricos que se han realizado sobre los recursos del área.

2.2. Portal web

La página web cuenta con un portal de inicio en donde se entrega información general para las cinco áreas estudiadas, pudiendo ser desplegada desde los botones ubicados en la parte superior de la página (desde donde se podrá tener acceso a la información generalizada para los cinco sitios) encontrándose los siguientes botones:

1. "inicio" (lleva al inicio de la pagina),
2. "patrimonio cultural" (donde es posible apreciar de forma sintética el patrimonio cultural de los sitios),
3. "patrimonio natural" (abarca la flora y fauna en forma de lista general de especies presentes en cada sitio),
4. "videos" (donde es posible observar los videos generados para cada sitio),
5. "galería" (muestra una galería de selección fotográfica para cada sitio),
6. "vínculos en la web" (muestra un compilado de direcciones web relacionadas con la biodiversidad y con los sitios bajo estudio).

Los botones al lado izquierdo de la página, llevan a cada uno de los sitios. Al pinchar se desplegará otro menú que permite tener acceso inmediato a los temas en específico para cada sitio. Dicho menú se repite para cada uno de los sitios.

Los botones de este menú son los siguientes:

Mapa del sitio: direcciona a un mapa referencial para cada zona (Turistel) en donde es posible pinchar y seleccionar en el sitio específico para ver con mejor detalle a través de un enlace con Google-Earth, desplegando una imagen híbrida de fotos satelitales con mapas camineros.

Generalidades del sitio: direcciona a aspectos que muestran a nivel general el área a visitar, tales como la ubicación, clima, geomorfología, entre otros.

Patrimonio cultural: muestra en específico el patrimonio cultural para cada sitio.

Ecosistemas: muestra los distintos ecosistemas presentes en cada sitio.

Flora: muestra una lista detallada de las especies de flora presentes en el sitio enlazando con imágenes de la galería fotográfica.

Fauna: muestra una lista detallada de las especies de fauna presentes en el sitio enlazando con imágenes de la galería fotográfica.

Educación ambiental: enlaza con los materiales desarrollados para la educación ambiental (e.g., cartillas, diaporamas).

2.3. Árchivo fotográfico digital

Compuesto de 222 imágenes. El álbum está divido en cuatro secciones Flora, Fauna, Paisaje y Misceláneos, con imágenes de la flora y fauna más característica del área de estudio, paisajes y lugares de interés. Las imágenes están en formato JPG y se entregan en el CD adjunto al presente informe.

2.4. Diaporamas sobre flora

A partir de la flora vascular y algunos vertebrados registrados fotográficamente en el área de estudio y sus alrededores, se confeccionó un Diaporama de Imágenes que contiene los rasgos morfológicos y reproductivos más conspicuos de las especies descritas para el área. El álbum fotográfico detalla información como el nombre científico, NOMBRE VULGAR (cuando

corresponda), el ambiente al que pertenecen y singularidades asociadas a su origen fitogeográfico. Se incluyeron además, a modo de introducción, aspectos ecológicos generales de cada uno de los ambientes presentes e información relevante desde el punto de vista del valor de importancia de la biodiversidad contenida en el lugar, así como un mapa de acceso y ubicación del sector.

2.5. Video promocional

El video promocional son imágenes digitales editadas y están diseñados para ser utilizados en la difusión de los sitios estudiados, los cuales contienen vistas del área, tomas de fauna y flora con nombres comunes y científicos para su identificación, así como también se identifican los distintos ambientes que aparecen en las imágenes. Se acompaña de música de los grupos Inti Illimani y Altiplano. Los videos se entregan en dos formatos (AVI, en alta definición y formato Quicktime para su reproducción en web). La duración del video del volcán Licancabur es de 8,21.

2.6. Cartillas educativas

Son tres cartillas editadas como una serie patrimonial. Cada una consta de al menos ocho páginas y se presentan en un formato de 21 x 25 cm. Reúnen la información obtenida de las prospecciones de biodiversidad realizadas en el área de estudio, información secundaria y aspectos relevantes acerca de la flora, fauna, el origen y la geomorfología del territorio. Las cartillas están dirigidas a todo público, pudiendo ser orientadas a grupos objetivos determinados dependiendo de los objetivos de difusión que se quiera abordar. En principio se presentan como material de apoyo al docente asociado a la propuesta educativa que se acompaña al presente informe. Igualmente pueden ser utilizadas por personas que quieran conocer elementos de la fauna y flora nativa y aprender a identificar algunas de sus especies. La versión de formato PDF de cada cartilla se entregan en el CD adjunto al presente informe.

Fauna de Alrededores del Volcán Licancabur. Describe las especies de vertebrados encontradas durante las prospecciones de biodiversidad en los cuatro ambientes identificados, los humedales ribereños de Guatín y bofedales, el ojalar del desierto de aluviones, el pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Entrega una descripción de sus características principales y hábitos, su NOMBRE VULGAR y científico de modo que se las pueda reconocer en terreno. Además exhibe las especies con problemas de conservación y los endemismo.

Vegetación de Alrededores del Volcán Licancabur. Describe el ambiente desértico y las particularidades de la vegetación adaptada a estas condiciones. Se presentan una descripción de las especies en los cuatro ambientes relevantes, usos actuales y ancestrales y las que presentan algún grado de amenaza a su conservación.

Nuestros antepasados y su entorno. Describe la relación de los habitantes prehispánicos con su entorno, el uso de los pisos altitudinales de vegetación, la domesticación de especies y los sitios ceremoniales de altura.

3. PROPUESTA EDUCATIVA

3.1. Introducción

Según los datos del MINEDUC, la población total de estudiantes de la Comuna de San Pedro de Atacama, en el año 2005, era de 764 alumnos y alumnas, distribuidos según nivel de educación y dependencia, como se muestra en la siguiente Tabla.

Nivel educacional	Municipal	Particular pagado	Particular subvencionado	Total
Educación Parvularia	79			79
Educación Especial				
Educación Básica niños	54			54
Educación Media niños	141			141
Educación Básica adultos				
Educación Media adultos				
Totales	764			764

Una de las formas de poner en valor los recursos patrimoniales, tanto naturales como culturales, es a través de actividades educativas que incorporen elementos propios del entorno de los estudiantes vinculados a los objetivos educativos propuestos en el currículo escolar. Esto permite, además de dar a conocer los recursos naturales y patrimoniales, generar en los alumnos actitudes positivas hacia su entorno, en la medida que se apropian de su identidad y aumentan la valoración de éste. Para abordar este objetivo se propone desarrollar en las escuelas una estrategia de difusión que incluya al menos una unidad didáctica para cada curso

nivel, tanto en enseñanza básica como media, que contenga temas referidos a la flora, fauna, geomorfología y patrimonio cultural de la región; estos temas estarán vinculados a los contenidos curriculares dispuestos por el Ministerio de Educación.

Esta propuesta educativa, pretende entregar sugerencias para trabajar en dos ámbitos: (a) Educación Formal (especialmente en Educación Básica y Media de niños). (b) Educación No Formal (con grupos organizados que deseen realizar los planes y proyectos propuestos).

3.2. Educación formal

Para abordar la propuesta educativa en la educación formal se propone la utilización de los materiales de difusión ya descritos, los que servirán de material complementario y de consulta, además de la elaboración de los siguientes materiales, para ser utilizados por los docentes y alumnos:

Fichas de Trabajo de Aula para el docente

Este material servirá para que los docentes puedan tener una sugerencia concreta con la cual trabajar en el aula. Cada ficha debe incluir:

- Objetivos Fundamentales a trabajar.
- Sector de aprendizaje.
- Curso.
- Contenidos, aprendizaje esperado e indicadores.
- Sugerencia metodológica (que incluye actividades, materiales, tiempo y tipo de evaluación).
- Relación con otros subsectores.

Las fichas de trabajo de aula, deben ser sugerencias prácticas y sencillas. Idealmente, se debe trabajar cada Indicador en 1 o 2 clases. De manera de no interrumpir el resto de contenidos que deben ser trabajados por el curso. Evidentemente la idea de las fichas, es que cada temática de los Indicadores tenga directa relación con los antecedentes de la comuna de San Pedro de Atacama y el sitio Laguna Lejía. En el Anexo 10-1 se incluyen dos fichas tipo a modo de ejemplo.

Fichas de trabajo para los alumnos

Es el complemento de la ficha de trabajo de aula del docente.

Estas fichas son el material concreto con el cual los alumnos desarrollaran sus actividades de aprendizaje. En la ficha, se debe indicar claramente:

- Curso al que está dirigida la actividad.
- Subsector a trabajar.
- Contenidos, aprendizaje esperado e indicador.
- Pauta de evaluación de la actividad.

Las instrucciones deben ser claras. Todas las fichas de trabajo pueden ser reunidas en una cartilla. En el Anexo 10-2 se incluyen dos fichas tipo a modo de ejemplo.

Material para trabajo en el aula

Este material complementario, sirve para realizar el trabajo por parte del docente al momento de entregar los contenidos; o por parte de los alumnos, al desarrollar su trabajo. Como también, podría constituir material de difusión del proyecto. Éstos pueden ser: láminas, mapas, planos, moldes, cuestionarios, pautas de cotejo, dibujos, fotografías, presentaciones de power point, mini videos, grabaciones de sonidos, afiches, página web, software educativo, etc.

Jornada de capacitación de los docentes

Para dar a conocer el material (fichas de trabajo de aula del docente, fichas de trabajo de los alumnos y material para el trabajo de aula) y entregar las instrucciones de cómo se utilizan, se debe desarrollar una jornada, donde se instruya a los docentes. En esta jornada se debe tener todos los materiales indicados. Esta actividad, también serviría para conocer experiencias similares realizadas, que puedan servir de motivación y mejoramiento del mismo material, además de responder a las dudas de los docentes sobre el trabajo a realizar.

Temas a trabajar por curso y subsector

Para facilitar el trabajo de desarrollo de fichas del docente y fichas del alumno, se han seleccionado los aprendizajes esperados, contenidos e indicadores sobre los cuales se debe realizar las fichas de acuerdo al trabajo desarrollado en el proyecto. Los contenidos seleccionados, se extrajeron del software “Programas de Estudio. Educación Básica y Media. Formación General” (Ministerio de Educación de Chile). Si bien cada uno de estos aprendizajes, contenidos o indicadores, tiene relación con un sólo tema; al momento de desarrollar las actividades de aprendizajes, se están trabajando otras áreas del conocimiento, por lo que, por ejemplo, una actividad de naturaleza, implica redactar un texto y dibujar alguna especie, por lo tanto los aprendizajes de Lenguaje y Educación Artística, también se desarrollan. En el Anexo 10-3, se entrega la selección realizada.

3.3. Educación no formal

En el trabajo de educación no formal, se deberá utilizar el material elaborado para el trabajo en escuelas, liceos y colegios, eso sí, trabajado con dinámicas especiales, propias de la educación no formal. De igual manera, este tipo de material, podría ser utilizado en el trabajo de adultos, tanto en la educación formal, como en actividades de educación no formal. A continuación, se sugieren dos tipos de actividades.

Actividades semanales:

La idea es trabajar con grupos organizados, como: clubes, centros juveniles, grupos scouts, grupos de iglesia, etc; cualquier organización de niños, jóvenes que estén interesados en tratar el tema del conocimiento ambiental y cultural de su comuna. Para ello, cualquier docente capacitado en las jornadas indicadas en el ítem educación formal, podría servir de monitor de las actividades. El material, sería el mismo indicado anteriormente. Las reuniones y/o sesiones de trabajo, se podrían coordinar semanalmente. Por ejemplo el día sábado o domingo, con una

duración de 3 horas. Estas jornadas, deben ser planificadas de tal manera, que se intercalen los contenidos a trabajar con actividades recreativas.

Actividades en campamento o jornada semanal:

También, se puede dar la situación que se reúnan todos los contenidos a trabajar y se realicen campamentos recreativos o jornadas semanales, donde el programa se base en la entrega de estos contenidos, es decir, en unos cinco días continuos. Estos campamento o jornadas, deben ser planificadas de tal manera, que se intercalen los contenidos a trabajar con actividades recreativas.

CAPÍTULO XI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES SITIO PRIORITARIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR

La gran particularidad y relevancia de la diversidad biológica en la zona andina del norte de Chile es que ha evolucionado bajo los efectos de drásticos cambios geomorfológicos. Estos cambios han condicionado otras severas alteraciones entre las que se encuentran la aridez extrema y la fragmentación de las poblaciones por el alzamiento de las cordilleras. Como consecuencia, las formas de vida existentes debieron adaptarse para ocupar, con distinto éxito, nuevos hábitats disponibles. Sin embargo, existen también otros factores determinantes en la presencia de las especies. Éstos son (a) los regímenes de precipitaciones y una disponibilidad de agua escasa, estacional y cíclica en el corto, mediano y largo plazo (invierno altiplánico y oscilación del Sur o ENSO); (b) su inclusión en sistemas hidrológicos en su mayoría endorreicos, con fuertes variaciones en la superficie de los humedales (e.g., lagunas, salares, bofedales) que concentran gran parte de la biodiversidad; y (c) los gradientes de altitud con sus variaciones térmicas asociadas, lo que influye especialmente en las comunidades vegetacionales. Como consecuencia de los factores mencionados el área presenta en la actualidad una alta diversidad de ecosistemas con también altos niveles de endemismos.

En la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismo de flora, una asociada a la costa y otra a la cordillera de los Andes. Dentro de esta última, y al norte de la comuna de San Pedro de Atacama, los antecedentes indican que el nivel de endemismo es de 13,9% para Chile (especies que no están presentes en otro país) y de 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). De los cinco sitios en estudio, el sitio Alrededores del Volcán Licancabur presenta características de gran relevancia con respecto a su **biodiversidad**. Es el de mayor **endemismo** en plantas presentando un 12,1% con 11 especies endémicas de 91 plantas nativas registradas, mientras que para vertebrados alcanza un porcentaje similar, un 10,6%, con cinco endemismos para 47 especies nativas registradas.

En este sitio se presentan cuatro comunidades vegetales diferentes, dentro de las cuales el ojalar es la de mayor diversidad con 42 especies, siendo la riqueza total de plantas de 93 especies. La diversidad entre las comunidades vegetales es también muy heterogénea lo que determina una alta riqueza ecológica para la vegetación.

Con respecto a la fauna, el área presenta la mayor diversidad de mamíferos de los cinco sitos estudiados con 14 especies. Se han registrado hasta la fecha 48 especies de vertebrados, estando la mayor diversidad de vertebrados concentrada en el pajonal/tolar con 38 especies. Especialmente relevante es la herpetofauna presente en el sitio con seis especies de reptiles y dos de anfibios, entre los cuales se encuentran dos especies endémicas, las lagartijas de Puritama y de Fabián. Dada la extensión del área y la poca información que se dispone de estudios exhaustivos en el sitio, el hallazgo de nuevos endemismos pudiera incrementarse con expediciones que incorporen una mayor superficie y muestreos en otras épocas del año.

En relación a la biota con **problemas de conservación**, los sitios en estudio albergan porcentajes variables de las especies clasificadas a nivel nacional. En particular los sitios del altiplano albergan entre tres y cinco especies clasificadas En Peligro. En el sitio Alrededores del Volcán Licancabur tres especies de plantas están en la categoría de Vulnerables, el cardón (*Trichocereus atacamensis*), y dos nototriche (*Nototriche auricoma* y *Nototriche* cfr. *pulvinata*). De las 14 especies de mamíferos registradas, ocho están en alguna categoría de conservación

a nivel nacional según el reglamento de la Ley de Caza. De las seis especies de reptiles, tres se consignan en la categoría Rara, la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), la lagartija de Puritama (*Liolaemus puritamensis*) y el dragón de oido cubierto (*Phrynosaura audituvelata*). De las dos especies de anfibios una está considerada como Vulnerable, el sapo espinoso (*Bufo spinulosus*), y de las 26 especies de aves una está categorizada como Vulnerable, la perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii*).

El **paisaje** en el sitio presenta en general una calidad media, sobresaliendo el paisaje asociado a las laderas del volcán Licancabur, y aquellos con vegetación densa y fondo de cordillera. La calidad predominante del área está dada principalmente por paisajes panorámicos y de especial singularidad, con elementos tales como vegetación de textura gruesa a media, con alto contraste cromático y brillo. La capacidad de uso, en base a la fragilidad y calidad del paisaje, se orienta hacia el turismo de bajo impacto y a la conservación, en ese sentido los componentes naturales especialmente relacionados con la presencia de vegetación y de vida silvestre, asociados a la geomorfología, geología, refuerzan esta vocación de atractivo para el desarrollo del ecoturismo controlado.

Con respecto a los **usos y amenazas** que se identifican sobre el sitio Alrededores del Volcán Licancabur éstos son de nivel bajo en todos los ambientes, sin embargo, el nivel de amenaza podría incrementarse especialmente si llegara a aumentar el flujo vehicular y turístico hacia el sitio, lo que considerando la demanda actual sobre el área de San Pedro de Atacama es muy factible que ocurra en el mediano plazo.

Las perturbaciones actuales que se perfilan con algún riesgo son la caza ilegal y la extracción de leña. Por otro lado, los componentes del ecosistema mayormente afectados por los usos inadecuados serían la vegetación, la fauna y la calidad paisajística y recreacional del área. Esto requerirá, ante un eventual aumento de la demanda de visita de este sitio, la implementación de herramientas de gestión adecuadas que cautelen su conservación.

En el sitio Alrededores del Volcán Licancabur los ambientes relevantes, sobre los cuales debe focalizarse la conservación de la biodiversidad y la integridad ecosistémica son (a) el ojalar del desierto de aluviones y (b) el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica, a los que se agregan como prioridad ecológica los humedales ribereños del Guatín que corresponden a los ríos Puritama y Purifica incluyendo los bofedales de la porción altoandina asociados a las nacientes de ambos ríos, además de las asociaciones del desierto florido y los cañones. A nivel más fino, los esfuerzos de conservación deberían focalizarse sobre catorce especies focales, cinco de flora: *Azorella compacta* (yareta), *Opuntia conoidea*, *Trichocereus atacamensis* (cardón gigante), *Adesmia atacamensis* (tano-tano) y *Lupinus oreophilus* (salcarai) y nueve de fauna: *Ctenomys fulvus* (tuco tuco de Atacama), *Lagidium viscacia* (vizcacha), *Vicugna vicugna* (vicuña), *Tinamotis pentlandii* (perdiz de la puna), *Liolaemus barbarae* (lagartija de Bárbara), *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián), *Liolaemus puritamensis* (lagartija de Puritama), *Phrynosaura audituvelata* (dragón de oído cubierto) y *Telmatobius vilamensis* (sapo de Vilama).

Respecto a la **protección legal**, si se analizan los diversos componentes del ecosistema es posible constatar que existen 14 normas jurídicas que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos, siete que tendrían influencia sobre la conservación del ojalar del desierto de aluviones, ocho sobre el pajonal/tolar de la estepa arbustiva prepuneña y diez sobre el pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica. Se considera así, que la protección es alta en los humedales ribereños y bofedales, baja en el ojalar y media en los ambientes de pajonal/tolar. Con respecto a las regulaciones que afectan el sistema hídrico, algunas abordan

el ambiente en su conjunto, otras se refieren a la calidad del agua y a la protección de acuíferos y algunas se orientan a la protección de especies asociadas a ese ambiente. En cuanto al ambiente terrestre las regulaciones que podrían aplicarse a su conservación en su dimensión ecosistémica son pocas, ya que más bien se orientan sólo a algunas especies (caza, extracción, comercio, clasificación).

Así, potencialmente existirían regulaciones suficientes que permitan un grado de resguardo de las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados. Sin embargo, existen varias limitantes a ello ya que en su mayoría las regulaciones abordan sólo componentes del ecosistema pero no su dimensión integral. Otra de las grandes limitantes al resguardo de la integridad ecológica de los sistemas naturales está en la inexistencia de una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios; la ausencia de manifestaciones reales del Principio de Precaución, ya que, si bien el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental posee una orientación precautoria, en la práctica no se ejerce; la existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales.

2. RECOMENDACIONES FINALES

De acuerdo a todos los antecedentes anteriormente expuestos en los diferentes capítulos, el sitio prioritario Alrededores del Volcán Licancabur posee los atributos necesarios para su incorporación al sistema nacional de áreas silvestres protegidas, o bajo alguna otra categoría de protección que faculte la ley actual, para lo cual se propone su fusión con el sitio Geisers del Tatio, ya que ambas unidades concentran la mayor diversidad de especies y diversidad ecológica de la zona andina de la Región de Antofagasta. Un aspecto ventajoso en este aspecto que la propiedad de la tierra es mayoritariamente fiscal. Los usos ancestrales sobre estos territorios podrán mantenerse, con los debidos resguardos a la integridad ecológica de los ambientes y la biodiversidad que albergan.

Adicionalmente, se recomienda iniciar gestiones para incorporar los acuíferos que alimentan vegas y bofedales bajo la protección de la normativa del Art. 63º del Código de Aguas que faculta la declaración de zonas de protección de acuíferos. Esto se sustenta en que existe población atacameña vinculada ancestralmente con estos territorios.

Se recomienda también la declaración del cardón como monumento natural, esto se sustenta en que es una especie en categoría Vulnerable, tiene un lentísimo crecimiento y requiere condiciones particulares para su propagación, aspectos que dificultan su recuperación natural, sobre todo teniendo en cuenta que, a pesar de su categoría, es posible que persista una presión actual de uso sobre ella.

LITERATURA CITADA Y CONSULTADA

ABELLO R, F BERNALDEZ & E GALIANO (1986) Consensus and contrast in landscape preference. Environment and Behavior 18 (2):155-178.

ALBINO A (1996) The South Amertican fósil Squamata (Reptilia: Lepidosauria). Munchner Geowiss. Abh. (A) 30: 185-202.

ALDRIDGE D (1973) Mejora de la Interpretación de los Parques y la Comunicación con el Público. UICN (ed), Segunda Conferencia Mundial sobre Parques Nacionales; Yellowstone Grand Teton, EE.UU., 18-27 septiembre de 1972. Informe 25.

ALDUNATE C, J ARMESTO, V CASTRO & C VILLAGRÁN (1981) Estudio etnobotánico de una comunidad en una comunidad precordillerana de Antofagasta, Toconce. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (38) 183 –223. Santiago, Chile.

ALVA LM (2003) Expedición a la cordillera de los Andes: consideraciones sobre el hierro y estudio del yacimiento ferrífero el Laco, Chile. Instituto de Geofísica, UNAM Cd. Universitaria, Del. Coyoacán Cuaderno 14. México, D. F. 54 pp.

AMADO N & W SIELFELD (1994) Registro de Garcita Azulada *Butorides striatus* Ciconiiformes: Ardeidae en el río Loa. Boletín Chileno de Ornitología 1:27-28.

AMADO N, J HERREROS & W SIELFELD (1991) Registros de pato silbón (*Dendrocygna viudata*) en la I y II Región de Chile. Boletín Informativo UNORCH 12: 11-13.

ARAYA B & G MILLIE (1996) Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 406 pp.

ARAYA B & G MILLIE (2000) Guía de campo de las aves de Chile. Ninth Ed. Editorial Universitaria. Santiago, 406 pp.

ARAYA B & M BERNAL (1995) Aves. En: Diversidad biológica de Chile. Eds. Simonetti, Arroyo, Spotorno & Lozada. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Santiago, Chile.

ARAYA B, BERNAL M, SCHLATTER RP & M SALABERRY 1995. Lista Patrón de las aves chilenas. Ed. Universitaria, 35 pp.

ARROYO MTK, C CASTOR, C MARTICORENA, M MUÑOZ, L CAVIERES, O MATTHEI, FA SQUEO, M GROSJEAN & R RODRÍGUEZ (1998) The flora of Llullaillaco National Park located in the transitional winter-summer rainfall area of the northern Chilean Andes. Gayana Bot. 55(2): 93-110.

ARROYO MTK, C VILLAGRÁN, C MARTICORENA & JJ ARMESTO (1982) Flora y relaciones biogeográficas de los Andes del norte de Chile (18-19°S). En: Veloso A & E Bustos (eds.), El Hombre y ecosistemas de montaña. Programa MAB-6 Vol. 1. 71-92.

ARROYO MTK, F SQUEO, JJ ARMESTO & C VILLAGRÁN (1988) Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: results of a natural experiment. Annals of the Missouri Botanical Garden 75(1): 55-78.

ARROYO MTK, F SQUEO, H VEIT, L CAVIERES, P LEON & E BELMONTE (1997) Flora and vegetation of northern chilean Andes. Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos, pp. 167-178. Universidad de Chile, Santiago, CL.

AVISE JC (2000) Phylogeography: the history and formation of species. Harvard University Press, London. 464 pp.

BARRERA-CATAÑO JI, C VALDÉS-LÓPEZ (2007) Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Universitas Scientiarum. Edición especial II, 12: 11-24.

BECERRRA P & L FAÚNDEZ (2001) Vegetación del desierto interior de Quillagua, Región de Antofagasta (II), Chile. Chloris Chilensis 4(2).

BEHN F, JOHNSON AW & MILLIE G (1957) Expedició ornitológica al norte de Chile (enero - febrero 1957). Boletín Sociedad Biología de Concepción 32: 95-131.

BENAVIDES AG, A VELOSO, P JIMÉNEZ & MA MENDEZ (2005) Assimilation efficiency in *Bufo spinulosus* tapdoles (Anura: Bufonidae): effects of temperatura, diet quality and geographic origin. Revista Chilena de Historia Natural 78: 295-302.

BENAVIDES E, JC ORTIZ & JR FORMAS (2002) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica. 58(2):210-220.

BENOIT IL ed (1989) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. CONAF, Santiago de Chile. 157 pp.

BIBBY C, JN D BURGESS & DA HILL (1992) Bird census techniques. Academic Press, London.
BOLOS M (1992) Manual de ciencia del paisaje. Teoría métodos y aplicaciones Colección de Geografía. Ediciones Masson S.A. Barcelona. 273 pp.
BÖRGEL R (1983) Geomorfología. Colección Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar.182 pp.
BRAUN-BLANQUET J (1964) Pflanzensoziologie-Grundzuge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien. 865 pp.
BROWN FE & JE SALDIVIA (2000) Informe nacional sobre la gestión del agua. http:/Eclac.cl/DNRI/Proyectos/SAMTAC/InCh01100.pfd.
BROWN S & AE LUGO (1994) Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. Restoration Ecology 2 (2): 97-111.
BRUFORD MW, DG BRADLEY & G LUIKART (2003) DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. Nature Genetics Reviews 4: 900-910.
BRUGGEN J (1950) Fundamentos de la geología de Chile. Instituto Geográfico Militar. Chile.
CABRERA AL & A WILLINK (1973) Biogeografía de América Latina. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Depto. de Asuntos Científicos, Secretaría General de la OEA. Serie de Biología, Monografía N° 13. 120 pp.
CANTO J, R FARIÑA, J YÁÑEZ & D FRASSINETTI (2008) Paleoecología y paleoambientes de los mamíferos fósiles de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 299-304. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
CARO MT & D O'DOHERTY (1999) On the use of surrogate species in conservation biology. Conservation Biology 13:805-814.
CASERTANO L & BAROZZI R (1961) Informe sobre el sistema volcánico del Lascar. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Fisico y Mat,, Instituto de Geológica, Publicaciones, 23, 304–315.
Castillo M (1994) Régimen jurídico de protección del medio ambiente. Aspectos generales y penales. Segunda edición. Ediciones Bloc, Santiago.329 pp.
CASTRO V (1997) Huacca Muchay. Evangelización y religión andina en Charcas, Atacama La Baja. Tesis para optar al grado de Magister en Historia, mención Etnohistoria. Departamento de Ciencias Históricas, Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad de Chile. Santiago.
CASTRO V (2002) Ayquina y Toconce: paisajes culturales del norte árido de Chile. En Paisajes Culturales en los Andes, pp. 209-222. Representación de la UNESCO en Perú, Lima.
CASTRO V, C ALDUNATE & V VARELA (2004) Ocupación humana del paisaje desértico de Atacama, Región de Antofagasta ARQ .57, p.14-17. ISSN 0717-6996.
CAVIEDES CN & JA IRIARTE (1989) Migration and distribution of rodents in central Chile since the Pleistocene: the palaeogeographic evidence. Journal of Biogeography 16: 181-187. MARQUET PA (1989) Paleobiogeography of South American cricetid rodents: a critique to Caviedes & Iriarte. Revista Chilena de Historia Natural 62: 193-197.
CAVIERES L, MTK ARROYO, P POSADAS, C MARTICORENA, O MATTHEI, R RODRIGUEZ, F SQUEO & G ARANCIO (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301-1311.
CEA (2003) Vocalizaciones de aves rapaces. Proyecto CHI/01/G09 GEF/PPS/PNUD. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales. CEA Ediciones, Valdivia. (Cassette).
CEA (2008) Estudio línea de base Oasis de Calama. Informe final. Ministerio de Bienes Nacionales, Doc. Técnico (en elaboración).
CEI JM (1962) Batracios de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cviii + 128 pp.
CLAYTON JD & CM CLAPPERTON (1995) The last glacial cycle and paleolake synchrony in the southern Bolivia altiplano: Cerro Azanaques Case Study. Bulletin Ins.T. Fr. de Etudes Andines 24(3): 563-571.
CODY ML (1985) Habitat selection in birds. Academic Press, Orlando
COFRÉ H & P MARQUET (1999) Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: an assessment. Biological Conservation, 88:53-68.
COMITÉ NACIONAL DE HUMEDALES DE CHILE (2000). Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile. 63 pp.

CONAMA (1992) Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile.
CONAMA (1993) Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile. Suplemento No.1.
CONAMA (1994) Ley de Bases del Medio Ambiente. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Chile. 44 pp.
CONAMA (1994) Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2º edición. Santiago de Chile. 128 pp.
CONAMA (1996a) Flora, competencias ambientales. Documento Nº4, Serie Jurídica.
CONAMA (1996b) Áreas protegidas, competencias ambientales. Documento Nº6, Serie Jurídica.
CONAMA (1996c) Aire, flora, fauna, áreas silvestres protegidas, procedimientos administrativos ambientales. Documento Nº13, Serie Jurídica.
CONAMA (1996d) Diversidad biológica, identificación y diagnóstico preliminar del ordenamiento jurídico aplicable a la protección de la diversidad biológica. Documento Nº16, Serie Jurídica.
CONAMA (1997a) Áreas silvestres protegidas, legislación punitiva y sancionatoria ambiental. Documento Nº27, Serie Jurídica.
CONAMA (1997b) Áreas silvestres protegidas, legislación sancionatoria ambiental. Documento Nº28, Serie Jurídica..
CONAMA Chile (1998) Documento de Discusión: Gestión Integrada del Recurso Agua www.conama.cl/cds/cat_10acta.
CONESA V (1995) Guía Metodológica para el Desarrollo de la Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones MundiPrensa. 2º Edición. Madrid, España. 390 pp.
CONTRERAS L & J TORRES-MURA (2008) Biogeografía de mamíferos terrestres de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 305-314. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
CORTÉS A, E MIRANDA, M ROSENMANN & JR RAU (2000) Thermal biology of the fossorial rodent Ctenomys fulvus from the Atacama desert, northern Chile. Journal of Thermal Biology 25: 425-430.
CORTÉS A, JR RAU, E MIRANDA & JE JIMENEZ (2002) Hábitos alimenticios de Lagidium viscacia y Abrocoma cinerea: roedores sintópicos en ambientes altoandinos del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 75: 583-593.
CUEVAS CC & JR FORMAS (2002) *Telmatobius philippii*, una nueva especie de rana acuática de Ollagüe norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 75: 245-258.
DAVIS TD ed (1994) The Ramsar Convention Manual. Ramsar Convention Bureau, Gland Switzerland. 207 pp.
DAYTON PK (1971) Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. Ecocolical Monography 41:351-389.
DAZA R (2005) Programa monitoreo Parque Nacional Sajama, SERNAP Programa BIAP. 79 pp
DAZA VON BOECK R (2005) Programa de Monitoreo de la Conservación Parque Nacional Sajama. SERNAP Programa BIAP. Bolivia. 78 pp.
DEMETRIO L (1993) Algunos comentarios sobre la presencia de golondrinas en Calama. Boletín Informativo UNORCH 15: 17.
DERUELLE B (1979) Petrologie d'un volcanisme de marge active: Atacama et Andes Meridionales. PhD Thesis, Université de Paris.
DERUELLE B (1985) Le Volcan Lascar: géologie et pétrologie. Actas 4° Congreso Geológico Chileno 4, Antofagasta, Chile, 120–137.
DGA (1999) Política Nacional de Recursos hídricos. Disponible en www.dga.cl
DGA (2002) Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos. www.dga.cl/secuencias/servicios/derech_criterios.htm.
DGA (2004) Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca río Loa. Diciembre de 2004. Elaborado por CADE - IDEPE.
DGA (2005) Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Loa. Informe técnico realizado por: Departamento de Administración de Recursos Hídricos S.D.T. Nº 192 Santiago, enero del 2005.
DI CASTRI F (1968) Esquisse écologique du Chili. Biologie de la Amérique Australe 4 :7-52.

DI CASTRI F (2003) Globalización y biodiversidad. En: E Figueroa & J Simonetti eds Globalización y biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena: 285-323. Editorial Universitaria. 327 pp.
DI CASTRI F & E HAJEK (1976): Bioclimatología de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile.
DÍAZ N (1983) Bibliografía sobre anuros chilenos 1962-1982. Resúmenes y comentarios. Medio Ambiente (Chile) 6: 80-98.
DÍAZ-PAÉZ E & J ORTIZ (2003) Evaluación del Estado de conservación de los anfibios en Chile. Revista Chilena de Historia Natural 76: 509-525.
DONOSO-BARROS R (1961) Three new lizards of the genus Liolaemus from the highest Andes of Chile and Argentina. Coepia 1961 (4): 387-391.
DONOSO-BARROS R (1966) Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cxliv + 458 pp.
DONOSO-BARROS R (1970) Catálogo herpetológico chileno. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 31: 49-124.
DUELLMAN WE (1993) Amphibian species of the world: additions and corrections. The University of Kansas, Museum of Natural History, Special Publications, Lawrence, Kansas. iii + 372 pp.
DUGAN PJ ed (1990) Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. IUCN The World Conservation Union, Gland, Switzerland. 96 pp.
DUGAN PJ & TA JONES (1993) Ecological change in wetlands: A global view. En: Waterfowl and Wetland Conservation in the 1990s - A global perspective, eds M Moser RC Prentice & J van Vessem. IWRB Special Publication No 26, Slimbridge UK: 34-38.
ECONAT Consultores (2005) Análisis general del impacto económico de norma secundaria de calidad de aguas del río Loa en el sector silvoagropecuario. Informe Final.
EDWARDS RY (1976) Interpretation: What Should it Be? Journal of Interpretation 1(1).
EGLI G (1998) Voces de la Fauna Chilena. (Compact Disc).
ELGUETA E (2006) Estudio de flora y fauna vertebrada terrestre del oasis de El Loa. Proyecto Educativo Manuel Montt y Centro Recreativo Pukará Country Club. 16 pp.
ELLENBERG H & D MUELLER-DOMBOIS (1966) A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. Ber. Geob. Inst. ETH Stiftung Rubel, Zurich 37: 56-73.
ERDRA (2000). Estrategia Regional de Desarrollo de la Región de Antofagasta. Gobierno de Chile. Región de Antofagasta 2000-2006.
ESCRIBANO M, M DE FRUTOS, E IGLESIAS, C MATAIX & I TORRECILLA (1991) El Paisaje. Unidades temáticas ambientales de la Secretaría del Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Ministerio de Obras Publicas y Transportes de España. 177 pp.
EUROCHILE- CORFO (sin fechar) Estudio de Capacidad de Carga Turística de San Pedro de Atacama, un proyecto que avanza en la constitución del primer destino en Chile con un sistema de gestión sustentable del turismo. (Documento disponible en la Red, versión PDF.
FARINA A (1998) Principles and methods in landscapes ecology. Chapmen & Hall, London. 235 pp.
FEITO R & MH GALLARDO (1982) Sperm morphology of the Chilean species of Ctenomys (Rodentia, Octodontidae). Journal of Mammalogy, 63: 658-661.
FERNÁNDEZ P (1998) Insitucionalidad ambiental en Chile. Rev de Derecho 9, suplemento especial: 35-42.
FIGUEROA E, C BRAVO & R ÁLVAREZ (2003) Biodiversidad y turismo: oportunidades para el desarrollo económico y la conservación en Chile. En: E Figueroa & J Simonetti eds Globalización y biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena: 23-49. Editorial Universitaria. 327 pp.
FINES KD (1968) Landscape evaluation: A research project in east Sussex. Regional studies (2): 41-55.
FJELDSA J (1985) Origin, evolution, and status of the avifauna of Andean wetlands. Ornithological Monographs 36: 85-112.
FLANAGAN JNM, I FRANKE & L SALINAS (2005). Aves y endemismo en los bosques relictos de la vertiente occidental andina del norte del Perú y sur del Ecuador. *Rev. peru biol.*12(2): 239-248.
FLORES L (1997) Marco jurídico aplicable a las Áreas Silvestres Protegidas. Santiago, Chile.
FORMAN RTT & M GODRON (1986) Landscape Ecology, John Wiley, New York. 619 pp.

FORMAN RTT (1995) Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge U.K.

FORMAS JR, CC CUEVAS & JJ NUÑEZ (2006) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica 62: 173–183.

FORMAS JR. E BENAVIDES & C CUEVAS (2003) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Río Vilama, northern Chile, and the redescription of *T. halli* Noble. HerpetologicA 59 (2): 253-270.

FORMAS R (1995) Anfibios. En: Simonetti J, M T K Arroyo, A. Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad biológica de Chile. Imprenta Talleres de Artegrama Ltda. Santiago de Chile. 364 pp.

FORMAS R. I NORTHLAND, J CAPETILLO, J NUÑEZ, C CUEVAS & L BRIEVA (1999) *Telmatobius dankoi,* una nueva especie de rana acuática del norte de Chile (Leptodactylidae). Rev. Chil. Hist. Nat. 72: 427- 445.

FULLER M & MOSHER (1987) Raptor survey techniques. En: BA Giron Pendleton, BA Millsap, KW Cline & DM Bird (eds). Raptor Management Techniques Manual: 37–65. National Wildlife Federation, Washintong, D.C. EE.UU. 276 pp.

GAJARDO R (1994) La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 pp.

GALLARDO E (1985) Legislación sobre protección de la flora arbórea y arbustiva nativa chilena. En: Benoit IL (ed) Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Primera Parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 157 pp.

GALLARDO E (1989) Legislación sobre protección de la flora arbórea y arbustiva nativa chilena. En: I Benoit (ed): 51-64. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (primera parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago de Chile, Chile, 157 pp.

GALLARDO E (1989) Marco jurídico del bosque nativo y su manejo. Exposición efectuada en las jornadas sobre el bosque nativo y su manejo durante el 17 y 18 de noviembre en Concepción. Concepción, Chile. 14 pp.

GARDEWEG M, R SPARKS & S MATTHEWS (1997) (1998) Evolution of Lascar Volcano, Northern Chile. Journal of the Geological Society. Vol 155: 89-104.

GARDEWEG M, R SPARKS & S MATTHEWS (1997) La evolución del volcán lascar y su relación con el clima del Pleistoceno superior-holoceno de los andes centrales. Actas del VII congreso geológico chileno, sesión temática 2: 327-331.

GIL C (2002) Monitoreo ambiental, una herramienta invaluable en el manejo de ecosistemas. Gestión Ambiental 8: 29-44 (2002)

GILPIN ME & ME SOULÉ (1986) Minimum viable populations: Processes of species extinctions. En Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity, M.E. Soulé (ed.), pp. 19-23. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.

GLADE A (Ed) (1993) Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago Chile.

GODOY R, C RAMÍREZ, H FIGUEROA & E HAUENSTEIN (1981) Estudios ecosociológicos en Pteridófitos de comunidades boscosas valdivianas, Chile. Bosque 4(1): 12-24.

GOLDSMITH FB (Ed) (1995) Monitoring for conservation and ecology. Chapman & Hall, London.

GOLTE J (2001) Migración andina y cultura peruana en Historia de la cultura peruana. Fondo Editorial del Congreso del Perú. Tomo II. Lima

GONZÁLEZ A (2000) Evaluación del recurso vegetacional en la cuenca del río Budi, situación actual y propuestas de manejo. Tesis Licenciatura en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco. 110 pp.

GRANIZO T, ME MOLINA, E SECAIRA, B HERRERA, S BENÍTEZ, O MALDONADO, M LIBBY, P ARROYO, S ÍSOLA & M CASTRO (2006) Manual de planificación para la conservación de áreas, PCA. The Nature Conservancy y USAID. Impresora Flores, Quito, Ecuador. 204 pp.

GRIGERA (2002) III Taller Criterios para la evaluación del estado de conservación de la fauna silvestre. Gestión Ambiental 8: 71-72.

GROSJEAN M (1994) Paleohydrology of the Laguna Lejía and climatic implications for late-glacial times. Palaeoecology 109: 89-100.
GROSJEAN M (1995) Late Quaternary Geology and Hydrology of Laguna Lejía (Northchilean Altiplano) and Paleoclimatic Implications. In A. Saez (ed) Cenozoic and Quaternary lacustrine systems in northern Chile (Central Andes, Arc and Fore-Arc zones) p. 63-68. IGCP324. GLOPALS-IAS, Antofagasta 1995.
GROSJEAN M & L NÚÑEZ (1994) Lateglacial, Early and Midldle Holocene Environmentens, human occupation, and resourse use in the Atacama (Northern Chile). Geoarchaeology: An International Journal Vol. 9. No. 4, 271-286.
GROSJEAN M, GEYH M.A, MESSERLI B & SCHOTTERER U (1995) Late-glacial and early Holocene lake sediments, groundwater formation and climate in the Atacama Altiplano 22-24°S. Journal of Paleolimnology 14/3, 241-252.
GROSSMAN DH, P BOURGERON, WDN BUSCH, D CLELAND, W PLATTS, GC RAY, CR ROBERTS & G ROLOFF (1999) Principles for ecological classification. In: NC Johnson, AJ Malk, RC Szaro & WT Sexton Common Reference for Ecosystem Manegement 2: 353-393. Elsevier Science, Oxford, UK.
GROVES CR (2003) Drafting a Conservation Blueprint: A Practitioner´s Guide to Planning for Biodiversity. Washington DC: Island Press y The Nature Conservancy.
GUEST JE (1969) Upper Tertiary ignimbrites in the Andean cordillera of part of the Antofagasta province of northern Chile. Geol. Soc. Am. Bull. v80:337-362.
GUTIERREZ J, F LÓPEZ-CORREA & P MARQUET (1998) Vegetation in an altitudinal gradient along the Rio Loa in the Atacama Desert of northern Chile. Journal of Arid Environment 40: 383-399.
HAUENSTEIN E, C RAMÍREZ, M LATSAGUE & D CONTRERAS (1988) Origen fitogeográfico y espectro biológico como medida del grado de intervención antrópica en comunidades vegetales. Medio Ambiente 9(1): 140-142.
HELAWELL J (1995) Development of a rationale for monitoring. En: Goldsmith FB (ed) Monitoring for conservation and ecology: 1-14. Chapmam & Hall, London.
HELLMAYR CE (1932) The birds of Chile. Pub. 308. Field Museum of Natural History. Zoological Serie 19. Chicago.
HERMOSILLA J (2004) Tratados Internacionales vigentes en Chile en materia de protección a la Biodiversidad y su relación con la legislación interna. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Escuela de Derecho Universidad Austral De Chile.
HESS GR & TJ KING (2002) Planning open spaces wildlife. I Selecting focal species using a Delphi survey approach. Landscape and urban Planning 58: 25-40
HICKMAN GC (1985) Surface-mound formation by the tuco tuco, Ctenomys fulvus (Rodentia: Ctenomyidae), with comments on earth-pushing in other fossorial mammals. Journal of Zoology (London) 205: 385-390.
HOFFMANN A (1989) Cactáceas en la flora silvestre de Chile. 1ª ed. Fundación Claudio Gay, Santiago. 272 pp.
HOFFMANN A, MK ARROYO, F LIBERONA, M MUÑOZ & J WATSON (1998) Plantas altoandinas en la flora silvestre de Chile. 1ª ed. Fundación Claudio Gay, Santiago. 281 pp.
HOLDRIDGE (1967) Determination of world plan formation from simple climatic data. Science 105: 367-368.
HORTON PB, AA MCCONNEY, M GALLO, AL WOODS, GJ SENN, & D HAMELIN (1993) An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. Science Education, 77(1), 95-111.
HOWELL SNG & S WEBB (1995) Noteworthy bird observations from Chile. Bull. Brit. Orn. Cl. 115: 57-66.
HÜCKINGHAUS F (1961) Vergleinchende Untersuchungen ber die Formenmannigfaltigkeit der Unterfamilie Caviinae Murray 1886. (Ergebnisse der Südamerikaexpedition Herre/Röhrs 1956- 1957). Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie 166: 1-98.
HUGHES RA (1970) Notes on the birds of the Mollendo district, southern Peru. Ibis 112: 229-241.
HUMPRIES CJ, PH WILLIAMS & RI VANE-WRIGHT (1995) Measuring biodiversiti value for conservation. Annual Review of Ecology and Systematics 26: 93-111.

HUNTER ML (2004) A mesofilter conservation strategy to complement fine and coarse Filtres. Conservation Biology 19(4): 1025-1029.
IBARRA-VIDAL H (1989) Impacto de las actividades humanas sobre la herpetofauna en Chile. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Chile) 3: 33-39.
IMILAN W (2007) Socaireños en movimiento: Atacameños y Calama. Estudios atacameños: Antropología y arqueología surandinas nº 33. Pp. 105- 123
JARAMILLO A (2005) Aves de Chile. Guía de Campo de las aves de Chile. Lynx ediciones, Barcelona. 239 pp.
JENSEN A (1992) Las cuencas aluvio lacustres Oligoceno-Neogenas de la región del Ante-Arco de Chile septentrional entre los 19º y 23º Sur. Ph D. Thesis Universidad de Barcelona.
JEREZ V (2000) Diversidad y patrones de distribución geográfica de insectos coleópteros en ecosistemas desérticos de la región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 79-92.
JIMÉNEZ J (1996) The extirpation and current status of wild chinchillas Chinchilla lanigera and C. brevicaudata. Biological Conservation, 77: 1-6.
JOHNSON AW, RA HUGHES, JD GOODALL, WR MILLIE & G MOFFETT (1972) Supplement to the birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Perú. Platt Establecimientos Gráficos S. A. Buenos Aires.
JOHNSON WA (1965) The Birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Peru. Volume 1. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires
KEITER R (1998) Ecosystems and the law: toward an integrated approach. Ecological Applications 8(2): 332-341.
KING C (1993) La expresión territorial planimétrica de la legislación ambiental: Ley de Bosques y Reglamento del Decreto Ley 701. Seminario de título para optar al Diplomado en Análisis y Gestión del Ambiente. Escuela de Graduados Universidad de Concepción. 60 pgs.
KLOHN W (1972) Hidrografía de las zonas desérticas de Chile. Ed. por Jean Burz. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Chile.
KOFORD CB (1968) Peruvian desert mice water independence, competition, and breeding cycle near the Equator. Science 160: 552-553.
KRAMER KM, JA MONJEAU, EC BIRNEY y RS SIKES. 1999. Phyllotis xanthopygus. Mammalian Species 617:1-7.
KREBS C (1985) Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2 Edición. Editorial Interamericana. 753 pp.
LAHSEN A (1982) Upper Cenozoic volcanism and tectonism in the Andean of northern Chile. Earth Science Reviews, Vol. 18, p. 285-302.
LATORRE C, JL BETANCOURT, KA RYLANDER, J QUADE & O MATTHEI (2003) A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23ºS) over the last 13500 years. Palaeo 194: 223-246.
LINHART SB & FF KNOWLTON (1975) Determining the relative abundance of coyotes by scent station lines. Wildlife Society Bulletin 3:119-124.
LÓPEZ M (1991) Alimentación de flamencos altiplánicos, con énfasis en *Phoenicoparrus andinus* (Philippi) en Salar de Carcote, Chile. En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 84-89.
LUEBERT F (2004) Apuntes sobre la vegetación de bosque y matorral del desierto precordillerano de Tarapacá (Chile). Chloris Chilensis 7(1). URL: www.chlorischile.cl (Julio-2005)
LUEBERT F & R GAJARDO (1999) Adiciones y notas a la flora del parque nacional Llullaillaco (Región de Antofagasta, Chile). Noticiero Mensual Museo Nacional de Historia Natural 339: 3-6.
LUEBERT F & R GAJARDO (2000) Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile. Lazaroa 21: 111-130
LUEBERT F & R GAJARDO (2005) Vegetación altoandina de Parinacota (norte de Chile) y una sinopsis de la vegetación de la Puna meridional. Phytocoenologia 35(1): 79-128.
LYNCH JD (1975) A new Chilean frog of the extrandean assemblage of *Telmatobius* (Amphibia-Leptodactylidae). Bull South Acad Sci 74: 160-161.

MAGURRAN AE (1998) Ecological diversity and its measurament. Princeton University Press, New Jersey. 179.
MALDONADO V & CM CHACÓN (2001) Trabajando en marcos jurídicos apropiados para la conservación privada: la experiencia en Chile y Costa Rica. Alianza Regional para Políticas de Conservación en América Latina y el Caribe, 38 p.
MARÍN M (2003) Un nuevo registro de benteveo *Pitangus sulphuratus* para Chile. Cotinga 19: 82-83.
MARÍN M (2004) Lista comentada de las aves de Chile. Lynx Edicions, Barcelona. 141 pp.
MARÍN M, LF KIFF & LG PEÑA (1989) Notes on Chilean birds, with descriptions of two new subspecies. Bull. Brit. Orn. Cl. 109: 66-82.
MARQUET PA (1989) Paleobiogeography of South American cricetid rodents: a critique to Caviedes & Iriarte. Revista Chilena de Historia Natural 62: 193-197.
MARQUET P (1994). Diversity of small mammals in the Pacific coastal desert of Peru and Chile and adjacent Andean area: biogeography and community structure. Australian Journal of Zoology 42:527-542.
MARQUET P, F BOZINOVIC, GA BRADSHAW, C CORNELIUS, H GONZÁLEZ, JR GUTIERREZ, ER HAYEK, JA LAGOR, F LÓPEZ-CORTEZ, L NUÑEZ, EF ROSELLO, C SANTORO, H SAMANIEGO, VG STANDEN, JC TORRES-MURA & FM JAKSIC (1998) Los ecosistemas del desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 593-617.
MÁRQUEZ C, I SÁNCHEZ & J RAU (2004) Técnicas de Observación y Estimación de Abundancia de Aves Rapaces. En: Muñoz-Pedreros A, Rau J & Yáñez J (eds). Aves Rapaces de Chile. CEA Ediciones, Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, Valdivia, Chile. 387 pp.
MARTICORENA A (2005) Malvaceae. Cap. 35, pp. 22-105. En: Marticorena C & R Rodríguez. eds Flora de Chile. Vol. 2(3). Plumbaginaceae - Malvaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 128 pp.
MARTICORENA A, V PARDO & A PENALOZA (2004) Adiciones y notas a la flora del Parque Nacional Llullaillaco, II Region, Chile. Gayana Bot. 61(2):49-54.
MARTICORENA C & M QUEZADA (1985) Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Bot. 42(1-2): 1-155.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (1995) Flora de Chile. Vol. 1. Pteridophyta-Gymnospermae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 351 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2001) Flora de Chile. Vol. 2(1) .Winteraceae-Ranunculaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 99 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2003) Flora de Chile. Vol. 2(2). Berberidaceae-Betulaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 93 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2005) Flora de Chile. Vol. 2(3). Plumbaginaceae - Malvaceae. Editorial Universidad de Concepción, Chile. 128 pp.
MARTICORENA C, O MATTHEI, R RODRÍGUEZ, MK ARROYO, M MUÑOZ, F SQUEO & G ARANCIO (1998) Catálogo de la flora vascular de la segunda región (Región de Antofagasta), Chile. Gayana Bot. 55(1): 23-83.
MARTÍNEZ JL (1998) Pueblos del chañar y el : los atacameños en el siglo XVII. Santiago, Chile: DIBAM. Universidad de Chile.
MARTÍNEZ-PARDO R & R MARTÍNEZ-GUZMÁN (1997) Neogene Southest paleogeography, the opening of the Drake passaje and the Humboldt Current history: The Chilean micropaleontologycal perspective. Actas VIII Congreso Geológico Chileno, Universidad Católica del Norte 1: 525-529.
MATTHEI O (1995) Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabeta Impresores, Santiago, Chile. 545 pp.
MAZAR BARNETT J & G KIRWAN eds (1999a) Neotropical notebook. Cotinga 11: 96-105.
MAZAR BARNETT J & G KIRWAN eds (1999b) Neotropical notebook. Cotinga 12: 79-88.
MCALEECE (1997) Biodiversity Profesional Beta Program. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science.
MEFFE GK & CR CARROLL (1994) Genetics: conservation of diversity within species. In: GK Meffe & CR Carroll eds. Principles of conservation biology: 143-178. Sinauer Associates Inc. Sunderland, MA.

MESERVE PL & DA KELT (1990) The role of aridity and isolation on central Chilean small mammals: a reply to Caviedes & Iriarte (1989). Journal of Biogeography 17: 681-684.
MESSERLI B, GROSJEAN M & VUILLE M (1997) Water Availability, Protected Areas, and Natural Resources in the Andean Desert Altiplano. Mountain Research and Development 17/3, 229-238.
MESSERLI B, M GROSJEAN, G BONANI, A BURGI, MA GEYH, K GRAF, K RAMSEYER, H ROMERO, USCHOTTERER, H SCHREIER & M VUILLE (1993) Climate Change and Natural Resource Dynamics of the Atacama Altiplano during the Last 18,000 Years: A Preliminary Synthesis. Mountain Geoecology of the Andes: Resource Management and Sustainable Development. Mountain Research and Development13(2): 117-127.
MIDEPLAN (1994) Métodos y Técnicas de Planificación Regional. Ministerio de Planificación y Cooperación. Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD). 1ª Edición. Editores Asociados Ltda. Chile. 155 pp.
MINISTERIO DE AGRICULTURA (s/f) Ley 19.473 y Reglamento de la Ley de caza.
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE (1992) Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: contenidos y metodologías. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), Madrid, España. 809 pp.
MONTENEGRO G, ME ALJARO & J KUMMEROW (1979) Growth dynamics of chilean matorral shrubs. Botanical Gazette 140:114-119.
MONTENEGRO S, D HERVE & V DURÁN (2001) Los tratados ambientales: principios y aplicación en Chile. 1a. ed. Edición Marie Claude Plumer.Santiago de Chile. CONAMA.
MONTTI S & H HENRIQUEZ (1970) Interpretación hidrogeológica de la génesis de salares y lagunas del altiplano chileno. Segundo congreso geológico chileno. Instituto de investigaciones Geológicas. Santiago, Chile. 13 pp.
MOONEY HA & J KUMMEROW (1971) The comparative water economy of representative evergreen sclerophyll and drought deciduous shrubs of Chile. Botanical Gazzete 132: 245-252.
MOP (2007) Declaración de impacto ambiental proyecto conservación y mejoramiento conexión vial San Pedro – El Tatio (rutas B-245-235) región de Antofagasta.
MOPT (1994) Guía para la Elaboración de Estudio del Medio Físico. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Madrid, España. 809 pp
MORALES H (1997) Pastores transhumantes al fin del mundo. Un enfoque cultural de la tecnología en una comunidad andina de pastores. Tesis de Grado de Antropología Social. Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile, Santiago.
MORALES J (2000) Claves para la interpretación del patrimonio: un valioso apoyo a la gestión. Gestión Ambiental 6: 1-10.
MORENO C (2001) Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA. Volúmen 1. Zaragoza, España. 84 pp.
MORENO S & J GARCIA-ABAD (1996) Cartografía de la calidad visual del paisaje; reflexiones teóricas y ejemplo de aplicación. Serie Geográfica; el paisaje en el mapa, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares 6: 115-129.
MORENO, R.A. & H. IBARRA-VIDAL. 2004. Additions to the herpetological catalogue of the Museo del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. Gayana, 68(1), 93-97
MUELLER-DOMBOIS D & E ELLENBERG (1974 Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York. 547 pp.
MUÑOZ C (1966) Sinopsis de la flora chilena. 2a ed. Universidad de Chile, Santiago. 500 pp.
MUÑOZ J (2003) Perspectivas para el desarrollo de las aguas subterráneas en Chile. Taller Nacional-Chile hacia un plan nacional de gestión integrada de los recursos hídricos. CEPAL/SAMTAC-GWP/Comisión Nacional de Riego- Dirección General de Aguas de Chile/Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile/AIDIS. Santiago de Chile. 16 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A (1992) Ecología de la asociación de micromamíferos presentes en un agroecosistema forestal de Chile Central. Revista Chilena Historia Natural.65: 417-428.
MUÑOZ-PEDREROS A (2004) La evaluación de paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77 (1): 139-156.

MUÑOZ-PEDREROS A & E PALMA (2008) Marsupiales de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez (eds) Mamíferos de Chile, segunda edición. CEA Ediciones. 573 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & J YAÑEZ (eds) (2000) Mamíferos de Chile. CEA Editorial. Valdivia. 417 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & J YÁÑEZ (eds) (2008) Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Segunda Edición corregida y ampliada (en prensa).
MUÑOZ-PEDREROS A & P MÖLLER (eds) (1997) Conservación de Humedales. Taller Bases para la Conservación de Humedales. CEA Ediciones/Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Valdivia. 118 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A, A BADILLA & H RIVAS (1993) Evaluación del paisaje en un humedal del sur de Chile: El caso de Valdivia (X Región). Revista Chilena de Historia Natural 66: 403-417.
MUÑOZ-PEDREROS A, C GODOY & L OLIVARES (1993b) Santuario Carlos Anwandter: proposiciones para su manejo. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Concepción) 7: 33-47.
MUÑOZ-PEDREROS A, J MONCADA & A LARRAIN (2000) Variación de la percepción del recurso paisaje en el sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 681-690.
MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU & J YÁÑEZ (EDS) (2004) Aves Rapaces de Chile Ediciones. 387 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU, V QUINTANA, M VALDEBENITO & D MARTÍNEZ (1995) Densidad de pumas (Felis concolor) en un ecosistema forestal del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 68(4): 501-509.
MURPHY DD & BD NOON (1991) Coping with uncertainty in wildlife biology. J. Wildl. Manage. 55:773-782.
MURRA J (1972) El "control vertical" de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. En Visita a la provincia de León de Huanuco (1562), J. Murra (Ed.), pp. 429-476. Universidad Hermilio Valdizán, Huanuco.
NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1986) Ecological knowledge and environmental problem solving: concepts and case studies. Committee on the Application of Ecological Theory to Environmental Problems; Commission on Life Sciences; National Academy Press, Washington D.C.
NAVARRO G (1993) Vegetación de Bolivia: El altiplano meridional. Rivasgodaya 7: 69-98
NAVARRO G & S RIVAS-MARTÍNEZ (2005) Datos sobre la fitosociología del norte de Chile: la vegetación en un transecto desde San Pedro de Atacama al volcán Licancabur (Antofagasta, II Región). Chloris Chilensis Año 8 Nº 2. URL: http://www.chlorischile.cl
NAVAS ME (1973, 1976, 1979) Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Tres tomos. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
NIEMEYER H & P CERECEDA (1984) Hidrografía. Geografía de Chile. Tomo VIII. Instituto Geográfico Militar. Chile.
NOSS RF (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology 4:355-364.
NOWAK RM (1999) Walker's mammals of the world. Sixth edition. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 1936 pp.
NÚÑEZ H (1992) Geographical data of Chilean lizard and snakes in the Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. Smithsonian Herpetological Information Service 91. 29 pp.
NÚÑEZ H & A VELOSO (2001) Distribución geográfica de las especies de lagartos de la Región de Antofagasta, Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 109-120.
NÚÑEZ H & F JAKSIC (1992) Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 43: 63-91.
NÚÑEZ H & JL YÁÑEZ (1983) *Ctenoblepharis adituvelatus* new species, a lizard from northern Chile (Reptilia: Iguanidae). Copeia 1983: 454-457.
NÚÑEZ H & JL YÁÑEZ (1983-84) *Ctenoblepharis erroneus* Nov. sp. de Iguanidae para la zona norte de Chile (Reptilia: Iguanidae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 40: 91-95.
NÚÑEZ H & SF FOX (1989) *Liolaemus puritamensis*, a new species of iguanid lizard previously confused with *Liolaemus multiformis* (Squamata: Iguanidae). Copeia 1989: 456-460.
NUÑEZ H, D PINCHEIRA-DONOSO & C GARIN (2004) *Liolaemus hajeki*, nueva especie de lagartija de Chile (Squamata, Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 53: 85-97.

NÚÑEZ H, J NAVARRO & A VELOSO (2000) *Liolaemus foxi*, una nueva especie de lagarto para el Norte de Chile (Squamata: Reptolia: Sauria) Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 17: 257-268.
NÚÑEZ H, J NAVARRO & J LOYOLA (1991) *Liolaemus_maldonadae* y *Liolaemus cristiani*, dos especies nuevas de lagartijas para Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 42: 79-88.
NÚÑEZ H, J NAVARRO, C GARIN, D PINCHEIRA-DONOSO & V MERIGGIO (2003) *Phrynosaura manueli* y *Phrynosaura torresi*, nuevas especies de lagartijas para el norte de Chile (Squamata: Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 52: 67-88. .
NÚÑEZ H, J NAVARRO, J SUFAN & JL GALAZ (1998) Distribución geográfica de *Phrynosaura* (Reptilia: Tropiduridae). Noticiario Mensual Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 334: 11-14.
NÚÑEZ H, JA SCHULTE & C GARIN (2001) *Liolaemus josephorum*, nueva especie de lagartija para el norte de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 91-107.
NÚÑEZ H, MA LABRA & J YÁÑEZ (1982) Hábitos alimentarios de dos poblaciones andinas de *Bufo spinulosus* Wiegmann, 1835 (Anura: Bufonidae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 39: 81-91.
NUÑEZ H, V MALDONADO & R PÉREZ (1997) Reunión de trabajo con especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 329: 12-19.
NÚÑEZ L & T DILLEHAY (1979) Movilidad giratoria , armonía social y desarrollo en los Andes meridionales: patrones de tráfico e interacciones económicas. Antofagasta , Chile: Universidad del Norte.
OLTREMARI J & K TELEN (1999) Manual para la formulación de Planes de Manejo en áreas silvestres protegidas privadas. Producto final del estudio “Análisis y Diseño Metodológico para la Elaboración de Planes de Manejo en Áreas Silvestres Protegidas Privadas”. Informe Final, Tomo II. CONAMA. Santiago.
ORTIZ JC & P MARQUET (1987) Una nueva especie de lagarto altoandino: *Liolaemus islugensis* (Reptilia-Iguanidae). Gayana: Zoología (Chile) 51: 59-63.
ORTIZ JC (1994) Una nueva especie de lagarto altoandino del género *Liolaemus* (Sauria, Tropiduridae). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile) 65: 191-195.
ORTIZ S (1986) Legislación vigente en el ámbito del manejo de cuencas hidrográficas. Corporación Nacional Forestal Octava Región, Concepción, Chile. 35 pp.
ORTIZ S (1990) La actividad forestal y su regulación ambiental. Seminario CORMA sobre "Legislación forestal y su dimensión en el derecho ambiental". Concepción, Chile, noviembre 1990.
OSGOOD WH (1943) The mammals of Chile. Field Museum of Natural History, Zoological Series 30: 1-268.
OYARZO H & H CORREA (1991) Comunidad avial asociada a la laguna del Negro Francisco (II Región, Atacama). En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 122-131.
PARADA M (1991) Flamencos en el norte de Chile, distribución, abundancia y fluctuaciones estacionales del número. En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 52-66.
PATTERSON B & R PASCUAL (1972) The fossil mammal of South America.In: A Keast, F Erk & B Glass, Evolution, Mammals and Southern Continents: 247-310. State University of New York Press, Albany.
PEART B (1977) Definition of Interpretation. Paper at: Association of Interpreters Naturalists Workshop, Texas A & M University, April 1977. USA.
PELLET P, E UGARTE, E OSORIO & F HERRERA (2005) Conservación de la biodiversidad en Chile, ¿legalmente suficiente? La necesidad de cartografiar la ley antes de decidir. Revista Chilena de Historia Natural 78: 125-141.
PEÑA L (1968) Aves observadas y colectadas en la cordillera de Antofagasta. Noticiario Mensual del Museo de Historia Natural 13(145): 8-11.
PEÑA LG (1961) Results of research in the Antofagasta ranges of Chile and Bolivia. Postilla 49: 3-42.
PHILIPPI RA (1964) Catálogo de las aves de Chile con su distribución geográfica. Investigaciones Zoológicas Chilenas 11: 1-179.

PHILIPPI RA (1967) Tres especies de aves capturadas por primera vez en Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 29: 121-124.
PHILIPPI RA, AW JOHNSON & JD GOODALL (1944) Expedición ornitológica al norte de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 22:65-120.
PICHLER & ZEIL (1972) Paleozoic and Mesozoic ignimbriles of Northern Chile. N. Jb. Miner. Abh.,116, 196-207
PIELOU EC (1984) Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc. New York, 165 pp.
PINCHEIRA-DONOSO & H NUÑEZ (2005) Las especies chilenas del género Liolaemus Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae) Taxonomía, sistemática y evolución. Museo Nacional de historia Natural, Chile. Publicación Ocasional 59: 1-486.
PINE RH, SD MILLER & ML SCHAMBERGER (1979) Contributions to the mammalogy of Chile. Mammalia 43: 339-376.
POIANI KA & BD RICHTER (2000) Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad. Documentos de Trabajo para la Ciencia de la Conservación Nº 1. Herdnon, VA: The Nature Conservancy.
QUINTANILLA V (1977) Zonación altitudinal de la vegetación en el norte árido chileno, a la latitud del trópico de Capricornio. Revista de Geografía Norte Grande 5: 17-39
QUINTANILLA V (1988) Fitogeografía y cartografía de la vegetación de Chile árido. Contribuciones Científicas y Tecnológicas, Área Geociencias 82: 1-28.
RAMÍREZ C & M GARDEWEG (1982) Hoja Toconao, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 54, 122 pp.
RAMIREZ C & R WESTERMEIER (1976) Estudio de la vegetación espontánea del Jardín Botánico de la Universidad Austral de Chile (Valdivia), como ejemplo de tabulación fitosociológica. Agro Sur 4(2): 93-105.
RAMIREZ C (1988) Formas de vida, fitoclimas y formaciones vegetales. El Arbol...Nuestro Amigo, Temuco 4: 33-37.
RAMÍREZ G & D PINCHEIRA-DONOSO (2005) Fauna del altiplano y desierto de Atacama. Vertebrados de la provincia de El Loa. Phrynosaura Ediciones. Calama, Chile. 395 pp.
RAU J, C ZULETA, A GANTZ, F SAIZ, A CORTES, L YATES, A SPOTORNO & E COUVE (1998) Biodiversidad de artrópodos y vertebrados terrestres del Norte Grande de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 527-554.
RAU JR, M DELIBES & J F BELTRÁN (1987) Estudio comparado de la dieta de los zorros mediterráneos (Carnivora, Canidae). Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (Chile) 18: 163-168.
RECA A, C UBEDA, D GRIGERA, M BECACECCI, C BERTONATTI, J BIANCHINI, M BOLKOVIC, N BONINO, C BORGHI, E CABEZAS, C CAMPAGNA, H CASTELLO, M COZZUOL, E CRESPO, J CRESPO (1994) Conservación de la fauna de tetrápodos. Un índice para su evaluación. Mastozoología Neotropical 1 (1):17-28.
REDFORD KH & JF EISENBERG (1992) Mammals of the Neotropics. Volume 2, the southern cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, ix + 430 pp.
REIG OA (1981) Teoría del origen y desarrollo de la fauna de mamíferos de América del Sur. Monographiae Naturae 1: 1-162.
REIG OA (1986) Diversity pattern and differentiation of high Andean rodents. In: Vuillemier F & M Monasterio (eds) High altitude tropical biogeography: 404-439. Oxford University Press, New York, New York.
REIG OA (1987) An assessment of the systematics and evolution of the Akodontini, with the description of new fossil species of Akodon (Cricetidae: Sigmodontinae). Pp. 347-399 en Patterson, B. D. & R. M. Timm (Eds.) Studies in neotropical mammalogy: essays in honor of Philip Hershkovitz. Fieldiana: Zoology, New Series 39. vii + 506 pp.
REISE D & W VENEGAS (1987) Catalogue of records, localities and biotopes from research work on small mammals in Chile and Argentina. Gayana, Zool. 51:103-130.
RIDEOUT-CIVITARESE S, MH LEGG & DM ZUEFLE (1997) More thoughts on the differences betwen environmental interpretation and environmental education. Legacy 8(6): 10,28-29.

RIDES (2003) Contribución de los Estudios de Biodiversidad en la Evaluación Integrada del Salar de Atacama, 79 pp.
RIDGELY RS & G TUDOR (1994) The birds of South America. Vol II the suboscine passerines. University of Texas Press, Austin. USA.
RIEU M (1975) Les formations sédimentaires de la pampa del Tamarugal et le rio Loa. (Ct norte Grande)) du Chili). Cah. ORSTOM, sér. Géol. 7(2) : 145-164.
RISACHER F, H ALONSO & C SALAZAR (1999) Geoquímica de aguas en cuencas cerradas. I, II y III Regiones de Chile. Ministerio de Obras Publicas, Universidad Católica del Norte, Institut de Recherche pour le Développement (Ex Orstom), Dirección General de Aguas. S.I.T. N 51. 89 pp.
ROCHELLE JA (1994) Maintenance of late sucessional ecosystem values in the pacific northwest: evolving methodologies to guide habitat planning and policy making. En VA Sample (ed) Remote sensing and GIS in ecosystem management: 43-47 Island Press, Washington D.C.
ROMERO H (1985) Geografía de climas en geografía de Chile. Ediciones Instituto Geográfico Militar (IGM). Tmo XI. 243 pp.
ROZZI R, JJ ARMESTO, A CORREA, JC TORRES-MURA & M SALLABERRY (1996) Avifauna de bosques primarios templados en islas deshabitadas del Archipiélago de Chiloé, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 69: 125-139.
SALABERRY M, J AGUIRRE & J YÁÑEZ (1992) Adiciones a la lista de aves de Chile: descripción de nuevas especies para el país y otros datos ornitológicos. Noticiero Mensual del Museo de Historia Natural 321: 3-10.
SCHAT H & M SCHOLTEN (1986) Effects of salinity on growth, survival and life of four short-lived pioneers from brackish dune slacks. Acta Oecologica. 7:221-231.
SCHLATTER R & W SIELFELD (2006) Avifauna y mamíferos acuáticos de humedales de Chile. En I Vila, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez eds Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile: 141-187. Editorial Universitária, Santiago de Chile. 188 pp.
SCHLATTER R, J SALAZAR, A VILLA & J MEZA (1991) Demography of black-necked swans, *Cygnus melancoryphus* in three chilean wetland areas. Wildfowl Suppl. 1: 88-94.
SCHMIDT-NIELSEN K (1979) Animal physiology adaptation and environment. Cambridge University Press. Cambridge.
SERNATUR (2004) Actualización plan maestro turístico" Dirección Regional de Turismo. II Región de Antofagasta. I Etapa. Diagnóstico de la situación actual de la actividad turística. Elaborado por la Universidad Andrés Bello.
SGA-GND (2007) Estudio de impacto ambiental para la perforación geotérmica profunda el Tatio Fase I.
SHUMWAY S & M BERTNESS (1992) Salt stress limitation of seedling recruitment in a saltmarsh plant community. Oecologia 92: 490-497.
SIELFELD W & N AMADO (1994) Nuevos antecedentes sobre la presencia de la tagüita purpúrea (*Porphyrula martinico* Linnaeus, 1776) Gruiforme, Rallidae, en la primera región de Tarapacá, Chile. Boletín Chileno de Ornitología 1:24.
SIELFERLD W, N AMADO, J HERRERO, R PEREDO & A REBOLLEDO (1996) La avifauna del salar de Huasco: primera región, Chile. Boletín Chileno de Ornitología 3: 17-24.
SIMONETTI (1995) Diversidad Biológica: algo más que nombres, algo más que números. En Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad Biologica de Chile. CONICYT
SIMONETTI J & A VELOSO (2003) Contribución de los estudios de biodiversidad en la evaluacion integrada del Salar de Atacama. Programa de Estudios Interdisciplinarios en Biodiversidad/RIDES.
SIMONETTI JZ, & A SPOTORNO (1980) Posición taxonómica de *Phyllotis micropus* (Rodentia: Cricetidae).An. Mus. Hist. Nat. Valparaiso 13 285–297.
SOULÉ ME & KA KOHM (1989) Research Prirorities for Conservation Biology. Island Press. Washington, D. C.
SOUSA W (1984) The role of disturbance in natural comunities. Annual Review of Ecology and Systematics 15: 353-391.
SPELLERBERG IF (1994) Monitoring ecological change. Cambridge University Press, Cambridge.

SPOTORNO AE (1986) Systematics and evolutionary relationships of Andean phyllotine and akodontine rodents. Tesis Doctoral, University of California, Berkeley, California. 219 pp.
SPOTORNO AE & A VELOSO (1990) Flora and fauna of the altiplano. En: R Fernández (ed) Strategies in human adaptation to a rigorous environment: the Aymara: 19-32. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 265 pp.
SPOTORNO AE, LI WALKER & JC MARÍN (2008) Origen, evolución y domesticación de los mamíferos chilenos. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 269-284. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
SPOTORNO A, C ZULETA, A GANTZ, F SAIZ, J RAU, M ROSSEMAN, A CORTES, J RUIZ, L YATES, E COUVE & J MARIN (1998) Sistemática y adaptación de mamíferos, aves e insectos fitófagos en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 71: 501-526.
SPOTORNO A, L WALTER, SV FLORES, M YEVENES, JC MARIN & C ZULETA (2001) Evolución de los filotinos (Rodentia, Muridae) en los Andes del Sur. Revista Chilena de Historia Natural. (47) 1:
SPOTORNO AE, JP VALLADARES, JC MARÍN & H ZEBALLOS (2004b) Molecular diversity among domestic guinea-pigs (*Cavia porcellus*) and their close phylogenetic relationship with the Andean wild species *Cavia tschudii*. Revista Chilena de Historia Natural 77: 243-250.
SPOTORNO AE, JP VALLADARES, JC. MARIN, RE PALMA & C ZULETA (2004) Molecular divergence and phylogenetic relationships of chinchillids (rodentia: chinchillidae). Journal of Mammalogy 85: 384–388.
SQUEO FA, LA CAVIERES, G ARANCIO, JE NOVOA, O MATTHEI, C MARTICORENA, R RODRIGUEZ, MTK ARROYO & M MUÑOZ (1998) Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 571-591.
STATTERSFIELD AJ, ML CROSBY, AJ LONG, & DC WEGE (1998) Endemic bird areas of the world: priorities for biodiversity conservation. Bird Life Conservation Series N.º 7. Cambridge: Bird Life International.
STEPPAN S (1998) Phylogenetic relationships and species limits within Phyllotis (Rodentia: Sigmodontinae): concordance between mtDNA sequence and morphology. Journal of Mamalogy.
STEUBING L, R GODOY & M ALBERDI (2001) Métodos de Ecología Vegetal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 345 pp.
STORK NE & MJ SAMWAYS (1995) Inventorying and Monitoring. En Global Biodiversity Assessment (ed. Heywood, V.H.), pp. 453-544, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
TEILLIER S (2000) Flora del salar de Ascotán, Región de Antofagasta (II Región), Chile. Chloris Chilensis Año 3 N° 1. URL: http://www.chlorischile.cl
TEILLIER S & P BECERRA (2003) Flora y vegetación del salar de Ascotán, Andes del Norte de Chile. Gayana Bot. 60(2): 114-122.
TEILLIER S (2004) La vegetación de la cuenca media-alta del río Loa (3100-4150 msnm). Región de Antofagasta (II), Chile. Chloris Chilensis Año 7 N° 2. URL: http://www.chlorischile.cl
TORRES-MURA JC, M LEMUS & C GARIN (2003) Registro del turpial norteño, *Icterus galbula* (Aves: Icteridae) em Calama, II región, Chile. Noticiero Mensual del Museo de Historia Natural 351: 9-12.
TREVIZAN J, L BARRIOS, C FONFACH & R ROJAS (2001) Caracterización y delimitación del Oasis de Calama, Provincia del Loa, Región de Antofagasta. JJ Consultores Asociados. 57 pp.
UICN (2007) IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org
UNEP (1992) Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. Nairobi, Kenia.
USHER M (1995) Scientific requirements of a monitoring program. En FB Goldsmith (ed) Monitoring for conservation and ecology: 15-32. Chapman & Hall, London.
VALENZUELA R (1994) Diagnóstico preliminar del ordenamiento jurídico vigente, en lo que se refiere a la protección de la diversidad biológica. Contrato N° 01-0007-001 preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 47 pp.
VALLADARES J, R ETHERIDGE, J SCHULTE, G MANRIQUEZ & A SPOTORNO (2002) Nueva especie de lagartija del norte de Chile, Liolaemus molinai (Reptilia: Liolaeminae). Revista Chilena de Hitoria Natural. 75:473-489.

VAN ANDEL J & JP VAN DEN VERGH (1987) Disturbance of grasslands. Outline of the theme. In: J Van Andel, JP Bakker & RW Snaydon (eds) Disturbance in grasslands, causes, effects and processes. Geobotany 10, Junk, Dordrecht, 3-13.

VELLARD J (1951) Estudios sobre batracios andinos. I- El grupo *Telmatobius* y formas afines (Estudios sobre batracios andinos). Mem Mus Hist Nat Jav Prado 1: 1-90.

VELOSO A (2006) Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. Pp. 103-140 En: Vila I, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez (Eds) (2006) Macrofitas y Vertebrados de los sistemas limnicos de Chile.

VELOSO A & J NAVARRO (1988) Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Boll. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino 6: 481-539.

VELOSO A & L TRUEB (1976) Description of a new species of Telmatobiine frog, *Telmatobius* (Amphibia: Leptodactylidae), from the Andes of northern Chile. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 62: 1-10.

VELOSO A, JC ORTIZ, J NAVARRO, H NÚÑEZ, P ESPEJO & MA LABRA (1995) Reptiles. Pp. 326-335 en Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (Eds.) Diversidad biológica de Chile. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Santiago. xii + 364 pp.

VELOSO A, M SALLABERRY, J NAVARRO, P ITURRA, J VALENCIA, M PENNA & N DÍAZ (1982) Contribución al conocimiento de la herpetofauna del extremo norte de Chile. Pp. 135-268 en Veloso, A. & E. Bustos-Obregón (Eds.) El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, Lat. 18° 28'S). Volumen I, Proyecto MAB-6, UNEP-UNESCO 1105-77-01, ROSTLAC, Montevideo.

VIDAL M (2004) Reptiles terrestres de Chile. Guías de Identificación y Biodiversidad Fauna Chilena. Apuntes de Zoología, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. 15 pp.

VILLAGRÁN C & V CASTRO (1999) Etnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas en el Loa Superior, Andes de Antofagasta, Norte de Chile. Chungará 29 (2): 275-304.

VILLAGRÁN C, J ARMESTO & MTK ARROYO (1981) Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro Leon in northern Chile. Vegetatio 48: 3-16.

VILLAGRÁN C, MTK ARROYO & C MARTICORENA (1983) Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 56(2): 137-157.

VILLAGRÁN C,MTK ARROYO & J ARMESTO (1982) La vegetación de un transecto altitudinal de los Andes del norte de Chile (18-19º S). En: El ambiente natural y las poblaciones humanas de Los Andes del Norte Grande de Chile (Arica, lat. 18º28' S) (Veloso, A. y E. Bustos, eds.), Vol. 1, pp. 13-70. UNESCO, Montevideo, UY.

VUILLEUMIER F (1997) An overview of field guides to neotropical birds with remarks on their role in the development of neotropical ornithology. Ornitología Neotropical 8: 195-236.

WALKER LI, M ROJAS, S FLORES, AE SPOTORNO & G MANRÍQUEZ (1999) Genomic compatibility between two phyllotine rodent species evaluated through their hybrids. Hereditas 131: 227-238.

WHITTAKER RH (1972) Evolution and measurement of species diversity. Taxon 21 (2/3): 213-251.

WHITTAKER RH (1975) Communities and Ecosystems, segunda edición. Nueva York: Macmillan.

WIKUM D & GF SHANHOLTZER (1978) Application of the Braun-Blanquet cover – abundance scale for vegetation analysis in land development studies. Environmental Management 2(4): 323-329

WING, E. 1986. Domestication of Andean Mammals. Pp: 246-264, en: Vuilleumier, F. & M. Monasterio (Eds). High Altitude Tropical Biogeography. Oxford University Press. 649 pp.

YÁÑEZ J & A MUÑOZ-PEDREROS (2008) Mamíferos vivientes de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez (eds) Mamíferos de Chile, segunda edición. CEA Ediciones. 573 pp.

YÁÑEZ JL & H NÚÑEZ (1983) *Liolaemus fabiani*, a new species of lizard from northern Chile (Reptilia: Iguanidae). Copeia 1983: 788-790.

ZINZMEISTER W (1978) Effect of the west Antarctic ice sheet on shallow-water marine fauna of Chile. Antarctic Journal 13: 25-26. ARAYA B & G MILLIE (1996) Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 406 pp.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXOS CAPÍTULO IV

ANEXO 4-1. INVENTARIO FLORÍSTICO DE CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

ESPECIES	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS DE CALAMA	VOLCAN LICANCABUR	LAGUNA LEJÍA	GÉISERS EL TATIO
Algae					
Chara sp.	X	X			
Cladophora sp.	X	X			
Nostoc sp		X			
Spirogyra sp.	X	X			
Stygeoclonium sp.	X	X			
Pteridophyta (Filicopsida)					
Azolla filiculoides Lam.	X	X			X
Notholaena nivea (Poiret) Desv.			X		
Pinophyta (Gnetopsida)					
Ephedra breana Phil.			X		X
Ephedra multiflora Phil. ex Stapf			X		X
Ephedra rupestris Benth.					X
Angiospermae (Magnoliophyta)					
Dicotyledoneae (Magnoliopsida)					
Acacia macracantha Humb. & Bonpl.ex Willd.	X	X			
Acantholippia punensis Botta			X		
Adesmia aphylla Clos			X		
Adesmia atacamensis Phil.			X		X
Adesmia echinus K. Presl			X		
Adesmia kingii Phil.			X		
Adesmia melanthes Phil.			X		
Adesmia polyphylla Phil.			X		X
Adesmia sp.			X		
Adesmia spinosissima Meyen ex Vogel					X
Adesmia subterranea Clos			X	X	
Ambrosia artemisioides Meyen et Walp.			X		
Arenaria rivularis Phil.				X	X
Astragalus sp			X		X
Atriplex atacamensis Phil.	X	X			
Atriplex imbricata (Moq.) Dietr.			X		
Atriplex semibaccata R. Br.		X			
Azorella compacta Phil.					X
Azorella cryptantha (Clos) Reiche			X		
Baccharis boliviensis (Wedd.) Cabr.			X		X
Baccharis incarum Wedd.			X		X
Baccharis juncea (Cass.) Desf.	X	X			X
Baccharis petiolata DC.	X	X	X		
Belloa virescens (Wedd.) Cabrera					X

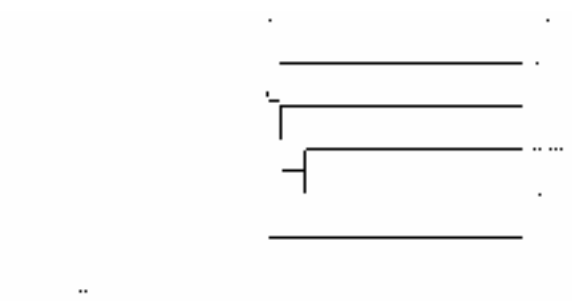
Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze		X			
Cajophora superba Phil.					X
Calandrinia occulta Phil.				X	
Calandrinia salsoloides (Barnéoud) Carolin ex Hershk.	X		X		
Calceolaria stellariifolia Phil.				X	X
Chaetanthera dioica (Remy) B.L. Rob.			X		X
Chaetanthera revoluta (Phil.) Cabr.			X	X	X
Chenopodium petiolare H.B.K.			X		
Chenopodium sp.		X			
Chuquiraga atacamensis O.K.			X		X
*Cistanthe salsoloides (*Barnéoud) Carolin ex Hershk.		X			
Cotula mexicana (DC.) Cabr.					X
Cumulopuntia hystrix F.Ritter			X		
Diplostephium meyenii Wedd.			X		X
Erigeron andicola DC.			X		X
Erigeron senecioides Weed.		X			
Fabiana densa Remy var. ramulosa			X		X
Fabiana denudata Miers			X		X
Fabiana squamata Phil.			X		
Geoffroea decorticans (Guillies ex Hook. & Arn.) Burkart	X				
Gnaphalium sp.			X		X
Haplopappus rigidus Phil.			X		
Heliotropium curassavicum L.	X	X			
Hoffmanseggia sp.			X		
Hypochaeris taraxacoides (Walp.) Benth. et Hooker					X
Junellia minima (Meyen) Mold.					X
Junellia seriphioides (Gill. et Hook.) Mold.			X		X
Junellia tridactyla (Phil.) Mold.				X	X
Krameria lappacea (Dombey) Burdet & B.B. Simpson			X		
Lampaya sp.			X		
Lenzia chamaepitys Phil.				X	X
Lilaeopsis macloviana (Gand.) A.W. Hill					X
Limosella australis R. Br.			X		
Lobivia formosa (Pfeiff.) Dodds					X
Lucilia sp					X
Lupinus oreophilus Phil.			X		
Lycium humile Phil.					X
Lycopersicon chilense Dunal			X		
Lythrum sp		X			
Malesherbia sp.	X				
Medicago sativa L.	X	X			
Menonvillea sp.			X	X	
Mimulus glabratus H.B.K. var. *glabratus*					X
Moschopsis monocephala (Phil.) Reiche			X	X	
Mulinum crassifolium Phil.			X	X	X
Mutisia lanigera Wedd.					X

Myriophyllum quitense H.B.K.					X
Neuontobothrys linifolius (Phil.) O.E. Schulz			X		
Nototriche argentea A.W. Hill					X
Nototriche auricoma (Phil.) A.W. Hill			X	X	
Nototriche cfr. *pulvinata*			X		
Nototriche sp.				X	
Nototriche sp.1				X	
Opuntia conoidea (Back.) A. Hoffmann			X		X
Opuntia ignescens Vaupel			X		X
Opuntia sp					X
Oreocereus leucotrichus (R.Phil.) Wagenkn.					X
Oxalis erythrorrhiza Gill. ex H. et A.				X	
Oxalis pycnophylla Wedd.					X
Parastrephia lucida (Meyen) Cabr.					X
Parastrephia phylicaeformis (Meyen) Cabr.			X		X
Parastrephia quadrangularis (Meyen) Cabr.			X		X
Parastrephia teretiuscula (O.K.) Cabr.			X		
Perezia atacamensis (Phil.) Reiche			X	X	X
Perezia pygmaea Wedd.			X		X
Polyachyrus carduoides Phil.			X		
Prosopis alba Griseb.	X	X			
Prosopis chilensis Stuntz	X	X			
Prosopis tamarugo Phil.	X				
Pycnophyllum bryoides (Phil.) Rohrb.			X	X	X
Pycnophyllum macropetalum Mattf.			X	X	X
Pycnophyllum molle Remy					X
Reicheella andicola (Phil.) Pax					X
Satureja parvifolia (Phil.) Epling					X
Schinus molle L.		X			
Senecio adenophyllus Meyen ex Walp.			X		
Senecio atacamensis Phil.			X		
Senecio cfr. *algens*			X		
Senecio cfr. *socompae*			X		
Senecio graveolens Wedd.			X		
Senecio puchii Phil.			X	X	X
Senecio rosmarinus Phil. var. *rosmarinus*			X		X
Senecio sp		X			
Sisymbrium amplexicaule A. Gray			X		
Sisymbrium sp					X
Solanum furcatum Dunal ex Poir. var. *furcatum*			X		
Solanum sp.		X			
Tagetes multiflora H.B.K.			X		X
Tarasa operculata (Cav.) Kapov.			X		
Tephrocactus atacamensis (Phil.) F. Ritter			X		
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) H.Rob. & Cuatrec.	X	X			X
Tiquilia sp.			X		

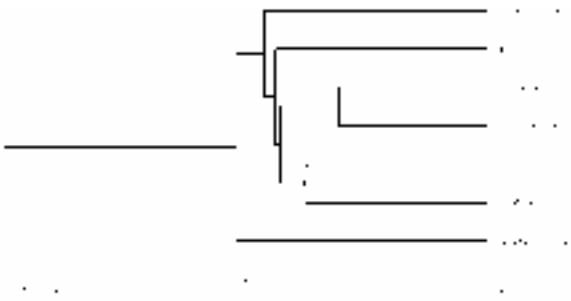
Trichocereus atacamensis (Phil.) Backeb			X		X
Trichocline caulescens Phil.			X		
Urbania pappigera Phil.			X	X	X
Urtica trichantha (Wedd.) Acev. ex L.E. Navas					X
Valeriana nivalis Wedd.			X		
Valeriana urbanii Phil.					X
Werneria aretioides Wedd.			X		
Werneria denticulata Blake			X		X
Werneria glaberrima Phil.					X
Werneria incisa Phil.				X	
Werneria pinnatifida J. Rémy					X
Werneria poposa Phil.			X		
Monocotyledoneae (Liliopsida)					
Aristida adscensionis L.			X		X
Aristida asplundii Henrard.			X		
Arundo donax	X				
Carex gayana Desv.					X
Carex maritima Gunn. var. Misera				X	
Cortaderia atacamensis (Phil.) Pilger		X	X		X
Cyperus sp					X
Deyeuxia antoniana (Griseb.) Parodi				X	X
Deyeuxia breviaristata Wedd.					X
Deyeuxia cabrerae (Parodi) Parodi				X	X
Deyeuxia chrysantha J. Presl					X
Deyeuxia crispa Rugolo et Villav.			X		
Deyeuxia curvula Wedd.					X
Deyeuxia deserticola Phil.			X		
Deyeuxia eminens J. Presl					X
Deyeuxia sp.			X		X
Deyeuxia velutina Nees et Meyen					X
Dielsiochloa floribunda (Pilger) Pilger			X		X
Distichlis humilis Phil.			X		
Distichlis spicata (L.) Greene	X	X			X
Festuca chrysophylla Phil.			X	X	X
Festuca deserticola Phil.					X
Festuca hypsophila Phil.					X
Festuca orthophylla Pilger			X		X
Festuca sp.			X	X	
Hordeum chilense Roem. & Schult.	X				
Hordeum sp.				X	
Juncus acutus L.		X			
Juncus articus Willd.		X			X
Juncus dombeyanus J.Gay ex Laharpe		X			
Lemna minor L.					X
Myriophyllum quitense H.B.K.		X			
Oxychloe andina Phil.					X

Phragmites australis (Cav.) Trin. Ex Steud.	X	X			
Poa sp.		X			
Polypogon australis Brongn.			X		X
Polypogon monspeliensis (L.) Desf.		X			
Potamogeton strictus Phil. ENDEMICA		X			
Puccinellia frigida (Phil.) I. M. Johnst.				X	
Puccinellia sp					X
Ruppia maritima L.	X	X			
Scirpus americanus Pers.	X	X			
Stipa bomanii Haum.			X		
Stipa chrysophylla Desv.			X		
Stipa frigida Phil.			X	X	
Stipa nardoides (Phil.) Hackel ex Hitchc.			X	X	X
Stipa speciosa Trin. et Rupr.			X		
Stipa venusta Phil.			X		X
Zameioscirpus atacamensis (Phil.) Dhooge & Goetgh.					X
Zea mays L.		X			
TOTAL ESPECIES	24	37	93	29	92

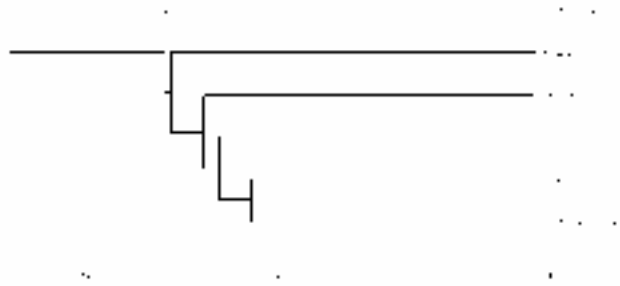
ANEXO 4-2. SIMILITUD ENTRE DIFERENTES ESTACIONES EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.



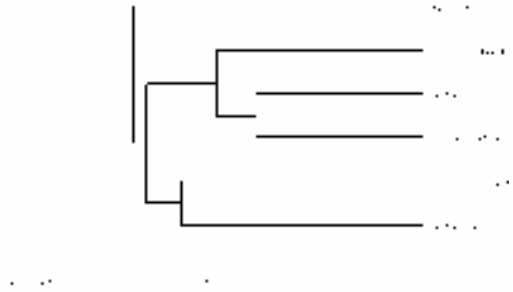
Valle de Quillagua



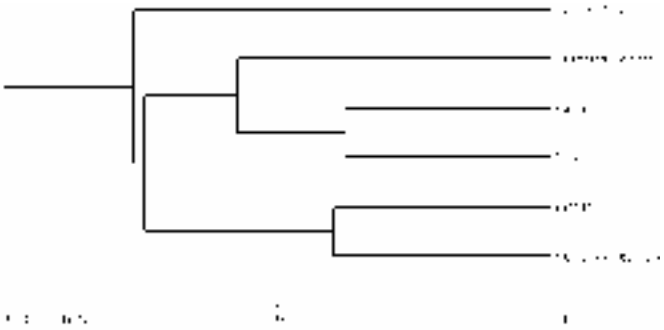
Oasis de Calama



Laguna Lejía



Alrededores Volcán Licancabur



Geisers del Tatio

ANEXO 4-3. MAMÍFEROS PRESENTES EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. EC= estado de conservación. 1= Ley de Caza, 2= Glade (1993), 3= UICN (2007), 4= Cofré & Marquet (1998).

	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa sub desértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
ÁREAS		Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur, Tatio	Licancabur, Tatio	Tatio	Tatio
MAMÍFEROS													
Myotis atacamensis	V[3]	x											
Chaetophractus nationi	P[1]									x	x		
Akodon albiventer									x	x	x		
Abrothrix olivaceus		x		x									
Abrocoma cinerea							x	x		x	x	x	x
Abrothrix andinus							x			x	x	x	
Eligmodontia puerulus	LR/lc[3]									x	x		
Phyllotis rupestris				x						x	x		
Phyllotis magister	NP[4]			x			x	x	x	x	x	x	x
Auliscomis sublimis												x	x
Lagidium viscacia	P[1]						x			x	x		
Chinchilla brevicaudata							x						
Ctenomys fulvus	V[1]					x			x	x	x		
Ctenomys opimus										x	x		
Rattus norvergicus				x									
Rattus rattus		x	x	x	x								
Mus musculus		x	x	x	x								
Lycalopex culpaeus	I[1]			x		x		x	x	x	x	x	x
Lycalopex griseus				x									
Leopardus colocolo	P[1]							x	x				
Vicugna vicugna	P[1]						x			x	x	x	x
Lama glama							x					x	
Lama guanicoe									x				
Equus asinus									x			x	
Oryctolagus cuniculus				x	x								

Folio009334

ANEXO 4-4. AVES PRESENTES EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. EC= estado de conservación. 1= Ley de Caza, 2= Glade (1993), 3= UICN (2007).

ESPECIE	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
		Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur, Tatio	Licancabur, Tatio	Tatio	Tatio
Agriornis andicola	V[3]									x	x	x	
Agriornis montana				x	x								
Anas cyanoptera		x		x									
Anas flavirostris		x		x				x				x	
Anas georgica		x		x				x	x			x	
Anas puna												x	
Asthenes modesta							x			x	x	x	
Athene cunicularia				x									
Attagis gayi	R[1]					x							
Bolborhynchus aurifrons							x						
Bubo magellanicus				x	x								
Buteo polyosoma		x		x						x	x	x	
Calidris bairdii						x						x	
Calidris minutilla		x											
Carduelis atrata							x	x		x	x	x	
Charadrius alticola						x							
Chloephaga melanoptera	V[1]					x						x	
Chordeiles acutipennis		x		x									
Cinclodes atacamensis								x				x	
Cinclodes fuscus				x									
Circus cinereus				x	x								
Columba livia				x	x								
Conirostrum cinereum			X										
Conirostrum tamarugense			X										
Dendrocygna viduata				x									
Egretta caerulea				x									
Falco femoralis		x		x						x	x	x	
Falco peregrinus	V[1]			x	x								
Falco sparverius				x	x								
Fulica ardesiaca		x		x									

Fulica gigantea	V[1]											x	
Gallinago andina												x	
Geositta cunicularia						x							
Geositta punensis						x	x						
Geranoaetus melanoleucus				x	x								
Icterus galbula				x									
Larus modestus	V[1]	x											
Larus serranus	V[1]					x						x	
Leptasthenura aegithaloides				x				x				x	
Lessonia oreas								x				x	
Lophonetta specularioides						x						x	
Metriopelia melanoptera				x					x	x	x	x	
Metropelia aymara										x	x	x	x
Muscisaxicola flavinucha						x				x	x	x	
Muscisaxicola frontalis						x	x						
Muscisaxicola maclovianus		x	X										
Muscisaxicola maculirostris		x	X	x						x	x		
Muscisaxicola rufivertex				x		x	x		x	x	x	x	x
Nycticorax nycticorax				x									
Oreotrochilus estella							x						
Oreotrochilus sp.										x	x		
Pardillarus sanguinolentus		x		x									
Passer domesticus		x	X	x									
Petrochelidon pyrrhonota				x									
Steganopus tricolor				x		x							
Phalcoboenus megalopterus				x			x			x	x	x	
Phleocryptes melanops		x		x									
Phoenicoparrus andinus	V[1]					x						x	
Phoenicoparrus jamesi	V[2]					x							
Phoenicopterus chilensis	V[3]					x						x	
Phrygilus atriceps							x	x	x	x	x	x	
Phrygilus dorsalis										x	x	x	x
Phrygilus fruticeti				x				x					
Phrygilus gay				x									
Phrygilus plebejus						x	x	x		x	x		
Phrygilus unicolor							x			x	x		
Pterocnemia pennata	P[1]						x						x
Pygochelidon cyanoleuca		x		x				x				x	
Riparia riparia				x									

Sicalis auriventris						x	x	x	x	x	x		
Sicalis olivascens						x	x						
Sicalis uropygialis						x	x						
Tachuris rubrigastra		x		x									
Thinocorus orbignyianus												x	
Tinamotis pentlandii	V[1]									x	x		x
Tringa flavipes												x	
Troglodytes aedon		x	X	x	x			x					
Turdus chiguanco								x					
Tyrannus savana		x											
Tyrannus tyrannus				x									
Tyto alba				x	x								
Upucerthia dumetaria			X	x	x		x						
Upucerthia ruficaudus							x			x	x		
Vultur gryphus	V[1]									x	x	x	x
Zenaida auriculata			X	x	x								
Zenaida meloda				x									
Zonotrichia capensis		x	X	x	x			x					

ANEXO 4-5. HERPETOFAUNA PRESENTE EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. E= Especie endémica; EC= estado de conservación. 1= Ley de Caza, 2= UICN (2007), 3= Veloso (2006).

ESPECIE	E	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
ÁREAS			Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur Tatio	Licancabur Tatio	Tatio	Tatio
Liolaemus andinus								x		x	x	x	x	
Liolaemus erguetae											x	x		
Liolaemus barbarae	E										x	x		
Liolaemus constanzae		R[1]							x	x	x	x		
Liolaemus fabiani	E	R[1]								x				
Liolaemus hajeki	E													x
Liolaemus paulinae	E	R[1]			x									
Liolaemus puritamensis	E							X			x	x		
Microlophus theresioides	E	R[1]	x	X	x	x								
Phrinosaura audivelata	E	R[1]								x				
Phrynosaura torresi	E				x									
Phyllodactylus gerrhopygus					x									
Tachymenis peruviana										x	x	x		
Bufo spinulosus		V[1]							x				x	
Telmatobius dankoi	E	I[3]			x									
Telmatobius vilamensis	E	DD[2]							x					

Folio009338

ANEXO 4-6. CATÁLOGO DE VERTEBRADOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. O= ORIGEN EC= ESTADO DE CONSERVACIÓN. E= ENDÉMICA.

ORDEN	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	O	EC
XENARTHRA	*Chaetophractus nationi* Thomas	quirquincho peludo de la puna	N	P
RODENTIA	*Akodon albiventer* (Thomas)	ratoncito de vientre blanco	N	
	Eligmodontia puerulus Philippi	ratita de pie sedoso	N	LR
	Phyllotis rupestres	lauchón orejudo	N	
	Phyllotis magister Thomas	lauchón orejudo grande	N	NP
	Lagidium viscacia (Molina)	viscacha	N	P
	Abrocoma cinerea Thomas	ratón chinchilla de cola corta	N	
	Ctenomys fulvus Philippi	tuco tuco de Atacama	N	V
CARNIVORA	*Lycalopex culpaeus* (Molina)	zorro culpeo	N	I
	Leopardus colocolo (Molina)	colo colo	N	P
ARTIODACTYLA	*Lama glama* (Linnaeus)	llama	N	
	Lama guanicoe (Müller)	guanaco	N	
	Vicugna vicugna (Molina)	vicuña	N	P
PERISSODACTYLA	*Equus asinus* Linnaeus	burro	I	
AVES				
TINAMIFORMES	*Tinamotis pentlandii* Vigors	perdiz de la Puna	N	V
ANSERIFORMES	*Anas puna* Tschudi	pato puna	N	
	Anas flavirostris Vieillot	pato jergón chico	N	
	Anas georgica Gmelin	pato jergón grande	N	
FALCONIFORMES	*Buteo polyosoma* (Quoy & Gaimard)	aguilucho variado	N	
	Phalcoboenus megalopterus (Meyen)	carancho cordillerano	N	
	Falco femoralis Temmink	halcón perdiguero	N	
COLUMBIFORMES	*Metriopelia melanoptera* (Molina)	tórtola cordillerana	N	
APODIFORMES	*Oreotrochilus estella* (Lafresnaye y D'Orbigny)	picaflor de la puna	N	
PASSERIFORMES	*Upucerthia ruficauda* (Meyen)	bandurrilla de pico recto	N	
	Cinclodes atacamensis (Philippi)	churrete de alas blancas	N	
	Leptasthenura aegithaloides (Kittlitz)	tijeral	N	
	Asthenes modesta (Hellmayr)	canastero chico	N	
	Muscisaxicola maculirostris (Lafresnaye & D´Orbigny)	dormilona chica	N	
	Muscisaxicola rufivertex (Lafresnaye & D´Orbigny)	dormilona de nuca rojiza	N	
	Lessonia oreas Sclater & Salvin	colegial del norte	N	
	Pygochelidon cyanoleuca (Vieillot)	golondrina de dorso negro	N	
	Troglodytes aedon Vieillot	chercán	N	
	Turdus chiguanco Lafresnaye & D´Orbigny	zorzal negro	N	
	Phrygilus atriceps Lafresnaye & D´Orbigny	cometocino del norte	N	
	Phrygilus fruticeti (Kittlitz)	yal	N	
	Phrygilus unicolor Lafresnaye & D´Orbigny	pájaro plomo	N	
	Phrygilus plebejus (Tschudi)	plebeyo	N	
	Sicalis auriventris Philippi & Landbeck	chirihue dorado	N	
	Zonotrichia capensis (Muller)	chincol	N	
	Carduelis atrata Lafresnaye & D´Orbigny	jilguero negro	N	
REPTILES				
SQUAMATA	*Liolaemus barbarae* Pincheira-Donoso & Núñez	lagartija de Barbara	E	
	Liolaemus constanzae Donoso-Barros	lagartija de Constanza	N	R
	Liolaemus andinus Koslowsky	lagartija andina		
	Liolaemus fabiani Yáñez & Núñez	lagartija de Fabian	E	R
	Liolaemus puritamensis Núñez & Fox	lagartija de Puritama	E	
	Phrynosaura audituvelata Núñez & Yáñez	dragón de oído cubierto	E	R
ANFIBIOS				
ANURA	*Bufo spinulosus Wiegmann*	sapo espinoso	N	V
	Telmatobius vilamensis Formas	rana acuática de Vilama	E	

Folio009339

ANEXOS CAPÍTULO VI

ANEXO 6-1. BASE DE DATOS TABULADOS PARA VALORES DE FRAGILIDAD DE PAISAJE.

D= DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN; E= DIVERSIDAD DE ESTRATOS; A= ALTURA DE LA VEGETACIÓN; ES= ESTACIONALIDAD DE LA VEGETACIÓN; CV= CONTRASTE CROMÁTICO V/V; CS= CONTRASTE CROMÁTICO V/S; P=PENDIENTE; H= VALOR HISTÓRICO Y CULTURAL; X=VALOR DE FRAGILIDAD, VFSUP=VALOR DE FRAGILIDAD SUBUNIDAD DE PAISAJE, VFUP= VALOR DE FRAGILIDAD UNIDAD DE PAISAJE, VFMUP= VALOR DE FRAGILIDAD MACROUNIDAD DE PAISAJE.

											VFSUP		VFUP		VFMUP
MUP	COD UP	Foto	D	E	A	ES	CV	CS	P	H	X	DE	X	DE	X
Vegetación densa mixta	VDM	49	2	2	3	1	1	2	1	2	2	0,7	2	0,1	2
		50	2	2	3	1	1	2	2	2	2	0,6			
		52	2	2	3	1	1	2	1	2	2	0,7			
Paja brava semi densa	PBSDP	8	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0	2	0,1	2
		10	1	3	3	1	3	1	2	2	2	0,9			
		26	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
		27	1	3	3	1	3	2	2	1	2	0,9			
		23	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
		24	1	3	3	1	3	2	2	1	2	0,9			
		4	2	3	3	1	3	3	2	1	2	0,9			
		9	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
	PBSDL	15	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0	2	0,1	
		11	1	3	3	1	3	1	2	1	2	1,0			
		3	1	3	3	1	2	1	2	1	2	0,9			
		1	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
		2	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
Paja brava rala	PBR	64	1	2	2	1	2	2	1	1	2	0,5	2	0,3	2
		17	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
		18	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
		7	2	3	3	1	3	2	1	1	2	0,9			
		12	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
		21	2	3	3	1	3	3	2	2	2	0,7			
		22	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
	PBRC	19	2	3	3	1	3	3	2	1	2	0,9	2	0,2	
		20	2	3	3	1	3	3	2	1	2	0,9			
		13	1	3	3	1	3	2	2	1	2	0,9			
		14	1	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
		16	1	3	3	1	3	2	2	2	2	0,8			
Vegetación semi densa mixta	VSDPB	28	1	3	3	1	2	1	1	1	2	0,9	2	0,1	2
		29	1	3	3	1	2	1	3	1	2	1,0			
		30	1	3	3	1	1	2	2	1	2	0,9			
		31	1	3	3	1	2	2	2	1	2	0,8			
		32	1	3	3	1	2	2	2	1	2	0,8			
Vegetación rala mixta	VRMP	51	3	3	3	1	1	2	1	1	2	1,0	2	0,2	2
		53	3	3	3	1	1	2	2	2	2	0,8			
	VRML	25	2	3	3	1	1	2	2	1	2	0,8	2	0,2	
		33	2	3	3	1	3	3	2	1	2	0,9			
		41	2	3	3	1	1	2	1	1	2	0,9			
		42	2	3	3	1	1	2	2	1	2	0,8			

Vegetación muy rala mixta	VMRMP	62	1	3	1	1	3	3	1	1	2	1,0	2	0,1	2
		43	3	2	3	1	1	2	2	1	2	0,8			
		69	3	3	3	1	1	2	1	1	2	1,0			
		70	3	3	3	1	1	2	2	1	2	0,9			
	VMRML	36	1	3	3	1	1	1	3	1	2	1,0	2	0,2	
		40	2	3	3	1	2	3	3	1	2	0,9			
		34	2	3	3	1	3	3	2	2	2	0,8			
		37	3	3	3	1	3	3	2	1	2	0,9			
		38	2	3	3	1	3	2	2	2	2	0,7			
		39	2	3	3	1	3	2	2	1	2	0,8			
		44	3	2	3	1	1	2	2	1	2	0,8			
		45	3	2	3	1	1	2	2	1	2	0,8			
		57	3	3	3	1	3	1	2	1	2	1,0			
		71	3	3	3	1	1	2	2	1	2	0,9			
Sin vegetación	SVP	61	3	0	0	0	0	0	2	1	1	1,2	2	0,5	2
		63	3	3	3	1	1	2	1	1	2	1,0			
		65	2	3	3	1	1	2	1	1	2	0,9			
		66	3	3	3	1	1	2	1	1	2	1,0			
		67	3	3	3	1	1	2	1	1	2	1,0			
		68	3	3	3	1	1	2	1	1	2	1,0			
	SVC	5	3	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0	2	0	
		6	3	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
	SVP	74	3	3	3	1	3	1	1	1	2	1,1	1	0,8	
		77	3	0	0	0	0	0	1	1	1	1,1			
		78	3	3	3	1	3	2	1	1	2	1,0			
		79	3	2	3	1	3	1	1	2	2	0,9			
		73	3	0	0	0	0	0	1	1	1	1,1			
		75	3	0	0	0	0	0	1	1	1	1,1			
		76	3	0	0	0	0	0	1	1	1	1,1			
	SVL	59	3	3	3	1	3	1	3	1	2	1,0	2	0,1	
		55	3	3	3	1	3	1	2	1	2	1,0			
		56	3	3	3	1	3	1	2	1	2	1,0			
		60	3	3	3	1	3	1	3	1	2	1,0			
		72	3	3	3	1	2	2	2	1	2	0,8			
		54	3	3	3	1	3	1	1	1	2	1,1			
	SVQ	58	3	3	3	1	3	1	2	1	2	1,0	2	0,1	
		46	3	2	3	1	1	3	3	1	2	1,0			
		47	2	2	3	1	2	3	3	2	2	0,7			
		48	2	2	2	1	2	2	3	2	2	0,5			
	SVVL	35	3	0	0	0	1	1	2	1	1	1,1	1	0	

ANEXO 6-2. BASE DE DATOS TABULADOS PARA LOS VALORES DE CALIDAD VISUAL DE LAS UP REGISTRADAS EN EL ÁREA, SEGÚN EL MÉTODO DE MUÑOZ-PEDREROS ET AL. (1993). N= NÚMERO IDENTIFICADOR DE LAS IMÁGENES O PAISAJES, G1= EVALUACIÓN DEL GRUPO DE EXIGENTES, G2= EVALUACIÓN DEL GRUPO TRANSFORMADOR DEL PAISAJE, G3= EVALUACIÓN DEL GRUPO CONTROL, X1, X2, X3= VALOR PROMEDIO QUE CADA GRUPO EVALUADOR LE ASIGNÓ A CADA PAISAJE, X4= VALOR PROMEDIO DE LA UP, DE= DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

SUP	N	PANEL DE EVALUADORES																			
		G1						G2							G3						
		1	2	3	4	X1	DE	5	6	7	8	X2	DE	9	10	11	12	X3	DE	X4	DE
Vegetación densa mixta parcial, plano, quebrada, muro piedra, cerros segundo plano	49	16	13	16	16	15	1,5	15	15	13	16	15	1,3	21	17	15	15	17	2,8	**16**	**2,1**
Vegetación densa mixta parcial, plano, quebrada, muro piedra, señaletica y carteles, poza agua, cerros segundo plano	50	15	10	7	5	9	4,3	11	12	15	14	13	1,8	16	15	19	16	17	1,7	**13**	**4,1**
Vegetación densa mixta parcial, plano, quebrada, muro piedra, cerros segundo plano	52	16	15	13	16	15	1,4	14	12	13	13	13	0,8	20	15	14	17	17	2,6	**15**	**2,2**
Vegetación semidensa de paja brava, plano, cordillera segundo plano	8	18	18	19	18	18	0,5	12	13	19	15	15	3,1	18	15	12	19	16	3,2	**16**	**2,8**
Vegetación semidensa rala de paja brava, plana, cordillera segundo plano, nieve dispersa	10	22	22	24	11	20	5,9	17	23	23	24	22	3,2	21	18	11	21	18	4,7	**20**	**4,6**
Vegetación semidensa de paja brava, plana, clastos grandes agrupados	26	14	15	11	9	12	2,8	11	18	15	10	14	3,7	12	17	10	14	13	3	**13**	**2,9**
Vegetación semidensa de paja brava, plana, clastos grandes agrupados, cerros y cordillera segundo plano	27	14	16	12	16	15	1,9	11	15	16	18	15	2,9	19	22	11	16	17	4,7	**16**	**3,3**
Vegetación semidensa de paja brava, plana, clastos grandes agrupados, cerros segundo plano, granizo disperso	23	17	18	15	8	15	4,5	14	15	18	14	15	1,9	13	20	15	21	17	3,9	**16**	**3,5**
Vegetación semidensa de paja brava, plana, clastos grandes agrupados	24	15	16	16	7	14	4,4	14	12	15	11	13	1,8	16	12	13	19	15	3,2	**14**	**3,1**
Vegetación semidensa de paja brava, plano, clastos pequeños agrupados	4	16	15	12	11	14	2,4	11	13	12	14	13	1,3	16	12	11	16	14	2,6	**13**	**2,1**
Vegetación semidensa de paja brava, plano y ondulado	9	17	18	18	11	16	3,4	12	14	17	13	14	2,2	20	12	12	16	15	3,8	**15**	**3**
Vegetación semidensa, plana y ladera, granizado disperso	15	19	15	20	11	16	4,1	11	13	15	14	13	1,7	15	14	11	16	14	2,2	**15**	**2,9**
Vegetación semidensa rala de paja brava, plana y ladera, cordillera segundo plano	11	23	24	24	23	24	0,6	17	17	23	23	20	3,5	23	18	12	17	18	4,5	**20**	**3,9**
Vegetación semidensa de paja brava, ladera	3	23	17	12	15	17	4,6	13	17	23	20	18	4,3	12	23	15	19	17	4,8	**17**	**4,2**
Vegetación semidensa de paja brava, ladera, clastos grandes agrupados	1	23	23	18	14	20	4,4	11	17	23	23	19	5,7	24	23	12	25	21	6,1	**20**	**5**
Vegetación semidensa de paja brava, ladera, clastos grandes agrupados	2	23	18	20	17	20	2,6	11	16	23	23	18	5,9	20	17	14	18	17	2,5	**18**	**3,7**
Vegetación rala, plano	64	10	11	5	5	8	3,2	10	9	11	9	10	1	16	10	14	10	13	3	**10**	**3,1**
Vegetación rala de paja brava, plano, cerros segundo plano, granizo disperso	17	18	15	12	11	14	3,2	15	16	18	15	16	1,4	15	18	11	21	16	4,3	**15**	**3,1**
Vegetación rala de paja brava, plano, cerros segundo plano	18	18	15	14	9	14	3,7	16	16	15	13	15	1,4	9	18	12	20	15	5,1	**15**	**3,4**
Vegetación rala de paja brava, plano, cordillera segundo plano	7	16	18	12	15	15	2,5	13	12	18	17	15	2,9	18	16	11	19	16	3,6	**15**	**2,8**
Vegetación rala de paja brava, plano, cordillera segundo plano	12	23	18	16	12	17	4,6	17	16	18	22	18	2,6	21	16	11	18	17	4,2	**17**	**3,6**
Vegetación rala de paja brava, plano, clastos grandes agrupados, cerros segundo plano, granizo disperso	21	17	23	11	9	15	6,3	17	16	23	18	19	3,1	8	16	12	18	14	4,4	**16**	**4,9**
Vegetación rala de paja brava, plano, clastos grandes agrupados, cerros segundo plano, granizo disperso	22	17	18	12	11	15	3,5	17	17	18	12	16	2,7	16	17	14	15	16	1,3	**15**	**2,5**
Vegetación rala de paja brava, plano y ondulado, cordillera segundo plano	19	18	23	12	16	17	4,6	17	23	23	24	22	3,2	12	23	12	15	16	5,2	**18**	**4,8**
Vegetación rala de paja brava, plano y ondulado, cordillera segundo plano	20	18	23	11	15	17	5,1	17	23	23	24	22	3,2	15	18	11	16	15	2,9	**18**	**4,6**
Vegetación rala, plano y ladera, cordillera segundo plano, granizado	13	22	25	17	16	20	4,2	17	20	25	28	23	4,9	25	22	11	22	20	6,2	**21**	**4,8**
Vegetación rala, plano y ladera, cordillera segundo plano, granizado	14	22	23	17	14	19	4,2	16	20	23	23	21	3,3	24	18	10	15	17	5,9	**19**	**4,5**
Vegetación rala de paja brava, plano y ladera, cordillera segundo plano, granizo disperso, ruinas	16	20	17	14	20	18	2,9	17	21	17	14	17	2,9	16	16	9	15	14	3,4	**16**	**3,3**
Vegetación semidensa mixta de paja brava y rica rica, ladera, clastos pequeños y grandes agrupados	28	13	13	11	11	12	1,2	11	14	13	13	13	1,3	19	15	10	15	15	3,7	**13**	**2,4**
Vegetación semidensa mixta de paja brava y rica rica, ladera, clastos pequeños y grandes agrupados	29	13	14	11	12	13	1,3	10	10	14	12	12	1,9	24	22	12	17	19	5,4	**14**	**4,5**
Vegetación semidensa mixta de paja brava y rica rica, ladera, clastos pequeños y grandes agrupados	30	13	14	10	8	11	2,8	10	11	10	13	11	1,4	17	18	12	17	16	2,7	**13**	**3,2**
Vegetación semidensa mixta de paja brava y rica rica, ladera, clastos pequeños y grandes agrupados, panoramica	31	13	14	12	14	13	1	12	13	12	17	14	2,4	17	18	13	13	15	2,6	**14**	**2,1**
Vegetación semidensa mixta de paja brava y rica rica, ladera, clastos pequeños y medianos agrupados	32	12	14	13	12	13	1	11	13	12	17	13	2,6	13	13	15	15	14	1,2	**13**	**1,7**
Vegetación rala mixta, plano, clastos grandes agrupados	51	14	12	10	6	11	3,4	11	12	14	11	12	1,4	24	18	15	18	19	3,8	**14**	**4,7**
Vegetación rala y densa mixta, plano, cerros segundo plano	53	15	14	8	12	12	3,1	14	12	15	9	13	2,6	14	12	14	16	14	1,6	**13**	**2,4**
Vegetación rala mixta de paja brava y tola, ladera, clastos grandes agrupados	25	13	15	10	11	12	2,2	11	12	15	13	13	1,7	10	17	12	22	15	5,4	**13**	**3,4**
Vegetación rala mixta de paja brava y tola, ladera, clastos grandes agrupados	33	12	14	9	6	10	3,5	10	6	14	5	9	4,1	7	11	16	16	13	4,4	**11**	**4**
Vegetación rala mixta, ladera, clastos grandes agrupados, vicuñas	41	16	16	12	20	16	3,3	17	18	16	24	19	3,6	11	23	16	16	17	4,9	**17**	**3,8**
Vegetación rala mixta, ladera, clastos grandes agrupados, vicuñas	42	17	15	19	18	17	1,7	18	23	18	22	20	2,6	22	18	17	16	18	2,6	**19**	**2,5**

ANEXO 6-3. Ficha de caracterización de los evaluadores de paisaje.
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 6-4. Planilla para la evaluación de la calidad del paisaje.

(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXOS CAPÍTULO VII

ANEXO 7-1. Encuesta General. Caracterización Socioeconómica-Cultural

(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 7-2. Entrevista General. Actores Relevantes

(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXOS CAPÍTULO X

ANEXO 10-1. DOS EJEMPLOS DE FICHAS DE TRABAJO DE AULA PARA EL DOCENTE.

Ficha de Actividad “LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS”
1. Objetivo Fundamental Conocer las características principales de los pueblos originarios de Chile.
2. Sector de Aprendizaje Comprensión del Medio Natural, Social y Cultural
3. Curso 4º básico
4. Aprendizaje esperado Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.
5. Indicador Comparan diferentes formas de vida de algunos pueblos originarios.
6. Sugerencia metodológica Actividades - El docente preguntará a los alumnos que pueblos originarios de Chile conocen y con que características los relacionan. - El docente afirmará o corregirá la información entregada. - El docente preguntará a los alumnos, que conocen del pueblo “atacameño”. - Observarán imágenes sobre la cultura “atacameña” (restos arqueológicos, manifestaciones culturales actuales, etc), se comentará lo observado. - Los alumnos colorearán imágenes de objetos y ceremonias propias del pueblo atacameño. - Los alumnos consultarán en sus casas, a sus vecinos o en software educativos, información sobre las imágenes coloreadas. La siguiente clase se comentará los resultados de la tarea.
7. Materiales - Pizarra y plumón. - Presentación en power point sobre el pueblo o los pueblos “atacameños”. - Cartilla de trabajo de los alumnos. - Texto con información sobre características de los pueblos atacameños. - Software sobre culturas indígenas nortinas.
8. Tiempo 90 minutos (2 horas pedagógicas)
9. Tipo de Evaluación - Se evaluará la participación de los alumnos, tanto en el aporte de ideas como en la información entregada. - Se evaluará el trabajo realizado en la cartilla (realización del trabajo, orden y calidad de la información).
10. Relación con otros subsectores - Artes: colorear imágenes - Lenguaje: entrevistas y escritura de información obtenida.

Ficha de Actividad: **“EL VOLCAN LICANCABUR… EN LA CORDILLERA DE LOS ANDES”**
1. Objetivo Fundamental - Reconocer los rasgos geográficos, económicos, sociales y culturales característicos de su región, identificando relaciones entre ellos, y explorando su historicidad.
2. Sector de Aprendizaje Historia y Ciencias Sociales
3. Curso 1º medio
4. Contenido Grandes unidades naturales que caracterizan la región.
5. Aprendizaje esperado Identifica y localiza las grandes unidades naturales que caracterizan la región (Cordillera de Los Andes, Cordillera de la Costa, planicies litorales, depresión intermedia, valles fluviales, áreas desérticas, zonas de islas y fiordos).
6. Sugerencia metodológica Actividades - Los alumnos comentarán lo que conocen sobre las características de las 4 unidades geográficas de Chile, poniendo énfasis en la Cordillera de los Andes. - Se observarán imágenes de la Cordillera de los Andes, y como cambia a lo largo del territorio chileno. - El profesor entregará un documento donde se explica como se formó la Cordillera y las características especiales de la zona norte de Chile. - Los alumnos responderán un cuestionario sobre la información leída y observada. - Los alumnos identificarán en un mapa las principales alturas de la Región de Antofagasta y dibujaran un perfil de la Cordillera.
7. Materiales - Pizarra y plumón. - Presentación en power point sobre Cordillera de los Andes. - Documento sobre características de la Cordillera de los Andes. - Cartilla de trabajo de los alumnos. - Computadores e impresora.
8. Tiempo 90 minutos (2 horas pedagógicas)
9. Tipo de Evaluación - Se evaluará el aporte y la información entregada por los alumnos. - Se evaluará la información entregada en el cuestionario (redacción y calidad de información) - Se evaluará el dibujo del perfil de la Cordillera (realización del trabajo, orden y calidad de la información).
10. Relación con otros subsectores - Educación artística: Dibujo de perfil de una región geográfica. - Lenguaje: Lectura y comprensión de un texto. Redacción adecuada de varias respuestas.

ANEXO 10-2. DOS EJEMPLOS DE FICHA DE ACTIVIDAD DE CARTILLA DE ALUMNOS.

Ficha de Actividad “LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS”
Curso: 4º básico
Subsector: Comprensión del Medio Natural, Social y Cultural
Aprendizaje esperado: Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.

A trabajar…

En esta ficha, tienes 4 imágenes que representan aspectos culturales de los pueblos atacameños.

Consulta con tus familiares, personas mayores o busca en algún libro o CD… y averigua a que corresponde cada imagen

_____ _____ _____ _____

_____ _____ _____ _____

_____ _____ _____ _____

Evaluación:
Responde brevemente:

¿A quien consulté por las imágenes?

¿Hice mi tarea con suficiente anticipación?

Ficha de Actividad "EL VOLCAN LICANCABUR… EN LA CORDILLERA DE LOS ANDES"
Curso: 1º medio
Subsector: Historia y Ciencias Sociales
Aprendizaje esperado: • Identifica y localiza las grandes unidades naturales que caracterizan la región (Cordillera de Los Andes, Cordillera de la Costa, planicies litorales, depresión intermedia, valles fluviales, áreas desérticas, zonas de islas y fiordos).

Tareas…

1. Responde el siguiente cuestionario

a) ¿Cómo se formó la Cordillera de los Andes?

b) ¿Qué características especiales tiene la Cordillera de los Andes y la Depresión Intermedia, en la Región de Antofagasta?

c) Las características geográficas de la Cordillera de los Andes en la Región de Antofagasta ¿De qué manera influyen en la flora y fauna de su entorno?

d) ¿Qué características tiene el Volcán Licancabur?

2. Dibuja, siguiendo las instrucciones dadas por el profesor un perfil de la Cordillera de los Andes, en la Región de Antofagasta; destacando las principales alturas.

Evaluación:

Responde brevemente:

¿Observé atentamente las imágenes y leí el documento?

¿Respondí todas las preguntas y realicé el perfil de la cordillera?

¿Fui ordenado al realizar mis tareas?

ANEXO 10-3. SUGERENCIA DE APRENDIZAJES ESPERADOS, CONTENIDOS E INDICADORES A TRABAJAR

A continuación, se entregan Aprendizajes Esperados, Contenidos e Indicadores, según corresponda, sobre los cuales se debe realizar las fichas. Los contenidos seleccionados, se extrajeron del software "Programas de Estudio. Educación Básica y Media. Formación General" (Ministerio de Educación de Chile). Se han ordenado por curso y subsectores.

1º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Identifican y caracterizan sus grupos de pertenencia a nivel familiar, escolar, local y nacional	- Describen sus grupos de pertenencia: familia, escuela, vecindario o localidad y país. - Describen algunas tradiciones regionales o nacionales: mitos, leyendas, celebraciones y comidas.
Describen algunas plantas y animales de su entorno y reconocen la importancia de su cuidado	- Observan plantas y animales de su entorno más cercano. - Identifican plantas y animales de su entorno. - Relatan como es el lugar donde viven los animales y plantas observadas. - Dan ejemplos de cómo cuidar plantas y animales.
Establecen relaciones entre el pasado y el presente y proyectan acciones a desarrollar en el futuro	- Distinguen situaciones, hechos, objetos y costumbres del pasado y del presente. - Establecen semejanzas y diferencias entre las situaciones, hechos, objetos y costumbres del pasado y del presente.

2º BÁSICO. COMPRENSION DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Identifican diferentes actividades laborales y valoran la importancia del trabajo para el desarrollo de la vida en sociedad.	• Nombran profesiones y oficios que se realizan en la región donde viven. • Describen la función que cumplen trabajadores que se desempeñan en diferentes actividades laborales.
Comprenden la importancia del uso de instrumentos para percibir características no observables a simple vista en organismos de su entorno.	• Comparan observaciones realizadas con lupa y sin ella. • Describen rasgos de organismos del entorno, a partir de observaciones realizadas con instrumentos.
Manifiestan curiosidad para ampliar su conocimiento del entorno.	• Formulan preguntas para profundizar el conocimiento del entorno. • Buscan y comparan información para aclarar sus interrogantes.
Caracterizan diferentes paisajes, agudizando su capacidad de observación.	• Reconocen diferentes elementos del paisaje, tales como cordillera, cerro, valle, nubes, viento, agua, animales, plantas, construcciones, caminos, campos cultivados. • Distinguen elementos naturales y elementos culturales de los paisajes.
Caracterizan flora y fauna típica de Chile y señalan las medidas adoptadas para su protección.	• Reconocen flora y fauna típica de Chile. • Describen características de algunas plantas y animales de Chile. • Señalan algunas especies de plantas y animales que están en peligro de extinción en nuestro país. • Identifican instituciones, locales y nacionales, que protegen a la flora y fauna. • Dan ejemplos de medidas adoptadas para la protección de la flora y fauna.
Reconocen diferentes formas en que animales y	• Definen, con sus propias palabras, el concepto de "hábitat"

plantas se relacionan con su hábitat.	como el lugar donde los organismos viven y encuentran lo que necesitan para vivir: refugio, aire, agua, alimento y espacio. • Describen distintas formas de interacción de animales y plantas con su hábitat: de alimentación, de defensa y de refugio.
Describen diferentes maneras en que el ser humano se relaciona con su medio ambiente y reconocen la importancia de su cuidado	• Reconocen la necesidad que tiene el ser humano de interactuar con el medio ambiente. • Describen situaciones que muestran cómo los seres humanos interactúan con su medio ambiente. • Dan ejemplos de conductas de las personas que contribuyen al cuidado del medio ambiente. • Relacionan el cuidado del medio ambiente con la salud de las personas.

3º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Describen interacciones entre plantas, animales y el medio.	• Describen experiencias que muestran que las plantas fabrican su propio alimento. • Distinguen entre organismos productores y organismos consumidores. • Identifican animales carnívoros, herbívoros y omnívoros.
Comprenden el concepto de recurso natural como todo elemento que el ser humano obtiene de la naturaleza para satisfacer sus necesidades.	• Identifican recursos naturales. • Dan razones que muestran la importancia de cuidar los recursos naturales. • Identifican los principales recursos naturales que se explotan en Chile, y los localizan en el mapa. • Nombran y describen actividades productivas relacionadas con la obtención de recursos naturales

3º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Aprendizaje esperado	Indicadores
Reconocen propiedades estéticas de diversos materiales en elementos naturales, objetos y obras de arte, por ejemplo: piedra, cuero, huesos, madera, arcilla, fibras, textiles, metal, papel, cartón, vidrio, plástico, otros.	• Identifican diversos materiales en el entorno natural y cultural.
Exploran manifestaciones musicales folclóricas mediante la ejecución grupal vocal e instrumental de danzas y canciones.	• Ejecutan danzas folclóricas, incorporando elementos del entorno cultural.
Reconocen y exploran diversas formas de interacción de las manifestaciones artísticas entre sí y con el entorno social y cultural. Emplean combinaciones de medios artísticos para expresarse.	• Relacionan diferentes manifestaciones artísticas en cuanto a: medios, temáticas, formas, personajes, ideas o sentimientos expresados. • Expresan sentimientos, emociones e ideas combinando diferentes medios de expresión artística.
Recrean en trabajos de grupo manifestaciones lúdicas del folclor por medio de la música y la expresión corporal, con movimiento corporal, expresión verbal y cantada, apropiados a cada caso.	• Practican, conocen y valoran distintas manifestaciones lúdicas del folclor (danzas imitativas, juegos, rondas y otros). • Ejecutan cantos tradicionales con acompañamiento instrumental.

4º BÁSICO. LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

Aprendizaje esperado	Indicadores
Escuchan comprensivamente cuentos, fábulas, leyendas poemas y noticias; captando la información explícita e implícita que contienen.	• Reconocen información explícita sobre personajes, acciones o lugares de las narraciones escuchadas. • Demuestran la comprensión de lo escuchado a través de preguntas pertinentes, comentarios, opiniones y expresiones artísticas.
Relatan diversas narraciones en forma clara y coherente y recitan poemas con expresión de las emociones que contienen.	• Relatan cuentos, leyendas, fábulas, experiencias personales, hechos y películas, escuchados, vistos o leídos, utilizando oraciones completas y bien construidas. • Recitan poemas, de tres estrofas o más, dándoles la adecuada entonación a sus versos.

4º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Caracterizan la diversidad geográfica en Chile en relación a su clima, flora y fauna.	• Localizan en el mapa: el norte, el centro y el sur del país. • Describen las principales características del norte, centro y sur del país, en relación a su clima. • Identifican fauna y flora típica del norte, centro y sur de Chile.
Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.	• Nombran y ubican en el mapa pueblos originarios de Chile. • Comparan diferentes formas de vida de algunos pueblos originarios. • Señalan aportes de los pueblos originarios a la cultura nacional.
Caracterizan la diversidad de plantas y animales, los clasifican según criterios convencionales y reconocen la importancia de su cuidado.	• Describen la diversidad de plantas y animales existente en distintos hábitat. • Clasifican plantas usando categorías convencionales: con flores y sin flores. • Clasifican animales usando categorías convencionales, como vertebrados (mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces) e invertebrados (insectos y arañas). • Dan razones de la importancia de la preservación de la diversidad de organismos presentes en el planeta.
Identifican características de adaptación en plantas y animales.	• Relacionan características morfológicas de plantas con su hábitat. • Relacionan características morfológicas de animales con su hábitat. • Identifican mecanismos de adaptación relacionados con la defensa y la alimentación.

4º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTÍSTICA

Aprendizaje esperado	Indicadores
Aprecian manifestaciones artísticas, identifican en ellas elementos que reflejan su diversidad (etnias, culturas, contextos geográficos y estilos) y emiten opiniones al respecto.	• Observan y analizan obras artísticas visuales provenientes de diferentes etnias, culturas y contextos geográficos, reconociendo en ellas semejanzas y/o diferencias en términos estéticos (formas, colores, materiales, temáticas). • Manifiestan sus opiniones acerca de obras artísticas visuales.
Aprecian y valoran las diversas funciones y posibilidades expresivas de las artes en la naturaleza y la sociedad, demostrando una capacidad reflexiva y crítica adecuada al nivel.	• Investigan, conocen y reflexionan acerca de las posibilidades expresivas de los distintos lenguajes artísticos. • Expresan sentimientos e ideas artísticos utilizando distintos materiales sonoros, visuales, plásticos, literarios y otros). • Conocen y valoran mediante la práctica grupal de cantos, música instrumental y danzas, distintas funciones de la música en diferentes sociedades.

5º BÁSICO. LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Lectura y audición de leyendas y cuentos tradicionales chilenos que representen la diversidad cultural del país.	• Valoran las leyendas y cuentos tradicionales como un medio de aproximación a la diversidad cultural del país.

5º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Niveles de organización de los seres vivos: diferenciar especies vegetales y animales; apreciar diferencias entre especies animales y la especie humana; establecer relaciones entre especies y población; apreciar el papel que los procesos de mortalidad, natalidad y migratorios desempeñan en los cambios de magnitud de una población.	• Identifican, a partir de observación y consulta en fuentes diversas, diferentes plantas y animales. • Conocen y utilizan algunos descriptores para identificar y clasificar representantes de los reinos: animal, planta, fungi, protista y monera. • Conocen por qué los hongos (Fungi), los protozoos, las algas (Protista) y las bacterias (Monera) son seres vivos. • Usan claves dicotómicas para identificar animales vertebrados. • Demuestran que en todos los ambientes es posible encontrar diversidad de seres vivos.
• Recursos naturales y conservación: conocimiento de especies animales y vegetales nativas y reconocimiento de la importancia comercial de algunas de ellas; señalar estrategias básicas de cuidado y conservación de especies animales y vegetales; consecuencias positivas y negativas del uso y explotación de las especies sobre la calidad de vida de los habitantes en su región.	• Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí. • Identifican procesos de natalidad, mortalidad y migratorios como factores que determinan la magnitud de una población. • Determinan usos dados a las especies y poblaciones de la región y algunas consecuencias posibles de la sobre-explotación de especies para la calidad de vida de sus habitantes.

5º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Tipos de mapas: reconocimiento de ejemplos y comprensión de la funcionalidad de mapas de tipo físico y político.	• Distinguen y confeccionan distintos tipos de mapas con simbología convencional. • Entienden la funcionalidad de los mapas físicos y políticos.
• Pueblos precolombinos: localización y caracterización de sus formas de vida.	• Ubican espacial y temporalmente las culturas maya, azteca e inca. • Describen las principales características de la organización de la sociedad en las culturas maya, azteca e inca. • Valoran el desarrollo cultural americano antes de la llegada del europeo.
• Relación sociedad-paisaje: valoración de los procesos de producción agropecuaria y forestal, urbanización, construcción de áreas verdes, erosión, contaminación y reservas naturales.	• Comparan las características del mundo rural y urbano. • Caracterizan los procesos de producción agropecuaria y forestal en Chile. • Identifican y valoran la importancia de las reservas naturales en América. • Distinguen factores naturales y humanos que inciden en el deterioro de la naturaleza. • Buscan información y comunican los resultados de su indagación en torno a temas medioambientales.

5º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• El arte indígena chileno: conocer y apreciar producción en escultura, alfarería, textiles: - Las artes visuales como actividad humana fundamental en los pueblos indígenas. - Aplicación de temáticas y técnicas del arte indígena en la creación personal y en la elaboración de proyectos artísticos integrados.	• Comprenden el arte y el quehacer artístico como una actividad humana fundamental tanto en el presente como en el pasado. • Reconocen y aplican elementos visuales y técnicas del arte indígena chileno en composiciones creativas. • Reconocen en imágenes y objetos concretos, las formas y colores característicos del arte de las culturas atacameña, diaguita y mapuche. • Aplican o adaptan creativamente temáticas y técnicas del arte indígena en la producción y/o decoración de objetos de uso cotidiano. • Reconocen en el arte del presente, huellas o influencias del pasado indígena chileno. • Elaboran proyectos grupales que consideran el uso de diferentes lenguajes artísticos en la expresión de creencias, mitos, ritos y costumbres del presente o del pasado.
• Folclor regional: conocer, identificar y valorar las diversas manifestaciones de la expresión artística regional.	• Entienden y valoran el canto y la danza folclóricos como formas de expresión propias y representativas de las comunidades. • Cantan canciones pertenecientes a la tradición musical de su región, en forma afinada, con precisión rítmica y adecuada posición corporal, respiración, fraseo y dicción. • Escuchan variada música folclórica de su región, reconociendo auditivamente los instrumentos musicales utilizados y las diferentes modalidades de interpretación vocal e instrumental.

5º BÁSICO. EDUCACIÓN FISICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Actividades de expresión rítmica-corporal: danzas folclóricas, bailes populares y danza.	• Asocia e interpreta con gracia y coordinadamente movimientos y ritmos mediante la práctica de danzas folclóricas nacionales, en parejas o en grupos.

6º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSION DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
	• Conocen tipos de energía. • Interpretan situaciones cotidianas y experimentales en términos de transformaciones y transferencias de energía.
	• Caracterizan un ecosistema como una unidad ecológica en que interactúan el biotopo y la biocenosis. • Reconocen que el flujo de materia y energía se produce en cadenas y tramas alimentarias.
	• Analizan críticamente información relativa al impacto ambiental que tiene en la sociedad actual la generación y el consumo de energía, y evalúan propuestas de solución. • Asumen una posición crítica y fundamentada acerca de los efectos de la acción humana sobre diferentes ecosistemas.

6º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Las grandes unidades de relieve, clima y vegetación en las regiones geográficas naturales de Chile.	• Distinguen las regiones geográficas naturales de Chile y sus características en cuanto a relieve, clima y vegetación. • Valoran las regiones geográficas naturales como ecosistemas particulares.
• Las regiones administrativas de Chile.	• Identifican las regiones administrativas del país.
• La Guerra del Pacífico: Consecuencias para Chile, Perú y Bolivia. La vida cotidiana durante la guerra.	• Comprenden el factor económico como uno de los que originan la Guerra del Pacífico.
• Recursos naturales y actividades económicas en el país y en la región. • Actividades económicas principales del país por sector económico.	• Describen las principales actividades económicas del país, y su distribución geográfica.
• Población económicamente activa de la región: trabajos representativos y sectores económicos.	• Caracterizan las regiones de Chile desde una perspectiva económica, distinguiendo población económicamente activa y pasiva, y sectores económicos.

6º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Conocimiento de las principales características de las diversas manifestaciones artísticas del período colonial. Por ejemplo: formas, técnicas, colores, materiales, simbología y otros elementos de la arquitectura, imaginería, pintura, objetos y artesanía de la época.	• Reconocen elementos básicos de la arquitectura, imaginería, pintura, objetos y la representación de costumbres en el arte colonial.
• Percepción, experiencia personal y registro del color en el entorno natural y cultural.	• Identifican y registran colores del entorno natural y cultural.
• Sentido de la música en la cosmovisión de algunas etnias nacionales: aymará, mapuche, rapa-nui.	• Discriminan auditivamente características de timbre, rítmicas y melódicas de la música de las distintas etnias que habitan nuestro territorio.
• La música de las diferentes zonas folclórico-musicales del país: especies cantadas y música de danzas; instrumentos y música instrumental.	• Establecen, en términos generales, diferencias musicales (rítmicas, melódicas, armónicas, de timbre y de interpretación) entre la música tradicional del norte, el centro y el sur del país.
• Ejecución de un instrumento melódico.	• Ejecutan individual y/o grupalmente música instrumental de alguna región del país, utilizando el instrumento que estudian.
• Baile de una danza tradicional del país	

7º BÁSICO. EDUCACIÓN MATEMÁTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Comparación de la escritura de los números en el sistema decimal con la de otros sistemas de numeración en cuanto al valor posicional y a la base (por ejemplo, egipcio, romano, maya).	• Conocen otros sistemas de numeración, sus usos en otras culturas, sus usos actuales.

7º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Alimentación en el ser humano. Alimentación sana. Enfermedades asociadas a la alimentación. Salud dental.	• Aprecian la importancia para el ser humano de una alimentación sana en el mantenimiento de la salud.

7º BASICO. ESTUDIO Y COMPRENSION DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
• La revolución agrícola y su influencia en las primeras Civilizaciones.	• Valoran el esfuerzo y las habilidades técnicas e inventivas del hombre y mujer prehistórico para adaptarse y transformar el medio, reconociendo la creación de herramientas y símbolos como aportes muy significativos del período.

7º BÁSICO. EDUCACIÓN TECNOLOGICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
	• Aplican los conocimientos sobre formas de energías no convencionales y usos eficientes de la energía y de los materiales en el diseño y construcción de un objeto tecnológico.

7º BÁSICO. ARTES VISUALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Descubrimiento del entorno natural como referente de distintas áreas del diseño.	• Descubren formas, estructuras y colores del entorno natural y las asocian a diversas modalidades del diseño.
• Percepción y registro de formas, estructuras y colores del entorno natural empleados en el ámbito del diseño.	• Reconocen el diseño en objetos y otros elementos del entorno cultural.
• Aplicación de formas, estructuras y colores del entorno natural en la elaboración de diseños en el plano y/o el volumen.	• Emplean formas, estructuras y colores del entorno natural en la elaboración de diseños en el plano y el volumen.
• Reconocimiento y registro de diseños que dan cuenta de nuestra identidad, en diferentes épocas, regiones y ámbitos socioculturales.	• Reconocen y caracterizan diseños representativos de diversas localidades y regiones de Chile.
• Apreciación de manifestaciones del diseño en rituales, fiestas religiosas, carnavales, celebraciones, etc.	• Identifican áreas del diseño en festividades de diferentes épocas, regiones y ámbitos socioculturales. • Aprecian elementos utilizados en la celebración de festividades tales como: trajes típicos, adornos, objetos, etc.
• Diseño y elaboración de máscaras, vestuario, objetos y otros elementos necesarios para la celebración de festividades propias del entorno cultural.	• Realizan diseños de elementos necesarios para la celebración de festividades.

1º MEDIO. HISTORIA Y CIENCIAS SOCIALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Grandes unidades naturales que caracterizan la región.	• Identifica y localiza las grandes unidades naturales que caracterizan la región (cordillera de Los Andes, cordillera de la Costa, planicies litorales, depresión intermedia, valles fluviales, áreas desérticas, zonas de islas y fiordos).
• Clima, relieve, vegetación y fauna de la región y su variación entre unidades naturales.	• Diferencia las grandes unidades naturales de la región en términos de relieve, clima, vegetación y fauna.
• Causas y factores explicativos de las variaciones del clima entre unidades naturales (altitud, latitud, orografía, continentalidad).	• Caracteriza el clima de la región y explica su variación entre unidades naturales, considerando como factores explicativos la latitud, la altitud, la orografía, la continentalidad.
• El paisaje natural y su transformación por la acción humana.	• Aprecia el papel de la sociedad en la creación del paisaje. • Valora la preocupación por los efectos ambientales de la acción humana.
• Problemas ambientales.	• Discute la existencia de problemas ambientales en su región, distinguiendo sus causas, las distintas posiciones en juego y las alternativas para enfrentarlos.
• Recursos naturales de la región.	• Conoce la existencia y distribución de los recursos naturales de la región; identifica aquellos que sirven de sustento a las actividades productivas más destacadas: suelos, aguas, vegetación, recursos mineros, pesqueros, etc.; y los diferencia en recursos renovables y no renovables.
• Población regional: volumen, densidad, distribución por sexo y edad, condición urbano-rural.	• Describe la población regional en términos de su volumen, densidad, distribución por sexo y edad, y condición urbano-rural.
• Dinámica demográfica: natalidad, mortalidad, migraciones.	• Reconoce la natalidad, la mortalidad y las migraciones como los grandes factores de cambio demográfico.
• Caracterización de la población en términos socioeconómicos.	• Conoce la distribución de la población regional por sectores económicos. • Opina sobre la desigualdad socio-económica de la población, y valora la equidad social.
• Diversidad cultural en la región.	• Reconoce similitudes y diferencias entre grupos sociales y culturales en la región. • Comprende el significado de los conceptos cultura, costumbre y diversidad cultural, y los aplica al análisis de la realidad regional. • Valora su propia identidad e historia local.

1º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Influencia humana en el ecosistema.	• Los diversos aspectos de la relación humana con el ambiente, que satisfacen necesidades orgánicas, tecnológicas y estéticas. • El valor de la responsabilidad y preocupación individual y colectiva por el ambiente.

1º MEDIO. QUÍMICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Mineralogía: cristales, minerales metálicos y no metálicos; minerales primarios y secundarios; distribución geográfica de los minerales en Chile.	•. Identifiquen, a lo menos, cinco minerales metálicos y cinco no metálicos producidos en Chile. •. Distingan entre minerales primarios y secundarios.

1º MEDIO. EDUCACIÓN FISICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Formas y técnicas de exploración básicas de al menos un entorno natural, tal como: espacio abierto dentro del establecimiento educacional, espacio natural cercano a éste, zona precordillerana, zona desértica, terreno costero, etc.	•. Demuestren sensibilidad y valoración de los recursos naturales desde puntos de vista diversos: deportivo, estético, lúdico, descanso, salud, diversión, económico, etc. •. Dominen las técnicas que les permitan relacionarse debidamente con el entorno natural, por ejemplo, manejo de desechos, manejo del fuego, cuidado de especies naturales, purificación del agua para consumo humano, etc. •. Exploren en forma segura, reconozcan especies de flora y fauna del lugar, y respeten la realidad sociocultural de los lugares visitados.
• Técnicas de seguridad en al menos un espacio físico natural, tal como: espacio abierto dentro del establecimiento educacional, espacio natural cercano a éste, zona precordillerana, zona desértica, terreno costero, etc.	•. Se desenvuelvan con seguridad y confianza en los medios físicos naturales, previniendo riesgos derivados de las condiciones climáticas o de higiene. •. Muestren capacidad para relacionarse positivamente y trabajar con compañeros en el logro de objetivos comunes durante situaciones adversas y de incertidumbre generadas en ambientes físicos naturales.
• Técnicas de campamento en un terreno geográfico natural, tal como: espacios abiertos dentro del establecimiento educacional, espacios naturales cercanos a éste, zonas precordilleranas, zonas desérticas, terrenos costeros, etc.	•. Apliquen técnicas básicas que se relacionan con la selección, armado y cuidado de un campamento. •. Conozcan los elementos básicos para cuidar y dar buen uso a los recursos naturales existentes en lugares seleccionados para el armado de un campamento. •. Seleccionen el lugar de campamento considerando criterios de seguridad pertinentes.

2º MEDIO. HISTORIA Y CIENCIAS SOCIALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
• América Precolombina. Las grandes civilizaciones precolombinas. Los pueblos pre-hispánicos en el actual territorio chileno.	• Reconoce que el continente americano estaba poblado en el siglo XV por una multiplicidad de grupos humanos, distinguiendo a mayas, aztecas e incas, y los pueblos indígenas en el actual territorio de Chile. • Aplica el concepto antropológico de cultura para caracterizar los pueblos indígenas de América.
• La conquista española. Principales características y propósitos de la empresa de conquista de los españoles en América y sus efectos para los pueblos indígenas. La conquista de Chile: la ocupación del territorio.	• Reconoce los efectos que tuvo la conquista española en los pueblos indígenas y distingue las distintas políticas que la Corona y la Iglesia mantuvieron en su relación con ellos.
• Relaciones entre españoles e indígenas: trabajo obligatorio, mestizaje, evangelización, sincretismo cultural y resistencia mapuche.	• Entiende que la historia de los pueblos indígenas no termina con la llegada de los europeos y visualiza las dificultades que tienen actualmente estos pueblos para insertarse en las naciones-estados latinoamericanos. • Vincula la situación actual de los grupos indígenas en Chile con la relación entre españoles e indígenas iniciada en la Colonia, y comprende que este es un proceso que afecta diferentes pueblos indígenas del continente. • Describe las características principales de la empresa de conquista en América, con énfasis en la conquista del territorio de Chile.

	• Caracteriza la sociedad colonial, en términos de sus instituciones políticas, las actividades económicas preponderantes, la vida cotidiana en la ciudad y fuera de ella. • Reconoce que la identidad cultural latinoamericana se construyó en el encuentro entre españoles e indígenas.

2º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
1. Biodiversidad y factores que la afectan.	• La biodiversidad como el número de especies (riqueza específica) en un cierto hábitat, producto de la interacción entre genoma, especie y ecosistema; que el cuidado de la biodiversidad demanda el estudio de múltiples factores que la determinan.
2. Recursos naturales.	• Que las perturbaciones introducidas por la actividad humana pueden resultar en destrucción de hábitats naturales o su conversión a actividades incompatibles con la conservación de la biodiversidad.
3. Preservación, conservación y protección	• El concepto de desarrollo sustentable como la forma de explotar los excedentes biológicos sin agotar el capital, asegurando que las generaciones futuras tengan las mismas oportunidades de beneficiarse que las actuales. • Cómo evaluar éticamente la conveniencia de perturbar ecosistemas frágiles y aquilatar los costos biológicos del desarrollo, apreciando que el ser humano no es el dueño final de la biodiversidad, sino que debe legarla a futuras generaciones.

4º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Ecología y sociedad	• La estructura y composición de especies de los ecosistemas presentan un equilibrio en el tiempo, que puede perdurar por años sin grandes variaciones, a menos que se altere por factores externos o ruidos, principalmente actividad humana (ej. Sobreexplotación. de especies y contaminación), con consecuencias a veces catastróficas. • El desarrollo tecnológico ha traído consigo un uso creciente, actualmente de gran magnitud, de recursos naturales no renovables, tales como petróleo (carbono fósil) y minerales, generando grandes fuentes de contaminación. • La velocidad de recuperación de un sistema ecológico dañado es mayor mientras mayor sea su diversidad específica. Por esto los daños por intervención humana pueden ser dramáticos si atentan contra la diversidad específica, especialmente en los biomas menos diversos y de hábitat extremos (desérticos, polares o de grandes alturas). La intervención humana en un ecosistema debe ser cuidadosamente estudiada para no ocasionar daños irreversibles y los gobiernos han adquirido la obligación de velar por el cuidado de sus comunidades biológicas.

ORD. **:496/2022**

ANT. **: Ord. N° 255/2022, del 26 de mayo de 2022, de la SEREMI de Medio Ambiente, que solicita información de área que se identifica (Carcote).**

MAT. **: Solicita información de áreas que se identifican**

Antofagasta, 19 de octubre de 2022

DE: **Gustavo Riveros Adasme**
Secretario Regional Ministerial del Medio Ambiente
Región de Antofagasta

A: **Angelique Araya Hernández**
Secretaria Regional Ministerial de Bienes Nacionales
Región de Antofagasta

Junto con saludar cordialmente, por el presente y como fue informado mediante el Ord. en ANT., en el desarrollo del estudio básico "Diagnóstico y Conservación de los Anfibios Altoandinos, Región de Antofagasta" con cargo al Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), se han detectado áreas de interés que buscan la conservación de anfibios del género *Telmatobius*. En ese contexto, de acuerdo a la información que se ha logrado recabar, hay polígonos adicionales que se proponen para estos fines, ubicados la comuna de Ollagüe, provincia de El Loa.

Los polígonos en comento se localizan en los siguientes sectores de la comuna:

- Puquios.
- Amincha.
- Ascotán.

Se adjuntan las tablas de coordenadas; información básica e imagen en formato PDF de las áreas propuestas para determinar una figura de protección, de acuerdo al siguiente orden:

- Puquios: Anexo 1 (Tabla 1 y Figura 1).
- Amincha: Anexo 2 (Tabla 2 y Figura 2).
- Ascotán: Anexo 3 (Tabla 3 y Figura 3).

A objeto de verificar la propiedad fiscal, privada y servidumbres existentes en el área de interés, solicito a usted tener a bien informar a esta SEREMI acerca de la existencia de predios fiscales, privados y servidumbres y proporcionar las coordenadas de cada uno de ellos (y sus respaldos digitales en KMZ y/o SHP), a objeto de corregir y ajustar - cuando corresponda - la cartografía del área de interés para conservación.

Se adjunta, de manera digital, al presente Oficio lo siguiente:

- Archivos KMZ y SHP de los polígonos y sus vértices coordenados.
- Cartografía en PDF.

Sin otro particular, saluda cordialmente

Gustavo Riveros Adasme
Secretario Regional Ministerial del Medio Ambiente
Región de Antofagasta

CCM/ccm
CC
- Archivo SEREMI MMA

Gustavo Antoni Riveros Adasme
SEREMI REGIÓN ANTOFAGASTA
SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
SUBSECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese el código de verificación: 2156460-675028 en:
https://fed.gob.cl/verificarDoc/docinfo

ANEXO 1

Región	Antofagasta
Provincia	El Loa
Comuna	Ollagüe
Nombre del predio	Puquios y Vegas
Rol Serv Imp Internos	4100-45

Tabla 1. Coordenadas Polígono Puquios

Vértice N°	Coordenadas, WGS84 Huso 19S.	
	Este	Norte
1	563.414	7.677.599
2	563.410	7.677.713
3	563.996	7.677.716
4	564.046	7.677.694
5	564.145	7.677.749
6	564.299	7.677.662
7	564.385	7.677.669
8	564.383	7.677.724
9	564.423	7.677.738
10	564.459	7.677.612
11	564.601	7.677.491
12	564.724	7.677.502
13	564.858	7.677.617
14	565.124	7.677.532
15	565.362	7.677.518
16	565.393	7.677.544
17	565.453	7.677.476
18	565.478	7.677.491
19	565.538	7.677.448
20	565.828	7.677.442
21	565.805	7.677.591
22	565.914	7.677.736
23	565.872	7.677.203
24	565.982	7.676.918
25	566.171	7.676.810
26	566.210	7.676.699
27	566.299	7.676.586
28	566.475	7.676.532
29	566.687	7.676.586
30	566.680	7.676.536

Vértice N°	Coordenadas, WGS84 Huso 19S.	
	Este	Norte
31	566.634	7.676.488
32	566.444	7.676.458
33	566.230	7.676.526
34	565.898	7.676.871
35	565.793	7.677.173
36	565.811	7.677.382
37	565.788	7.677.393
38	565.544	7.677.392
39	565.308	7.677.474
40	565.104	7.677.481
41	564.912	7.677.537
42	564.834	7.677.517
43	564.808	7.677.471
44	564.728	7.677.436
45	564.509	7.677.502
46	564.443	7.677.487
47	564.375	7.677.601
48	564.161	7.677.661
49	564.050	7.677.657
50	563.859	7.677.574
51	563.670	7.677.620
52	563.414	7.677.599

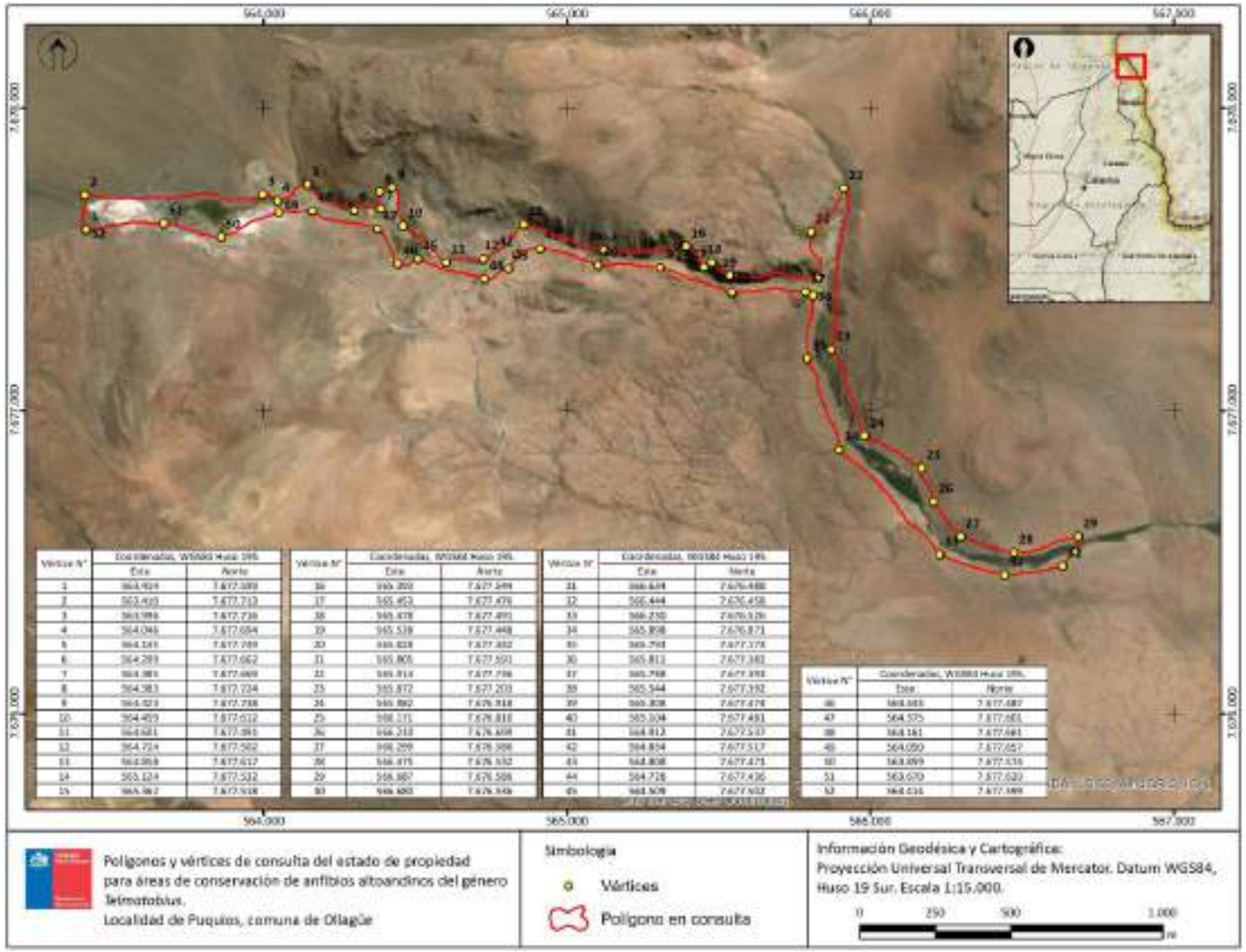


Figura 1. Cartografía del polígono en consulta ubicado en la localidad de Puquios, comuna de Ollagüe. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2

Región	Antofagasta
Provincia	El Loa
Comuna	Ollagüe
Nombre del predio	Amincha
Rol Serv Imp Internos	Sin información

Tabla 2. Coordenadas Polígono Amincha

Vértice N°	Coordenadas, WGS84 Huso 19S.	
	Este	Norte
1	568.040	7.655.807
2	567.856	7.656.114
3	567.672	7.656.575
4	567.321	7.656.727
5	567.042	7.656.947
6	566.796	7.657.185
7	566.560	7.657.583
8	566.227	7.657.862
9	566.055	7.657.888
10	565.932	7.658.086
11	565.420	7.658.422
12	565.361	7.658.536
13	565.091	7.658.769
14	565.079	7.658.851
15	564.992	7.658.949
16	565.086	7.658.995
17	565.211	7.658.814
18	565.414	7.658.650
19	565.521	7.658.465
20	565.933	7.658.239
21	566.116	7.658.017
22	566.290	7.657.992
23	566.462	7.657.797
24	566.645	7.657.734
25	566.708	7.657.527
26	566.831	7.657.398
27	566.862	7.657.271
28	567.096	7.657.059
29	567.794	7.656.635
30	567.916	7.656.203
31	568.041	7.655.987
32	568.040	7.655.807

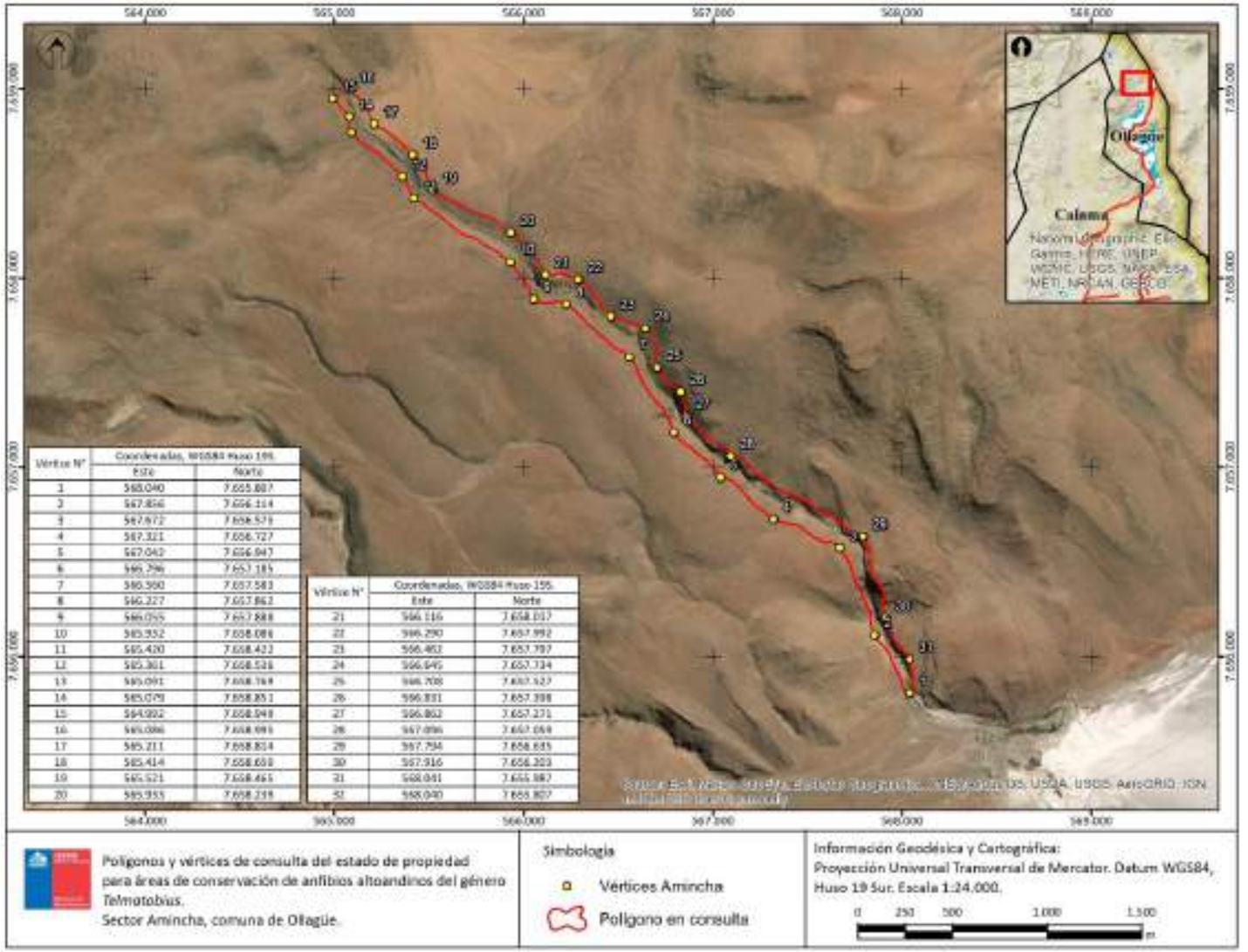


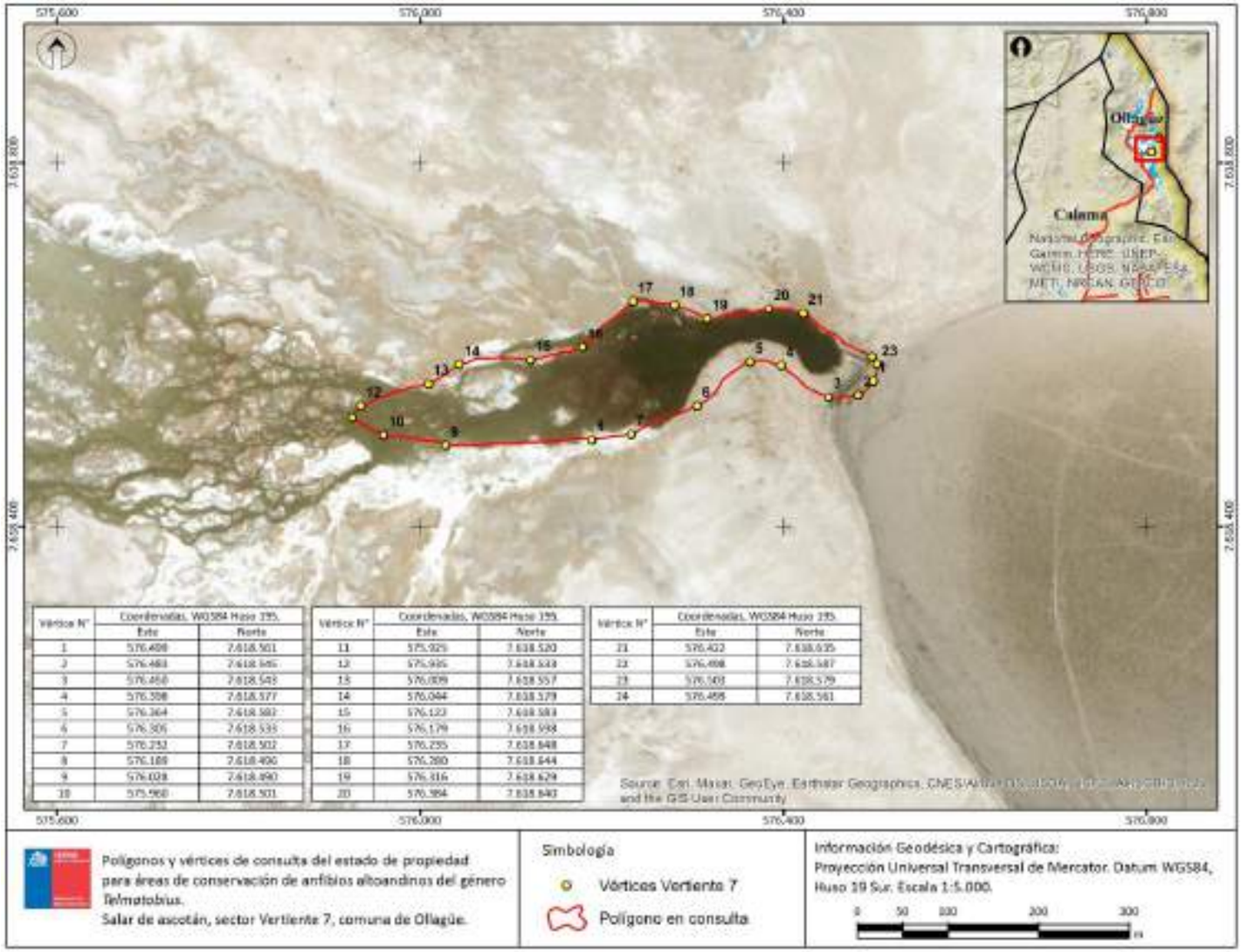
Figura 2. Cartografía del polígono en consulta ubicado en el sector de Amincha, comuna de Ollagüe. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3

Región	Antofagasta
Provincia	El Loa
Comuna	Ollagüe
Nombre del predio	Salar de Ascotán: Vertiente 7
Rol Serv Imp Internos	Sin información

Tabla 3. Coordenadas Polígono Salar de Ascotán: Vertiente 7

Vértice N°	Coordenadas, WGS84 Huso 19S.	
	Este	Norte
1	576.499	7.618.561
2	576.483	7.618.545
3	576.450	7.618.543
4	576.398	7.618.577
5	576.364	7.618.582
6	576.305	7.618.533
7	576.232	7.618.502
8	576.189	7.618.496
9	576.028	7.618.490
10	575.960	7.618.501
11	575.925	7.618.520
12	575.935	7.618.533
13	576.009	7.618.557
14	576.044	7.618.579
15	576.122	7.618.583
16	576.179	7.618.598
17	576.235	7.618.648
18	576.280	7.618.644
19	576.316	7.618.629
20	576.384	7.618.640
21	576.422	7.618.635
22	576.498	7.618.587
23	576.503	7.618.579
24	576.499	7.618.561



Vértice N°	Coordenadas, WGS84 Huso 19S.	
	Este	Norte
1	576.408	7.618.501
2	576.483	7.618.495
3	576.460	7.618.543
4	576.398	7.618.577
5	576.264	7.618.582
6	576.305	7.618.535
7	576.232	7.618.502
8	576.188	7.618.406
9	576.028	7.618.390
10	575.960	7.618.501

Vértice N°	Coordenadas, WGS84 Huso 19S.	
	Este	Norte
11	575.925	7.618.520
12	575.935	7.618.633
13	576.009	7.618.557
14	576.044	7.618.579
15	576.123	7.618.583
16	576.179	7.618.598
17	576.255	7.618.648
18	576.280	7.618.644
19	576.316	7.618.629
20	576.384	7.618.640

Vértice N°	Coordenadas, WGS84 Huso 19S.	
	Este	Norte
21	576.422	7.618.635
22	576.498	7.618.587
23	576.503	7.618.579
24	576.498	7.618.561

Figura 3. Cartografía del polígono en consulta ubicado en el sector de la Vertiente 7 del Salar de Ascotán, comuna de Ollagüe. Fuente: Elaboración propia.

SEREMI
Región de Antofagasta

Ministerio de Bienes Nacionales

ORD. SE02- 134 -2023

ANT: ORD. N° 496/2022 emitido por la SEREMI de Medio Ambiente.

MAT: Solicita información catastral de los sectores de Puquio, Amincha y Ascotan.

FOLIO: 100722

ANTOFAGASTA, 05 de enero de 2023

DE: ANGELIQUE ARAYA HERNÁNDEZ
SECRETARIA REGIONAL MINISTERIAL DE BIENES NACIONALES
REGIÓN DE ANTOFAGASTA

A: GUSTAVO RIVEROS ADASME
SECRETARIO REGIONAL MINISTERIAL DE MEDIO AMBIENTE
REGIÓN DE ANTOFAGASTA
oficinadepartesantofagasta@mma.gob.cl

Junto con saludar muy cordialmente y en relación al documento citado en antecedente, respecto al análisis catastral de los sectores de Puquio, Amincha y Ascotán, para desarrollar el estudio básico "Diagnóstico y Conservación de los Anfibios Altoandinos, Región de Antofagasta", se informa:

SECTOR DE PUQUIOS

El polígono de interés consta de una superficie aprox. de 33,66 ha. calculado con el software Qgis, este atraviesa terrenos de dominio particular y una parte se encuentra en la Región de Tarapacá. Se localiza en suelo rural.
El terreno particular corresponde a:

- Lotes A y B individualizado en el plano ministerial II-3-6027-C-R transferido gratuitamente a la Comunidad Quechua de Ollagüe mediante Resolución Exenta N° 12 de fecha 22/06/2009
  - El Lote A se encuentra inscrito a Fojas 935 Número 786 del Año 2009 del Registro de Propiedad del CBR de El Loa-Calama
  - El Lote B se encuentra inscrito a Fojas 936 Número 787 del Año 2009 del Registro de Propiedad del CBR de El Loa-Calama

- Lote C individualizado en el plano ministerial II-3-6238-C-R transferido gratuitamente a la Comunidad Quechua de Ollagüe mediante Decreto N° 52 de fecha 09/05/2005, inscrito a Fojas 2979 Número 2637 del Año 2008 del Registro de Propiedad del CBR de El Loa-Calama

Nota: Se adjunta shape PROPIEDAD_PARTICULAR_PUQUIOS

SECTOR DE AMINCHA

El polígono de interés consta de una superficie aprox. de 52,81 ha. calculado con el software Qgis, este atraviesa terrenos de dominio particular y fiscal, este último inscrito a Fojas 112vta. N° 112 Año 1933 del Registro de Propiedad del CBR El Loa-Calama. Se localiza en suelo rural.
El terreno particular corresponde al Lote A individualizado en el plano ministerial II-3-6235-C-R transferido gratuitamente a la Comunidad Quechua de Ollagüe mediante Decreto N° 26 de fecha 15/02/2005, inscrito a Fojas 951 Número 685 del Año 2006 del Registro de Propiedad del CBR de El Loa-Calama

Nota: Se adjunta shape PROPIEDAD_PARTICULAR_AMINCHA

SECTOR DE SALAR ASCOTAN: VERTIENTE 7

El polígono de interés consta de una superficie aprox. de 4,71 ha. calculado con el software Qgis, este se encuentra en terreno de dominio fiscal inscrito a Fojas 112vta. N° 112 Año 1933 del Registro de Propiedad del CBR El Loa-Calama. Se localiza en suelo rural.

Observación:

- No se tiene registro de servidumbres mineras ni concesiones geotérmicas otorgadas en los sectores en análisis.

- Los sectores de Puquios y Amincha, se encuentran sobre la ocupación ancestral de la Comunidad Indígena de Ollagüe, cuya área fue determinada por el estudio denominado DATURA licitado por la CONADI en el año 1999, cuyo objetivo del estudio fue la Identificación y Caracterización de la Demanda Territorial de las Comunidades Indígenas Atacameñas y Quechuas de la Provincia El Loa, II Región, dando como resultado la recopilación de información de 19 comunidades indígenas de la provincia El Loa, tendiente a caracterizar y justificar la ocupación territorial indígena de la II Región.

- Es pertinente mencionar que, los 3 sectores de análisis se encuentran en el área de Desarrollo Indígena - ADI Alto El Loa, declarado como área de Desarrollo Indígena mediante Decreto 189 de fecha 8 de octubre 2003 publicado con fecha 22 de diciembre 2003. El Punto 2° de dicho decreto señala "La declaración del Área de Desarrollo Indígena dispuesta por el presente decreto tiene por finalidad la focalización de la acción que, de conformidad a la ley, corresponde desarrollar a los organismos de la Administración del Estado en beneficio del desarrollo armónico de los indígenas y sus comunidades."

Sin otro particular y habiendo informado lo solicitado.

Saluda atentamente a usted.

ANGELIQUE ARAYA HERNÁNDEZ
SECRETARIA REGIONAL MINISTERIAL DE BIENES NACIONALES
REGION DE ANTOFAGASTA

AAH/VEP

Distribución:
- Destinatario
- Oficina de partes
- Carpeta Digital: Respaldo Región Antofagasta

Tel: (56) -55 2 563910
oficinapartes.antofagasta@mbienes.cl
Avda. Angamos N°721, Antofagasta
Secretaría Regional Ministerial
Bienes Nacionales Región de Antofagasta

ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD REGIÓN DE ANTOFAGASTA

FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL FNDR
CÓDIGO BIP 30065576- 0

INFORME FINAL
GEISERS DEL TATIO

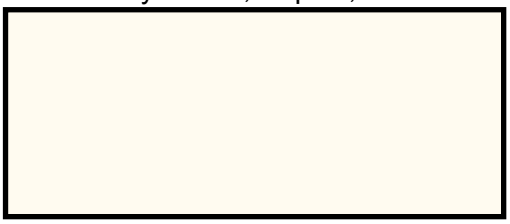
Centro de Estudios Agrarios y Ambientales

Julio 2008

Institución responsable

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, CEA

García Reyes 423, 2º piso, Valdivia



Representante legal: Patricia Möller Doepking

Equipo de trabajo

Andres Muñoz Pedreros
Médico Veterinario
Magíster en Ecología
Doctor en Ciencias Ambientales

Claudia Gil Cordero
Médico Veterinario.
Magíster en Ecología

Patricia Möller Doepking
Bióloga Marina
Doctora en Ciencias Marinas y Limnológicas (c)

Patricio Contreras Bravo
Biólogo en Gestión de Recursos Naturales

M. Carolina Gónzalez Olave
Bióloga en Gestión de Recursos Naturales

Luis Faundez Yancas
Ingeniero Agrónomo
Magíster Planificación y Gestión Ambiental (c)

Enrique Hauenstein Barra
Biólogo
Magíster en Botánica

Patricio Rutherford Yobánolo
Ingeniero Forestal
Magíster en Recursos Hídricos

Cristián Jaramillo Delgado
Profesor de Estado

Jorge Pantoja Pinilla
Técnico Agrícola
Profesor de Estado

Marcia Egert Laporte
Antropóloga

Moira Barrientos Aros
Licenciada en Antropología

Viviana Solivelles Ulloa
Geógrafo

Kraus Contreras Cortés
Licenciado en Ciencias Ecológicas
Ecólogo Marino mención Impacto Ambiental

Consultores
José Yáñez Valenzuela
Licenciado en Biología.
Eq. Magíster en Ciencias

Herman Núñez Cepeda
Licenciado en Biología.
Eq. Magíster en Ciencias

Jaime Rau Acuña
Biólogo
Magíster en Ecología
Doctor en Biología

Asistentes de terreno y gabinete
Jorge Vega Codd
Biólogo en Gestión de Recursos Naturales (e)

Rocío Sanhueza Caba
Bióloga en Gestión de Recursos Naturales
Magíster en Producción Manejo y
Conservación de Recursos Naturales (e)

Pamela Sánchez Pérez
Profesora de Ciencias Naturales
Magíster en Ecología

Javier Vásquez
Ingeniero Forestal

Secretaria
Paola Ávila Montecinos

ÍNDICE

CAPÍTULO I TÉRMINOS DEL ESTUDIO 10
1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO 10
2. OBJETIVOS 12
2.1. Objetivos generales 12
2.2. Objetivos específicos 12
2.3. Resultados esperados 12
3. Flujo metodológico 13
4. Estructura del informe 14
CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO: GEISERS DEL TATIO 17
1. Ubicación y acceso 17
1.1. Ubicación 17
1.2 Descripción del acceso 17
2. Clima 17
3.Geología y geomorfología 21
3.1 Generalidades 21
3.2 Antecedentes del área de estudio 22
3.3 Principales unidades fisiográficas 23
3.4 Factores geomorfológicos 24
3.5 Geología general 25
3.6 Principales unidades geográficas 25
CAPÍTULO III BIODIVERSIDAD 29
FLORA Y VEGETACIÓN 29
1. Introducción 29
2. Metodología 29
2.1. Flora 29
2.2. Fitosociología 31
3. Resultados 32
3.1. Flora 32
3.2. Fitosociología 37
4. Conclusiones 42
FAUNA 43
1. Metodología 43
1.1 Estaciones de muestreo 43

1.2 Micromamíferos 45
1.3 Carnívoros 46
1.4 Aves 46
1.5 Herpetofauna 47
2. Análisis de la información de la fauna de vertebrados 47
2.1 Inventarios 47
2.2 Datos censales y análisis estadísticos 48
2.3 Similitud faunística entre hábitats 48
3. Resultados 48
3.1. Estructura comunitaria de la fauna silvestre 48
3.2. Mamíferos 49
3.3. Aves 52
3.4. Herpetofauna 57
3.5. Síntesis de la fauna registrada por estación de muestreo 58
4. Conclusiones 60
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD 62
1. Biodiversidad, conceptos y mediciones 62
1.1. Concepto de biodiversidad 62
1.2. Medición de la biodiversidad 62
1.3. Selección de métodos 64
2. Análisis de la diversidad vegetacional 66
2.1. Diversidad y endemismo vegetacional de la región de Antofagasta 66
2.2. Diversidad vegetacional del Valle de Quillagua 66
2.3. Diversidad vegetacional del Oasis de Calama 68
2.4. Diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama 70
2.5. Diversidad vegetacional en Laguna Lejía 70
2.6. Diversidad vegetacional en Alrededores del Volcán Licancabur 73
2.7. Diversidad vegetacional en los Geisers del Tatio 76
2.8. Diversidad vegetacional en las cinco áreas de estudio 79
3. Análisis de la diversidad faunística 84
3.1. Diversidad de anfibios 84
3.2. Diversidad de reptiles 88
3.3. Diversidad de aves 95
3.4. Diversidad de mamíferos 110
3.5. Diversidad de vertebrados 127

CAPÍTULO V CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD....132
1. Procedimientos....132
2. Identificación de los ambientes a evaluar....132
3. Endemismos....139
3.1. Endemismos en las áreas por ambiente....141
4. Estados de conservación....147
4.1. Legislación vigente....147
4.2. Estado de conservación por áreas de estudio....150
4.3. Estado de conservación en cinco áreas de estudio....160
4.4. Conclusiones....164
5. Objetos de conservación....167
5.1. Definición de los objetos naturales de conservación....167
5.2. Estimación del valor de importancia....169
5.4. Objetos de conservación en las cinco áreas....183
5.5. Consideraciones finales....184
CAPÍTULO VI ESTUDIO DE PAISAJE....187
1. Introducción....187
2. Metodología....187
2.1. Registro de imágenes....187
2.2. Definición y asignación de unidades homogéneas de paisaje....187
2.3. Análisis de la calidad visual del paisaje....187
2.4. Análisis de la fragilidad visual del paisaje....189
2.5. Capacidad de uso según características de calidad y fragilidad del paisaje....191
3. Resultados....191
3.1. Definición de unidades homogéneas de paisaje....191
3.2. Unidades homogéneas de paisaje....191
3.3. Calidad visual del paisaje....194
3.4. Fragilidad visual del paisaje....195
3.5. Capacidad de uso del paisaje....197
4. Conclusiones....199
CAPÍTULO VII USOS Y PROTECCIÓN....201
USOS Y AMENAZAS EN LAGUNA LEJÍA, VOLCÁN LICANCABUR Y EL TATIO....201
1. Introducción....201
2. Antecedentes socieconómicos....201
2.1. Antecedentes comunales....201

2.2. Actividades económicas y uso del suelo 202
2.3. Antecedentes socioculturales de las áreas 208
2.4. Uso ancestral de recursos naturales 210
2.5. Otras presiones sobre los ecosistemas de las áreas de estudio....213
3. Uso Actual de los tres sitios 215
3.1. Metodología 215
3.2. Resultados y discusión 218
3.3. Clasificación de perturbaciones/impactos 227
3.4. Impactos sobre los tres sitios 228
4. Valoración de las perturbaciones ambientales en el sitio Geisers del Tatio. 233
5. Objetos naturales de conservación y su grado de amenaza en Geisers del Tatio. 241
6. Conclusiones....244
ANÁLISIS JURÍDICO E INSTITUCIONAL APLICABLE AL SITIO GEISERS DEL TATIO....245
1. Introducción....245
2. Metodología....246
2.1. Revisión bibliográfica....246
2.2. Análisis y selección....246
2.3. Cartografía....247
3. Resultados 247
3.1. Normas constitucionales....247
3.2. Normas legales....248
3.3. Normas reglamentarias 253
3.4. Análisis de la aplicabilidad de la legislación seleccionada 256
3.5. Expresión cartográfica 266
3.6. Competencias institucionales 286
4. Conclusiones....297
CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN 299
1. Aspectos generales....299
2. Uniformidad del Territorio....299
3. Planificación de la zonificación....304
4. Resultados 305
CAPÍTULO IX PROGRAMAS DE MANEJO....308
1. Introducción....308
2. Programas específicos de manejo 308
2.1. Programa de protección de ecosistemas representativos....308

2.2. Programa de investigación 309
2.3. Programa de interpretación ambiental 310
2.4. Programa de monitoreo de la biodiversidad 311
2.5. Programa de monitoreo socio ambiental 312
3. Horizonte temporal y nivel de urgencia 313
CAPÍTULO X ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN 316
1. Introducción 316
2. Productos contenidos en la estrategia 316
2.1. Portal web 316
2.2. Archivo fotográfico digital 317
2.3. Diaporama sobre flora 317
2.4. Videos promocionales 318
2.5. Cartillas educativas 318
3. Propuesta educativa 319
3.1. Introducción 319
3.2. Educación formal 320
CAPÍTULO XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 324
1. Conclusiones Sitio Geisers del Tatio 324
2. Recomendaciones finales 326
LITERATURA CITADA Y CONSULTADA 328
ANEXOS 345

CAPÍTULO I
TÉRMINOS DEL ESTUDIO

CAPÍTULO I TÉRMINOS DEL ESTUDIO

1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La creciente preocupación mundial por la pérdida progresiva de los ambientes naturales y la fuerte presión antrópica de estos hábitats está provocando graves problemas ambientales a nivel global, los que se traducen en el deterioro y degradación de los diversos ecosistemas y de las especies que en ellos se desarrollan. Es por ello, que durante las últimas décadas se han firmado diversos convenios internacionales que buscan movilizar a los países para enfrentar esta difícil situación. En ese marco de acción, nuestro país, el año 1994, ratificó el Convenio sobre Diversidad Biológica, firmado en el año 1992, impulsando la elaboración de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, con sus respectivas Estrategias Regionales, las que constituyen un instrumento orientador de todas las acciones tendientes a la protección y conservación del patrimonio natural del territorio nacional. Durante el año 2002, mediante un proceso participativo, que involucró a diversos actores regionales y expertos, se elaboró la Estrategia Regional de Biodiversidad (ERB), que se inició con la confección un diagnóstico de la situación de la biodiversidad de la región, permitiendo identificar 14 sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en la región de Antofagasta (Fig. 1-1).

La región de Antofagasta posee ecosistemas únicos con una alta diversidad de especies de flora y de fauna con una distribución biogeográfica definida por dos franjas longitudinales, asociadas a los ecosistemas de ambientes marino-costeros y a la zona altoandina, además, de la cuenca del río Loa.

Desde la elaboración de la ERB, se han realizado diversos estudios que han permitido tener una visión general de la situación de la biodiversidad de los sitios asociados principalmente en los ambientes marino-costeros, pero existe un vacío de información hacia otros sitios asociados a la zona altoandina, que debe explorarse con el propósito de tener una base ambiental que permita conocer los requerimientos de manejo de estos ambientes de alta vulnerabilidad y con un alto valor ecológico y patrimonial. Asimismo, es importante contar con información de línea de base para los sitios que conforman la cuenca del río Loa, permitiendo con ello disponer de información sistematizada que sirva de aporte al Manejo Integrado de Cuencas, uno de los principales desafíos que se debe abordar en el mediano plazo.

En este estudio consideraremos los sitios prioritarios: Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Laguna Lejía, Valle de Quillagua y Oasis de Calama, los que fueron seleccionados en función de la importancia que reviste la zona altoandina como ecosistema regional, el cual alberga una gran diversidad de especies de fauna, especialmente avifauna y por constituir un hábitat particular donde se desarrollan formaciones vegetales que se encuentran poco representadas en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE); asimismo, por la importancia de los oasis que sustenta el río Loa en toda su extensión, formando parte de un dinámico corredor biológico de especies. Actualmente, las áreas protegidas de la región están representadas por dos unidades del SNASPE la Reserva Nacional Los Flamencos y el Parque Nacional Llullaillaco.

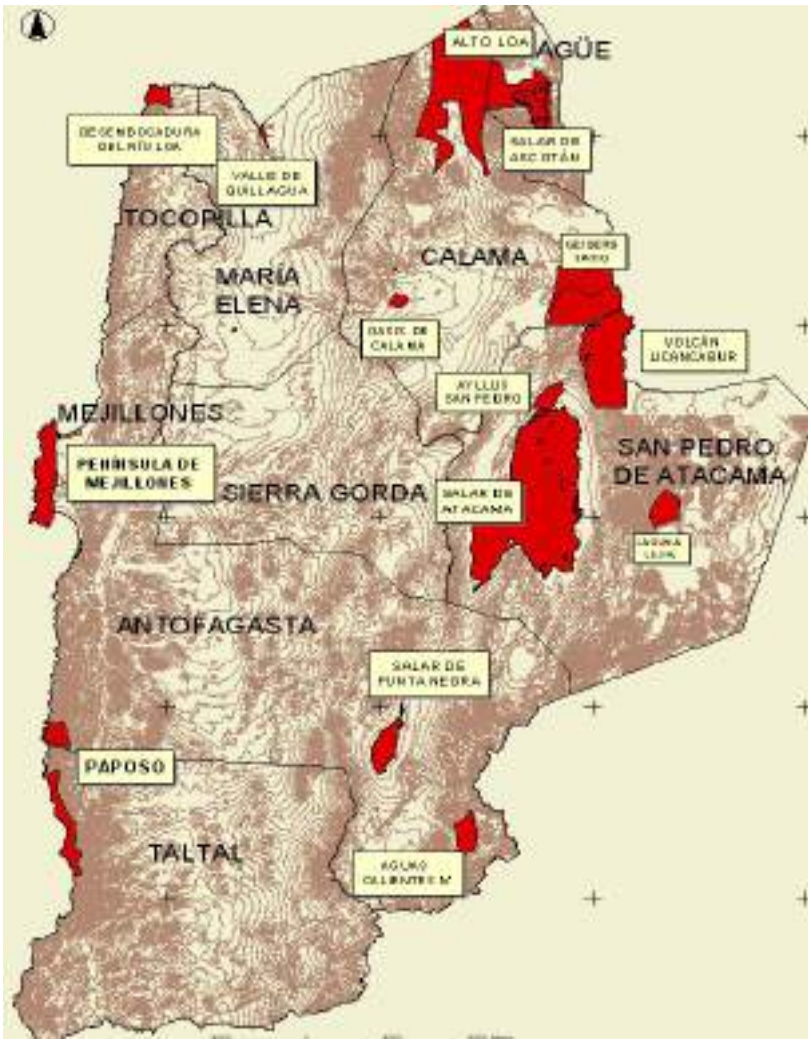


FIGURA 1-1. SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Los resultados de este estudio contribuirán a la labor que desarrolla el Comité Operativo Regional de Biodiversidad, ya que constituirá una importante herramienta de trabajo, que por el tipo de información y los productos esperados, permitirán avanzar en la gestión de los sitios prioritarios para la conservación del patrimonio natural de la región. Asimismo, actores regionales como son Municipios, el Consejo Regional, entre otros, serán potenciales usuarios de la información, permitiendo con ello orientar las decisiones de inversión y ordenamiento territorial de la región. Por otra parte, es importante destacar que la comunidad escolar y universitaria también se verá beneficiada por el desarrollo de este estudio, toda vez que éste sirva de referente e insumo de información para las diversas actividades académicas que realizan los estudiantes, especialmente aquellos vinculados a las ciencias naturales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos generales

Levantamiento de información sobre la diversidad biológica, en cinco sitios prioritarios de la Estrategia Regional de Biodiversidad de la Región de Antofagasta, identificando uno o más instrumentos legales de protección, para cada uno de los sitios, así como también elaborar una propuesta de manejo de cada sitio, según corresponda.

2.2. Objetivos específicos

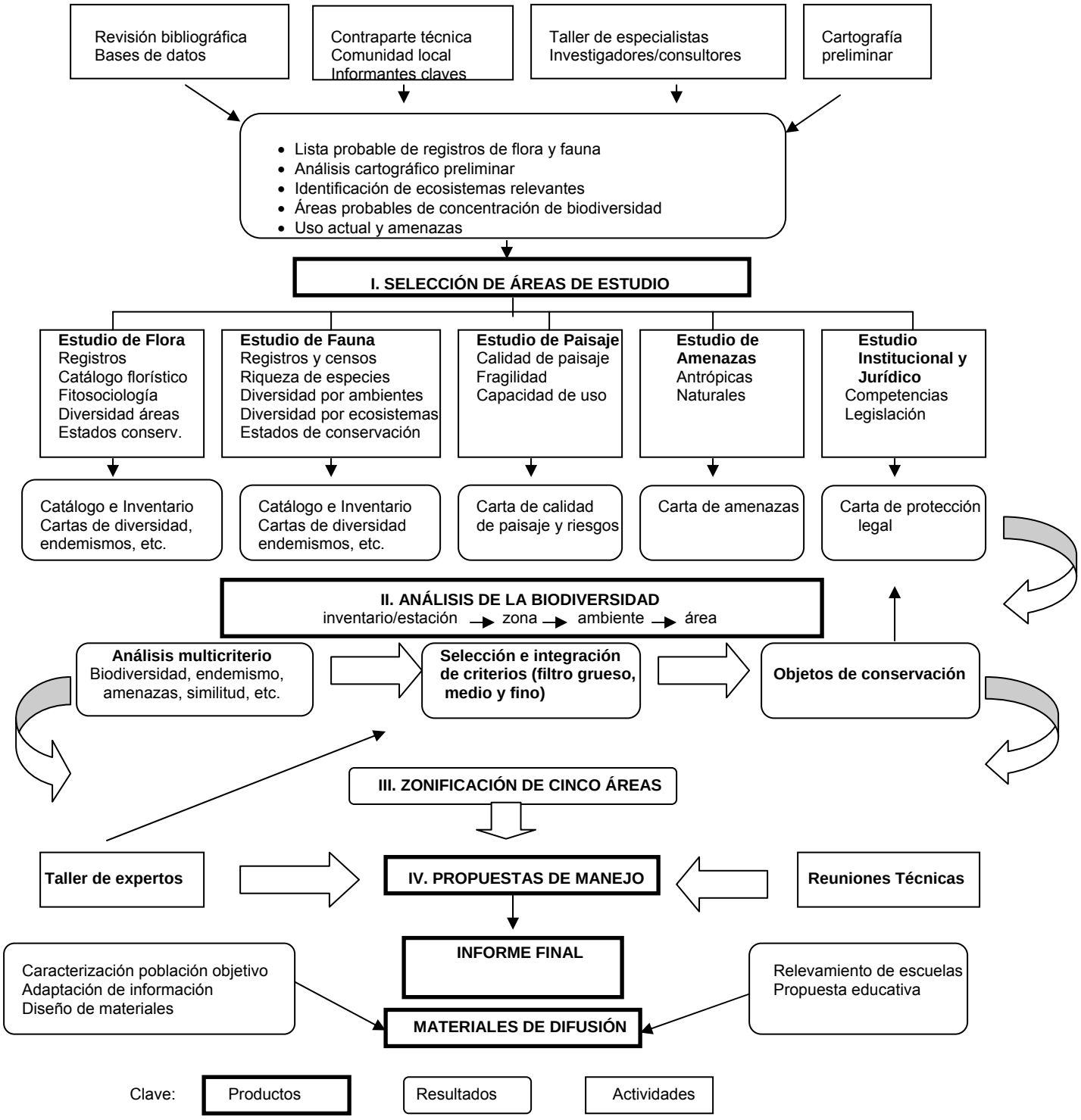
- Levantar, actualizar y recopilar información de flora, fauna y uso de los sitios Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Laguna Lejía, Valle de Quillagua y Oasis de Calama.
- Identificar y delimitar áreas prioritarias de conservación de los sitios de interés.
- Elaborar una propuesta de manejo para cada uno de los sitios de interés.
- Identificar instrumentos legales de protección para cada uno de los sitios de estudio.
- Elaborar un informe justificativo para la aplicación de propuestas de protección legal.
- Diseñar materiales de difusión de la información obtenida por el estudio.

2.3. Resultados esperados

- Un estudio de la diversidad de cada área de estudio
- Un análisis de la diversidad identificada
- Una identificación, localización y delimitación de las áreas para la conservación de la diversidad biológica de cada uno de los sitios de interés
- Una determinación de los objetos de conservación
- Un estudio del paisaje
- Un análisis de los usos y amenazas a la biodiversidad, incluyendo un análisis de medio institucional y jurídico, la identificación de instrumentos de protección legal para cada uno de los sitios evaluados
- Una propuesta de manejo para cada una de las áreas identificadas
- Coberturas de información de flora y fauna, áreas de interés para la conservación en formato SHAPE (Arc View 3.2) para ser incorporada al Sistema de Información Ambiental Regional SIAR
- Cartografía de análisis y de síntesis en formato de imagen y coberturas shape
- Material de difusión y educativo (propuesta educativa, cartillas, página web, base de imágenes digitales, diaporama en Power Point)

Folio009379

3. FLUJO METODOLÓGICO



4. ESTRUCTURA DEL INFORME

En el Capítulo I se presentan los términos y propósitos de este estudio, con su justificación y objetivos. Se reseñan los resultados a obtener y el procedimiento metodológico a seguir para el logro de los objetivos que se pretende abordar.

En el Capítulo II se entrega una caracterización general del área de estudio, para situar al lector en las particularidades del área y el contexto ambiental en que está inserta.

El Capítulo III describe el procedimiento metodológico seguido para abordar el estudio de biodiversidad planteado en los objetivos del estudio. Es importante señalar, que previo a las campañas de terreno se efectúa una exhaustiva revisión bibliográfica y de antecedentes disponibles ya sea de publicaciones científicas, libros, informes, etc. cuyo propósito es orientar la investigación de terreno que se realizará posteriormente. Toda esta base de conocimiento reunida se complementa con la información de las prospecciones y se integra para su análisis posterior. En este capítulo se entregan por separado los procedimientos seguidos y los resultados de los componentes de flora y fauna para el sitio prioritario Geisers del Tatio. Primero se presenta la metodología aplicada en terreno como los procedimientos de gabinete para su procesamiento, y luego los resultados de la campaña de terreno. Para la flora se entrega como resultado el inventario de cada lugar y las tablas fitosociológicas que indican el valor de importancia de cada especie presente y permiten diferenciar las comunidades vegetacionales presentes en el área de estudio a partir de los datos recogidos en terreno. Se entrega el catálogo de especies florísticas que incluye, además de los datos obtenidos de este estudio, todos los registros obtenidos de la literatura por investigaciones previas. Por lo tanto las diferencias en el número de especies entre ambos productos se deben a la inclusión de datos bibliográficos en el catálogo. Para el caso de la fauna se entregan los resultados de las campañas de terreno agrupados por taxones (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Con los datos de los censos realizados en micromamíferos y aves se determinan índices de biodiversidad como riqueza de especies y abundancias relativas. Se construye además el catálogo de la fauna presente en el área de estudio con los datos recogidos, que incluyen además los avistamientos durante las campañas y datos bibliográficos previos. La diferencia en el número de especies entre los censos y los registros se explica porque durante el estudio se registran individuos de varios taxones fuera del censo. En algunos casos se incluye información proporcionada por informantes claves, lo que se señala en la tabla correspondiente. Se concluye con una síntesis de la diversidad presente en cada una de las estaciones de muestreo del sitio Geisers del Tatio.

El Capítulo IV señala las formas de medir la biodiversidad, definiendo conceptos relevantes como diversidad alfa, beta y gamma, y se presenta un análisis comparativo de los resultados de la biodiversidad de los cinco sitios prioritarios para la conservación contemplados en este estudio: Valle de Quillagua, Oasis de Calama, Alrededores del Volcán Licancabur, Laguna Lejía y Geisers del Tatio, de manera de entregar una visión global del valor de la biodiversidad a nivel regional, a la vez que se determina el valor relativo de la biodiversidad en cada sitio en particular. A partir de los datos censales, en el caso de fauna, y del inventario, en el caso de la flora, se calcularon los índices de biodiversidad propuestos en la metodología, así como dendrogramas de similitudes para flora y fauna por separado, y para cada estación de muestreo en cada una de las áreas en estudio. Luego se realizó una comparación de las cinco áreas de estudio, utilizando esta vez todos los datos disponibles (registros previos bibliográficos producto de la exhaustiva revisión bibliográfica y registros de las campañas de terreno) tanto para flora como para fauna.

En el Capítulo V se realiza un proceso de síntesis que incluye el análisis de la riqueza de especies, endemismos presentes y estados de conservación de las especies presentes en las áreas de estudio. Para esto se reorganizó la información disponible, definiendo ahora ambientes y ecosistemas relevantes a evaluar, (algunos de éstos pueden encontrarse en más de un sitio prioritario). Este procedimiento y la definición de los objetos de conservación para cada sitio se validaron en un taller de especialistas. Según los distintos niveles de biodiversidad se trabajó con especies, filtro fino, asignándoles valor jerárquico a las especies de flora y fauna presentes en las cinco áreas de estudio según parámetros como estado de conservación, endemismo, y valor como especie emblemática. Los ambientes, filtro medio, se jerarquizaron de manera similar.

El Capítulo VI presenta los resultados del estudio de paisaje, en que se identifican las principales unidades de paisaje presentes en el sitio prioritario Geisers del Tatio y su calidad paisajística, determinada a través una valoración realizada por un panel de evaluadores, sobre las fotografías de cada unidad de paisaje. Además, para cada unidad se determina la fragilidad visual, que da cuenta de la capacidad del paisaje para absorber impactos visuales; y la capacidad de uso, que determina, los usos adecuados del paisaje de acuerdo a sus características.

El Capítulo VII, sobre usos y protección, se disgrega en dos componentes. En el primero se describen los principales usos ejercidos sobre los recursos naturales del sitio prioritario Geisers del Tatio, los que se contextualizan a la realidad del sitio como espacio rural y a los usos históricos y se analizan las presiones a las cuales está sometido, mediante un análisis de amenazas a la conservación de la biodiversidad en el contexto actual, focalizando sobre los distintos componentes del ecosistema como sobre las funciones. En el componente de protección se describen los instrumentos legales vigentes y que dan protección a los sistemas naturales presentes, o algunos de sus componentes, así como la institucionalidad que tiene ingerencia en el sitio prioritario Geisers del Tatio.

El Capítulo VIII describe el procedimiento utilizado para obtener las prioridades de conservación dentro de cada uno de los sitios de estudio. Este procedimiento, estandarizado por las metodologías de muestreo, valoración y zonificación, permite establecer comparaciones entre los sitios. La metodología propone un análisis de prioridad utilizando valores de protección, amenaza y valoración de los recursos, mediante el uso de capas geográficas sistematizadas a priori a partir de la información multidisciplinaria colectada en terreno.

En el Capítulo IX se desarrollan planes de manejo enfocados a la conservación de la biodiversidad del sitio y se disgregan en planes de acción donde se definen los lineamientos, directrices, actividades, normas y requerimientos de cada componente de manejo del área objetivo. Se definen los objetivos estratégicos que orientan estos planes de conservación, en base a la protección de los ecosistemas representativos, la investigación, la educación y difusión de los mismos, así como un seguimiento y monitoreo de los programas que se implementen.

En el Capítulo X se entregan las propuestas de difusión y educación ambiental basados en una estrategia de difusión orientada a distintos actores locales y que se sustenta en diversos productos educativos y de divulgación que contiene la síntesis de las investigaciones realizada en el sitio y los aspectos más relevantes encontrados. Se incluye una propuesta educativa para ser incorporada por los establecimientos educacionales que aborda los aspectos patrimoniales con pertinencia local, con sugerencias para su implementación posterior.

Finalmente en los Capítulos XI y XII, se entregan las principales conclusiones y recomendaciones del presente estudio y la literatura citada y consultada, respectivamente.

CAPÍTULO II
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO: GEISERS DEL TATIO.

1. UBICACIÓN Y ACCESO

1.1. Ubicación

El sitio prioritario Geisers del Tatio, se ubica entre las comunas de Calama y San Pedro de Atacama, provincia de El Loa, en la región de Antofagasta. Con una superficie de 839,5 km2 presenta un paisaje compuesto de cerros y volcanes, importantes quebradas que dan origen a esteros y bofedales, y un campo geotérmico compuesto de más de 100 géiseres, localizado a 4.200 msm. En lengua kunza el nombre Tatio, significa “el viejo que llora”, y proviene de las múltiples fumarolas que lanzan chorros de vapor. Los géiseres se originan en el volcán El Tatio, por el contacto de las napas subterráneas de agua fría con el magma volcánico. Su ubicación geográfica (UTM) es 601390 E y 7527978 N (ver Fig 2-1).

1.2 Descripción del acceso

Se accede al área, por la ruta CH-25 que une Antofagasta con Calama, para luego continuar por la ruta CH-23 hasta San Pedro de Atacama. Desde San Pedro de Atacama, se debe continuar por la ruta B-245 “San Pedro de Atacama-Linzor”, que recorre el sitio prioritario (área) Alrededores del Volcán Licancabur, y que permite acceder a los baños de Puritama, salitrera Saciel, quebrada Putana, y Geisers del Tatio (Fig 2-1 y 2-2). Una vista general del acceso al sitio se aprecia en las imágenes de la Figura 2-3.

2. CLIMA

La región de Antofagasta se ubica en una zona correspondiente a clima desértico, según la clasificación de Köppen. Las condiciones climáticas en esta región son de una marcada aridez y escasez de agua. Esta situación, unida a la escasa vegetación existente, define un paisaje natural conocido como el Desierto de Atacama.

Sobre los 3.500 msm se localiza el clima de estepa de altura, correspondiente a la zona altiplánica o puna. Sus principales características son sus bajas temperaturas (media anual de 2° C) y la alta amplitud térmica (más de 20° C). Las precipitaciones se producen en los meses de verano y no sobrepasan los 150 mm anuales, durante el fenómeno del invierno altiplánico. A medida que se avanza hacia el sur del altiplano de esta región, las lluvias de verano comienzan a disminuir y a mayor altura predomina una precipitación sólida.

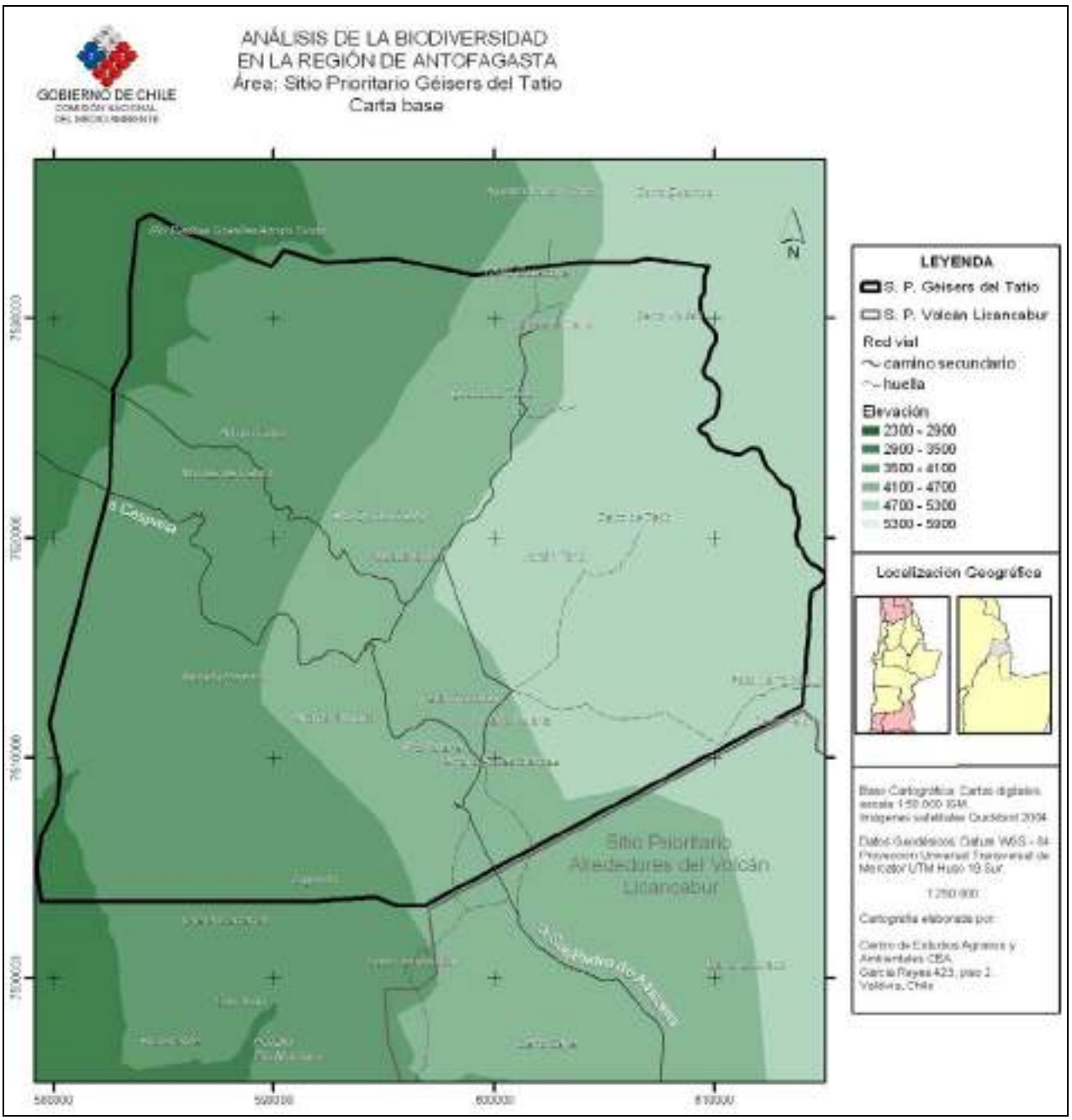


FIGURA 2-1. CARTA BASE SITIO PRIORITARIO GEISERS DEL TATIO.

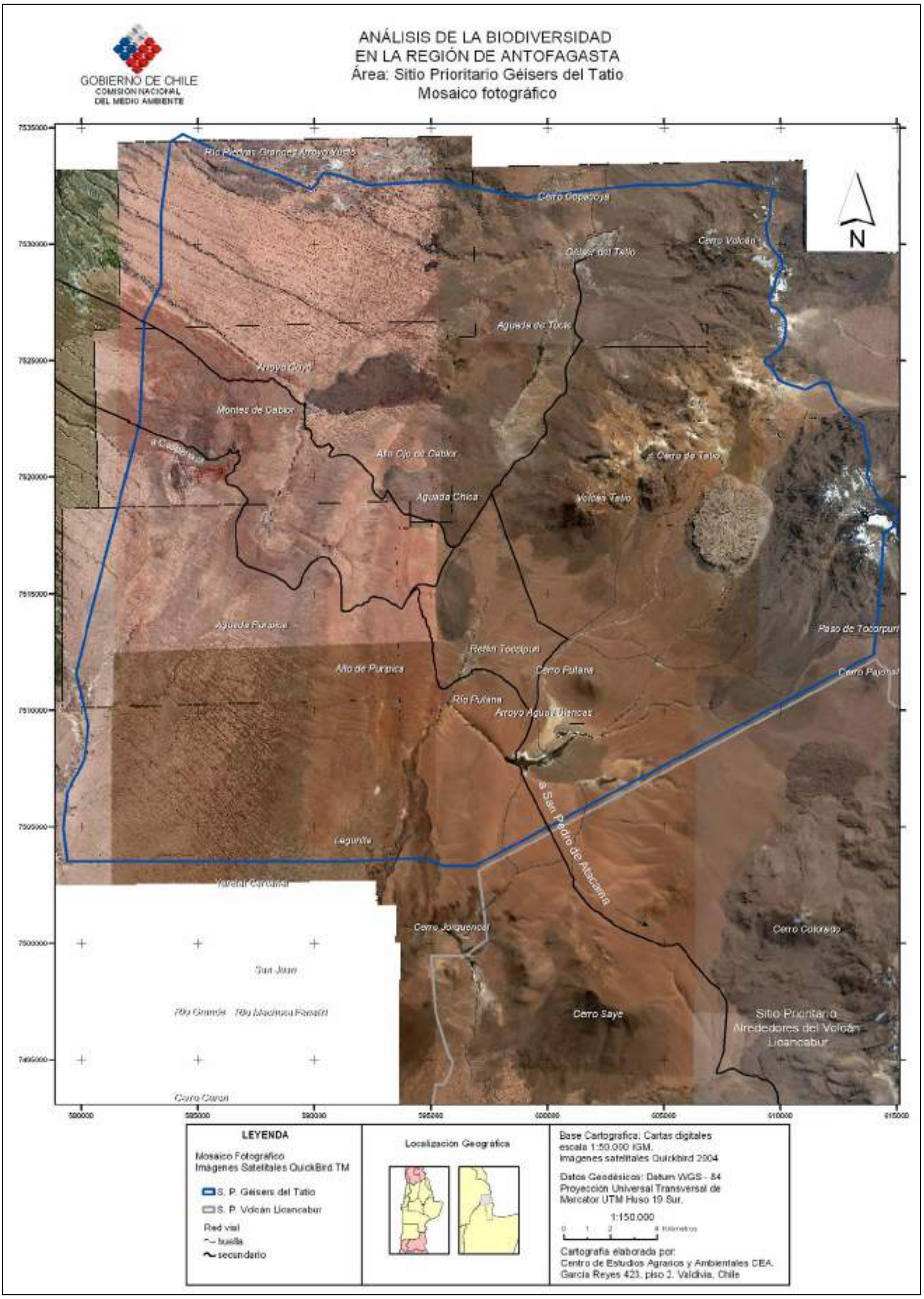


FIGURA 2-2. MOSAICO FOTOGRÁFICO A PARTIR DE IMÁGENES SATELITALES QUICKBIRD (2004) DEL SITIO PRIORITARIO GEISERS DEL TATIO.

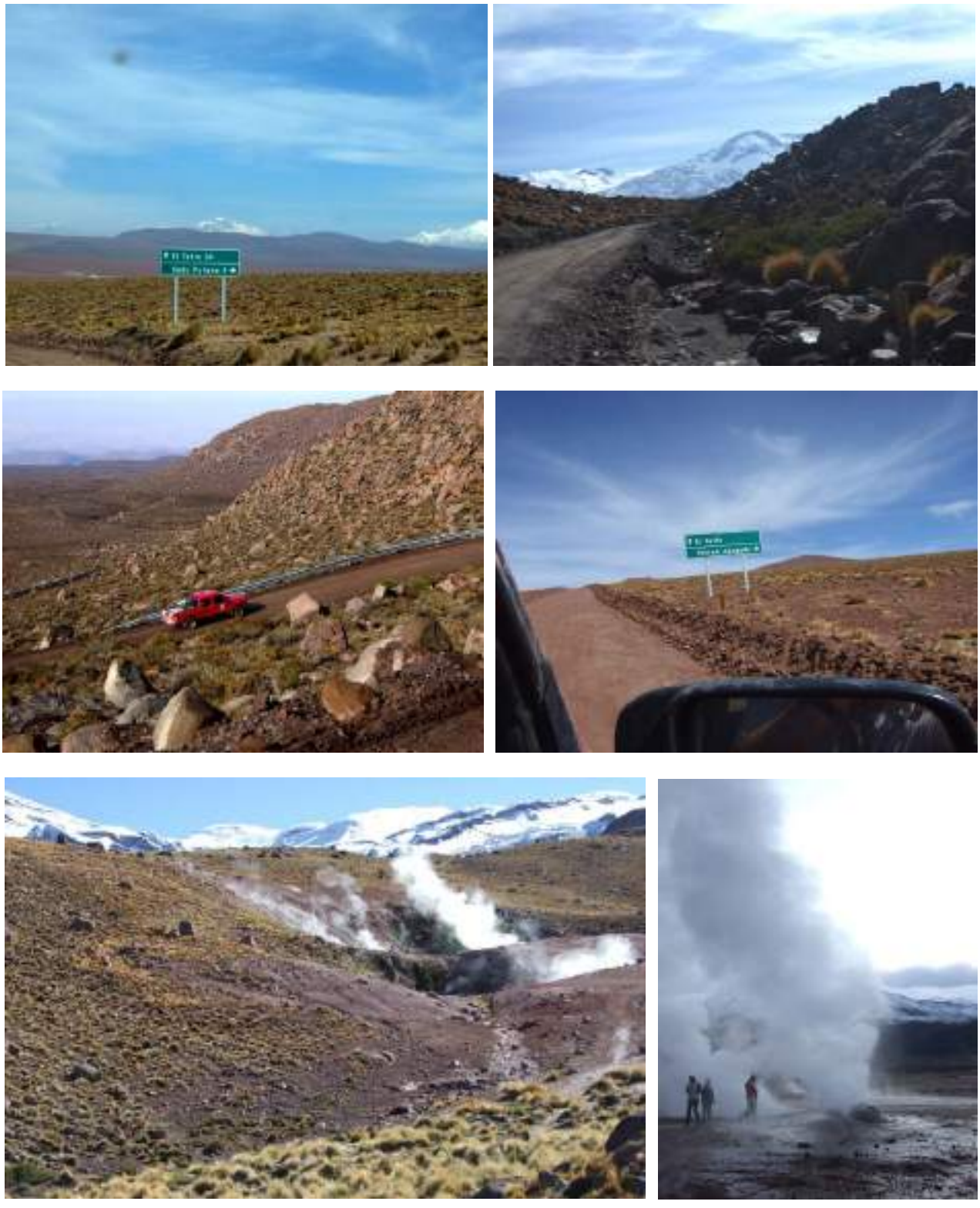


FIGURA 2-3. VISTA GENERAL DE ACCESO A GEISERS DEL TATIO. FUENTE: CEA 2008.

La evolución climática indica que aunque las áreas de estudio son muy áridas y lo ha sido así desde el Mioceno Medio, hay evidencias de cierta actividad pluvial durante el Plioceno, Pleistoceno y Cuaternario, así como de una glaciación pleistocénica. El levantamiento de los Andes Centrales durante el Oligoceno y Mioceno fue un factor que hizo de barrera a las precipitaciones desde el Amazonas estabilizando el anticiclón del Pacífico.

La distribución de las lluvias sigue un patrón definido. En un transecto oeste-este las lluvias comienzan a partir de los 2.000 msm y se incrementan con la altura hacia el este. Las precipitaciones, además del factor altitudinal, están determinadas por un sistema tropical convectivo que produce lluvias estivales en el altiplano, de corta duración, de poca extensión territorial y generalmente de baja intensidad (menos de 20 mm/día), fenómeno que se conoce como invierno altiplánico. Por esta razón la escorrentía superficial es reducida y por tanto también la erosión, lo que ha conducido a formas de relieve poco evolucionadas. Sin embargo, sobre los 3.500 msm, producto de un suelo que se ha formado por relleno de materiales volcánicos, la erosión ha generado extensas y profundas quebradas. Las variaciones anuales de precipitaciones son grandes, presentándose series de años muy secos. Los eventos pluviométricos anormalmente altos sobrepasan la capacidad de carga de la poco desarrollada red de drenaje y producen grandes aluviones que han modelado significativamente la morfología.

De acuerdo a la información climatológica recopilada por SGA-GND (2007), en la zona de los Geisers del Tatio, las precipitaciones alcanzan un promedio anual de 159 mm, de éstas para el periodo de invierno se registran 14 mm, mientras que para el periodo de verano alcanzan los 144 mm.

3.GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

3.1 Generalidades

Los rasgos geológicos principales del norte de Chile están dados por los grandes procesos tectónicos y volcánicos que han caracterizado su evolución geológica. La morfología de la región de Antofagasta permite distinguir cinco franjas longitudinales bien definidas: plataforma litoral, cordillera de la costa, llano central, cordillera de Domeyko, depresión andina y los Andes y Puna (Fig. 2-4).

De acuerdo a Börgel (1983) la región de Antofagasta, corresponde a la región septentrional de las pampas desérticas y cordilleras prealtiplánicas. Está limitada por el norte por la línea fronteriza internacional Chile-Perú, al este por la frontera internacional Chile-Bolivia y Chile-Argentina, al oeste, por el océano Pacífico, y al sur por una sinuosa línea inmediatamente al norte del río Elqui. Comprende una superficie aproximadamente de 291.100 km^2, dentro de la cual se inserta una serie muy variada de zonas morfoclimáticas. Las condiciones áridas del territorio en esta región cambian en el sentido norte-sur y en el sentido oeste-este.

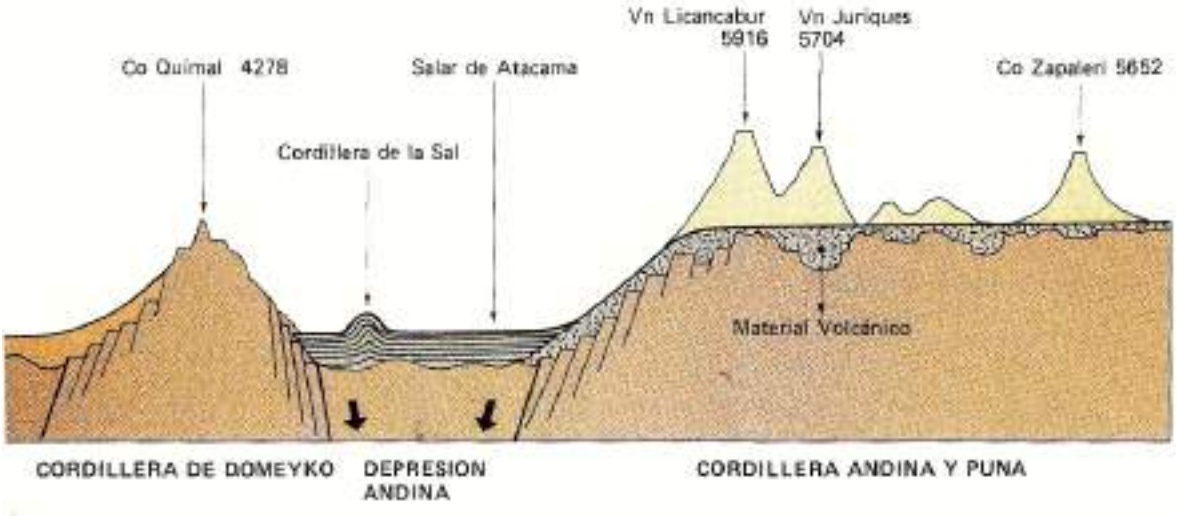


FIGURA 2-4. VISTA GENERAL DE LA MORFOLOGÍA DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. FUENTE: TOMADO Y MODIFICADO DE TURISTEL ZONA NORTE 1992.

El área de estudio, se ubica en la zona de los Andes y la Puna, también llamada Puna de Atacama, que se caracteriza por estar sobre los 4.000 msm, en las altas cumbres y con un pasado de volcanismo activo que colmó de cenizas y escoria la separación o valles entre los cordones de cerros. La Puna se extiende en el noreste de Chile, noroeste de Argentina, sureste de Perú y mitad occidental de Bolivia, posee una forma elongada norte-sur.

3.2 Antecedentes del área de estudio

Los primeros levantamientos geológicos y geomorfológicos extensivos en el área de los campos geotérmicos del Tatio, fueron realizados por Healy (1974) y Lahsen (1976) en el marco del proyecto para la exploración geotérmica realizado por CORFO-ONU. Dentro del mismo proyecto también se realizaron investigaciones geoquímicas, geofísicas y de prospección directa mediante sondeos y pozos de hasta 1.800 m de profundidad. Posteriormente, se puede destacar la compilación y revisión plasmada en la hoja Calama de escala 1:250.000 realizada por Marinovic & Lahsen (1984). Otros documentos de referencia pertinentes con el área en estudio, derivan de las líneas de base geomorfológica del sector donde se localiza la ruta B-245 entre San Pedro de Atacama y los geiseres del Tatio (MOP 2007), y el estudio técnico de Perforación Geotérmica Profunda el Tatio realizada por SGA-GND (2007) en los campos termales emplazados dentro del área.

En términos generales corresponde al área Precordillerana y Cordillera Andina de la región de Antofagasta, siendo las cuencas y subcuencas las principales formaciones para análisis. Así, el sistema hídrico está establecido entre la divisoria de aguas de la cordillera de Los Andes (frontera con Bolivia), con cotas que sobrepasan los 5.800 msm; y el nivel de base del salar de Atacama (2.300 msm) con la excepción de la subcuenca Tatio, que drena por el río Salado hacia la cuenca del río Loa (MOP 2007).

Dentro de la definición de unidades morfológicas mayores para la Hoja Calama, realizada por Marinovic & Lahsen (1984), la zona propuesta como sitio prioritario para conservación de la biodiversidad, se emplaza abarcando la unidad denominada Precordillera de los Andes hasta la porción limítrofe con Bolivia en la cordillera de los Andes. Esta última está constituida por una cadena volcánica de orientación norte-sur a noroeste, encontrándose entre los volcanes, pequeñas planicies y cuencas intramontanas.

Los relieves de laderas y quebradas por los cuales escurre la red hídrica local, han sido modelados tanto por la acción glaciar como fluvio-nival. Entre los modelados glaciares, es posible distinguir formas derivadas tales como laderas escarpadas y superficies subhorizontales onduladas. Las primeras posiblemente corresponden a antiguos valles en U y las planicies subhorizontales son área cubiertas por depósitos morrénicos. De manera general, se puede decir que el área se caracteriza por presentar básicamente rocas volcánicas de distintas edades y rellenos sedimentarios de variada génesis. El modelado geomorfológico es de tipo juvenil volcánico con claras evidencias de la acción erosiva y depositacional de tipo hídrico (MOP 2007).

3.3 Principales unidades fisiográficas

Las grandes unidades fisiográficas presentes en el área de estudio, pueden ser divididas y caracterizadas en relación a su relieve de la siguiente manera según una orientación general N-S y obedeciendo un patrón W-E (MOP 2007):

a. El Piedemonte o Precordillera andina

Es un gran plano inclinado que asciende hacia la cordillera de los Andes, con alturas entre 2.500 y 4.000 msm en su parte oriental. Constituye una unidad notable con numerosas quebradas que la disectan, algunas poco encajonadas y otras muy encajonadas. Se constituye por una acumulación de rocas volcánicas (andesitas de piroxeno, ignimbritas y rocas detríticas) de varios centenares de metros, que se encuentran en alternancia constituyendo acumulaciones mixtas.

b. Cordillera de los Andes

Constituida por una cadena maciza volcánica de orientación nortesur a noreste, producto del solevantamiento a comienzos del Mioceno. Entre los volcanes existentes se ubican pequeñas planicies y cuencas intermontanas que conforman parte importante de la morfología del altiplano. Las terrazas y el modelado actual se viene produciendo desde el Terciario, existiendo en el altiplano una morfología de origen glacial. En el pedimento también han ocurrido innumerables aluviones y lavas torrenciales que mantienen a las quebradas en constante transformación.

Los relieves dominantes adyacentes al área de los géiseres lo constituyen cordones montañosos y relieves de laderas, derivados de un cúmulo de grandes aparatos volcánicos, entre los que destaca el cerro el Volcán de 5.547 msm. Más al sur se reconoce el cordón de cerros el Tatio, de trazado general noreste y alturas máximas que promedian los 5.240 msm (Fig.2-5). En su margen occidental se encuentra la cuenca intramontana del Tatio, de origen estructural y que se extiende en dirección NNE-SSO. Es en ésta donde se emplazan mayoritariamente las manifestaciones geotermales y tiene su origen el río Salado, con la confluencia de diversos cursos fluviales menores, más los flujos de los manantiales geotermales (SGA-GND 2007).

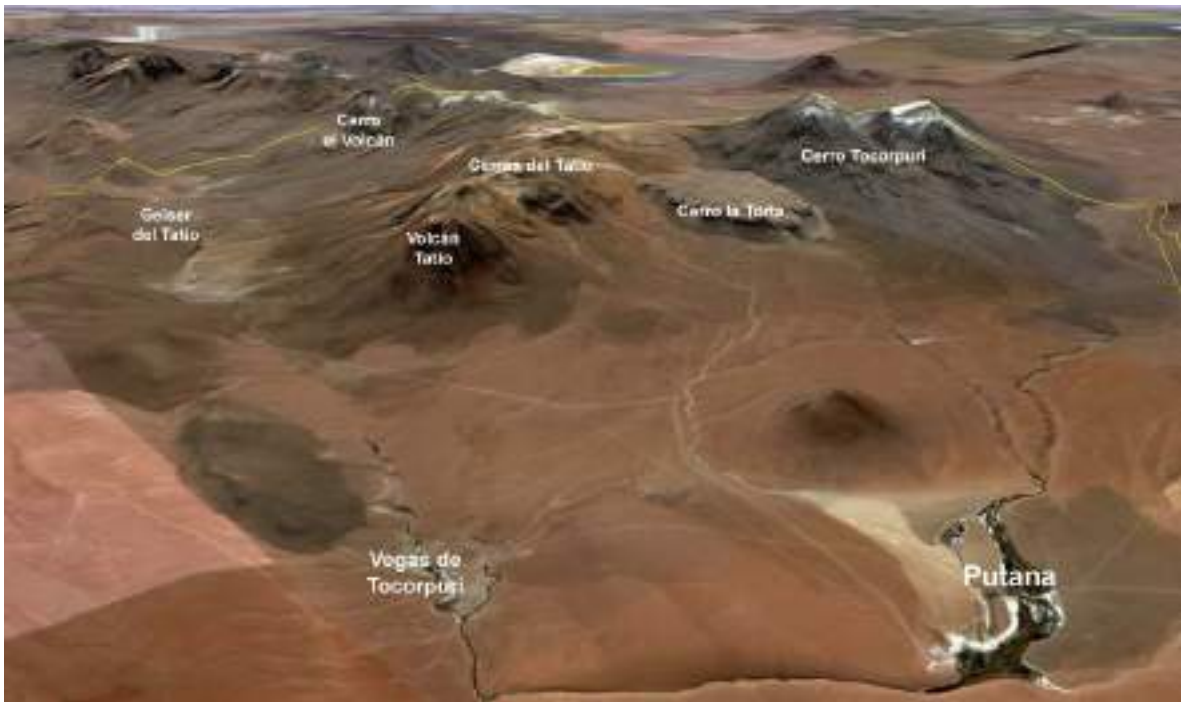


FIGURA 2-5. VISTA GENERAL DEL ÁREA GEISERS DEL TATIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE IMAGEN SATELITAL GOOGLE EARTH.

3.4 Factores geomorfológicos

En cuanto a la morfodinámica, el área está asociada a la acción erosiva del agua superficial en los cauces, que ocurre estacionalmente en aquellos períodos del año donde el caudal aumenta activando incluso muchos lechos que permanecen secos la mayor parte del año, generalmente durante el invierno altiplánico. Además se registran crecidas, con periodos de retorno que van de seis a ocho años, de acuerdo a lugareños, generando eventos aluvionales que han dejado huellas y afectado el relieve de la zona (MOP 2007).

La morfodinámica local también se ve influida por agentes tales como viento, nieve y cambios de temperatura, provocando la degradación de las rocas y su posterior fragmentación como un fenómeno físico-mecánico, provocando la acción conjunta de procesos de gelifracción, termoclastismo y exfoliación. Estas áreas constituyen zonas de alimentación de materiales, las que al superar rangos mínimos de pendiente y disponer de energía (escurrimientos torrenciales, viento o gravedad) se ponen en movimiento hasta formar taludes y conos. Respecto a los mecanismos morfogenéticos que han dirigido la evolución del piedemonte andino, Börgel (1983) indica que el sector ubicado entre las cotas 2.500 y 3.000 m, constituye un claro pedimento en el cual el plano inclinado descansa directamente sobre la roca fundamental (ignimbrita) en franco estado de meteorización. En su tramo inferior, este plano esta formado por una cubierta de arenas gruesas y finas que se transportan y aportan sedimentación al salar de Atacama.

En general, la geomorfología del área evoluciona lentamente en la actualidad, a excepción de eventos climáticos extremos que estacionalmente activan procesos de menor o mayor escala

(e.g., invierno altiplánico). Sin embargo, el relieve actual está fuertemente influido por procesos erosivos del Cuaternario, donde importantes fenómenos de transporte y depositación de materiales, excavación de profundas quebradas y un volcanismo entonces activo modeló fuertemente el paisaje, mostrando imponentes unidades y formas heredadas del pasado.

3.5 Geología general

El área Geisers del Tatio se encuentra inserto dentro del cinturón volcánico andino del Cenozoico Superior, conformado por una potente pila de lavas de composición andesítica a riodacíticas interestratificadas y cubiertas por grandes depósitos de ignimbritas (tobas soldadas) que varían en edad desde Mioceno Superior al Cuaternario. Estas rocas se disponen, mediante discordancia angular y de erosión, sobre secuencias mesozoicas y cenozoicas, que emergen como cerros islas de entre la cubierta de ignimbritas, o bien, afloran en el fondo de las quebradas correspondiendo principalmente a flujos de tobas. Las glaciaciones del Pleistoceno produjeron en estos parajes significativos procesos de erosión en algunos centros volcánicos, dando lugar a depósitos morrénicos y periglaciales que hoy se distribuyen por sobre los 4.000 msm. La continua actividad volcánica Miocena-Holocena, tuvo lugar conjuntamente con un intenso tectonismo, que se relaciona con el solevantamiento andino. Los centros de emisión de lavas y cenizas, muestran un claro control estructural, ya que su distribución coincide con los principales sistemas de fallas y/o lineamientos, que caracterizan este sector de la cordillera de los Andes, orientados en dirección norte-sur (Lahsen 1982).

Por otra parte, las depositaciones ignimbríticas de composición principalmente andesítica y dacítica (de colores grises, rosados y pardo claro), forman extensas mesetas inclinadas, generalmente 3-5º hacia el oeste, extendiéndose bajo los depósitos aluviales o engranando con los sedimentos de la parte norte de la cuenca del salar de Atacama y la depresión del río Loa. Las ignimbritas rellenan también algunas quebradas o depresiones antiguas, o bien están adosadas a relieves positivos, que han controlado su distribución. Otras presentan patrones de diaclasamiento superficial que son característicos, y aparecen cortadas por quebradas profundas, subparalelas o radiales, controladas por fallas y/o fracturas, originadas por procesos tectónicos o tensiones durante el enfriamiento de los flujos (Guest 1969).

3.6 Principales unidades geográficas

1. Subcuenca el Tatio

La subcuenca el Tatio, se ubica en el extremo norte del área de estudio y contiene al campo geotérmico, tiene un largo de 11 km y un ancho de 12 km, su régimen es exorreico y drena hacia el poniente por el río Salado, el cual confluye con el río Loa en el sector de Chiu Chiu. Su naciente se encuentra a 5.547 msm y su desagüe a 4.228 msm, en el sector de Hoyada Mala, al poniente del campo geotérmico.

Esta subcuenca está ubicada en una depresión volcanotectónica orientada N-S, limitada al oeste por la serranía de Tucle, un horst que impide el paso de los fluidos termales hacia el poniente. Hacia el oriente su límite es la cadena de volcanes plio-cuaternarios. Esta depresión ha acumulado un gran espesor de materiales volcánicos, siendo su base de andesitas de piroxeno, dacitas de hornblenda y biotita. Por otra parte, asociada a este volcanismo, se desarrolla una

actividad hidrotermal, que da origen a diversos depósitos de azufre, así como al sistema geotérmico del Tatio (MOP 2007).

2. Subcuenca Jauna

La subcuenca Jauna se encuentra al sur del campo geotérmico del Tatio, cruzando la ruta que une Licancabur con el Tatio, en el km 78, teniendo su naciente en el cordón del volcán Tatio (5.296 msm), bajando hasta los 4.196 msm en su confluencia con el río Putana. El río Jauna nace en la junta de dos quebradas en el lado sur del paso Vizcachas y drena de norte a sur sin escurrimiento superficial por unos diez kilómetros, a través de una llanura cuya base son ignimbritas de la Formación Tatio (tobas dacíticas y andesíticas, moderadamente soldadas de color gris a rosado) del Cuaternario Pleistoceno. Los cerros de Purificar al poniente y el Paso Vizcachas y cordón Tatio al norte son rocas volcánicas del Terciario Plioceno, correspondiendo a andesitas de hornblenda y biotita y escorias, cenizas y tobas asociadas (MOP 2007).

3. Subcuenca Putana

La subcuenca del río Putana es la más importante del área de estudio, aportando la mayor cantidad de agua desde sus nacientes en la cordillera de los Andes al sistema Río Grande–San Pedro que drena al Salar de Atacama. Sus puntos más altos son los cerros de Tocorpuri (5.808 msm) y el volcán Putana más al sur (5.809 msm). Inclusive, entre estos dos puntos está la quebrada Agua Brava, que nace en Bolivia y escurre hacia Chile, de acuerdo a un patrón de drenaje radial de los cerros de Tocorpuri. Esta quebrada es un paso natural hacia Bolivia, atravesando el límite internacional a 4.642 msm (ver Fig. 2-6).

FIGURA 2-6. FORMACION DE BOFEDAL EN LA SUBCUENCA PUTANA. FUENTE: CEA, 2008.

Los principales afluentes del río Putana son (de norte a sur) la quebrada la Torta, río Blanco o Tocorpuri, quebrada San Lucrecio y río Incahuasi. Este último no nace en la alta cordillera, sino que en los cerros de Incahuasi, un cordón de cerros islas que se cruzan en el km 56 de la ruta hacia el Tatio, constituyendo la divisoria de aguas entre los sistemas Río Grande-San Pedro y Puritama-Vilama. Todo el sector NO y SE de la subcuenca Putana esta constituido por formaciones de volcanes poco erosionados, desarrollados en parte con posterioridad a la última

glaciación (Pleistoceno Superior-Holoceno). Estos volcanes y coladas de lava sobreyacen, en parte, a las ignimbritas de la formación Tatio, las que se extienden al oriente y son drenadas por la quebrada Agua Brava que nace en Bolivia. La unidad de volcanes está cubierta por depósitos no consolidados, aluviales, coluvios, piroclásticos y morrénicos, y están compuestos principalmente por andesitas de piroxeno y rocas porfídicas de colores grises, pardo oscura y negra. Estas lavas constituyen extensas coladas, comúnmente en bloques, y dan lugar a estrato-volcanes de fuerte pendiente (volcanes cerro Colorado y Putana). En particular, el sector oriente esta dominado por el cerro la Torta de Tocorpuri, un domo de lava riolítica de data reciente (fines del Pleistoceno e inicios del Holoceno), uno de los pocos ejemplos de tal constitución entre la mayoría andesítica (MOP 2007).

El sector medio de esta subcuenca drena de oriente a poniente sobre una superficie de pendientes débiles a moderadas, correspondiendo a las mismas ignimbritas de la Formación Tatio. El cambio de pendiente en este sector permite que sea una zona de depositación de materiales, pues entre los interfluvios de la quebrada la Torta, el río Tocorpuri y el río Incahuasi hay extensos depósitos aluviales, principalmente de arenas, donde se han desarrollado bofedales que concentran gran variedad de fauna (Fig. 2-7). Es en este sector y más al poniente, antes que el río Putana entre en un cañón, aguas abajo de estos depósitos aluviales, donde se produce una zona de contacto entre las ignimbritas de la formación Tatio y de la formación Puripicar (Fig. 2-7).

FIGURA 2-7. IGNIMBRITAS DE FORMACIÓN PURIPICAR, TOBAS DACÍTICAS BIEN SOLDADAS, DE COLOR ROSADO, SECTOR DONDE EL RÍO PUTANA SE ENCAJONA Y LAS ATRAVIESA, DEJANDO AL DESCUBIERTO ESTOS MATERIALES EN LA LADERA SUR. FUENTE: CEA, 2008.

CAPÍTULO III
BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO III BIODIVERSIDAD

FLORA Y VEGETACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En términos biogeográficos generales, se puede señalar que de acuerdo a Cabrera & Willink (1973) el piso de vegetación en que se localiza la zona de estudio, corresponde al reino neotropical, dominio andino patagónico, provincias altoandina y puneñas con vegetación esteparia. Por su parte, Gajardo (1994) la ubica en la región de la estepa alto-andina, sub-región del altiplano y de la puna, que se extiende desde el límite con Perú y Bolivia hasta las montañas andinas de la Región del Maule, entre los 4.000 y 5.000 msm. Gajardo (op. cit.) señala que en el extenso territorio de esta sub-región, es posible reconocer la presencia de las siguientes siete formaciones vegetales: estepa alto-andina altiplánica, estepa alto-andina sub-desértica, estepa arbustiva pre-altiplánica, estepa arbustiva pre-puneña, estepa sub-desértica de la puna de Atacama, estepa desértica de los salares andinos y desierto alto-andino del Ojos del Salado, cada una de ellas con varias comunidades o asociaciones vegetales. El área de estudio es conocido por la presencia de los GEISERS del Tatio, los cuales están ubicados a 95 km del pueblo de San Pedro de Atacama y son uno de los campos geotérmicos más altos del mundo, localizándose sobre los 4.000 msm.

2. METODOLOGÍA

La definición y nomenclatura de las unidades vegetacionales del área de estudio se realizó de acuerdo a la propuesta de Gajardo (1994). Posteriormente se verificaron en terreno las unidades más relevantes y señaladas en la cartografía, las que básicamente corresponden a comunidades arbustivas y herbáceas.

2.1. Flora

En enero de 2008 se realizaron colectas intensivas y se aplicaron 16 relevamientos (inventarios) fitosociológicos (Fig. 3-1). Cada especie se identificó, clasificó y determinó su origen fitogeográfico en base a literatura especializada, por ejemplo: Hoffmann (1989, 1998), Marticorena & Quezada (1985), Marticorena & Rodríguez (1995, 2001, 2003, 2005), Matthei (1995), Muñoz (1966) y Navas (1973, 1976, 1979). Además, se incluyeron especies registradas en estudios botánicos anteriores en el área. También se determinaron las formas de vida en base al esquema propuesto por Ellenberg & Mueller-Dombois (1966).

El grado de perturbación antrópica del lugar se determinó sobre la base de lo propuesto por Hauenstein et al. (1988), que consideran el origen fitogeográfico, es decir, la relación entre las especies nativas e introducidas, y las formas de vida (formas biológicas de Raunkiaer) como medidas de esta forma de perturbación; y la escala de evaluación propuesta por González (2000) que establece rangos definidos de alteración según el porcentaje de especies exóticas que contenga un área determinada (Tabla 3-1).

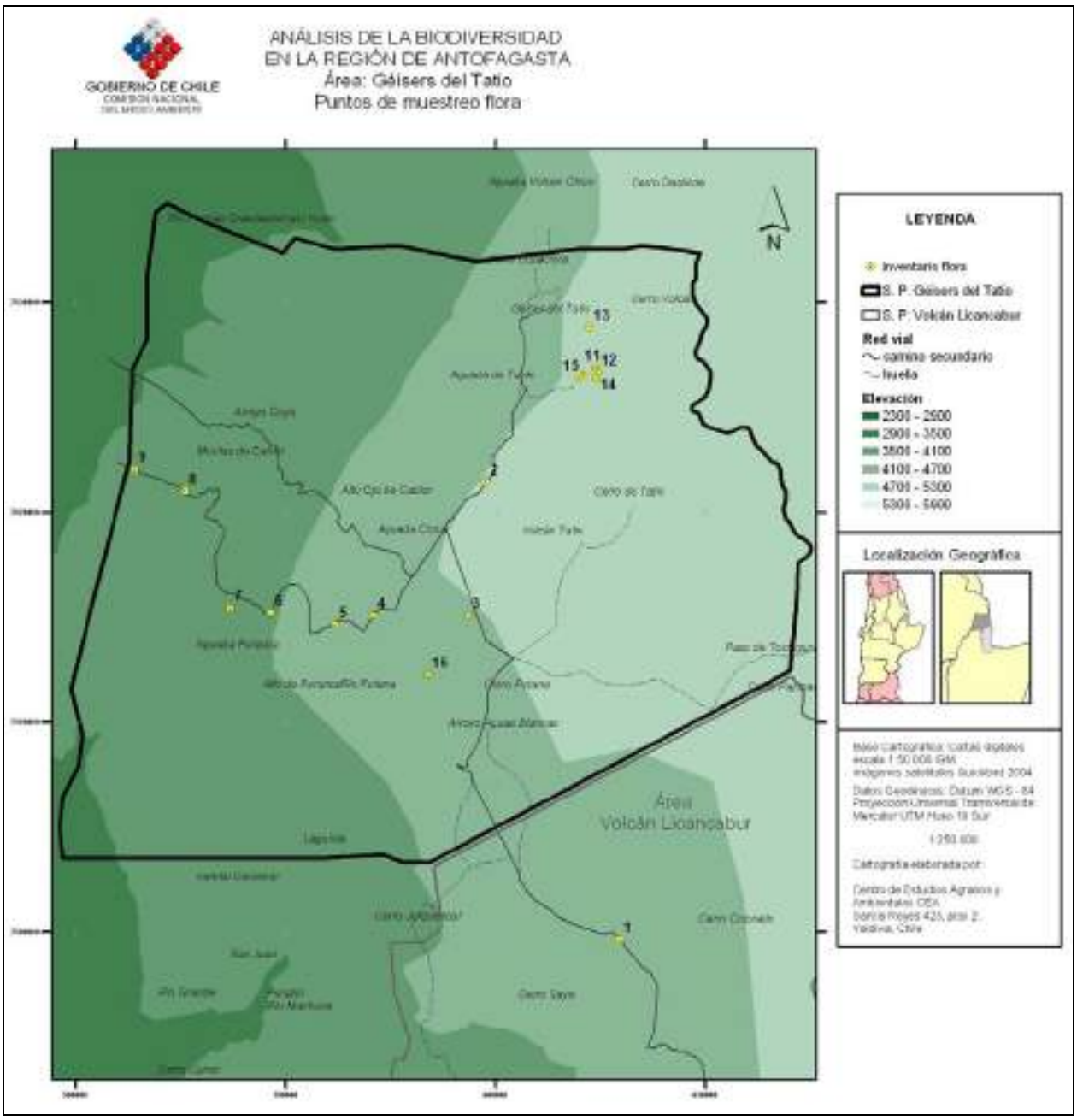


FIGURA 3-1. PUNTOS DE MUESTREO FLORA EN SITIO PRIORITARIO GEISERS DEL TATIO 2008.

TABLA 3-1. ESCALA DE EVALUACIÓN VEGETACIONAL DEL GRADO DE INTERVENCION ANTROPICA SEGÚN ORIGEN FITOGEOGRAFICO.

RANGO DE PORCENTAJES DE ESPECIES INTRODUCIDAS (%)	GRADO DE INTERVENCIÓN ANTRÓPICA
0-13	Sin intervención
14-20	Poco intervenido
21-30	Medianamente intervenido
31-100	Altamente intervenido

Como resultado de los procesos anteriores se obtuvo un inventario o **catálogo florístico** del área de estudio (Tabla 3-2) que contiene todos los elementos antes mencionados y que considera además de las especies registradas en este estudio, las registradas en estudios previos.

2.2. Fitosociología

Se aplicaron 29 relevamientos fitosociológicos de 5x5 m de superficie cada uno, de acuerdo a la metodología fitosociológica europea (Braun-Blanquet 1964). Se consideró también la vegetación acuática y palustre de los humedales contenidos en el área de estudio. Las tablas fitosociológicas se procesaron de acuerdo a la metodología propuesta por Braun-Blanquet (op. cit.) y explicitada en Ramírez & Westermeier (1976). En las tablas fitosociológicas, los valores de cobertura de cada especie para cada inventario realizado, se expresan directamente en porcentaje y en superficies superiores al área mínima, explicitada en Steubing et al. (2001).

Con esta información, se procede a anotar en el margen derecho de dicha tabla y después de la columna correspondiente al último inventario, los valores correspondientes a la cobertura total por especies (C) y su cobertura relativa (Cr) o porcentaje de la cobertura total de cada especie, usando como 100% la sumatoria de las coberturas. A partir de la tercera columna se anotan la frecuencia de cada especie, o sea el número de inventarios en que ella está presente. Dicha frecuencia se indica en números absolutos (F) y en términos de frecuencia relativa (Fr), que indica el porcentaje de la frecuencia de cada especie, haciendo equivalente al 100% la sumatoria de las frecuencias.

Los individuos con escasa cobertura o con sólo un individuo de designan con los signos + y r, respectivamente. Estos signos serán reemplazados por el valor 1, durante el procesamiento de la información, para realizar el cálculo del Valor de Importancia en una segunda etapa.

El Valor de Importancia (VI) se determinó para cada especie, y se obtiene de la suma de las frecuencias y coberturas relativas (Wikum & Shanholtzer 1978), dando cuenta de la abundancia e importancia de cada especie en el lugar estudiado.

A partir de los relevamientos fitosociológicos se obtuvo una tabla con la caracterización de los sitios inventariados (Tabla 3-4) y una **tabla fitosociológica** (Tabla 3-5) construida a partir del valor de importancia (VI) obtenido por las especies presentes en el área, identificando de esta forma, las principales comunidades vegetales del área siguiendo los trabajos de Gajardo (1994) y Tellier (2004).

3. RESULTADOS

3.1. Flora

Los resultados de flora están representados en la Tabla 3-2, en la que se caracterizan 92 especies (registros propios y previos), con sus nombres científicos y vulgares, familia botánica, formas de vida y origen fitogeográfico; y en la Tabla 3-3 de distribución taxonómica por familias-géneros-especies. Asimismo, la Fig. 3-2 muestra la distribución taxonómica de la flora, la Fig. 3-3 representa el espectro biológico (formas de vida) y la Figura 3-4 el origen fitogeográfico de las especies.

TABLA 3-2. CATÁLOGO FLORÍSTICO DEL ÁREA DE LOS GEISERS DEL TATIO (FV= FORMA DE VIDA, OF= ORIGEN FITOGEOGRÁFICO; CR= CRIPTÓFITO, NF= NANOFANERÓFITO, F= FANERÓFITO, CA= CAMÉFITO, HC= HEMICRIPTÓFITO, TE= TERÓFITO; N= NATIVO, I= INTRODUCIDO, S.N.=SIN NOMBRE CONOCIDO).

GRUPO TAXONÓMICO / ESPECIES	FAMILIA	NOMBRE VULGAR	FV	OF
Pteridophyta (Filicopsida)				
Azolla filiculoides Lam.	Azollaceae	flor del pato	Cr	N
Pinophyta (Gnetopsida)				
Ephedra breana Phil.	Ephedraceae	pingo-pingo	Nf	N
Ephedra multiflora Phil. ex Stapf	Ephedraceae	pingo-pingo	Nf	N
Ephedra rupestris Benth.	Ephedraceae	s.n.	Ca	N
Angiospermae (Magnoliophyta)				
Dicotyledoneae (Magnoliopsida)				
Adesmia atacamensis Phil.	Fabaceae	tano –tano	Ca	N
Adesmia polyphylla Phil.	Fabaceae	s.n.	Ca	N
Adesmia spinosissima Meyen ex Vogel	Fabaceae	anaguaya	Ca	N
Arenaria rivularis Phil.	Caryophyllaceae	arenaria	Ca	N
Astragalus sp	Fabaceae	yerba loca	Ca	N
Azorella compacta Phil.	Apiaceae	llareta	Ca	N
Baccharis boliviensis (Wedd.) Cabr.	Asteraceae	pesco tola, lejía	Nf	N
Baccharis incarum Wedd.	Asteraceae	tola	Nf	N
Baccharis juncea (Lehm.) Desf.	Asteraceae	junquillo	Hc	N
Belloa virescens (Wedd.) Cabrera	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Cajophora superba Phil.	Loasaceae	ortiga caballuna	Hc	N
Calceolaria stellariifolia Phil.	Scrophulariaceae	Zapatito, capachito	Hc	N
Chaetanthera dioica (Remy) B.L. Rob.	Asteraceae	s.n.	Ca	N
Chaetanthera revoluta (Phil.) Cabr.	Asteraceae	chinita resoluta	Ca	N
Chuquiraga atacamensis O.K.	Asteraceae	lengua de gallo	Ca	N
Cotula mexicana (DC.) Cabr.	Asteraceae	s.n.	Cr	N
Diplostephium meyenii Wedd.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Erigeron andicola DC.	Asteraceae	erigerón andino	Hc	N

Fabiana densa Remy var. ramulosa	Solanaceae	checal	Nf	N
Fabiana denudata Miers	Solanaceae	alma tola	Nf	N
Gnaphalium sp.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Hypochaeris taraxacoides (Walp.) Benth. et Hooker	Asteraceae	hierba del chancho	Hc	N
Junellia minima (Meyen) Mold.	Verbenaceae	s.n.	Ca	N
Junellia seriphioides (Gill. et Hook.) Mold.	Verbenaceae	rosa	Ca	N
Junellia tridactyla (Phil.) Mold.	Verbenaceae	s.n.	Ca	N
Lenzia chamaepytis Phil.	Portulacaceae	leniza	Hc	N
Lilaeopsis macloviana (Gand.) A.W. Hill	Apiaceae	s.n.	Cr	N
Lobivia formosa (Pfeiff.) Dodds	Cactaceae	s.n.	F	N
Lucilia sp	Asteraceae	s.n.	Ca	N
Lycium humile Phil.	Solanaceae	s.n.	Hc	N
Mimulus glabratus H.B.K. var. *glabratus*	Scrophulariaceae	berro amarillo	Cr	N
Mulinum crassifolium Phil.	Apiaceae	zucunco, susurco	Ca	N
Mutisia lanigera Wedd.	Asteraceae	clavel del campo	Nf	N
Myriophyllum quitense H.B.K.	Haloragaceae	pinito de agua	Cr	N
Nototriche argentea A.W. Hill	Malvaceae	nototriche	Ca	N
Opuntia conoidea (Back.) A. Hoffmann	Cactaceae	tunilla	Ca	N
Opuntia ignescens Vaupel	Cactaceae	jala-jala, puskayo	Ca	N
Opuntia sp	Cactaceae	s.n.	Ca	N
Oreocereus leucotrichus (R.Phil.) Wagenkn.	Cactaceae	chascado	Ca	N
Oxalis pycnophylla Wedd.	Oxalidaceae	culle	Hc	N
Parastrephia lucida (Meyen) Cabr.	Asteraceae	tola	Hc	N
Parastrephia phylicaeformis (Meyen) Cabr.	Asteraceae	tola	Nf	N
Parastrephia quadrangularis (Meyen) Cabr.	Asteraceae	supo tola, coba	Nf	N
Perezia atacamensis (Phil.) Reiche	Asteraceae	marancel	Hc	N
Perezia pygmaea Wedd.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Pycnophyllum bryoides (Phil.) Rohrb.	Caryophyllaceae	k'ota	Te	N
Pycnophyllum macropetalum Mattf.	Caryophyllaceae	s.n.	Te	N
Pycnophyllum molle Remy	Caryophyllaceae	llaretilla	Te	N
Reicheella andicola (Phil.) Pax	Caryophyllaceae	s.n.	Hc	N
Satureja parvifolia (Phil.) Epling	Lamiaceae	s.n.	Nf	N
Senecio puchii Phil.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Senecio rosmarinus Phil. var. *rosmarinus*	Asteraceae	pukachaqui	Nf	N
Sisymbrium sp	Brassicaceae	s.n.	Hc	N
Tagetes multiflora H.B.K.	Asteraceae	quinchihue	Hc	N
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) DC.	Asteraceae	brea	Hc	N
Trichocereus atacamensis (Phil.) Backeb	Cactaceae	cardón gigante	F	N
Urbania pappigera Phil.	Verbenaceae	s.n.	Hc	N

Urtica trichantha (Wedd.) Acev. ex L.E. Navas	Urticaceae	ortiga itaipilla	Hc	N
Valeriana urbanii Phil.	Valerianaceae	valeriana	Hc	N
Werneria denticulata Blake	Asteraceae	poposa, paposa	Cr	N
Werneria glaberrima Phil.	Asteraceae	s.n.	Cr	N
Werneria pinnatifida J. Rémy	Asteraceae	s.n.	Cr	N
Monocotyledoneae (Liliopsida)				
Aristida adscensionis L.	Poaceae	s.n.	Hc	I
Carex gayana Desv.	Cyperaceae	s.n.	Hc	N
Cortaderia atacamensis (Phil.) Pilger	Poaceae	cola de zorro	Hc	N
Cyperus sp	Cyperaceae	s.n.	Hc	N
Deyeuxia antoniana (Griseb.) Parodi	Poaceae	champa	Hc	N
Deyeuxia breviaristata Wedd.	Poaceae	champa	Hc	N
Deyeuxia cabrerae (Parodi) Parodi	Poaceae	champa	Hc	N
Deyeuxia chrysantha J. Presl	Poaceae	champa	Hc	N
Deyeuxia curvula Wedd.	Poaceae	champa	Hc	N
Deyeuxia eminens J. Presl	Poaceae	champa	Hc	N
Deyeuxia sp.	Poaceae	champa	Hc	N
Deyeuxia velutina Nees et Meyen	Poaceae	champa	Hc	N
Dielsiochloa floribunda (Pilger) Pilger	Poaceae	s.n.	Hc	N
Distichlis spicata (L.) Greene	Poaceae	grama salada	Hc	N
Festuca chrysophylla Phil.	Poaceae	ichu o paja iros	Hc	N
Festuca deserticola Phil.	Poaceae	paja brava	Hc	N
Festuca hypsophila Phil.	Poaceae	paja brava	Hc	N
Festuca ortophylla Pilger	Poaceae	paja brava	Hc	N
Juncus articus Willd.	Juncaceae	junco	Hc	N
Lemna minor L.	Lemnaceae	lenteja de agua	Cr	N
Oxychloe andina Phil.	Juncaceae	pak´o	Hc	N
Polypogon australis Brongn.	Poaceae	s.n.	Hc	N
Puccinellia sp	Poaceae	s.n.	Hc	N
Stipa nardoides (Phil.) Hackel ex Hitchc.	Poaceae	chac'ke	Hc	N
Stipa venusta Phil.	Poaceae	vizcachera	Hc	N
Zameioscirpus atacamensis (Phil.) Dhooge & Goetgh.	Cyperaceae	s.n.	Cr	N
Total especies: 92				

Las 92 especies se distribuyen taxonómicamente en 62 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (67,4%), 26 Monocotiledóneas (Liliopsida) (28,3%), tres Pinophyta (Gnetopsida) (3,3%) y una Pteridophyta (1,1%) (Tabla 3-2, Fig. 3-2).

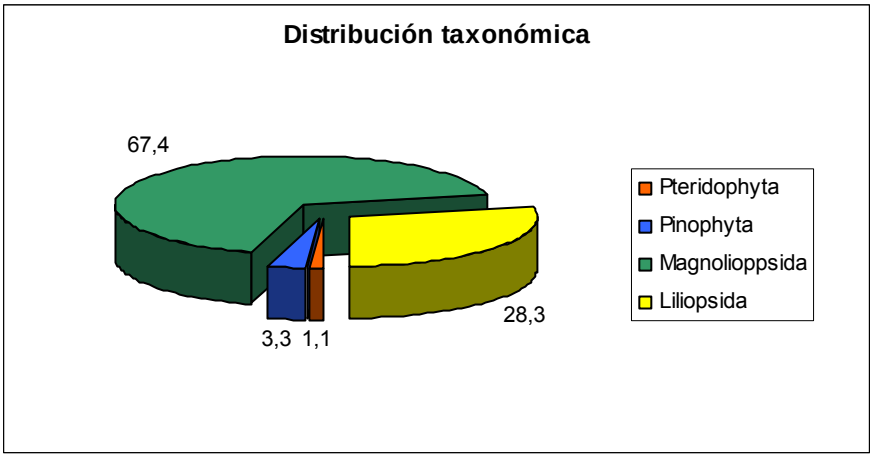


FIGURA 3-2. DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA DE LA FLORA DE GEISERS DEL TATIO.

En la Tabla 3-3 se aprecia que de las 23 familias presentes en la flora del Tatio, las mejor representadas son Asteraceae (17 géneros - 26 especies), Poaceae (nueve géneros - 20 especies), Cactaceae (cuatro géneros - seis especies), Caryophyllaceae (tres géneros - cinco especies), Fabaceae y Verbenaceae con dos géneros y cuatro especies cada uno. Dichas familias poseen especies adaptadas a ambientes xéricos y de comunidades esteparias (Cabrera & Willink 1973).

El espectro biológico (Tabla 3-2, Fig. 3-3) muestra la presencia de 46 hemicriptófitos (50%), plantas herbáceas perennes, 20 caméfitos (subarbustos) (21,7%), 11 nanofanerófitos (arbustos) (12,0%), dos fanerófitos (árboles; en este caso, cactáceas columnares) (2,2%), 10 criptófitos (geófitos e hidrófitos) (10,9%) y sólo tres terófitos (3,3%) que comprende plantas anuales y bianuales. Todas estas formas de vida presentan adaptaciones tanto estructurales como fisiológicas a las condiciones climáticas del lugar (Money & Kummerow 1971, Montenegro et al. 1979). Así, los caméfitos por sus formas pulviniformes de tamaño pequeño y los nanofanerófitos por sus tamaños medianos y de consistencia leñosa con hojas reducidas, soportan muy bien el frío, los fuertes vientos y el peso de la nieve; los criptófitos, en este caso los geófitos, son plantas con órganos subterráneos perdurantes, que representan muy bien este tipo de clima árido, y los hidrófitos están presentes en los cursos de agua; los terófitos en cambio basan su permanencia en base a ciclos de vida cortos. Por su parte, la presencia de hemicriptófitos si bien están adaptados a estos ambientes, pueden indicar también intervención antrópica, ya que esta forma de vida acompaña al hombre y corresponde a plantas que son capaces, por ejemplo, de soportar el pisoteo y ramoneo de los animales domésticos (Cabrera & Willink 1973, Ramírez 1988).

TABLA 3-3. DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA POR FAMILIAS-GÉNEROS-ESPECIES DE LA FLORA DE GEISERS DEL TATIO.

FAMILIA	GÉNEROS (N°)	ESPECIES (N°)
Asteraceae	17	26
Poaceae	9	20
Cactaceae	4	6
Caryophyllaceae	3	5
Fabaceae	2	4
Verbenaceae	2	4
Apiaceae	3	3
Solanaceae	2	3
Ephedraceae	1	3
Cyperaceae	3	3
Juncaceae	2	2
Scrophulariaceae	2	2
Azollaceae	1	1
Brassicaceae	1	1
Haloragaceae	1	1
Lamiaceae	1	1
Lemnaceae	1	1
Loasaceae	1	1
Malvaceae	1	1
Oxalidaceae	1	1
Portulacaceae	1	1
Urticaceae	1	1
Valerianaceae	1	1
Total: 23	61	92

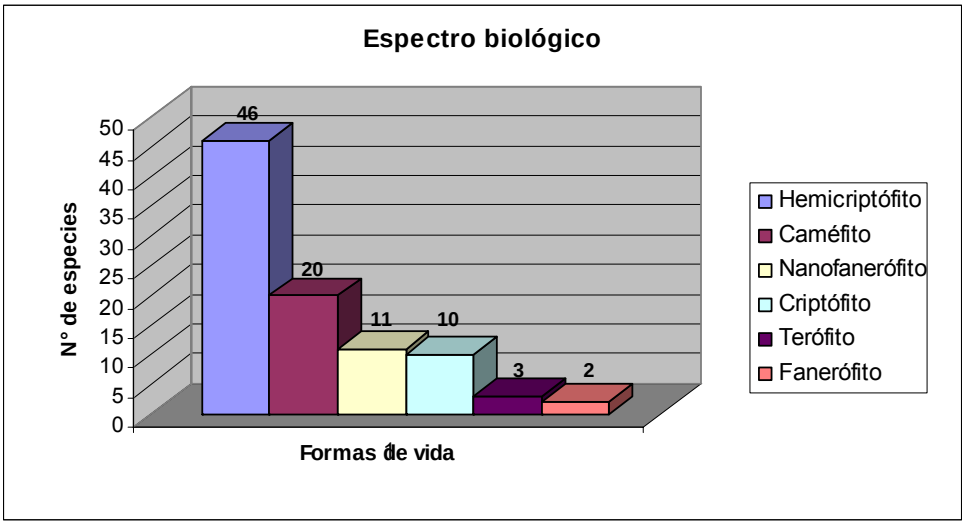


FIGURA 3-3. ESPECTRO BIOLÓGICO (FORMAS DE VIDA) DE LA FLORA DE GEISERS DEL TATIO.

Al analizar el origen fitogeográfico (Tabla 3-2, Fig. 3-4), 91 especies (98,9%) son nativas y sólo una (1,1%), *Aristida adscensionis* (Poaceae), es alóctona, por lo que al aplicar las propuestas de Hauenstein et al. (1988) y González (2000) para determinar el grado de intervención antrópica, el lugar estaría en la categoría de "Sin Intervención", lo cual corrobora que este sitio es de alta pristinidad y endemismos.

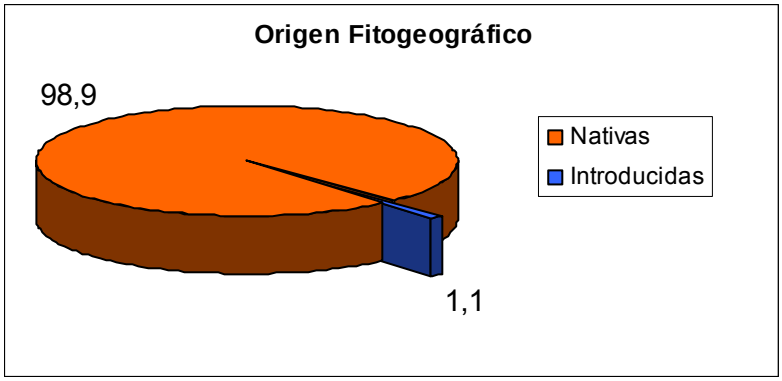


FIGURA 3-4. ORIGEN FITOGEOGRÁFICO DE LA FLORA DE GEISERS DEL TATIO.

3.2. Fitosociología

En la Tabla 3-4 se presenta la caracterización resumida de los inventarios realizados, y en la Tabla 3-5 los resultados fitosociológicos.

TABLA 3-4. LISTA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS INVENTARIOS PARA FLORA Y VEGETACIÓN DE GEISERS DEL TATIO.

INVENTARIOS (N°)	COORDENADAS (UTM) ESTE	NORTE	ALTITUD (MSM)	FORMACIÓN VEGETAL
1	605925	7499623	4.498	Suelo casi desnudo
2	599536	7521436	4.380	Herbácea con arbustos
3	598689	7515093	4.386	Herbácea con arbustos
4	594176	7515093	4.516	Suelo casi desnudo
5	592367	7514637	4.380	Herbácea con arbustos
6	589278	7515233	4.118	Herbácea con arbustos
7	587384	7515449	3.966	Arbustiva con herbáceas
8	585198	7521000	3.743	Arbustiva
9	582797	7522068	3.617	Arbustiva con suculentas
10	604191	7526532	4.530	Herbácea
11	604800	7526900	4.580	Herbácea
12	604850	7526668	4.600	Arbustiva con herbáceas
13	604474	7528838	4.600	Suelo casi desnudo
14	604807	7526398	4.600	Herbácea (Humedal)
15	603945	7526399	4.500	Suelo casi desnudo
16	595801	7512258	4.230	Arbustiva con herbáceas

Folio009404

TABLA 3-5. TABLA FITOSOCIOLÓGICA CON VALORES DE IMPORTANCIA Y ESTRUCTURA FLORÍSTICA EN GEISERS DEL TATIO. (A= *PARASTREPHIA-FESTUCA*, B= *FABIANA-BACCHARIS*, C= *FESTUCA-FABIANA*, C= *OXYCHLOE ANDINA*; F= FRECUENCIA ABSOLUTA, FR= FRECUENCIA RELATIVA, CO= COBERTURA ABSOLUTA, CR= COBERTURA RELATIVA, VI= VALOR DE IMPORTANCIA DE CADA ESPECIE. LOS NÚMEROS BAJO LOS INVENTARIOS CORRESPONDEN A PORCENTAJES DE COBERTURA).

	A							B		C				D							
ESPECIES / INVENTARIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	F	Fr	Co	Cr	VI
Festuca orthophylla		45	55	1	40	30	20										6	4,7	191	30	34,7
Baccharis incarum			1			1	8	40		1							5	3,9	51	8,1	12
Chaetanthera dioica		1															1	0,8	1	0,2	1,0
Parastrephia quadrangularis					2	8	5					25					4	3,1	40	6,3	9,4
Pycnophyllum macropetalum										1							1	0,8	1	0,2	1,0
Perezia pygmaea		1				1											2	1,6	2	0,3	1,9
Deyeuxia sp.	1																1	0,8	1	0,2	1,0
Mulinum crassifolium	1	3			7						1	1	1			5	7	5,4	19	3	8,4
Werneria denticulata			1		2						1	1					4	3,1	5	0,8	3,9
Stipa venusta						1		2		5	1	1					5	3,9	10	1,6	5,5
Pycnophyllum bryoides		1	1		3	1	2	1			1	1					8	6,2	11	1,7	7,9
Parastrephia phylicaeformis		1	15														2	1,6	16	2,5	4,1
Senecio puchii											1						1	0,8	1	0,2	1,0
Adesmia polyphylla						12		7				1					3	2,3	20	3,2	5,5
Erigeron andicola								1							1		2	1,6	2	0,3	1,9
Senecio rosmarinus													1				1	0,8	1	0,2	1,0
Deyeuxia breviaristata		15					3								1	2	4	3,1	21	3,3	6,4
Astragalus sp.		1					1										2	1,6	2	0,3	1,9
Lucilia sp.		1					1										2	1,6	2	0,3	1,9
Nototriche argentea		1															1	0,8	1	0,2	1,0
Reicheella andicola		1															1	0,8	1	0,2	1,0
Deyeuxia cabrerae			1	1	3												3	2,3	5	0,8	3,1
Opuntia sp			1								1	1					3	2,3	3,0	0,5	2,8
Azorella compacta			3									5					2	1,6	8	1,3	2,9
Deyeuxia antoniana				1							10	1					3	2,3	12	1,9	4,2
Ephedra rupestres							1								1		2	1,6	2	0,3	1,9
Hypochaeris taraxacoides							1										1	0,8	1	0,2	1,0
Junellia tridactyla							1										1	0,8	1	0,2	1,0
Opuntia ignescens								1	3								2	1,6	4	0,6	2,2
Diplostephium meyenii								1									1	0,8	1	0,2	1,0
Fabiana densa								1	25								2	1,6	26	4,1	5,7
Fabiana denudata								3									1	0,8	3	0,5	1,3
Mutisia lanigera								1									1	0,8	1	0,2	1,0
Satureja parvifolia								1									1	0,8	1	0,2	1,0
Ephedra breana									1								1	0,8	1	0,2	1,0
Aristida adscensionis									1								1	0,8	1	0,2	1,0
Baccharis boliviensis									10								1	0,8	10	1,6	2,4
Junellia seriphioides									5								1	0,8	5	0,8	1,6
Tagetes multiflora									1								1	0,8	1	0,2	1,0
Opuntia conoidea									1								1	0,8	1	0,2	1,0

Festuca hypsophila										5				5			2	1,6	10	1,6	3,2
Cortaderia atacamensis										1							1	0,8	1	0,2	1,0
Gnaphalium sp.										1							1	0,8	1	0,2	1,0
Festuca chrysophylla											25	10	1	1		1	5	3,9	38	6	9,9
Lenzia chamaepytis											1						1	0,8	1	0,2	1,0
Oxalis pycnophylla											1	1	1				3	2,3	3	0,5	2,8
Chaetanthera revoluta											1	1					2	1,6	2	0,3	1,9
Dielsiochloa floribunda												1					1	0,8	1	0,2	1,0
Pycnophyllum molle												5					1	0,8	5	0,8	1,6
Belloa virescens												1			1		2	1,6	2	0,3	1,9
Festuca deserticola														2		1	2	1,6	3	0,5	2,1
Deyeuxia chrysantha														1		1	2	1,6	2	0,3	1,9
Deyeuxia eminens														5		1	2	1,6	6	0,9	2,5
Deyeuxia velutina														2			1	0,8	2	0,3	1,1
Oxychloe andina														10		1	2	1,6	11	1,7	3,3
Zameioscirpus atacamensis														37			1	0,8	37	5,9	6,7
Lilaeopsis macloviana														1			1	0,8	1	0,2	1,0
Mimulus glabratus														1			1	0,8	1	0,2	1,0
Deyeuxia curvula																1	1	0,8	1	0,2	1,0
Lemna minor																1	1	0,8	1	0,2	1,0
Stipa nardoides																5	1	0,8	5	0,8	1,6
Junellia minima																10	1	0,8	10	1,6	2,4
Myriophyllum quitense																1	1	0,8	1	0,2	1,0
Azolla filiculoides																1	1	0,8	1	0,2	1,0
N° especies x inventarios	2	11	8	3	6	7	10	11	8	6	11	15	4	10	4	13	129		632		

Los resultados de la Tabla 3-5 muestran la presencia de **64** especies de plantas que componen cuatro comunidades vegetacionales: *Parastrephia quadrangularis-Festuca orthophylla*, *Fabiana densa-Baccharis boliviensis*, *Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides* y *Oxychloe andina*.

Parastrephia quadrangularis-Festuca orthophylla, es una comunidad de arbustos bajos con hojas reducidas, representada en la Tabla 3-5 por los inventarios 1 al 7. Sus especies representativas son *Parastrephia quadrangularis* y *Festuca orthophylla*, a las que se agregan *Mulinum crassifolium*, *Deyeuxia breviaristata*, *D. cabrerae*, *D. antoniana*, *Parastrephia phylicaeformis* y *Azorella compacta*, entre otras. Registra un total de 25 especies.

Gajardo (1994) señala que esta comunidad corresponde a la estepa alto-andina altiplánica, específicamente al tolar del altiplano, que se encuentra extensamente repartido en alternancia con los pajonales de altura, ocupando especialmente posiciones de coluvios y aluvios pedregosos, aunque también ocurre en algunas de las planicies arenosas presentes. Esta comunidad sería bastante afín a la descrita por Navarro & Rivas-Martínez (2005) en un transecto vegetacional desde San Pedro de Atacama al volcán Licancabur, en la que describen cuatro asociaciones vegetales, entre ellas a *Parastrephio quadrangulare-Stipetum frigidae*, cuya estructura florística es muy semejante e incluso, según Teillier (2004) puede encontrarse

asociada con *Festuca orthophylla* y *F. chrysophylla*; pero en nuestro caso, está ausente la especie principal *Stipa frigida*. Esta comunidad también es bastante afín a la descrita por el mismo Gajardo (1994) como *Festuca orthophylla-Deyeuxia breviaristata*, típica de los pajonales andinos que se localizan de preferencia en llanos arenosos, a pesar de que *D. breviaristata* se encuentra representada sólo en dos de los 7 inventarios. De cualquier modo, ambas comunidades presentan varios géneros comunes, tales como *Festuca*, *Deyeuxia*, *Pycnophyllum* y *Nototriche*.

Fabiana densa-Baccharis boliviensis, es una comunidad de arbustos bajos con escasa cobertura y algunas suculentas, representada en la Tabla 3-5 por los inventarios 8 y 9. Sus especies representativas son *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis*, a las que se agregan *Junellia seriphioides*, *Baccharis incarum*, *Fabiana denudata*, *Adesmia polyphylla*, *Opuntia ignescens* y *Opuntia conoidea*. Registra un total de 17 especies. Gajardo (1994) indica que esta comunidad corresponde a la estepa arbustiva pre-puneña, la cual comparte muchos elementos florísticos con el desierto y presenta una amplia distribución. Ocupa de preferencia laderas rocosas, aunque también se encuentra en los grandes planos coluviales pedregosos. Villagrán et al. (1981) la describe también para la Puna de Toconce.

A continuación se presentan las 10 especies de mayor valor de importancia (véase Tabla 3-5)

Festuca ortophylla

Bacahris incarum

Festuca chrysophylla

Parastrephia quadrangularis

Mulinu m crassifolium

Pycnophyllum bryoides

Zameioscirpus atacamensis

Deyeuxia breviaristata

Fabiana densa

Adesmia polyphylla

Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides, es una comunidad de arbustos bajos con escasa cobertura, representada en la Tabla 3-5 por los inventarios 10 al 13. Sus especies representativas son *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*, le acompañan *Festuca hypsophyla*, *Stipa venusta*, *Deyeuxia antoniana*, *Azorella compacta*, *Baccharis incarum*, *Pycnophyllum molle* y *Oxalis pycnophylla*. Hay que mencionar que en los inventarios realizados no se prospectó a una de las especies típicas de la comunidad, *F. bryoides*. Registra un total de 23 especies, número muy parecido a la de *Parastrephia quadrangularis-Festuca orthophylla*.

Gajardo (1994) señala que esta comunidad pertenece a la estepa alto-andina sub-desértica, que se caracteriza por ser una formación vegetacional heterogénea que se encuentra ubicada inmediatamente al sur del altiplano, con el cual comparte muchos de sus elementos florísticos y parcialmente su geomorfología de extensas mesetas. Esta unidad fue reportada también por Villagrán et al. (1981) para la puna de Toconce bajo el nombre de *Fabiana bryoides-Adesmia horrida*; y por Navarro (1993) para el altiplano boliviano como *Stipo frigidae-Senecietum puchii*, para un rango altitudinal de 4.100 a 4.900 m. Respecto de la ausencia de una de las especies características de la comunidad, Teillier (2004) en su estudio de la vegetación de la cuenca media-alta del río Loa, encontró para el pajonal de altura una situación semejante a la señalada, ya que en su asociación también estaba ausente *F. bryoides*, pero igual la adscribió a la asociación tipo de Gajardo (1994), debido a que la especie ausente estaba vicariada por otras especies de Fabiana. En el presente caso, en el área se encuentran *Fabiana densa* y *F. denudata*.

Oxychloe andina, es una comunidad de herbáceas higrófilas, representada en la Tabla 3-5 por los inventarios 14, 15 y 16. La especie representativa es *Oxychloe andina*, le acompañan varias especies del género *Deyeuxia* (*breviaristata*, *chrysanta*, *curvula*, *eminens*, *velutina*), *Junellia minima*, *Zameioscirpus atacamensis*, *Lilaeopsis macloviana*, *Mimulus glabratus*, *Azolla filiculoides*, *Lemna minor y Myriophyllum quitense*. Es una comunidad más bien hidrófila, ya que sus especies componentes son típicas de vegas o de cuerpos de agua (Hoffmann et al. 1998). Registra un total de 22 especies.

Gajardo (1994) señala que esta comunidad corresponde a la estepa alto-andina altiplánica, constituyendo la formación conocida como "bofedal", el cual es un "complejo" florístico y vegetacional que se encuentra ubicado en los cursos de agua del altiplano, presentando una clara zonación, desde los lugares con aguas corrientes a aquellos más secos. Destaca su riqueza florística, la cual se ve disminuida por el pastoreo intensivo de camélidos y ovinos, siendo esta actividad una generalidad para esta comunidad, ya que reúne todas las condiciones para el establecimiento de poblaciones de camélidos. De acuerdo a Teillier (2004) esta comunidad vegetal corresponde al pajonal altoandino, clasificando esta unidad, desde el punto sintaxonómico, en la alianza *Urbanio pappigerae-Stipion frigidae.* Navarro & Rivas-Martínez (2005) en su transecto vegetacional desde San Pedro de Atacama al volcán Licancabur, lograron determinar también cuatro asociaciones vegetales, aunque ninguna corresponde a las del presente estudio.

Al revisar en la Tabla 3-5 los Valores de Importancia de las especies, las que destacan con altos valores, es decir, que presentan mayores coberturas y frecuencias relativas en el área de estudio, son en orden decreciente las siguientes: *Festuca ortophylla*, *Baccharis incarum*, *Festuca chrysophylla*, *Parastrephia quadrangularis*, *Mulinum crassifolium y Pycnophyllum bryoides*, cuyos valores de importancia son 34,7; 12; 9,9; 9,4; 8,4 y 7,9 respectivamente, lo que reafirma la importancia de estas especies como componentes de las formaciones esteparias del área de estudio.

4. CONCLUSIONES

El catálogo florístico del sitio Geisers del Tatio comprende 92 especies de plantas vasculares (62 Dicotiledóneas, 26 Monocotiledóneas, tres Gnetopsidas y un Pteridófito). El inventario del Tatio comprende 64 especies de plantas, y las formas de vida dominantes son los hemicriptófitos, caméfitos y nanofanerófitos.

El 98,9% de las especies son nativas. El grado de intervención humana determinado, corresponde a la categoría de "Sin intervención", lo cual corrobora la alta pristinidad y presencia de endemismos en el sector.

Vegetacionalmente se determinaron cuatro asociaciones vegetales: *Parastrephia quadrangularis-Festuca orthophylla*, *Fabiana densa-Baccharis boliviensis*, *Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides y Oxychloe andina*. Las tres primeras típicas de formaciones esteparias, y la última, de humedales (bofedal). La vegetación demuestra claramente, a través de la estructura florística de sus comunidades, las condiciones climáticas áridas del sector, y la presencia de cuerpos de agua.

FAUNA

1. METODOLOGÍA

1.1 Estaciones de muestreo

Se estudiaron ocho sectores estableciéndose en ellos las estaciones de muestreo, considerando las asociaciones vegetacionales presentes. La lista y caracterización de las estaciones muestreadas se presentan en la Tabla 3-6 y Fig. 3-5. La definición y nomenclatura de las estaciones de muestreo se hizo de acuerdo a la propuesta de Gajardo (1994), verificándose en terreno las unidades vegetacionales señaladas en la cartografía del área de estudio.

Las estaciones de muestreo para la fauna (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) fueron: quebrada Putana (TA-1), tolar (TA-2), pajonal (TA-3), quebrada géiseres (TA-4), bofedal (TA-5), bofedal Carabineros (TA-6) y Geisers Tatio (TA-7) (ver Tabla 3-5). Para el caso de las aves se agregó una estación (TA-0), el vado de Putana (Fig. 3-5).

TABLA 3-6. CARACTERIZACIÓN, LOCALIZACIÓN Y AMBIENTE DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE FAUNA. SITIO GEISERS DEL TATIO. 2008.

ESTACION	LOCALIDAD	AREA	COORDENADAS (UTM)	AMBIENTE
TA-0	El Tatio	Vado de Putana	598701 E 7507708 N	Sistema de bañados en planicie.
TA-1	El Tatio	Quebrada de Putana	597491 E 7508771 N	Pajonal ralo en relieve abrupto asociado a curso hídrico.
TA-2	El Tatio	15 Km. al sur de los géiseres del Tatio	600229 E 7522917 N	Tolar ralo en relieve abrupto.
TA-3	El Tatio	Ruta Qda. Putana-Géiseres.	599942 E 7521479 N	Pajonal sobre pediplano con exposición norte.
TA-4	El Tatio	Camino a ex-campamento geotérmico CORFO	603847 E 7526088 N	Pajonal asociado a curso hídrico.
TA-5	El Tatio	Bofedal	599599 E 7525114 N	Bofedal de *Oxychloe*.
TA-6	El Tatio	Bofedal Carabineros	596874 E 7511797 N	Bofedal de *Oxychloe*.
TA-7	El Tatio	Geisers del Tatio	602122 E 7530039 N	Campo geotermal con vegetación altoandina.

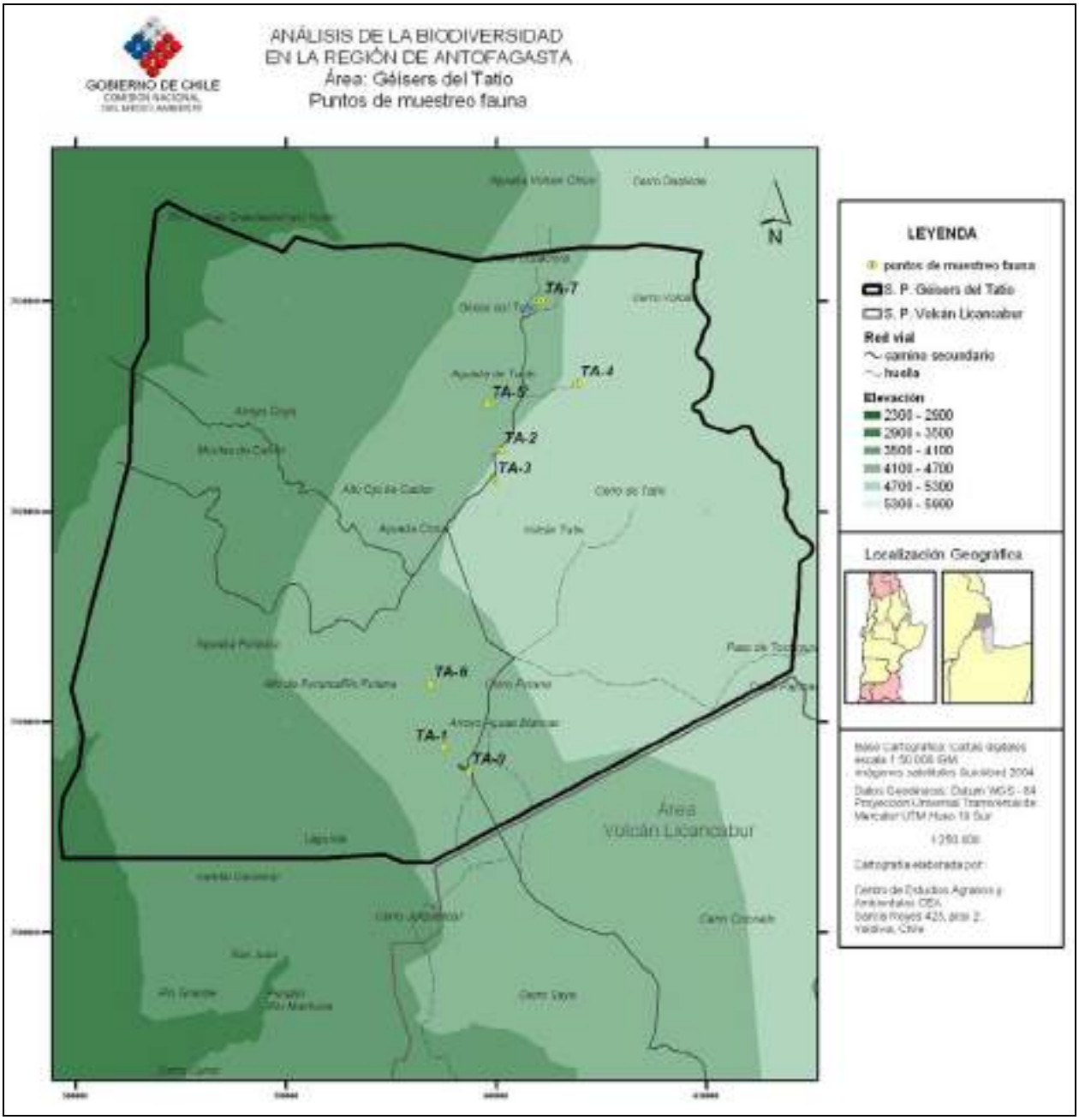


FIGURA 3-5. PUNTOS DE MUESTREO PARA LA FAUNA EN SITIO PRIORITARIO GEISERS DEL TATIO 2008.

FIGURA 3-6. ESTACIONES DE MUESTREO DE FAUNA SITIO PRIORITARIO GEISERS DEL TATIO.

1.2 Micromamíferos

Se instalaron trampas para micromamíferos en cuatro de las siete estaciones de trabajo para mamíferos (TA-1 a TA-4). Las estaciones T-5 y T-6 correspondientes a bofedales se encontraban anegadas por lo que la captura de micromamíferos es altamente improbable (J. Yáñez com.pers.). La estación T-7 corresponde al área de afluencia de turistas por lo que no es posible el despliegue de trampas en el sector. En cada estación muestrada se ubicó una grilla en donde se desplegaron 36 trampas Sherman medianas colapsables (23 x 7,5 x 9,0 cm) cebadas con avena machacada y anís. Cada trampa fue marcada y rotulada con una cinta. En cada estación se efectuaron revisiones diarias durante tres noches, siguiendo la metodología propuesta por Muñoz-Pedreros (1992). Los animales capturados fueron identificados y posteriormente liberados, siguiendo los procedimientos de rutina de acuerdo a Muñoz-Pedreros & Yáñez (2008).

1.3 Carnívoros

a) *Información preliminar*. Antes y durante el período de muestreo se obtuvo información histórica de avistamientos y registros de la fauna presente en el área de estudio, así la información procesada estuvo integrada por cuatro fuentes: (a) especie registrada por informantes, (b) registros en terreno, (c) bases de datos y (d) observaciones adicionales.

b) *Trampas Tomahawk*.

Se instalaron trampas Tomahawk para carnívoros en cuatro de las siete estaciones de trabajo para mamíferos (TA-1 a TA-4), que indicaban posibilidades de presencia de carnívoros. Las trampas fueron cebadas con jurel y revisadas diariamente.

c) *Trampas cámara*.

Se instalaron trampas cámara Bushnell para registro de carnívoros, en cuatro de las siete estaciones de trabajo (TA-1 a TA-4). Se empleó orina de zorro rojo como atrayente olfativo para provocar la visita de los individuos.

d) *Técnicas especiales para mamíferos.*

Adicionalmente se emplearon diferentes métodos, tales como la revisión de los hábitats de presencia probable, registro de huellas, fecas y avistamientos. En la fotografía avistamiento de suri con telescopio.

1.4 Aves

a) *Censos de avifauna diurna*. Se realizaron censos diurnos en las ocho estaciones de trabajo para aves (TA-0 a TA-7). En cada estación se aplicó el método de transecto de ancho fijo (Bibby et al. 1992), de quinientos metros de largo y cincuenta metros de ancho, a través de los cuales se establecieron estaciones de escucha/ avistamiento cada 60 m. En estas estaciones se registró el número de individuos observados y/o escuchados durante un período de entre cinco a 10 minutos (Rozzi et al. 1996). Para la identificación se utilizaron binoculares de 8x40 y 8x50, telescopio 12-36, guías de campo (Jaramillo 2005, Araya & Millie 1996) y grabaciones de canto (Egli 1998). Adicionalmente a los censos se registró, para el inventario final todos los avistamientos de especies fuera de los censos durante el transcurso de los días en terreno.

b) *Censos nocturnos de aves rapaces*. Se realizaron censos nocturnos de aves rapaces en tres estaciones de muestreo (TA-1, TA.4 y TA-7). Este tipo de censo consiste en emitir vocalizaciones de aves rapaces nocturnas (CEA 2003) en un reproductor portátil, el cual se conecta a un megáfono. Desde las últimas horas del atardecer hasta la noche se emiten vocalizaciones de las especies en periodos de tres emisiones para luego esperar respuestas durante cinco a siete minutos. Las vocalizaciones emitidas durante este estudio correspondieron a las especies que, por su distribución, son posibles de registrar en el área de estudio.

1.5 Herpetofauna

Para la obtención de los registros de reptiles y anfibios, los lugares de recolección fueron las estaciones de muestreo anteriormente descritas para mamíferos y aves. Para reptiles la colecta se realizó ubicando ambientes tales como piedras, árboles y otros, y utilizando como método la captura manual y la captura con guachis. Para anfibios se utilizó el método de observación directa, la búsqueda activa y el uso de redes entomológicas en ambientes acuáticos. En la fotografía *Liolaemus andinus*.

2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA FAUNA DE VERTEBRADOS

2.1 Inventarios

En base a los registros obtenidos se confeccionó un inventario faunístico, el que considera los registros obtenidos en terreno tanto de avistamientos como de censos, presentando en orden taxonómico las especies registradas para el área. La nomenclatura usada para la fauna de vertebrados siguió a Veloso & Navarro (1988), Veloso (2006), Núñez & Jaksic (1992), Araya et al. (1995), Araya & Millie (1996), Nowak (1999), Marín (2004) y Yáñez & Muñoz-Pedreros (2008).

2.2 Datos censales y análisis estadísticos

Con los datos obtenidos a través de los censos en terreno se elaboró un registro faunístico por estación de muestreo, luego se estableció la riqueza de especies (S) y abundancia relativa (AB%). Basándose en este mismo registro se calculó la diversidad de especie (H') a través del Índice de Shannon-Wiener (Pielou 1984, Krebs 1985) y el Índice de Equiparabilidad de Pielou (J) (Krebs 1985). El análisis de diversidad se presenta en el Capítulo IV.

2.3 Similitud faunística entre hábitats

Con los registros obtenidos en los censos se realizó el análisis de agrupamiento entre hábitats (Cluster Análisis) utilizando el índice de distancia promedio y el algoritmo de medias aritméticas no ponderadas de grupos pares (UPGMA) (Pielou 1984) del programa BioDiversity (McAleece 1998). El árbol de agrupamiento resultante permitió distinguir el grado de similitud faunística de los principales hábitats muestreados (véase Capítulo IV).

3. RESULTADOS

3.1. Estructura comunitaria de la fauna silvestre

Considerando todos los registros producto de los avistamientos y censos, se inventariaron un total de 43 especies de vertebrados (mamíferos, aves y reptiles), 42 especies nativas y una introducida, distribuidas en 35 géneros, 23 familias y 15 órdenes. Del total de especies registradas en este estudio 18,6% corresponden a mamíferos, el 72,1% al grupo de las aves, 2,3% al grupo anfibios y el 7,0% a reptiles. En la Tabla 3-7 se presentan los registros donde se aprecia la composición de la estructura comunitaria considerando todas las estaciones muestreadas.

TABLA 3-7. ESPECIES, GÉNEROS, FAMILIAS Y ÓRDENES DE FAUNA REGISTRADA EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ÁREA GEISERS DEL TATIO. 2008.

CLASE	TOTAL DE ESPECIES	TOTAL DE GÉNEROS	TOTAL DE FAMILIAS	TOTAL DE ÓRDENES
Mamíferos	8	8	5	4
Aves	31	25	16	9
Anfibios	1	1	1	1
Reptiles	3	1	1	1
Total	**43**	**35**	**23**	**15**

3.2. Mamíferos

Variación total de especies en las estaciones de muestreo

En la Tabla 3-8 se presenta el inventario de mamíferos registrados mediante el uso de trampas y avistamientos, en donde además se incluye el origen. Se registraron un total de ocho especies, de las cuales siete son nativas y una introducida. Tres especies, los micromamíferos, fueron registrados mediante el uso de trampas, mientras que las otras cinco especies fueron registradas mediante observación directa. En la Tabla 3-9 se indican los mamíferos registrados en cada una de las estaciones de muestreo.

TABLA 3-8. INVENTARIO DE MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL ÁREA GEISERS DEL TATIO, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	ORIGEN
RODENTIA	MURIDAE	*Abrothrix andinus*	ratón andino	Nativo
RODENTIA	MURIDAE	*Akodon albiventer*	ratoncito de vientre blanco	Nativo
RODENTIA	MURIDAE	*Phyllotis magister*	lauchón orejudo grande	Nativo
RODENTIA	CHINCHILLIDAE	*Lagidium viscacia*	vizcacha de montaña	Nativo
CARNIVORA	CANIDAE	*Lycalopex culpaeus*	zorro culpeo	Nativo
ARTIODACTYLA	CAMELIDAE	*Vicugna vicugna*	vicuña	Nativo
ARTIODACTYLA	CAMELIDAE	*Lama glama*	llama	Nativo
PERISSODACTYLA	EQUIDAE	*Equus asinus*	burro	Introducido

TABLA 3-9. MAMÍFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ÁREA GEISERS DEL TATIO, 2008. TA-0 = VADO PUTANA; TA-1 = QUEBRADA PUTANA; TA-2 = TOLAR; TA-3 = PAJONAL; TA-4 = QUEBRADA GÉISERES; TA-5 = BOFEDAL; TA-6 = BOFEDAL CARABINEROS; TA-7 = GEISERS TATIO. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	TA-0	TA-1	TA-2	TA-3	TA-4	TA-5	TA-6	TA-7
Akodon albiventer	ratoncito de vientre blanco				C				
Abrothrix andinus	ratón andino		C			C			
Phyllotis magíster	lauchón orejudo grande		C	C	C	C			
Lagidium viscacia	vizcacha de montaña		A		A				
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo			A	A				
Vicugna vicugna	vicuña	A	A	A	A		A	A	A
Lama glama	llama						A	A	
Equus asinus	burro		A					A	
Total especies = 8		1	5	3	5	2	2	3	0

Vicugna vicugna (vicuña)

Akodon albiventer (ratoncito de vientre blanco)

Lycalopex culpaeus (zorro) con cría

Lycalopex culpaeus (zorro) en trampa cámara

Abrothrix andinus (ratón andino)

Lagidium viscacia (vizcacha de montaña)

FIGURA 3.7 ALGUNOS MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

El muestreo de micromamíferos indica que de un total de 576 trampas/noche se registraron tres especies con una abundancia total de 22 individuos, con un éxito de captura del 3,8%. En la Tabla 3-10 y Fig. 3-8 se presentan la frecuencia y abundancia de micromamíferos registrados en cada una de las cuatro estaciones de muestreo.

TABLA 3-10. FRECUENCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA DE MICROMAMÍFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ÁREA GEISERS DEL TATIO. 2008. TA-1 = QUEBRADA PUTANA; TA-2 = TOLAR; TA-3 = PAJONAL Y TA-4 = QUEBRADA GEISERS.

ESPECIE	TA-1	AB (%)	TA-2	AB (%)	TA-3	AB (%)	TA-4	AB (%)	Total	AB (%)
A. andinus	3	60	0	0	0	0	3	38	6	27,3
P. magister	2	40	5	100	3	75	5	63	15	68,2
A. albiventer	0	0	0	0	1	25	0	0	1	4,5
	5		5		4		8		22	

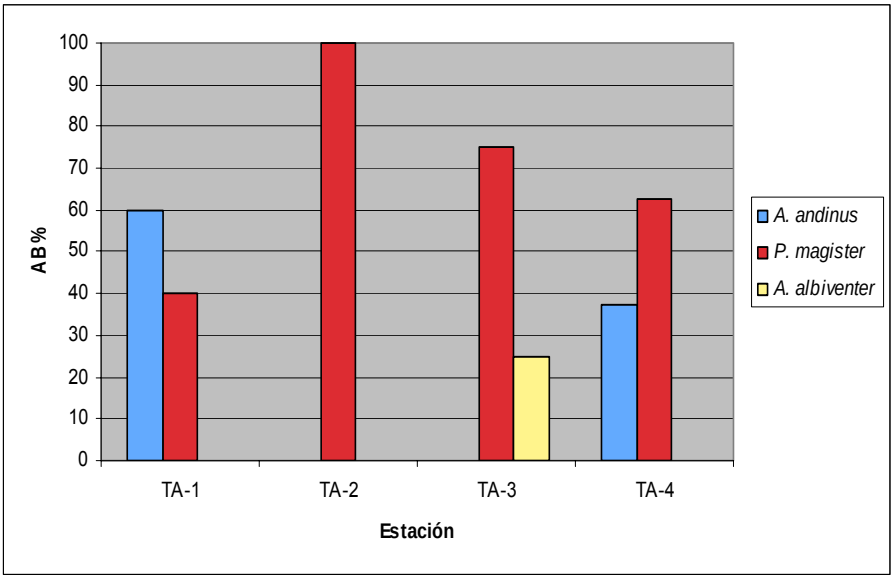


FIGURA 3-8. PROPORCIÓN DE MICROMAMÍFEROS REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ÁREA GEISERS DEL TATIO. 2008. TA-1 = QUEBRADA PUTANA; TA-2 = TOLAR; TA-3 = PAJONAL Y TA-4 = QUEBRADA GEISERS.

3.3. Aves

Se inventariaron un total de 31 especies (ver Tabla 3-11) de los Ordenes Tinamiformes (1), Anseriformes (5), Charadriformes (4), Columbiformes (1), Ciconiformes (2), Falconiformes (4), Gruiformes (1), Passeriformes (12) y Rheiformes (1). 29 de estas especies fueron registradas en los censos por estación, con una abundancia total de 334 individuos.

El total de especies por estación de muestreo se presenta en la Tabla 3-12. Aquí la mayor riqueza específica, considerando censos y avistamientos, fue registrada en TA-0 (vado Putana) (20 especies), seguida de TA-1 (quebrada Putana) (13 especies). En tanto las menores riquezas específicas en este taxón fueron registradas en las estaciones TA-2 (Tolar) y TA-3 (pajonal) con cinco especies y TA-4 (quebrada géiseres) (cuatro especies).

Las mayores abundancias de individuos censados fueron registradas en TA-0 (vado Putana) (123 individuos) y TA-5 (bofedal) (68 individuos). La variación de las abundancias relativas por especie y la variación de la riqueza específica en cada estación se presentan en la Tabla 3-13.

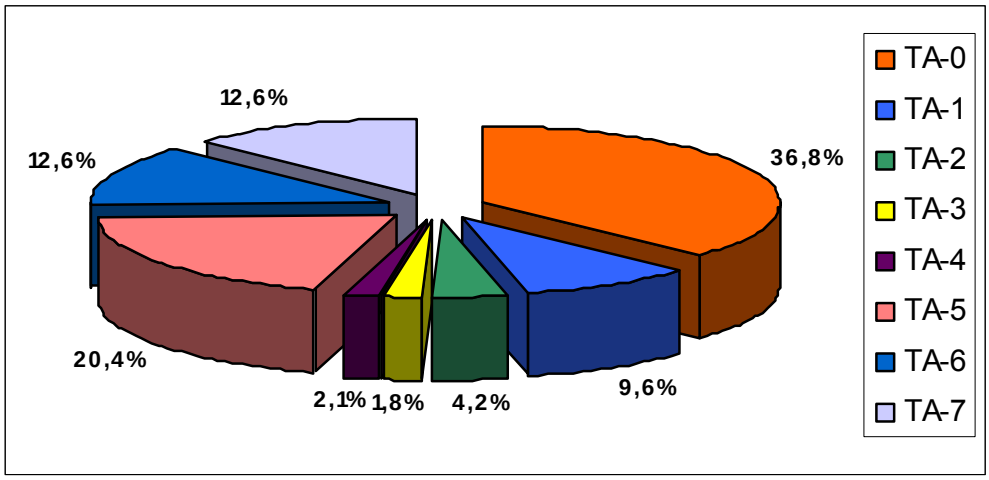


FIGURA 3-10. ABUNDANCIAS RELATIVAS DE LA AVIFAUNA CENSADA EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ÁREA GEISERS DEL TATIO. 2008. TA-0 = VADO PUTANA; TA-1 = QUEBRADA PUTANA; TA-2 = TOLAR; TA-3 = PAJONAL; TA-4 = QUEBRADA GÉISERES; TA-5 = BOFEDAL; TA-6 = BOFEDAL CARABINEROS; TA-7 = GEISERS TATIO.

TABLA 3-11. INVENTARIO DE AVES REGISTRADAS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ÁREA GEISERS DEL TATIO, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	EST
RHEIFORMES	RHEIDAE	*Pterocnemia pennata* (Chubb)	suri	R
TINAMIFORMES	TINAMIDAE	*Tinamotis pentlandii* Vigors	perdiz de la puna	R
ANSERIFORMES	ANATIDAE	*Anas flavirostris* Vieillot	pato jergón chico	R
		Anas georgica Gmelin	pato jergón grande	R
		Lophonetta specularioides (King)	pato juarjual	R
		Anas puna Tschudi	pato puna	R
		Chloephaga melanoptera (Eyton)	piuquén	R
CHARADRIFORMES	LARIDAE	*Larus serranus* Tschudi	gaviota andina	R
	SCOLOPACIDAE	*Tringa flavipes* (Gmelin)	pitotoy chico	R
		Calidris bairdii (Coues)	playero de baird	R
	THINOCORIDAE	*Thinocorus orbignyianus* Geoffroy Saint-Hilaire y Lesson	perdicita cojón	R
CICONIFORMES	PHOENICOPTERIDAE	*Phoenicopterus chilensis* Molina	flamenco chileno	R
		Phoenicoparrus andinus (Philippi)	parina grande	R
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE	*Metriopelia melanoptera* (Molina)	tórtola cordillerana	R
FALCONIFORMES	ACCIPITRIDAE	*Buteo polyosoma* (Quoy & Gaimard)	aguilucho	R
	CATHARTIDAE	*Vultur gryphus* Linné	cóndor	R
	FALCONIDAE	*Phalcoboenus megalopterus* (Meyen)	carancho cordillerano	R
		Falco femoralis Temminck	halcón perdiguero	R
GRUIFORMES	RALLIDAE	*Fulica gigantea* Eydoux y Souleyet	tagua gigante	R
PASSERIFORMES	HIRUNDINIDAE	*Pygochelidon cyanoleuca* (Vieillot)	golondrina de dorso negro	R
	FRINGILLIDAE	*Phrygilus atriceps* (Lafresnaye & d´Orbigny)	cometocino del norte	R
		Phrygilus dorsalis Cabanis	cometocino de dorso castaño	R
		Phrygilus unicolor (Lafresnaye & d´Orbigny)	pájaro plomo	R
		Carduelis atrata (Lafresnaye & d´Orbigny)	jilguero negro	R
	FURNARIIDAE	*Cinclodes atacamensis* (Philippi)	churrete de alas blancas	R
		Asthenes modesta (Eyton)	canastero chico	R
		Leptasthenura aegithaloides (Kittlitz)	tijeral	R
	TYRANNIDAE	*Muscisaxicola rufivertex* (d´Orbigny & Lafresnaye)	dormilona de nuca rojiza	R
		Muscisaxicola flavinucha Lafresnaye	dormilona fraile	R
		Lessonia oreas (Sclater & Salvin)	colegial del norte	R
		Agriornis andicola (Philippi y Landbeeck)	mero de la puna	R

TABLA 3-12. AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ÁREA DE GEISERS DEL TATIO. 2008. TA-0 = VADO PUTANA; TA-1 = QUEBRADA PUTANA; TA-2 = TOLAR; TA-3 = PAJONAL; TA-4 = QUEBRADA GÉISERES; TA-5 = BOFEDAL; TA-6 = BOFEDAL CARABINEROS; TA-7 = GEISERS TATIO. C= CENSO, A= AVISTAMIENTO.

ESPECIE	TA-0	TA-1	TA-2	TA-3	TA-4	TA-5	TA-6	TA-7
Cóndor	A	A	A	A	A	A	A	A
Aguilucho variado								C
Canastero chico	C							
Carancho cordillerano	C					C		
Churrete de alas blancas	C							C
Colegial del norte	C						C	
Cometocino de dorso castaño	C		C	C			C	C
Cometocino del norte								C
Dormilona de nuca rojiza		C	C	C	C			
Dormilona fraile					C		C	C
Flamenco chileno	C							
Gaviota andina	A	A				C		C
Golondrina de dorso negro		C				C		
Halcón perdiguero	A							
Jilguero negro		C					C	
Mero de la puna		C			C			
Pájaro plomo				C				
Parina grande	C							
Pato jergón grande	C							
Pato jergón chico	C	C				C		
Pato juarjual	C	C				C		
Pato puna	C	C				C		
Perdicita cojón	A	A					C	
Perdiz de la puna	A	A	C					
Pitotoy chico						C		
Piuquén	C						C	
Playero de Baird	C	C					C	
Suri			C	A			A	
Tagua gigante	C					C		
Tijeral		C						
Tórtola cordillerana	C							
TOTAL	20	13	5	5	4	9	9	7

Phrygilus atriceps (cometocino del norte)

Agriornis andicola (mero gaucho)

Fulica gigantea (tagua gigante)

Anas puna (pato puna)

*Pterocnemia pennata(*suri)

Larus serranus (gaviota andina)

FIGURA 3-9. ALGUNAS AVES REGISTRADAS EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO. FOTOGRAFÍAS: CEA

TABLA 3-13. AVIFAUNA CENSADA Y ABUNDANCIA RELATIVA PARA CADA ESPECIE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ÁREA GEISERS DEL TATIO. 2008. TA-0 = VADO PUTANA; TA-1 = QUEBRADA PUTANA; TA-2 = TOLAR; TA-3 = PAJONAL; TA-4 = QUEBRADA GÉISERES; TA-5 = BOFEDAL; TA-6 = BOFEDAL CARABINEROS; TA-7 = GEISERS TATIO.

ESPECIE	TA-0	AB (%)	TA-1	AB (%)	TA-2	AB (%)	TA-3	AB (%)	TA-4	AB (%)	TA-5	AB (%)	TA-6	AB (%)	TA-7	AB (%)	TOTAL	AB (%)
Aguilucho															1	2,4	1	0,3
Canastero chico	2	1,6															2	0,6
Carancho cordillerano	3	2,4									4	5,9					7	2,1
Churrete de alas blancas	6	4,9													6	14,3	12	3,6
Colegial del norte	10	8,1											5	11,9			15	4,5
Cometocino de dorso castaño	7	5,7			2	14,3	1	17					6	14,3	5	11,9	21	6,3
Cometocino del norte															4	9,5	4	1,2
Dormilona de nuca rojiza			3	9,38	2	14,3	3	50	4	57							12	3,6
Dormilona fraile									2	29			11	26,2	3	7,1	16	4,8
Flamenco chileno	2	1,6															2	0,6
Gaviota andina											4	5,9			23	54,8	27	8,1
Golondrina de dorso negro			6	18,8							6	8,8					12	3,6
Jilguero negro			3	9,4									6	14,3			9	2,7
Mero de la puna			1	3,1					1	14							2	0,6
Pájaro plomo							2	33									2	0,6
Parina grande	3	2,4															3	0,9
Pato jergón grande	1	0,8															1	0,3
Pato jergón chico	6	4,9	2	6,3							8	12					16	4,8
Pato juarjual	23	18,7	4	12,5							16	24					43	12,9
Pato puna	11	8,9	4	12,5							12	18					27	8,1
Perdicita cojón													2	4,8			2	0,6
Perdiz de la puna					8	57,1											8	2,4
Pitotoy chico											2	2,9					2	0,6
Piuquén	16	13,0											2	4,8			18	5,4
Playero de Baird	6	4,9	5	15,6									10	23,8			21	6,3
Suri					2	14,3											2	0,6
Tagua gigante	14	11,4									16	24					30	9,0
Tijeral			4	12,5													4	1,2
Tórtola cordillerana	13	10,6															13	3,9
	123	100	32	100	14	100	6	100	7	100	68	100	42	100	42	100	334	100

3.4. Herpetofauna

Para reptiles se registraron tres especies, todas del género *Liolaemus*, Familia Tropiduridae del Orden Squamata. En la Tabla 3-14 se indica el inventario de las especies registradas incluyendo el origen. En la Tabla 3-15 se presenta el registro y abundancia por especies para cada estación estudiada.

En relación al grupo de los anfibios, se registró una especie de la Familia Bufonidae: *Bufo spinolosus*.

TABLA 3-14. INVENTARIO DE LA HERPETOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA GEISERS DEL TATIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	ORIGEN
SQUAMATA	TROPIDURIDAE	*Liolaemus andinus*	lagartija andina	Nativa
SQUAMATA	TROPIDURIDAE	*Liolaemus barbarae*	lagartija de Bárbara	Nativa
SQUAMATA	TROPIDURIDAE	*Liolaemus hajeki*	lagartija de Hajek	Nativa
ANURA	BUFONIDAE	*Bufo spinolosus*	sapo espinoso	Nativa

TABLA 3-15. HERPETOFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. EN EL ÁREA GEISERS DEL TATIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. TA-1 = QUEBRADA PUTANA; TA-2 = TOLAR; TA-3 = PAJONAL; TA-4 = QUEBRADA GÉISERES; TA-5 = BOFEDAL; TA-6 = BOFEDAL CARABINEROS; TA-7 = GEISERS TATIO.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	TA-1	TA-2	TA-3	TA-4	TA-5	TA-6	TA-7	Total Reptiles
Liolaemus andinus	lagartija andina	10							10
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara			4	3				7
Liolaemus hajeki	lagartija de Hajek		1						1
Bufo spinolosus	sapo espinoso							3	3
Total especies = 4		10	1	4	3	0	0	3	21

FIGURA 3-11. HERPETOFAUNA REGISTRADA EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO. FOTOGRAFÍAS: CEA

3.5. Síntesis de la fauna registrada por estación de muestreo

Vado de Putana (TA-0). En esta estación complementaria para avifauna no se realizaron trampeos de micromamíferos, sin embargo se registró una especie de mamífero (*V. vicugna*) a través de avistamientos, logrando identificar a tres tropillas compuestas de 15 ejemplares aproximadamente. En aves se inventariaron 20 especies (15 censadas y cinco avistadas) con un total de 123 individuos censados. Las especies de mayor abundancia fueron *L. specularioides* (pato juarjual) con 18,7%, *C. melanoptera* (piuquén) con 13% y *F. gigantea* (tagua gigante) con 11,4%. La menor abundancia la presentó *A. georgica* (pato jergón grande) con 0,8%.

Quebrada de Putana (TA-1). Para mamíferos se registraron cinco especies: tres roedores (*A. andinus*, *P. magister* y *L. viscacia*), un artiodáctilo (*V. vicugna*) y una especie introducida (*E. asinus*). La captura de micromamíferos en esta estación de muestreo fue de cinco individuos de dos especies *A. andinus* y *P. magíster* (3 y 2, respectivamente), con un éxito de captura del 3,5% para 144 trampas/noche. Para aves se inventariaron un total de 13 especies (nueve censadas y cuatro avistadas), con un total de 32 individuos censados. Las mayores abundancias fueron para *P. cyanoleuca* (golondrina de dorso negro) con 18,8%, seguido de *C. bairdrii* (playero de Baird) con 15,6% mientras le seguían *L. aegithaloides* (tijeral), *L. specularioides* (pato juarjual) y *A. puna* (pato puna) con 12,5% cada una. Respecto a la

herpetofauna, se registró una especie de reptil: *L. andinus*, con 10 individuos. No se registraron anfibios.

Tolar (TA-2). Para el grupo de los mamíferos se registraron tres especies: un micromamíferos de la familia Cricetidae (*P. magister*), un carnívoro (*L. culpaeus*) y un artiodáctilo *(V. vicugna*). El registro de micromamíferos en esta estación de muestreo fue de cinco individuos, con un éxito de captura del 3,5% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se inventariaron un total de cinco especies, una avistada y cuatro censadas con un total de 14 individuos. Las mayores abundancias fueron para *T. pentlandii* (perdiz de la puna) con un 57,1% seguido de *P. pennata* (suri), *P. dorsalis* (cometocino de dorso castaño) y *M. rufivertex* (dormilona de nuca rojiza) con un 14,3% cada uno. En cuanto a la herpetofauna, se registró una especie de reptil: *L. hajeki*, con un individuo. No se registraron anfibios.

Pajonal (TA-3). Para mamíferos se registraron cinco especies: tres roedores (*A. albiventer*, *P. magíster* y *L. viscacia*), un carnívoro (*L. culpaeus*) y un artiodáctilo (*V. vicugna*). El registro de micromamíferos en esta estación fue de cuatro individuos (3 y 1, respectivamente), con un esfuerzo de captura del 2,8% para 144 trampas/noche. Para aves se inventariaron un total de cinco especies (tres censadas y dos avistadas), con un total de 6 individuos censados. La mayor abundancia fue para *M. rufivertex* (dormilona de nuca rojiza) con un 50%. La menor abundancia la registró *P. dorsalis* (cometocino de dorso castaño) con 17%. Respecto a la herpetofauna, se registró una especie de reptil *L. barbarae*, con 4 individuos. No se registraron anfibios.

Quebrada Géiseres (TA-4). Para mamíferos se registraron dos especies de micromamíferos de la familia Cricetidae: *A. andinus* y *P. magister*. El registro en esta estación de muestreo fue de 8 individuos (3 y 5, respectivamente), con un éxito de captura del 5,6% para 144 trampas/noche. Para aves se inventariaron un total de cuatro especies, una avistada y tres censadas, con un total de siete individuos. La mayor abundancia fue para *M. rufivertex* (dormilona de nuca rojiza) con un 57,1%, mientras que la menor abundancia la registró *A. andicola* (mero de la puna) con 14,3%. Respecto a la herpetofauna, se registró una especie de reptil *L. barbarae*, con 3 individuos. No se registraron anfibios.

Bofedal (TA-5). Para mamíferos se registraron dos especies de artiodáctilos: *V. vicugna* y *L. glama*. Para aves se inventariaron un total de nueve especies (ocho censadas y una avistada), con un total de 68 individuos censados. Las mayores abundancias las registraron *L. specularioides* (pato juarjual) y *F. gigantea* (tagua gigante), ambas con 23,5%. La menor abundancia la registró *T. flavipes* (pitotoy chico) con 2,9%. No hubo registros de herpetofauna.

Bofedal Carabineros (TA-6). Para mamíferos se registraron tres especies: los artiodáctilos *V. vicugna*, *L. glama* y el perisodáctilo introducido *E. asinus*. Para aves se inventariaron un total de nueve especies (siete censadas y dos avistada), con un total de 42 individuos censados. Las mayores abundancias fueron para *M. flavinucha* (dormilona fraile) con 26,2% y *C. bairdii*

(playero de Baird) con 23,8%. Las menores abundancias las registraron *T. orbignyianus* (perdicita cojón) y *C. melanoptera* (piuquén), ambas con 4,8%. No hubo registros de herpetofauna.

Geisers del Tatio (TA-7). Para el grupo de los mamíferos se inventarió una especie *V. vicugna* avistando una tropilla de nueve ejemplares. Para aves se inventariaron un total de seis especies censadas, con un total de 42 individuos. La mayor abundancia la registró *L. serranus* (gaviota andina) con un 54,8%. La menor abundancia la registró *B. polyosoma* (aguilucho), con 2,4%. Respecto a la herpetofauna, se registró una especie de anuro: *B. spinolosus*, con 3 individuos.

4. CONCLUSIONES

Respecto a la estructura comunitaria de la fauna, se registraron un total de 43 especies de vertebrados nativos (mamíferos, aves, reptiles y anfibios), 42 nativas y una introducida, distribuidas en 35 géneros, 23 familias y 15 órdenes. Del total de especies registradas en este estudio 18,6% corresponden a mamíferos, el 72,1% al grupo de las aves, 2,3% al grupo anfibios y el 7,0% a reptiles.

En mamíferos se registraron un total de ocho especies, de las cuales siete son nativas (*Abrothrix andinus*, *Phyllotis magister*, *Akodon albiventer*, *Lagidium viscacia*, *Lycalopex culpaeus*, *Vicugna vicugna* y *Lama glama*) y una introducida (*Equus asinus*). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S) en mamíferos, considerando censos y avistamientos, fueron TA-1 (Quebrada Putana) y TA-3 (Pajonal), con cinco especies cada una.

La mayor proporción de las abundancias registradas para micromamíferos fue el roedor *P. magister*, con un 68,2%.

En el grupo de las aves se registraron un total de 31 especies (ver Tabla 3-11) de los Órdenes Tinamiformes (1), Anseriformes (5), Charadriformes (4), Columbiformes (1), Ciconiformes (2), Falconiformes (4), Gruiformes (1), Passeriformes (12) y Rheiformes (1). 29 de estas especies fueron registradas en los censos por estación, con una abundancia total de 334 individuos.

La mayor riqueza específica (S) de aves, producto de los censos se presentó en TA-0 (Vado Putana), con 15 especies, mientras que la menor riqueza fue registrada en TA-3 (Pajonal) y TA-4 (Quebrada Géiseres), con tres especies. La mayor abundancia proporcional por especie fue para *Lophonetta specularioides* (pato juarjual), con 12,9% y *Fulica gigantea* (tagua gigante), con 9%.

Para reptiles se registraron un total de tres especies, todas pertenecientes a la familia Tropiduridae del Orden Squamata. Para la Clase Amphibia se registró una especie, perteneciente a la familia Bufonidae.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

En este capítulo se presenta un análisis comparativo de los resultados de la biodiversidad obtenidos en los cinco sitios prioritarios para la conservación contemplados en este estudio: Valle de Quillagua, Oasis de Calama, Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio (en ese orden) de manera de entregar una visión global del valor de la biodiversidad a nivel regional a la vez que se determina el valor relativo de la biodiversidad en cada sitio en particular. A partir de los datos censales en el caso de fauna y del inventario en el caso de la flora, se calcularon los índices de biodiversidad propuestos en la metodología, así como dendrogramas de similitudes para flora y fauna por separado, para cada estación de muestreo. Este procedimiento se realizó en cada una de las áreas de estudio para luego realizar una comparación de los resultados de las cinco áreas de estudio, utilizando esta vez todos los datos disponibles (registros previos bibliográficos, producto de la exhaustiva revisión bibliográfica y registros de las campañas de terreno) tanto para flora como para fauna.

1. BIODIVERSIDAD, CONCEPTOS Y MEDICIONES

1.1. Concepto de biodiversidad

La diversidad biológica o biodiversidad es la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, así como los complejos ecológicos de los que forman parte, lo que incluye diversidad dentro de las especies (intraespecífica), entre las especies (interespecífica) y de ecosistemas (UNEP 1992). De este modo la biodiversidad es el conjunto de genes, especies, ecosistemas y paisajes en un espacio determinado y en un momento dado, considerados en sus interacciones jerárquicas sucesivas (Di Castri 2003).

1.2. Medición de la biodiversidad

¿Cómo podemos comparar un área respecto a la otra?, ¿cuándo podemos aseverar que su biodiversidad es alta o baja? La única forma es midiéndola y para esto debemos seleccionar la escala que deseamos: genética, de especies o de comunidades.

Medición a nivel genético

A nivel genético encontramos la base sobre la que descansa toda la biodiversidad en las escalas superiores. Esta variación genética determina la forma en que una especie interactúa con su ambiente y con otras especies. Así esta variación se detecta, en la actualidad, a nivel molecular estudiando los cambios en la estructura del ADN o en forma indirecta en las proteínas que codifican genes específicos. También considerando la variación morfológica de caracteres cuantitativos y en la separación de esta variación en sus componentes genético y ambiental (véase Meffe & Carroll 1994, Moreno 2001).

Medición a nivel de especies

Esta escala es la más frecuentemente empleada y se separa en componentes alfa, beta y gamma. La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad homogénea determinada, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades presentes en un paisaje y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultado de la diversidad alfa y beta (Whittaker 1972, Moreno 2001). De este modo, si se desea conservar la biodiversidad a través de programas realistas, se deben conocer la biodiversidad en comunidades naturales y perturbadas por el hombre (diversidad alfa), su tasa de cambio entre diferentes comunidades (diversidad beta), y el aporte al nivel regional (diversidad gamma).

Medición de la diversidad alfa

Para medir la diversidad alfa existen dos opciones: (a) métodos sustentados en la riqueza de especies (cuantifican el número de especies presentes) y (b) métodos sustentados en la estructura (calculan la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie, como la abundancia relativa). Estos últimos pueden basarse en la dominancia (e.g., índice de Simpson) o en la equidad de la comunidad (e.g., índice de Shannon-Wiener). Calcular la diversidad alfa mediante el simple conteo de especies es una medida robusta y confiable, ya que es el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies en un hábitat determinado. Sin embargo vale la pena, cuando es posible, incorporar información sobe el valor de importancia de cada especie ya que medir la abundancia relativa permite identificar las especies de baja representatividad (poco abundantes), que son más sensibles a las perturbaciones humanas, y, por otro lado identifican un cambio en la diversidad (e.g., número de especies, distribución de la abundancia de especies o dominancia), indicando procesos negativos de pérdida de diversidad (Magurran 1998, Moreno 2001). Entonces, es importante tratar de cuantificar el número de especies y su representatividad.

Medición de la diversidad beta

Esta diversidad entre hábitats es el grado de reemplazo de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales, y está basada en proporciones o diferencias, las que se evalúan mediante índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (e.g., presencia/ausencia de especies) o cuantitativos (e.g., abundancia proporcional, densidad, cobertura). Existen varios índices de similitud/disimilitud, según si se calculan con datos cualitativos (e.g., coeficiente de similitud de Jaccard) o con datos cuantitativos (índice de Morisita-Horn).

Medición de la diversidad gamma

La diversidad gamma es la riqueza de especies de un grupo de hábitats (e.g., el altiplano) que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta). Cuando se dispone de pobre información en biodiversidad, como en Chile, apenas se cuenta con listas de especies de cada hábitat (diversidad alfa), pero rara vez de información completa de la diversidad beta, lo que imposibilita el cálculo de la diversidad gamma. Pero, si se dispone de ambas diversidades (alfa y beta)

existen índices que permiten calcularla sin dificultades (e.g., cálculos basados en la riqueza de especies, en el índice de Shannon y en el de Simpson), véase estos y otros métodos en Moreno (2001).

Medición a nivel de comunidades

La ecología del paisaje aborda escalas espaciales amplias y los efectos ecológicos del patrón espacial de las comunidades. Una comunidad es el conjunto de especies, de un área determinada en un tiempo dado, que interactúan entre sí. Por otro lado el paisaje puede definirse como un área terrestre heterogénea compuesta por un conjunto de comunidades que interactúan y se repiten de forma similar. Esta escala es muy interesante porque pretende conservar las especies junto a los procesos y hábitats, y porque considera la estructura de los paisajes (e.g., las relaciones espaciales entre los diferentes ecosistemas presentes), la función de los paisajes (e.g., flujos de energía, materiales y especies entre las comunidades) y el cambio del paisaje (e.g., alteración en la estructura y función a lo largo del tiempo). La biodiversidad a nivel de comunidades puede medirse de modo similar a la diversidad alfa de especies, es decir como la riqueza o la proporción de comunidades diferentes en un paisaje. Aquí también se puede aplicar el índice de Shannon-Wiener, donde p_i es la proporción relativa (área) de cada comunidad dentro del paisaje (Forman 1995, Farina 1998, Moreno 2001).

1.3. Selección de métodos

Ahora bien ¿cómo seleccionar un método adecuado? Esto dependerá de varios factores: por un lado del nivel de la biodiversidad que se va a estudiar, ya sea dentro de una comunidad (diversidad alfa), entre comunidades (diversidad beta) o en el conjunto de comunidades (diversidad gamma). Por otro lado, también depende del grupo de plantas o animales bajo estudio, en especial de la cantidad de información disponible (gran limitante en la mayoría de los ecosistemas chilenos). Por último, depende de las restricciones matemáticas que algunos métodos tienen (e.g., tipo de distribución de los datos).

Métodos seleccionados para la diversidad alfa

Para el área de estudio empleamos el nivel de especies, midiendo la diversidad alfa. En particular y, cuando dispusimos de datos cuantitativos y ajustados al método, empleamos un índice de abundancia proporcional, el índice de equidad de Shannon-Wiener (e.g., plantas vasculares, roedores, aves). Cuando no fue posible, por restricciones metodológicas, logísticas y/o de tiempo, empleamos métodos para estimar la diversidad alfa mediante el índice de riqueza de especie (S) (e.g., carnívoros, artiodáctilos, herpetofauna). Finalmente para proporcionar expresión cartográfica, se estandarizó la información al índice de riqueza de especies.

Métodos seleccionados para la diversidad beta

En este caso empleamos el índice de similitud de Jaccard que expresa el grado en que dos muestras (hábitats, ecosistemas, asociaciones o comunidades) son semejantes por las especies presentes en ellas.

Índice de similitud de Jaccard

$$I_j = \frac{a}{a+b-c}$$

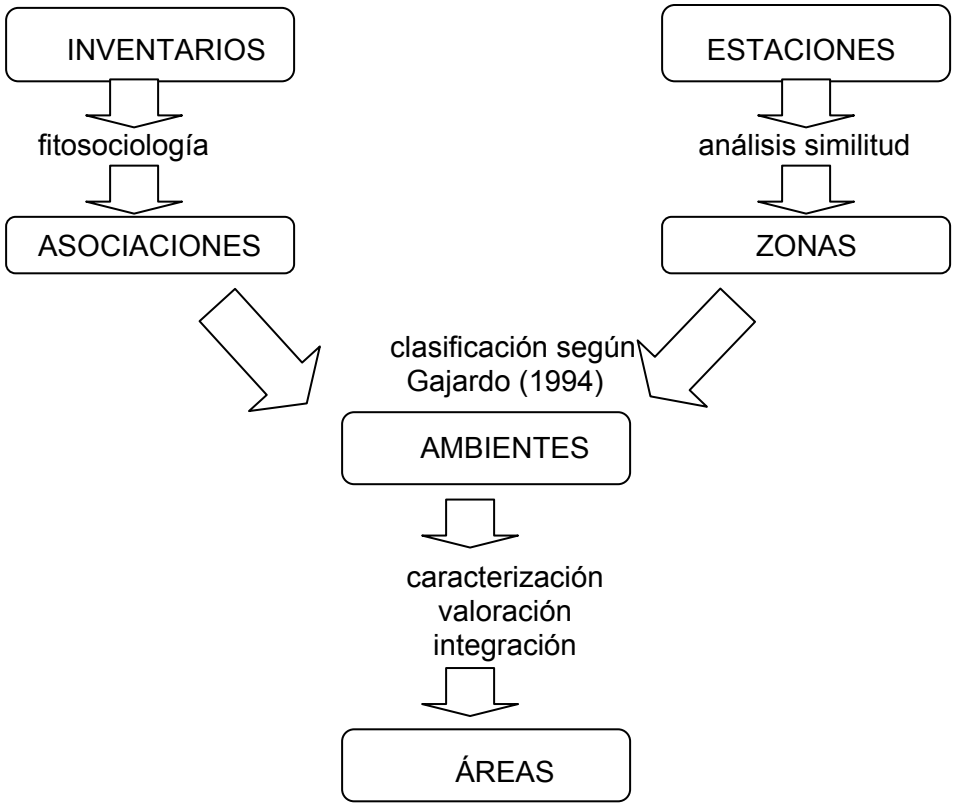
Donde

a= es el número de especies presentes en el sitio A
b= es el número de especies presentes en el sitio B
c= es el número de especies presentes en ambos sitios A y B

El valor fluctúa entre 0, cuando no existen especies compartidas entre ambos hábitats, hasta 1, cuando los hábitats comparados tienen la misma composición de especies.

1.4. Procedimiento de análisis de la biodiversidad

El siguiente diagrama señala el procedimiento seguido para realizar el análisis de la biodiversidad:



Primer paso. Se recogió la información de terreno directamente en inventarios, para la flora, y en estaciones de muestreo, para la fauna. Se estableció la riqueza de especie (S), índices de

equidad cuando fue viable (plantas, micromamíferos y aves), endemismos y estados de conservación. Los productos fueron: (a) para el caso de las plantas, mediante la fitosociología se determinaron las asociaciones vegetacionales y para los vertebrados mediante índices de similitud/disimilitud la zonas de análisis. El *segundo paso* analizó las asociaciones (vegetación) y zonas (vertebrados) y las reunió en ambientes, siguiendo a Gajardo (1994). Los productos fueron: (a) ambientes presentes, (b) caracterización y valoración de cada ambiente (vegetación y fauna). El *tercer paso* integró toda esta información para caracterizar las áreas, en las que se realiza los posteriores análisis del uso, amenazas, protección. Finalmente en estas áreas se territorializan la zonificación y propuestas de planes de manejo.

2. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD VEGETACIONAL

2.1. Diversidad y endemismo vegetacional de la región de Antofagasta

Squeo et al. (1998) determinaron las áreas de máxima biodiversidad dentro de la región de Antofagasta. Emplearon 8.784 colectas contenidas en una base de datos (versión 1998) con colectas desde 1836. Usaron la clasificación vegetacional de Gajardo (1994) para el análisis territorial y determinaron que las áreas de mayor biodiversidad son la zona costera, seguida de las formaciones de prepuna y puna al norte de la región. Empleando la riqueza taxonómica y los endemismos de la flora, determinaron las variaciones en las áreas de biodiversidad. En el ámbito de especies representadas, en las unidades prepuneñas y puneñas se observa la tendencia a que la diversidad de especies y el endemismo decrecen en sentido norte-sur. Por otra parte, el catálogo de la flora vascular de la Región de Antofagasta, elaborado por Marticorena et al. (1998), documentan la existencia de 1.056 especies para la región de Antofagasta.

Cavieres et al. (2002), usando la misma base de datos que Simonetti & Veloso (2003), concluyen que dentro de la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismos, asociadas a la costa y a la cordillera de los Andes. Dentro de esta última, y al norte de la comuna de San Pedro de Atacama se propone una zona en la cual se deben desarrollar esfuerzos prioritarios de conservación dado su elevado nivel de endemismo. Este sector, presentaría un endemismo del 13,9% para Chile (especies no presentes en otro país) y 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). La presencia de especies endémicas también disminuye con la altura (Simonetti & Veloso 2003).

2.2. Diversidad vegetacional del Valle de Quillagua

En el área de estudio se registraron 24 especies, cuatro Algas filamentosas (16,7%), un Pteridófito (4,2%), 13 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (54,2%) y seis Monocotiledóneas (Liliopsida) (25%), agrupadas en las siguientes comunidades vegetacionales: (a) ***Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*** con tres especies y dominadas por *Pluchea absinthioides* y *Distichlis spicata.* (b) ***Atriplex atacamensis-Distichlis spicata*****,** con cuatro especies, dominadas por *Atriplex atacamensis* y *Distichlis spicata*. (c) ***Baccharis juncea-Sirpus americanus,*** asociación con mayor humedad, con siete especies y dominancia de *Baccharis juncea* y *Sirpus americanus*, acompañada de *Distichlis spicata* y *Atripex atacamensis*. En esta comunidad, en sectores de mucha humedad, destacan especies hidrófilas como el alga

filamentosa *Stygeoclonium* sp y *Ruppia maritima*. (d) ***Baccharis juncea-Distichlis spicata***, con seis especies dominada por *Scirpus americanus, Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis.* Se agrega a estas comunidades un cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) con seis especies (Fig. 4-1).

FIGURA 4-1. COMUNIDADES VEGETACIONALES PRESENTES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

Los índices de diversidad calculados a partir de las 13 especies inventariadas (Tabla 4-1 y Figura 4-2) indican que la diversidad florística es baja, en general, y las comunidades comparten varias especies entre sí, sólo *Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* tiene una disimilitud mayor del 50%. El cultivo de alfalfa, tiene un número similar de especies y es claramente diferente en su composición al resto de las comunidades nativas. Así, el Valle de Quillagua no es un área de interés desde el punto de vista de la diversidad vegetal.

TABLA 4-1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. OCTUBRE 2007.

Índices	*Baccharias/ Distichlis*	*Tessaria/ Distichlis*	*Baccharias/ Sirpus*	*Atriplex/ Distichlis*	Cultivo alfalfa	TOTAL QUILLAGUA
Riqueza de Especies (S)	6	3	7	4	6	13
Shannon H'	0,47	0,41	0,59	0,48	0,51	0,78
Shannon Hmax	0,78	0,48	0,85	0,60	0,78	1,11
Shannon J'	0,60	0,86	0,70	0,80	0,66	0,70

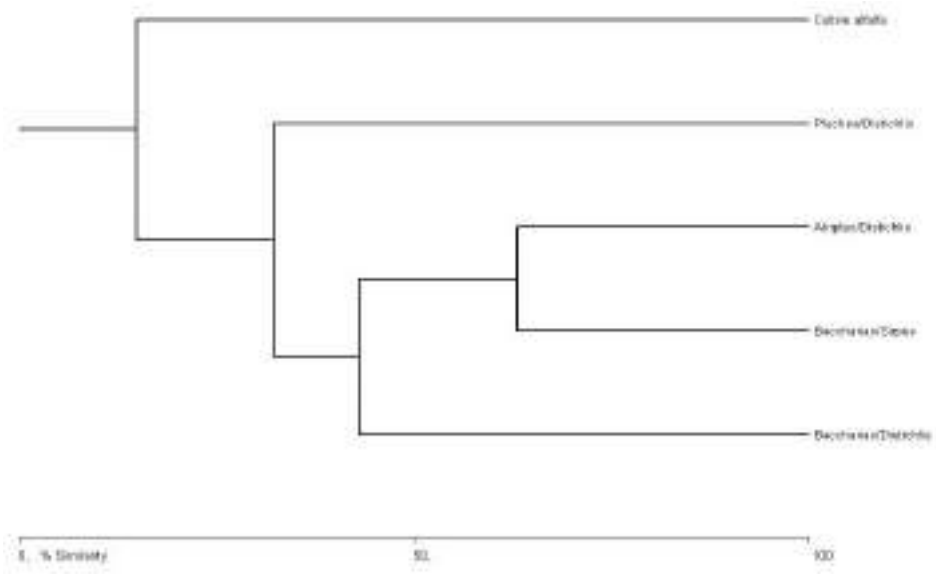


FIGURA 4-2. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

2.3. Diversidad vegetacional del Oasis de Calama

En esta área de estudio se registraron 37 especies distribuidas en cinco Algas filamentosas (13,5%), un Pteridófito (2,7%), 18 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (48,6%) y 13 Monocotiledóneas (Liliopsida) (35,1%). Estas especies se agrupan en cinco comunidades de plantas: (a) ***Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*** con 10 especies, dominado por *Pluchea absinthioides, Distichlis spicata* y *Juncus articus.* (b) ***Baccharis juncea-Distichlis spicata*** con dos especies, dominadas por *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*. (c) ***Distichletum spicatae***, con una especie *Distichlis spicata,* (d) ***Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata***, con ocho especies y dominada por *Atriplex atacamensis, Baccharis petiolata,* acompañada de *Cortaderia atacamensis, Tessaria absinthioides, Juncus articus, Scirpus americanus* según los ambientes. (e) ***Baccharis juncea-Scirpus americanus***, con nueve especies, dominadas por *Baccharis juncea* y *Scirpus americanus.* A estas asociaciones se agregan cultivos de maíz y alfalfa.

El Mirador

Loa Medio

Yalquincha

Ojo de Opache

FIGURA 4-3. AMBIENTES PRESENTES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

Los índices de diversidad calculados a partir de las 18 especies inventariadas (Tabla 4-2 y Figura 4-4) indican que, como en Quillagua, la diversidad florística no es alta, sin embargo presenta, en general, índices de equidad con comunidades que contienen especies bien representadas (sólida diversidad alfa). Es decir hay pocas especies que dominan la comunidad. Por otro lado si se examina el dendrograma de similitud, se verá que la mayoría de las comunidades son diferentes, es decir comparten pocas especies, lo que incrementa la diversidad beta (a diferencia de lo visto en el Valle de Quillagua). La diversidad es la esperada para este tipo de ambiente.

TABLA 4-2. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CINCO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL OASIS DE CALAMA. OCTUBRE 2007.

Índices	*Atriplex/ Baccharis*	*Baccharis/ Scirpus*	*Baccharis/ Distichlis*	*Tessaria/ Distichlis*	*Distlichetum*	TOTAL CALAMA
Riqueza de Especies (S)	8	9	2	10	1	18
Shannon H'	0,62	0,74	0,30	0,58	0,01	0,85
Shannon Hmax	0,85	1,08	0,30	0,85	0,30	1,15
Shannon J'	0,73	0,68	1,00	0,69	0,02	0,74

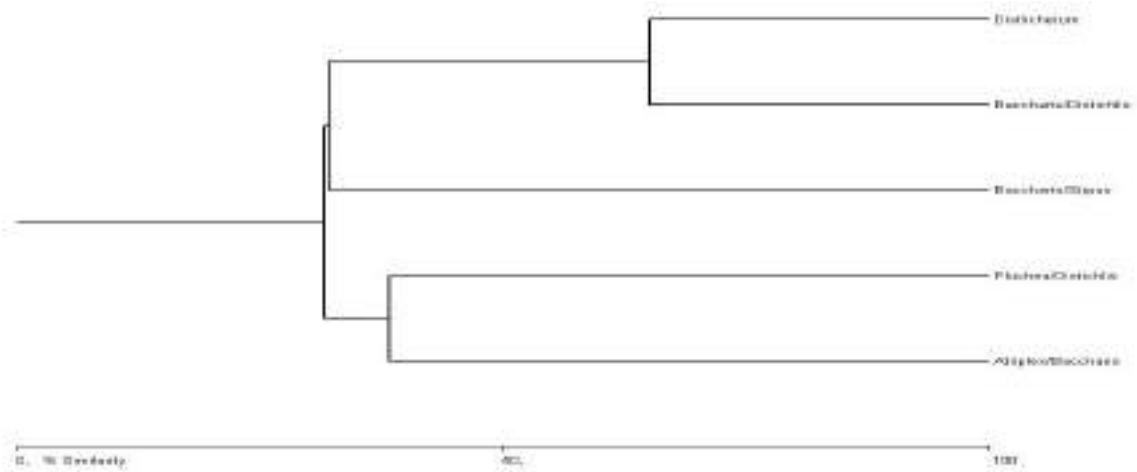


FIGURA 4-4. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

2.4. Diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama

Simonetti & Veloso (2003) analizaron la diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama, a partir de una base de datos de la flora de la región de Antofagasta (Marticorena et al. 1998), así subdividieron la comuna en 10 cuadrantes según latitud y longitud, incorporando, a cada cuadrante, una lista de especies potencialmente presentes, para las cuales se conocian su forma de vida y su origen (endémica, nativa o introducida). De las 426 especies de plantas vasculares esperadas para la comuna de San Pedro de Atacama, tres especies (0,7%) serían Pteridófitas (helechos): *Cheilantes pruinata*, *Notholaena nivea* y *Thelypteris argentina*, tres especies (0,7%) serían Gimnospermas del género *Ephedra*: *Ephedra breana*, *E. chilensis* y *E. multiflora* y 420 especies (98,6%) serían Angiospermas. En relación a las formas de vida 214 especies serían hierbas perennes, 95 especies anuales, 66 especies arbustos, 43 especies subarbustos, siete especies serían bianuales y tres árboles.

2.5. Diversidad vegetacional en Laguna Lejía

En el área de estudio de Lejía se registraron 29 especies, agrupadas en dos asociaciones vegetacionales: (a) el pajonal de la estepa altoandina, ***Stipa-Deyeuxia*** comunidad de herbáceas y arbustos bajos, con 23 especies, entre las que destacan *Stipa frigida, S. nardoides, Deyeuxia cabrerae, D. antoniana, Pycnophyllum bryoides, P. macropetalum, Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera* y (b) una formación azonal ribereña, ***Puccinellia-Calandrinia*** comunidad de herbáceas representada por sólo seis especies, entre las que destacan *Puccinellia frigida, Calandrinia oculta, Werneria incisa* y *Arenaria rivularis* (Fig. 4-5)

Comunidad azonal ribereña

Pajonal altoandino

Stipa frigida

Pycnophyllum bryoides

Urbania pappigera

Calandrinia oculta

Werneria incisa

Arenaria rivularis

FIGURA 4-5. COMUNIDADES VEGETACIONALES Y SEIS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LAGUNA LEJÍA.

En la Tabla 4-3 se muestra el análisis de diversidad alfa mediante el índice de Shannon-Wiener. Si bien la diversidad según la riqueza de especies es mayor en el pajonal altoandino (S= 23) que en la formación azonal ribereña (S=6), esta última presenta un índice de equidad de Shannon-Wiener mayor (0,95 versus 0,58 respectivamente), es decir sus especies, aunque pocas, están mejor representadas que en el pajonal, con dominancia de unas pocas especies. Puede verificarse esto al examinar la Tabla de frecuencias registradas en los inventarios de la Tabla 3-5.

TABLA 4-3. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE DOS COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LAGUNA LEJÍA. ENERO 2008.

	Pajonal de la estepa altoandina	Formación azonal ribereña	
Índices	*Stipa-Deyeuxia*	*Puccinellia-Calandrinia*	TOTAL LEJÍA
Riqueza de Especies (S)	23	6	29
Shannon H'	0,58	0,95	1,11
Shannon Hmax	0,78	1,36	1,46
Shannon J'	0,75	0,70	0,76

Ahora si hacemos una comparación entre comunidades puede verse que ambas son completamente disímiles (Fig. 4-6), incrementando la diversidad beta, ya que las comunidades no comparten ninguna especie. Ambas comunidades son importantes. El pajonal altoandino por su alta riqueza proporcional de especies (S= 23) y la azonal ribereña por su alto índice de equidad (todas las especies bien representadas) y su importante rol ecológico en la mantención del ensamble de aves acuáticas e invertebrados presentes en Laguna Lejía.

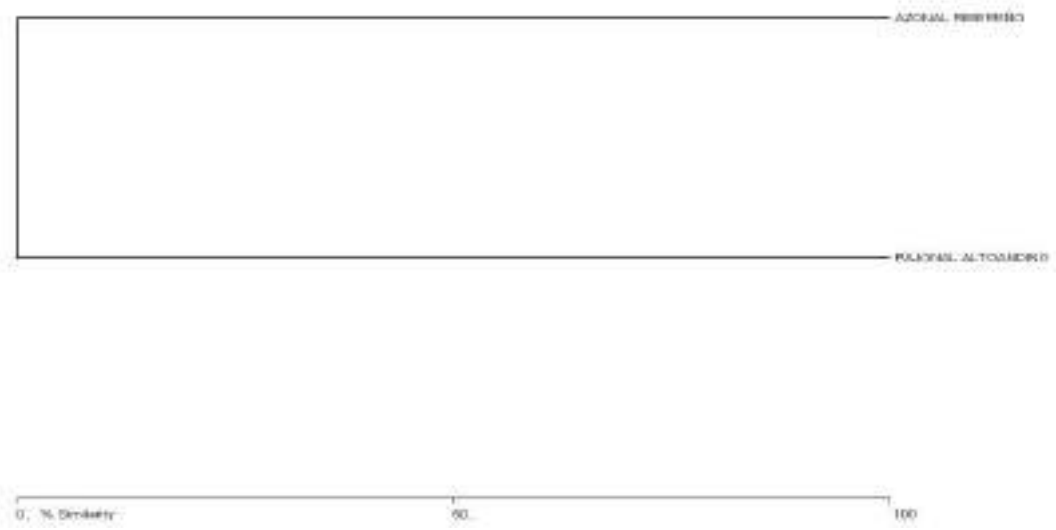


FIGURA 4-6. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE DOS COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO LAGUNA LEJÍA. ENERO 2008.

2.6. Diversidad vegetacional en Alrededores del Volcán Licancabur

Las 93 especies registradas se distribuyen taxonómicamente en 72 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (77,4%), 18 Monocotiledóneas (Liliopsida) (19,4%), dos Gnetopsida (2,2%) y una Pteridophyta (1,1%). La vegetación de esta área es de composición florística y características muy heterogéneas lo que dificulta su análisis fitosociológico, sin embargo, a partir de las 86 especies inventariadas se pueden reconocer al menos cuatro comunidades vegetales: (a) Matorral abierto extremadamente xeromórfico ***Fabianetum ramuloso-denudatae*** con 26 especies y dominancia de *Stipa frigida, Atriplex imbricata, Fabiana densa y Maihueniopsis atacamensis* y distribuida entre los 3.200 a 3.700 msm. (b) Ojalar ***Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*** matorral abierto con 42 especies en que dominan *Atriplex imbricata*, *Acantholippia deserticola* y *Maihueniopsis atacamensis*, entre los 2.800 y 3.600 msm. (c) Arbustos bajos ***Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides***, con 18 especies en que predominan *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*. (d) Comunidad entre pajonal y tolar ***Festuca orthophylla-Parastrephia lucida*** con 30 especies y dominancia de *Festuca orthophylla, Mulinum crassifolium, Pycnophyllum bryoides, Deyeuxia* sp*, Baccharis incarum,* entre 4.100 y 5.200 msm (Fig. 4-7).

En la Tabla 4-4 se muestra el análisis de diversidad alfa de estas comunidades vegetacionales mediante el índice de Shannon-Wiener y se comparan con el total de las especies de plantas inventariadas en este estudio (86). Se aprecia que el Ojalar presenta la más alta riqueza de especies (S= 42) e índice de equidad (H'= 1,21). Por el contrario la asociación de arbustos bajos presenta valores menores.

TABLA 4-4. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CUATRO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

	Matorral abierto muy xeromórfico	Ojalar	Arbustos bajos	Pajonal y tolar	
Índice	*Fabianetum ramuloso-denudatae*	*Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Festuca orthophylla-Parastrephia*	TOTAL LICANCABUR
Riqueza de Especies (S)	26	42	18	30	86
Shannon H'	1,01	1,21	0,96	0,98	1,52
Shannon Hmax	1,42	1,62	1,26	1,48	1,93
Shannon J'	0,71	0,75	0,77	0,66	0,79

FIGURA 4-7. CINCO ESPECIES DOMINANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

Al observar la siguiente figura se aprecia que las cuatro asociaciones son disímiles, es decir comparten pocas especies, lo que incrementa notoriamente la diversidad beta. La alta riqueza de especies e índices de equidad por asociación (diversidad alfa) y las disimilitudes (diversidad beta) convierten al área de estudio en un territorio de alta diversidad florística.

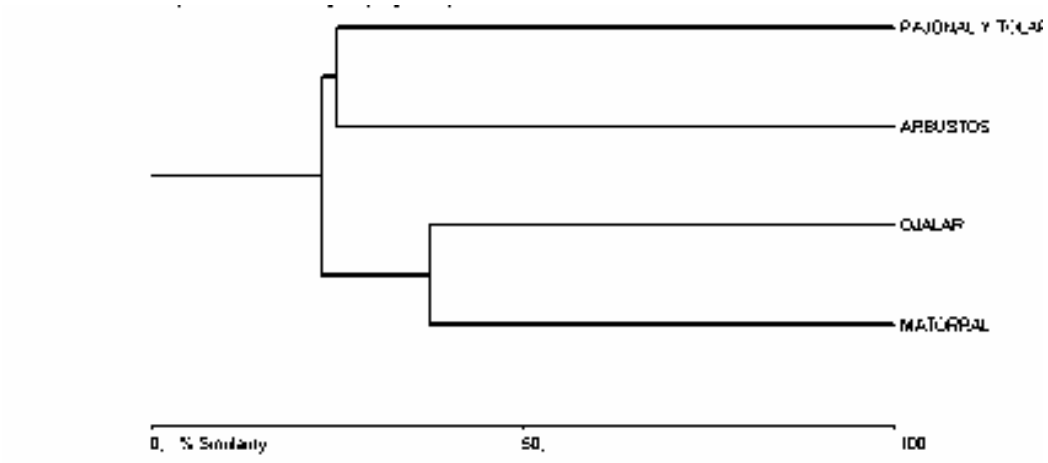


FIGURA 4-8. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

2.7. Diversidad vegetacional en los Geisers del Tatio

En el área de estudio se registraron 92 especies de plantas vasculares. A partir de las 64 especies inventariadas se pueden reconocer al menos cuatro comunidades vegetales agrupadas en cuatro asociaciones vegetacionales. (a) Tolar del altiplano (de la estepa alto-andina altiplánica), ***Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*** comunidad de arbustos bajos y hojas reducidas, con 25 especies, en que dominan *Parastrephia quadrangularis* y *Festuca orthophylla,* a las que se agregan *Mulinum crassifolium, Deyeuxia breviaristata, D. cabrerae, D. antoniana, Parastrephia phylicaeformis* y *Azorella compacta*, entre otras. (b) Estepa arbustiva pre-puneña ***Fabiana densa-Baccharis boliviensis***, con 17 especies en que dominan *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis,* a las que se agregan *Junellia seriphioides*, *Baccharis incarum, Fabiana denudata, Adesmia polyphylla, Opuntia ignescens* y *Maihueniopsis glomerata*. (c) Estepa alto-andina sub-desértica ***Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides***, comunidad de arbustos bajos con escasa cobertura, con 23 especies en que dominan *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*, le acompañan *Festuca hypsophyla, Stipa venusta, Deyeuxia antoniana, Azorella compacta, Baccharis incarum, Pycnophyllum molle* y *Oxalis pycnophylla.* (d) Bofedal, ***Oxyochloe andina***, comunidad de herbáceas higrófilas, con 22 especies en que dominan *Oxyochloe andina*, le acompañan varias especies del género *Deyeuxia (breviaristata, chrysanta, chrysostachya, curvula, eminens, velutina), Junellia minima, Zameioscirpus atacamensis, Lilaeopsis macloviana, Mimulus glabratus, Azolla filiculoides* y *Myriophyllum quitense* (Fig. 4-9).

FIGURA 4-9. ESPECIES DOMINANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

En la Tabla 4-5 se muestra el análisis de diversidad alfa de estas comunidades vegetacionales mediante el índice de Shannon-Wiener y se comparan con el total de las especies de plantas inventariadas en este estudio (64). Se aprecia que la Estepa alto-andina sub-desértica y el bofedal presentan el índice de equidad más alto (H'= > 1) y también las mayores riquezas de especies. El índice de equidad del Tolar del altiplano, , su no es alto (H'= 0,72), pese a que tiene la mayor riqueza de especies, es decir sus especies no están igualmente representadas.

TABLA 4-5. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CUATRO ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

	Tolar del altiplano	Estepa arbustiva pre-puneña	Estepa alto-andina sub-desértica	Bofedal	
Índices	*Parastrephia quadrangularis-Festuca*	*Fabiana densa-Baccharis*	*Festuca chrysophylla-Fabiana*	*Oxyochloe andina*	TOTAL TATIO
Riqueza de Especies (S)	25	17	23	22	66
Shannon H'	0,72	0,85	1,02	1,01	1,29
Shannon Hmax	1,38	1,23	1,36	1,34	1,82
Shannon J'	0,52	0,69	0,75	0,76	0,71

En el dendrograma siguiente se aprecia que las asociaciones vegetacionales son disímiles entre sí, lo que aumenta la diversidad beta. En términos generales la diversidad, aunque menor que en Alrededores del Volcán Licancabur (su homólogo), es relevante porque contiene comunidades muy diferenciadas y ecológicamente diferentes.

FIGURA 4-10. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE CUATRO ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

2.8. Diversidad vegetacional en las cinco áreas de estudio

Estudios previos

Gutiérrez et al. (1998) realizaron un estudio vegetacional en un transecto de cinco estaciones: (a) la desembocadura del río Loa (con una riqueza de ocho especies a los 39 msm), (b) Quillagua (con 11 especies a los 733 msm), (c) Chacance (15 km al este del pueblo de María Elena, con siete especies a los 1.268 msm), (d) Chiu-Chiu (10 km al oeste del pueblo homónimo, con 20 especies y a 2.534 msm), (e) río Salado (con 31 especies, la de mayor riqueza de plantas, a 3.108 msm) y (f) arroyo Coya (en la puna, con 18 especies a 3.782 msm). Para este análisis revisamos los registros de estos autores e incorporamos a nuestros inventarios dos especies de plantas para Quillagua y 33 especies para el área del Tatio (véase inventario florístico en Anexos). En rigor la estación río Salado no está incluida en nuestra área de estudio, pero por su proximidad fue incorporada, en cambio el arroyo Coya sí está en el área de estudio. Gutiérrez et al. (1998) registraron, a lo largo de la gradiente estudiada 69 especies de plantas vasculares. Más adelante compararemos sus registros, por estaciones, con las de este estudio.

Por su parte, Navarro & Rivas-Martínez (2005) realizaron un transecto vegetacional, con 20 estaciones, desde Calama y San Pedro de Atacama (sic) a la frontera boliviana en la zona sureste del volcán Licancabur. Estudiaron un área sobre las faldas al Pacífico de la cordillera Occidental de los Andes, extendiéndose entre el área de Calama (2.260 msm) y las laderas surorientales del volcán Licancabur (5.600 msm). Los autores no indican la posición geográfica de cada una de las estaciones y las referencias geográficas son vagas (e.g., “por encima de San Pedro de Atacama”) pese a eso suponemos que a partir de su inventario 3 estarían dentro de nuestra área de estudio, aún cuando el inventario 20 podría estar fuera, pero no resta sentido ecológico a la inclusión ya que sólo aportaría al inventario un total de dos especies, *Deyeuxia deserticota* y *Deyeuxia crispa*. Aún así incorporamos al inventario del área de estudio Alrededores del Volcán Licancabur, siete especies.

Teillier (2004) realizó un estudio florístico y vegetacional de la cuenca media-alta del río Loa. Su área de estudio está completamente fuera de las nuestras, sin embargo lo consideramos como antecedentes interesantes para comparación, con las precauciones espaciales correspondientes. Su trayecto va desde la localidad de Estación San Pedro (21°56’LS – 68°32’LW), hasta las de pampa Puno (21°19’ LS - 68°48’ LW) y quebrada Sapunta (21°18’ LS – 68°46’ LW), siguiendo el margen occidental del cajón del río Loa. El estudio abarcó una gradiente altitudinal entre los 3.100 y los 4.150 msm. Sus registros se basaron en bibliografía (e.g., Villagrán et al. 1981) y en observaciones propias. Describe cinco unidades, principalmente fisonómicas: (a) Matorral desértico, con una riqueza de 11 especies entre 3.000 y 3.100 msm. (b) Tolar marginal con una riqueza de 26 especies entre 3.100 y 3.300 m de altitud. (c) Tolar intermedio con 38 especies, la mayor de este estudio, entre 3.300 y 3.700 msm. (d) Tolar de altura con 15 especies entre 3.700 y 4.000 msm. (e) Pajonal altoandino con 20 especies entre 4.000 y 4.200 msm. Respecto de la riqueza de especies, Teillier (2004) señala que generalmente se observa una gradiente relacionada con la altitud, ya que el matorral desértico ubicado en la parte baja de la gradiente, presenta el valor más bajo, el tolar medio el más alto, y finalmente un valor también alto el pajonal de altura; ascendiendo aún más recién comienza a declinar la riqueza de especies. Este patrón es consistente con estudios anteriores realizados en el cordón oriental de los Andes del altiplano, donde la riqueza es máxima debido a las

condiciones óptimas de temperatura y humedad (Villagrán et al. 1981, 1982, 1983, Arroyo et al. 1982, 1988).

Existen varios estudios en el Parque Nacional Llullaillaco ubicado entre las latitudes 24º30`S-25º10`S y las longitudes 68º30`W-69º15`W. La altitud varía entre los 3.500 msm y la cumbre del volcán Llullaillaco a 6.750 msm. Este parque está fuera del área de estudio, pero se incluye como área de referencia y porque presenta una alta riqueza de especies. Sin embargo se debe considerar que ha sido frecuentemente explorado botánicamente a partir de 1860 por R. A. Philippi. Así de las 110 especies propuestas por Luebert & Gajardo (1999), en base a recolecciones previas y propias, Marticorena et al. (2004) incrementaron en 16 nuevas especies, quedando, a la fecha en 126. De este mismo modo, lo más probable es que, en la medida que se aumente el esfuerzo de muestreo en las áreas que abarcan este estudio, se efectúen nuevos registros de plantas vasculares.

Comparación con otras localidades

El número de especies para Quillagua y Calama es bastante inferior al registrado por Teillier (2004) en la cuenca-media-alta del río Loa, donde describe 110 especies, sin embargo en su trabajo la superficie y gradiente altitudinal fueron notablemente mayores por lo que no son comparables. En cambio, sí son comparables las 11 especies registradas por Gutiérrez (1998) para su estación en Quillagua y las 20 especies para Chiu Chiu, como a las 24 especies reportadas por Trevizan et al. (2001), por lo que el presente estudio ha incorporado siete especies al catálogo existente de la flora del Oasis de Calama.

Por otro lado la diversidad registrada en la Laguna Lejía (29) es comparable a las 21 especies registradas para el salar de Ascotán (Teillier 2000, Teillier & Becerra 2003) o a lo documentado por Gutiérrez et al. (1998) para el río Salado (3.108 msm con 31 especies) o al arroyo Coya (3.782 msm con 18 especies) (Tabla 4-7). La flora de Laguna Lejía, puede ser comparada con la del Salar de Ascotán, en que también existe una flora azonal (vegetación del salar vs. vegetación de la laguna) y una flora zonal (laderas aledañas al salar vs. laderas aledañas a la laguna). Teillier & Becerra (2003) exploraron varias veces el salar entre 1993 y 1998 a partir de 46 parcelas en ocho parches de vegetación, cada uno asociado a una laguna distinta. Lo registrado en Lejía es mayor que las 21 especies del salar. La flora azonal de la Laguna Lejía es completamente diferente que la zonal, igual que en el caso de ambos ambientes (zonal/azonal) en el salar de Ascotán. Teillier & Becerra (2003) explican que la ausencia de especies zonales en el salar es probablemente debido a los problemas osmóticos y/o nutricionales presentados por las altas concentraciones de sales. A la inversa, la baja disponibilidad de agua en las laderas circundantes podría determinar la ausencia de las especies de los humedales (salar y Laguna Lejía) en estos hábitats (Schat & Scholten 1986, Shumway & Bertness 1992).

La diversidad, como riqueza de especies en Licancabur (93) y el Tatio (92), es similar a la reportada en el Parque Nacional Llullaillaco (110). A su vez es mayor que la registrada por Gutiérrez et al. (1998) en el mencionado transecto altitudinal realizado en seis sitios a lo largo del río Loa (69 especies) y muy superior a lo documentado por Navarro & Rivas-Martínez (2005) en su trayecto Calama- San Pedro de Atacama al volcán Licancabur (28 especies).

TABLA 4-6. DIVERSIDAD COMPARADA DE PLANTAS VASCULARES EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.*=EN PARÉNTESIS SE INDICA EL NÚMERO DE AÑOS DE OBSERVACIÓN. S= RIQUEZA DE ESPECIES.

	Superficie	Altitud	Precipitación*	Estación	S	Asociaciones/unidades	Fuentes
Región de Antofagasta	126.121,3 km^2				1.056		Squeo et al. 1998 Marticorena et al. 1998
Comuna de San Pedro de Atacama	23.490 km^2				426		Simonetti & Veloso 2003
Transecto Cuenca-media-alta del río Loa		3.100-4.150			90	5	Teillier 2004
Parque Nacional Llullaillaco	2.680 ha		35,7 (4)	verano	126	12	Marticorena et al. 2004
Transecto Calama-volcán Licancabur		2.260-5.600			28		Navarro & Rivas-Martínez 2005
Valle de Quillagua	18,216 km^2	790-946		primavera	26 11	4	Este estudio Gutiérrez et al. 1998
Chacance		1.268			7		Gutiérrez et al. 1998
Oasis de Calama	45,758 km^2	2.210-2.400	6,0 (7)		31	4	Este estudio
Chiu-Chiu		2.534			20		Gutiérrez et al. 1998
Río Salado		3.108			31		Gutiérrez et al. 1998
Arroyo Coya		3.782			18		Gutiérrez et al. 1998
Alrededores del volcán Licancabur	939,342 km^2	2.778-5.063			97	4	Este estudio con adiciones
Géiseres del Tatio	839,516 km^2	3.617-4600	100,0 (5)		99	4	Este estudio con adiciones
Salar de Ascotan		3.800			21	2	Teillier & Becerra 2003
Laguna Lejía	189,059 km^2	4.341-4589			29	2	Este estudio

TABLA 4-7. RIQUEZA DE ESPECIES E ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES PRESENTES EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO DE GEISERS DEL TATIO, ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR, LAGUNA LEJÍA, VALLE DE QUILLAGUA Y OASIS DE CALAMA. REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

	Altiplano									
	Tolar del altiplano	Estepa arbustiva	Estepa alto-andina	Bofedal	Matorral	Ojalar	Arbustos	Pajonal y tolar	Pajonal altoandino	Azonal ribereño
Índices/Asociación	*Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*	*Fabiana densa-Baccharis boliviensis*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Oxyochloe andina*	*Fabianetum ramuloso-denudatae*	*Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Festuca orthophylla-Parastrephia*	*Stipa-Deyeuxia*	*Puccinellia-Calandrinia*
Área de estudio	El Tatio	El Tatio	El Tatio	El Tatio	Licancabur	Licancabur	Licancabur	Licancabur	L. Lejía	L. Lejía
Riqueza de especies (S)	25	17	23	22	26	42	18	30	6	23
Shannon H'	0,72	0,85	1,02	1,01	1,01	1,21	0,96	0,98	0,58	0,95
Shannon Hmax	1,38	1,23	1,36	1,34	1,42	1,62	1,26	1,48	0,78	1,36
Shannon J'	0,52	0,69	0,75	0,76	0,71	0,75	0,77	0,66	0,75	0,70

	Oasis del río Loa						
Índices/Asociación	*Atriplex/ Baccharis*	*Atriplex/ Distichlis*	*Baccharias/ Distichlis*	*Distlichetum*	*Tessaria/ Distichlis*	*Baccharis/ Sirpus*	Cultivo alfalfa
Área de estudio	Calama Quillagua	Quillagua	Calama Quillagua	Calama	Calama Quillagua	Calama Quillagua	Quillagua
Riqueza de especies (S)	7	4	8	1	9	15	6
Shannon H'	0,62	0,48	0,68	0,01	0,64	0,76	0,51
Shannon Hmax	0,85	0,60	0,90	0,30	0,95	1,18	0,78
Shannon J'	0,73	0,80	0,76	0,02	0,67	0,65	0,66

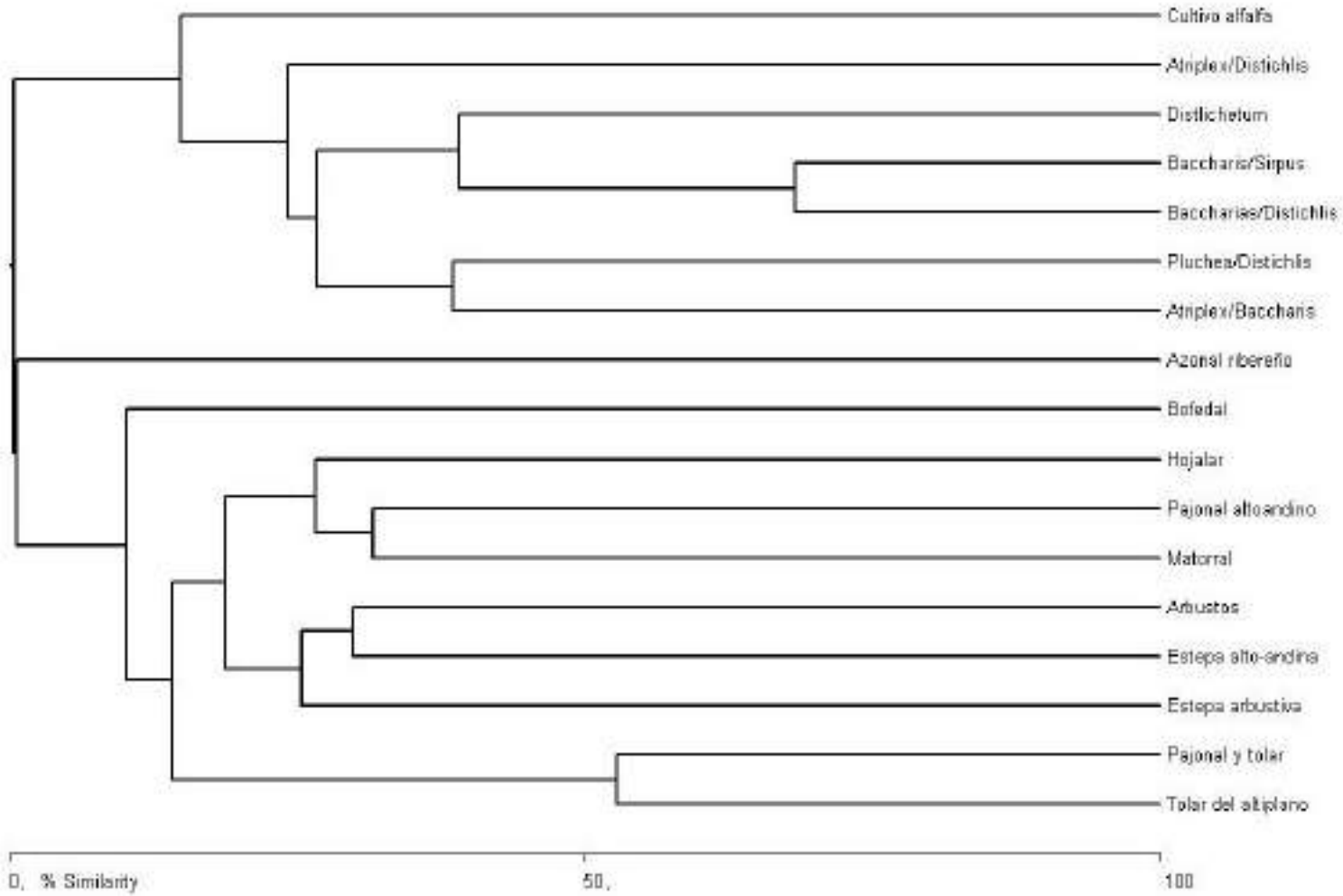


FIGURA 4-11. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN LAS CINCO ÁREAS DE ESTUDIO REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

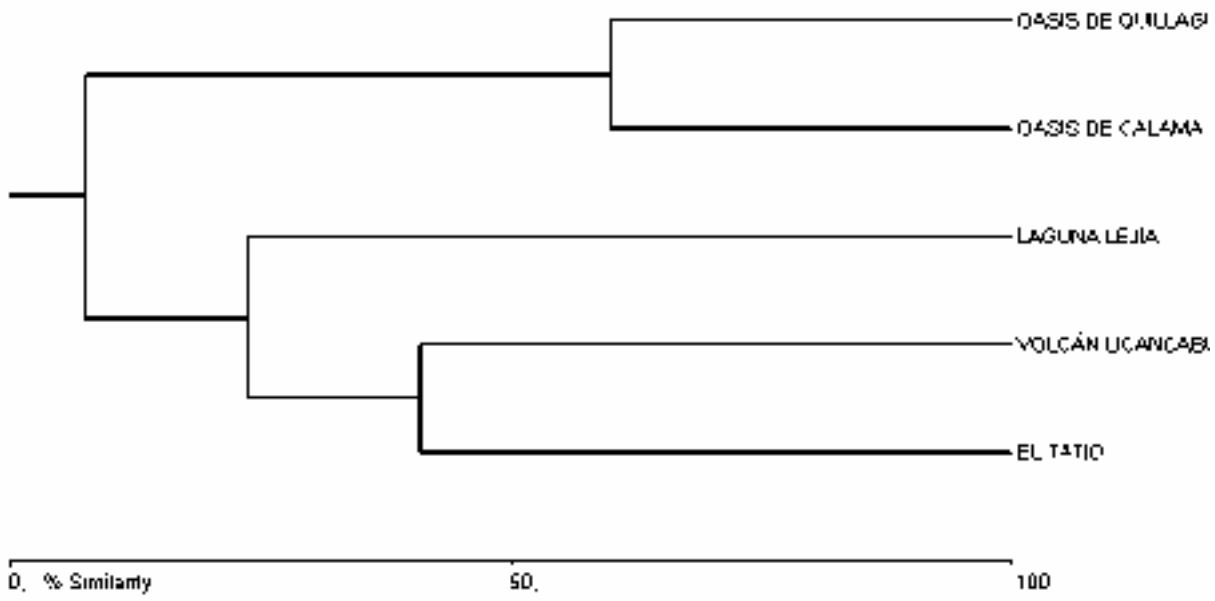


FIGURA 4-12. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES VEGETACIONALES DE LAS CINCO ÁREAS DE ESTUDIO, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

3. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD FAUNÍSTICA

3.1. Diversidad de anfibios

Anfibios de Chile

Los anfibios chilenos pertenecen al orden Anura y están representados por 56 especies, de 14 géneros y cuatro familias, tres de ellas nativas: Bufonidae, Leptodactylidae y Rhinodermatidae y una introducida, Pipidae, con una especie *Xenopus laevis* (sapo de garras) asilvestrado en Chile (Veloso 2006). De estas especies 36 son endémicas (66,7%), lo que le confiere un carácter especial a este tipo de fauna y desde ya son un claro objeto de conservación.

Diversidad y distribución

El factor que más limita la presencia de anfibios en la región de Antofagasta es la baja existencia de cuerpos de agua dulce y la escasa disponibilidad de aguas lluvia. En el altiplano existen precipitaciones (300-400 mm) por lo que se conjugan factores de hábitat favorables, pero debido a la fuerte estacionalidad de estas lluvias se limita drásticamente la capacidad de dispersión, ya que existen muy altos índices de evapotranspiración (Romero 1985, Veloso 2006), circunscribiendo las poblaciones a cuerpos de agua permanentes (e.g., bofedales,

lagunas, ríos). De este modo, los anfibios no se distribuyen homogéneamente, dependiendo de la oferta de hábitat para cumplir con su ciclo vital, así, hay zonas donde no existen anfibios, en otras sólo se distribuyen algunas especies y otras poseen una alta diversidad relativa.

Veloso (2006) propone agrupar las especies en cuencas hidrográficas para facilitar las medidas de conservación, ya que permite integrar esa información con aspectos ecológicos comunitarios y ecosistémicos, adquiriendo, la información distribucional de anfibios carácter relacional (Veloso 2006). La diversidad de anfibios varía según el tipo de clima y la altitud. Es mayor en las regiones mediterráneas húmeda, perhúmeda y mediterránea con influencia oceánica. Respecto a la altitud la mayor diversidad está por debajo de los 1.000 msm, disminuyendo notablemente entre los 2.000 y 3.000 msm y declinando hasta sólo tres especies a los 4.600 msm en el altiplano, pero de la región de Parinacota. En la Fig. 4-13 se muestra la disponibilidad de agua y los niveles altitudinales para al área de laguna de Lejía.

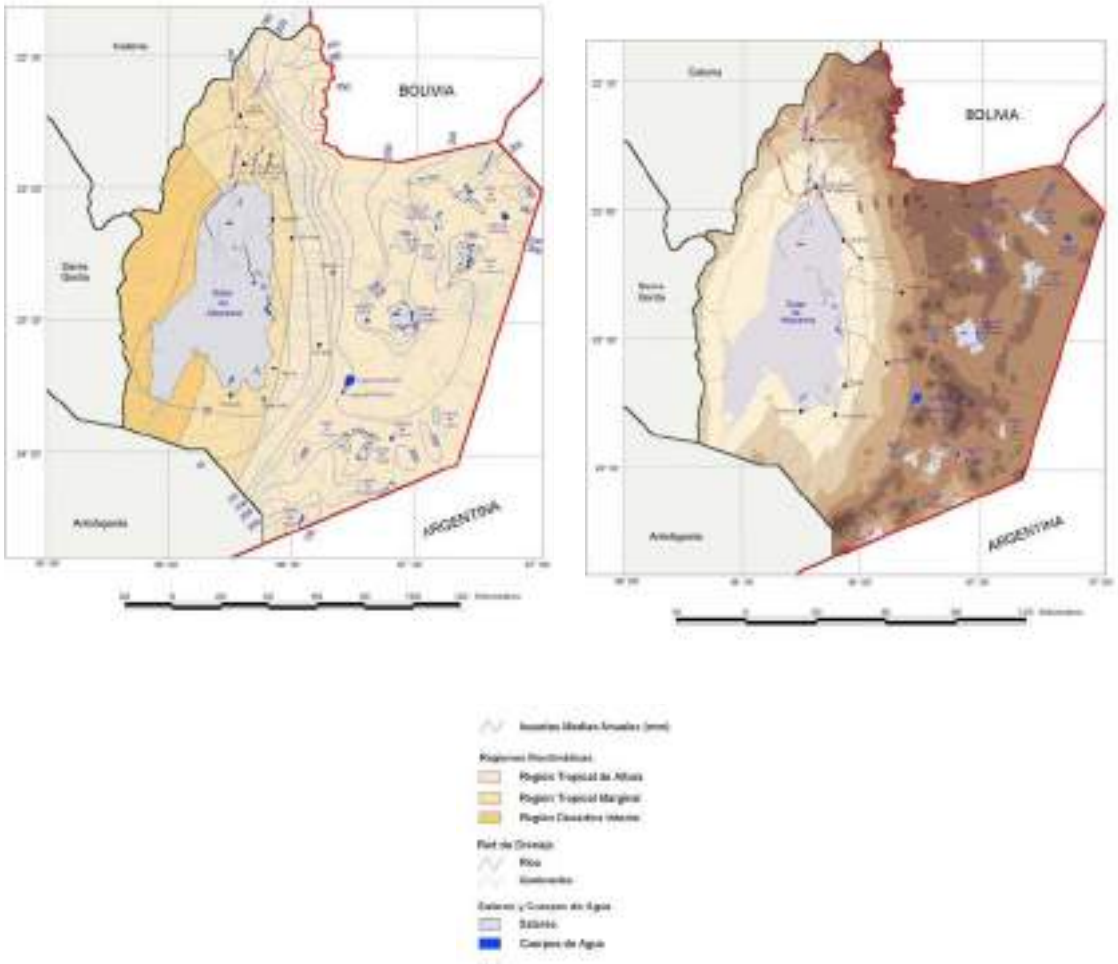


FIGURA 4-13. ISOYETAS MEDIAS ANUALES (MM) Y RANGOS ALTITUDINALES EN LAGUNA LEJÍA DE LA COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA. TOMADO DE BALANCE HÍDRICO DE CHILE DGA (1987), DI CASTRI & HAJEK 1976, SIMONETTI & VELOSO 2003.

Las cuencas de Chile se pueden agrupar (sensu Brown & Saldivia 2000) en tres sistemas: Pacífico Seco (desde Arica al río Limarí), Pacífico Central y Pacífico Sur. La región de Antofagasta se ubica en la primera y contiene 15 especies de anfibios Fig. 4-14.

FIGURA 4-14. PRINCIPALES CUENCAS HIDROGRÁFICAS SEGÚN ORÍGEN DE DRENAJE DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (TOMADO Y MODIFICADO DE DGA Y VELOSO 2006).

Anfibios en la provincia de El Loa

Para la provincia de El Loa se registran seis especies, cinco de ellas con distribución muy restringida a los sectores de La Cascada en el río Loa (*Telmatobius dankoi*), río Vilama (*Telmatobius vilamensis*), Ollagüe (*Telmatobius philippi* y *Telmatobius halli*) y Puquios (*Telmatobius fronteriensis*) (sensu Ramírez & Pincheira-Donoso 2005, Veloso 2006). Los altos Andes al sur de la línea del Ecuador se caracterizan por una extensa radiación de ranas acuáticas del género *Telmatobius* Wiegman 1835 (unas 50 especies). Altitudinalmente se encuentran sobre los 2.500 msm (excepto *T. ceiorum*, 1.500 m). En Chile se distribuyen nueve especies: *T. peruvianus, T. marmoratus*, *T. pefauri*, *T. zapahuirensis*. *T. halli, T. philippi, T. fronteriensis, T. vilamensis* y *T. dankoi*. Esta última en las cercanías de la ciudad de Calama siendo la especie más sureña de los *Telmatobius* descrita para Chile (Duellman 1993, Cuevas & Formas 2002). En la Tabla 4-8 se muestran los registros para las áreas de estudio y pese a que el río Vilama está fuera, por su proximidad se incluye el registro de la especie endémica para ese cuerpo de agua (*Telmatobius vilamensis*).

TABLA 4-8. ANFIBIOS PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA. EST= ESTATUS, N= NATIVA, E= ENDÉMICA.

Especie	Nombre vulgar	Est	Localidad de registro	Fuentes
Bufo spinulosus Wiegmann,1834	sapo espinoso	N	Caspana Termas del Tatio El Tatio El Tatio El Tatio El Tatio Río San Pedro de Atacama Río Vilama Soncor, PN Los Flamencos Río Puritama	Moreno & Ibarra-Vidal 2004 Núñez et al. 1982 Moreno & Ibarra-Vidal 2004 Veloso 1995 SGA/GDN 2007 Este estudio Veloso & Núñez 1998 Núñez et al. 1982 Este estudio Este estudio
Telmatobius dankoi Formas, Northland, Capetillo, Núñez, Cuevas & Brieva, 1999	rana acuática de Danko	E	Oasis de Calama	Formas et al. 1999
Telmatobius fronteriensis Benavides, Ortiz & Formas, 2002	rana acuática de la frontera	E	Puquios	Benavides, Ortiz & Formas 2002
Telmatobius halli Noble, 1838	rana acuática de Hall	E	Ollagüe	Veloso & Núñez 1998
Telmatobius philippii Cuevas & Formas, 2002	rana acuática de Philippi	E	Ollagüe	Cuevas & Formas, 2002
Telmatobius vilamensis Formas, 2002	rana acuática de Vilama	E	Río Vilama	Formas et al. 2003

TABLA 4-9. REGISTROS COMPARATIVOS DE ANFIBIOS EN SIETE LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE EL LOA,

Especie	Calama	L. Lejía	Licancabur	G. del Tatio	Ollagüe	Puquio
Bufo spinulosus			x	x		
Telmatobius dankoi	x					
Telmatobius vilamensis			x			
Telmatobius fronteriensis						x
Telmatobius philippii					x	
Telmatobius halli					x	

Los anfibios registrados en las áreas de estudio son los esperados para esos ambientes. La diversidad, alfa, beta y gamma, no es alta en las áreas de estudio, en la provincia de El Loa ni en la región de Antofagasta, sin embargo su alto endemismo (cinco de seis especies) las hace de muy alto interés como objeto de conservación.

Preocupa, en el Oasis de Calama, que *Telmatobius dankoi*, pese a los esfuerzos de captura en septiembre de 2007 y enero de 2008, no fuera registrado, más aún si los informantes clave declararon que hace mucho tiempo (sic) no visualizan anfibios en el área. Se recomienda un monitoreo específico para esta especie, endémica del Oasis de Calama y que podría convertirse en una especie focal.

3.2. Diversidad de reptiles

Reptiles de Chile

De las 94 especies descritas para Chile (Veloso et al. 1995), según Núñez & Veloso (2001) existirían para la región de Antofagasta 33 especies de lagartos, pero habría que agregar a las lagartijas de Bárbara, lagartija de los hijos y lagartija de Puritama (*Liolaemus barbarae*, *Liolaemus filiorum* y *Liolaemus puritamensis*) y a la culebra de cola corta del norte (*Tachymenis peruviana*) por lo que serían 37 especies conocidas, pertenecientes a tres subórdenes: Serpentes (familia Colubridae, una especie), Scleroglossa (familia Gekkonidae, tres especies) e Iguania (familias Tropiduridae, 31 especies y Teiidae, dos especies). En la provincia de El Loa Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) proponen 22 especies y Simonetti et al. (2003) proponen 14 especies potencialmente presentes en la Comuna de San Pedro de Atacama. En la Tabla 4-11 se señalan estas especies, con referencia especial a las localidades de registro en o cercanas a las cinco áreas objetivo de este estudio.

Origen y distribución

La distribución de Squamata era más amplia que en la actualidad en el Cretáceo y gran parte del Terciario, según Albino (1996) en base al registro fósil. Esto porque existían condiciones ambientales más favorables. Según Núñez & Veloso (2001) el evento orogénico más relevante fue la aperura del paso de Drake en el Oligoceno y Mioceno temprano, lo que originó la corriente de Humboldt que era cálida, la que luego se fue enfriando durante el Plioceno, transitando por esto la fauna de una comunidad tropical a una austral, lo que implicó un proceso de desecación, avance de la flora austral hacia el norte y retroceso de la flora tropical. Eso se sumó a una gran actividad volcánica que provocó el alzamiento de la cordillera andina, como la conocemos hoy (Zinzmeister 1978, Martínez-Pardo & Martínez-Guzmán 1997). Durante el Terciario superior las frías condiciones terminan en las glaciaciones cuaternarias, que alternaron condiciones áridas y húmedas. De esta manera, Núñez & Veloso (2001) proponen como explicación para el origen y diversidad de los lagartos de la región de Antofagasta los cambios orogénicos y climáticos del pasado. En primer lugar el levantamiento de la cordillera andina, en segundo lugar el enfriamiento del territorio por efecto de la corriente de Humboldt, desecando los territorios del norte de Chile y sur de Perú, proceso que llegó a su máximo en el Cuaternario con la formación del actual desierto de Atacama. Esto propició la dispersión de los

lagartos hacia ambientes más mésicos de la precordillera y cordillera andina, a lo largo de la cuenca del río Loa y de los oasis y valles con aguas permanentes. Los ambientes de altura fueron y son fuertes barreras que limitaron el flujo genético y promovieron una distribución fragmentada, en forma de parches (Núñez & Veloso 2001). En la costa hubo fragmentación determinada por condiciones xéricas, propiciando el aislamiento y la posterior especiación de *Microlophus, Garthia* y *Callopistes*. Así el levantamiento de las tierras y el desecamiento establecieron relaciones ecológicas entre las poblaciones ancestrales permitiendo la dispersión (ampliación de la distribución) hacia nuevos ambientes y propiciando la especiación (formación de nuevas especies) a mayores alturas (sobre los 2.500 msm). La agregación (adiciones) y eliminación (sustracción) de especies en una región puede ser afectado por procesos tales como especiación, dispersión biótica, dispersión a distancia y extinción. Las dos primeras se traducen en especies estructuradas jerárquicamente en un sentido linneano, mientras que la dispersión a distancia desemboca en conjuntos de especies desestructurados. En base a todo lo expuesto, entonces, en la región de Antofagasta el principal proceso que actuó y actúa sobre la fauna de lagartos es: (a) la especiación en los nuevos ambientes creados cuando se levantaron las tierras y se desecó la zona y (b) la dispersión biótica (Núñez & Veloso 2001).

La mayoría de las especies de lagartos registradas para las áreas de estudio pertenecen al género *Liolaemus* descrito en 1834 en base a ejemplares procedentes de Chile y que cuenta con más de 160 especie en Argentina, Chile, Bolivia, Brasil, Paraguay, Perú y Uruguay, los dos primeros con el mayor número de especies. En Chile el género *Liolaemus* (de estado sistemático conflictivo) está representado por 76 especies, cuatro de ellas politípicas, 13 subespecies, con un total de 85 taxas (Pincheira-Donoso & Núñez 2005). La gran diversidad de especies de este género puede explicarse por su extensa distribución biogeográfica en el centro-sur y sur de Suramérica, amplio territorio con muchos ecosistemas diferentes y sometidos a severos cambios geomorfológicos que determinó múltiples centros de especiación vicariante (Núñez at al. 2000). De este modo las poblaciones ancestrales de *Liolaemus* debieron adaptarse a drásticos cambios en la biocenosis y transformaciones, que dieron origen a los ecosistemas altoandinos, desérticos y patagónicos, los que condicionaron a estas especies antiguas a adquirir nuevos caracteres con conservación transgeneracional y dando origen a las especies tal como las conocemos hoy (Pincheira-Donoso & Núñez 2005).

Reptiles de la región de Antofagasta

La región de Antofagasta integra un ecosistema mayor, la *Diagonal xérica*, que se despliega desde el sur de Perú hasta Atacama, y al lado occidental de los Andes hasta la Patagonia. Las 35 especies de lagartos pertenecen a las familias Tropiduridae, Gekkonidae y Teiidae, estas dos últimas restringidas a las zonas costeras. Como se muestra en la Tabla 4-10 Núñez & Veloso (2001) estudiaron la distribución de los lagartos en la región de Antofagasta, dividiéndola en tres zonas: (a) una zona occidental, al oeste de la cordillera de Domeyko, desde el nivel del mar los 2.500 msm; (b) una zona media, de desierto interior, al este de la mencionada cordillera y hasta las pendientes precordilleranas andinas, desde los 2.500 a los 3.500 msm, y (c) una zona oriental, por sobre los 3.500 msm. A las especies analizadas por los autores le hemos agregado nuevas especies y la familia Colubridae (culebras).

TABLA 4-10. DISTRIBUCIÓN DE REPTILES EN TRES ZONAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (TOMADO Y MODIFICADO DE NÚÑEZ & VELOSO 2001).*= ENDÉMICAS DE LA REGIÓN.

ZONA OCCIDENTAL	ZONA MEDIA	ZONA ORIENTAL
Familia Teiidae	Familia Tropiduridae	Familia Colubridae
*Callopistes palluma**	*Liolaemus alticolor**	*Tachimenis peruviana*
Familia Tropiduridae	*Liolaemus constanzae**	Familia Tropiduridae
*Liolaemus atacamensis**	*Liolaemus donosi**	*Liolaemus alticolor**
Liolaemus bisignatus	*Liolaemus fabiani**	*Liolaemus constanzae**
*Liolaemus hellmichi**	*Liolaemus foxi**	*Liolaemus dorbignyi**
Liolaemus nigromaculatus	*Phrynosaura audituvelata**	*Liolaemus fabiani**
*Liolaemus paulinae**		*Liolaemus islugensis**
Liolaemus platei		*Liolaemus multicolor**
*Liolaemus constanzae**		*Liolaemus nigriceps**
Microlophus theresioides		*Liolaemus schmidti**
*Microlophus atacamensis**		*Liolaemus signifer**
*Microlophus tarapacensis**		*Liolaemus stolzmanni**
*Phrynosaura torresi**		*Liolaemus puritamensis**
Familia Gekkonidae		*Phrynosaura erronea**
*Garthia gaudichaudii**		*Phrynosaura* sp*
*Phyllodactylus cf inaequalis**		
Phyllodactylus gerrhopygus		

El único género endémico para la región es *Phrynosaura* (aunque controvertido), con seis especies, dos distribuidas en la zona occidental, una en la medial y dos en la oriental. Los géneros que más endemismos contienen son *Liolaemus* y *Phyllodactylus*, el primero, además agrupa a más del 66% de la diversidad de saurios de la región.

En la zona occidental, también están documentadas otras especies como *Ctenoblepharis adspersa* de Perú y especies del grupo "nigromaculatus". Algunas especies de esta zona (*Microlopohus atacamensis, Liolaemus paulinae* y *Phyllodactylus gerrhopygus*) pueden llegar a elevaciones más altas como la quebrada de Yalquincha y Ojo de Opache en el Oasis de Calama (Donoso-Barros 1966, Núñez 1992, Núñez & Veloso 2001). Los géneros presentes en esta zona son diversos y la ruta de invasión son las áreas costeras (e.g., *Microlophus* y *Phyllodactcylus*), en que los animales usaron una estrategia "talasófita", consumiendo algas, crustáceos y otros invertebrados pequeños. Su desplazamiento hacia la zona media se explica por la presencia del río Loa, usado como ruta de dispersión de *Microlophus* y *Phyllodactylus.*

También usaron el río Loa como pasaje de dispersión, aparentemente desde zonas costeras hacia el interior, especies del género *Phrynosaura*, aunque se desconoce si su origen está en la cordillera andina o en la costa.

En la zona media se registran seis especies de tropidúridos, pertenecientes a dos linajes, remanentes de un conjunto antiguo adaptado a condiciones altiplánicas. En la cordillera de Domeyko existe muy poca vegetación y se han registrado sólo tres especies: *Liolaemus foxi, Liolaemus constanzae* y *Phrynosaura audituvelata* (Núñez et al. 2000). Al este de la cuesta Barros-Arana se encuentran *Liolaemus alticolor, L. constanzae, L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata,* todas endémicas con distribución local, salvo *L. alticolor* que se distribuye hasta los 4.100 msm (Núñez & Veloso 2001).

Finalmente, en la zona oriental, en la cordillera andina por sobre los 2.500 msm, se registran 13 especies de reptiles, 12 de ellos lagartos, agrupados en una sola familia: Tropiduridae y que provienen de dos linajes, uno especiado en las montañas andinas (e.g., *L. andinus, L. fabiani*) y otro grupo, posiblemente dispersado desde el sur (e.g., *L. constanzae* y *L. alticolor*).

Este género, también se subdivide en complejos y éstos a su vez en grupos de especies. El grupo ruibali, reúne varias especies (e.g., *Liolaemus foxi, L. rosenmanni, L. nigriceps*), casi todas en la cordillera andina, pero algunas especies viven en montañas no andinas, como *L. foxi* en la cordillera de Domeyko, distribución que Núñez et al. (2000) explican porque el conjunto original de *Liolaemus* de la cordillera andina fue "expulsado" hacia los valles por los glaciares, y regresaron a Los Andes cuando éstos se retiraron. Sin embargo, algunas especies regresaron a la cordillera "equivocada". Esta distribución también puede ser explicada de otra manera, ya que los glaciares no afectaron significativamente el área, pero sí hubo mayor precipitación, el doble, en el altiplano durante el Holoceno. De este modo el ambiente era, entonces, más benigno para la flora y fauna y cuando la aridez se acentuó, por la instauración de la corriente de Humboldt, algunas especies quedaron aisladas (Núñez et al. 2000). Así, el que las especies abandonaran su lugar de origen, y luego regresaran ya diferenciadas, explica que las especies estén asociadas a cuencas de salares en simpatría, que perteneciendo a grupos ancestrales diferentes, experimentaron las mismas condiciones y desembocaron en iguales situaciones (Núñez et al. 2004).

La fauna de lagartijas del altiplano tiene patrones de distribución geográfica con cierta simetría, correlacionada con los linajes filéticos que componen sus formas. Así de San Pedro de Atacama al norte se distribuyen especies afines a los grupos jamesi (e.g., *L. jamesi, L. hajeki, L. puritamensis* y *L. stolzmanni*) y signifer (e.g., *L. signifer, L. andinus, L. erguetae, L. multicolor, L. panterhinus*). Ahora bien, de San Pedro de Atacama al sur las especies del género *Liolaemus* presentan cambios en su composición, posiblemente condicionados por los cambios climáticos del Pleistoceno, en que los valles que quedaron entre la cordillera de los Andes y el cordón de Domeyko actuaron como ecosistemas glaciales de refugio, donde especiaron las formas de Chile y Argentina del grupo ruibali y fabián (e.g., *L. nigriceps*), con una especie extralimital *L. foxi* (Núñez & Veloso 2001, Pincheira-Donoso & Núñez 2005). En la zona de transición entre los grupos jamesi-signifer (norte de San Pedro) y ruibali (sur de San Pedro), está *L. fabiani,* que constituye un grupo propio.

Reptiles de la provincia de El Loa y Valle de Quillagua.

En las Tablas 4-11 y 4-12 se muestran los registros propios y previos, por especies y localidades.

TABLA 4-11. REPTILES PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA Y VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA. REC(S)= RECOLECTOR(ES).

Especie	Nombre vulgar	Localidad de registro	Fuente
Tachymenis peruviana Wiegmann, 1835	Culebra de cola corta del norte	Zonas altoandinas Zonas altoandinas Quebrada de San Bartolo, Río Grande	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Donoso-Barros 1966 H. Núñez y J. Yáñez Com. per.
Phyllodactylus gerrhopygus (Wiegmann, 1835)	Salamanqueja	Oasis de Calama	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Microlophus theresioides (Donoso-Barros, 1966)	Corredor de Pica	Chusmiza Quebrada de Yalquinca, Calama La Hayca-Canchones Mirador, quebrada de Quetena, Calama San Salvador y Oasis de Calama Valle de Quillagua Tranque Santa Fe, Quillagua	F. Bozinovic et al. 1990 recs. M. Quispe 1985 rec. F. Bozinovic et al. 1990 recs. Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio
Liolaemus ornatus Koslowsky, 1898	Lagartija ornamentada	Ollagüe	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Liolaemus fabiani Yáñez y Núñez, 1983	Lagartija de Fabián	Camino viejo San Pedro de Atacama Llano de Vilama hacia V. Licancabur Hacia Volcán Licancabur Soncor, Salar de Atacama	J.C. Torres-Mura 1997 rec. Yáñez & Núñez 1983 Este estudio Este estudio
Liolaemus hajeki Núñez, Pincheira-Donoso & Garín, 2004	Lagartija de Hajek	Norte Calama Estación Ojos de San Pedro San Pedro de Atacama El Abra, Baños de Turi Quebrada de Inacaliri, San Pedro Cerro Puruña Salar de Ascotán y Carcote El Tatio	Núñez et al. 2004 J.C. Torres 1996 rec. Núñez et al. 2004 J.C. Torres 2001 rec. J.C. Torres 2001 rec. Núñez et al. 2004 J.C. Torres y J. Yánez 1996 recs. Este estudio
Liolaemus puritamensis Núñez y Fox, 1989	Lagartija de Puritama	San Pedro de Atacama Camino al Tatio, Sasiel Laguna Lejía y Laguna Seca	Núñez & Fox 1989 Núñez et al. 2004 H. Núñez et al. 1998 recs.
Liolaemus stolzmani (Steindachner, 1891)	Lagartija de Stolzmann	Quebrada del Inca Quebrada del Inca, Ollagüe Salar de Ascotán	R. Donoso B. 1960 rec. Núñez et al. 2004 Núñez et al. 2004
Liolaemus foxi Núñez, Navarro & Veloso, 2000	Lagartija de Fox	Cuesta Barros-Arana 60 km SE Calama	Núñez et al. (2000)
Liolaemus nigriceps (Philippi, 1860)	Lagartija de cabeza negra	Río Frío Quebrada Zorritas, cerro Llullaillaco San Pedro de Atacama, sur este	Pincheira-Donoso & Núñez 2005 H. Núñez et al. 1998 rec. J. Contreras 1989 rec.
Liolaemus andinus Koslowsky, 1895	Lagartija andina	El Refugio camino al Tatio Este del Salar de Atacama Talabre Viejo Laguna Lejía Laguna Lejía Laguna Seca (cerca L. Lejía) Laguna Tara Farellones de Tara, Reserva Nacional Los Flamencos Salar de Aguas Calientes	H. Núñez et al. recs. 1998 Pincheira-Donoso & Núñez 2005 J. Yáñez y L. Salgado 1980 recs. J. Yáñez y L. Salgado 1980 recs. Este estudio Este estudio S. Silva 1990 rec. Valladares et al. 2002 Valladares et al. 2002 C. Cornelius 1997 rec.

Liolaemus erguetae Laurent, 1995	Lagartija de Ergueta	Linzor, norte del Tatio Sur Salar de Ascotan	J. Contreras 2003 rec. Pincheira-Donoso & Núñez 2005
Liolaemus multicolor Koslowsky, 1898	Lagartija multicolor	Salar de Aguas Calientes II Salar de Aguas Calientes II Salar de Ascotán	Núñez & Veloso 2001 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Liolaemus pantherinus Pellegrin, 1909	Lagartija pantera	Ollagüe Ollagüe Ollagüe	Donoso-Barros 1966 G. Arriagada 1982 rec. In: MNHN-1532 Pincheira-Donoso & Núñez 2005
Liolaemus signifer (Duméril y Bibron, 1837)	Lagarto rubricada	Altiplano de Antofagasta	Donoso-Barros 1966
Liolaemus barbarae Pincheira-Donoso y Núñez 2005	Lagartija de Bárbara	Este de San Pedro de Atacama El Tatio Camino azufrera, volcán Licancabur Azufrera Alitar este San Pedro de Atac.	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 SGA/GDN 2007 Núñez & Yáñez recs. 1982 Núñez at al. rec. 1982
Liolaemus paulinae Donoso-Barros, 1961	Lagartija de Paulina	Oasis de Calama, orillas del río Loa Las vegas de Calama Río Loa, Calama Yalquincha, Calama	Donoso-Barros 1961 G. Arriagada 1982 rec. Núñez et al. 1982 recs. Este estudio
Liolaemus constanzae Donoso-Barros, 1961	Lagartija de Constanza	Cuesta Barros Arana San Pedro de Atacama 10 km este Camino azufrera, volcán Licancabur Salar de Atacama Puritana Toconao Peine Chiu Chiu El Guatín, Volcán Licancabur	H. Núñez 1998 rec. H.Núñez y J. Yáñez 1981 recs. Núñez & Jaksic 1992 Donoso-Barros 1970 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Donoso-Barros 1970 Donoso-Barros 1961, H. Núñez 1982 Núñez & Jaksic 1992 Este estudio
Liolaemus filiorum Pincheira-Donoso y Ramírez, 2005	Lagartija de los hijos	Cerro Las Papas, Calama Conchi, sur de Lequena	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Phrynosaura audituvelata (Núñez y Yáñez, 1983)	Dragón de oído cubierto	Cordón de Domeyko Cuesta Barros Arana San Pedro de Atacama Llano de Vilama	G. Ramírez rec. Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Valladares et al. 2002
Phrynosaura erronea (Núñez y Yáñez, 1983)	Dragón grande	Tumbre (camino a Laguna Lejía)	Núñez & Yáñez 1983
Phrynosaura torresi Núñez et al. 2003	Dragón de Torres	Ribera sur del río Loa, Calama Tranque Talabre cerca de Calama Salar del Indio, SO de Chuquicamata Oasis de Calama	Núñez et al. 2003 J. Torres y M. Lemus 2001 recs. Núñez et al. 2003 E. Elgueta julio 2006 rec

TABLA 4-12. REPTILES PRESENTES EN 10 LOCALIDADES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO, P= ESPECIE PROBABLE.

Especie/localidades	Valle de Quillagua	Oasis de Calama	Laguna Lejía	San Pedro de Atacama	Salar de Atacama	Volcan Licancabur	Geisers del Tatio	Salar Aguas Calientes	Salar de Ascotán	Ollagüe
Tachymenis peruviana Culebra de cola corta del norte				X						
Phyllodactylus gerrhopygus Salamanqueja		Op								
Microlophus theresioides Corredor de Pica, lagarto de Teresa	X	X								
Liolaemus ornatus Lagartija ornamentada										X
Liolaemus fabiani Lagartija de Fabián				X	X	X				
Liolaemus hajeki Lagartija de Hajek				X			X			
Liolaemus puritamensis Lagartija de Puritama			X	X		X				
Liolaemus stolzmani Lagartija de Stolzmann										X
Liolaemus nigriceps Lagartija de cabeza negra				X						
Liolaemus andinus Lagartija andina			X		X	X	X	X		
Liolaemus erguetae Lagartija de Ergueta							X	X	X	
Liolaemus multicolor Lagartija multicolor								X	X	
Liolaemus pantherinus Lagartija pantera										X
Liolaemus barbarae Lagartija de Bárbara				X	X	X	X			
Liolaemus paulinae Lagartija de Paulina		X								
Liolaemus constanzae Lagartija de Constanza				X	X	X				
Phrynosaura audituvelata Dragón de oído cubierto				X		P				
Phrynosaura torresi Dragón de Torres		Op								
TOTAL	1	4	2	8	4	6	4	3	2	3

Desde el punto de vista biogeográfico la importancia de los reptiles de las áreas de estudio, especialmente los lagartos, está en el alto nivel de endemismos, que se distribuyen, no sólo en la región, sino que están circunscritos a localidades muy específicas.

3.3. Diversidad de aves

Aves de Chile

Jaramillo (2004) considera que en Chile existen 460 especies de aves. Araya & Bernal (1995) reconocen 456 especies. Marín (2004) sólo acepta 438, discutiendo y relegando 38 especies como hipotéticas para Chile y 10 las excluye como citadas erróneamente. Localmente Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) proponen 113 especies para la provincia de El Loa y Jaramillo (2005) propone 104 especies de aves en los ecosistemas de la puna de la región de Antofagasta.

Según los resultados de las prospecciones realizadas para la Línea de Base del EIA del Proyecto Perforación Geotérmica Profunda El Tatio (SGA/GDN 2007), la comunidad de aves presente en esta área estaría conformada por 20 especies, siendo todas ellas propias de los ambientes de altura. Dentro de ellas destaca la presencia de: *Pterocnemia pennata* (suri o ñandú), especie catalogada como en Peligro de extinción; *Larus serranus* (gaviota Andina), especie catalogada como Rara; y *Tinamotis pentlandii* (perdiz de la Puna), especie considerada como Vulnerable. Esta lista de 20 especies corresponde a las aves presentes en la estación de invierno. Es esperable que la diversidad de aves se incremente hacia primavera – verano.

Origen y diversidad de aves acuáticas

Las aves pueden agruparse, ecológicamente, según los hábitats que ocupan. Para este caso, de las áreas de estudio, pueden reunirse en aves asociadas a humedales, a matorrales, estepas, etc.

Los salares altiplánicos son humedales que se distribuyen en una franja angosta, los que derivaron del desecamiento postglacial de grandes lagos (Clayton & Clapperton 1995), conteniendo una diversidad relativamente baja de especies muy adaptadas a esos ambientes hipersalinos. Así, este ensamble de aves se estructura en base a filtradores de zooplancton (e.g., flamencos) y depredadores de invertebrados (e.g., chorlos, playeros, caiti) (Sielfeld et al. 1996). La diversidad de aves de la laguna Lejía debe compararse con ambientes homólogos. Schlatter & Sielfeld (2006) consideraron 143 especies acuáticas (aves que cumplen todo su ciclo vital en humedales) para Chile, descontando las especie accidentales. Ellos compararon la diversidad de estas aves en 11 tipos diferentes de humedales, documentando que los más diversos son las lagunas bajas y bañados (de agua dulce) con 74 especies, y los de menor diversidad son los humedales de turberas y fangales riparianos con 14 y 23 especies respectivamente. Los cuerpos de agua cordilleranos (> 1.500 msm), que aquí particularmente nos interesan, contienen unas 31 especies.

Para las áreas de estudio se deben considerar varios humedales relevantes contenidos en las aguas cordilleranas, como los salares, lagunas altoandinas, bofedales, ríos y oasis, los que contienen una avifauna de estructura más simple que otros humedales, pero con una composición específica característica y claramente diferenciados de otros humedales, como se muestra en la siguiente figura, en que al análisis de similitud (Índice de Jaccard) realizado por Schlatter & Sielfeld (2006) resultaron similares, por ejemplo, entre las lagunas bajas y los pantanos, y entre los lagos abiertos y los ríos potamales. Sin embargo el humedal más disímil resultó ser el de aguas cordilleranas.

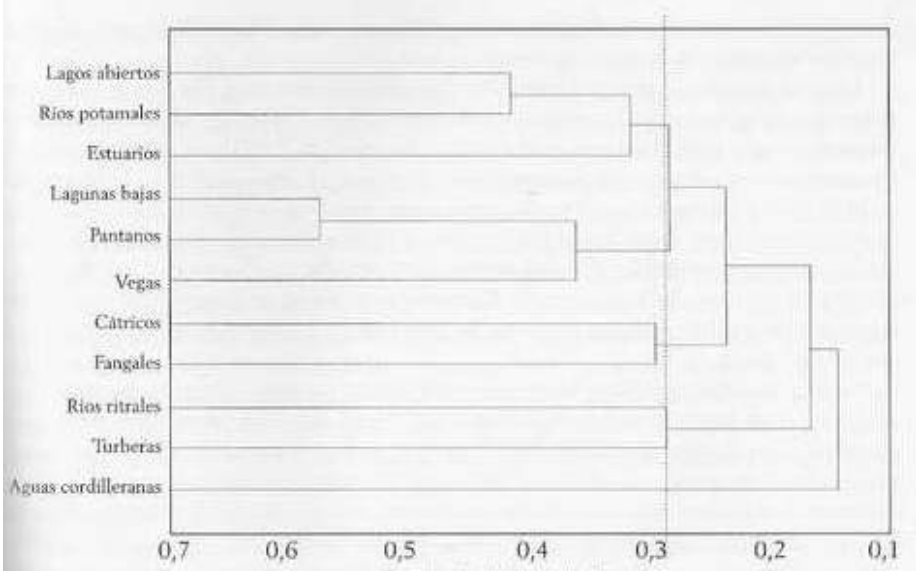


FIGURA 4-15. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE LOS ENSAMBLES DE AVES ACUÁTICAS EN DIFERENTES HUMEDALES (TOMADO DE SCHLATTER & SIELFELD 2006).

El origen de las aves de humedales andinos ha sido abordado por Fjeldsa (1985), quien establece áreas núcleo de endemismos, que contienen el mayor número de especies de un grupo de distribución, y determinan centros de dispersión o áreas de refugio antiguas. Una de estas áreas son las pampas argentinas o centro de La Plata (Schlatter et al. 1991, Schlatter & Sielfeld 2006), lo que explica el alto número de especies acuáticas continentales, de alta dispersión y nomadismo, compartidas entre ésa área y zonas en Chile. Aún hoy, frente a variaciones climáticas macrorregionales, se constatan visitas accidentales como el pato silbón y la tagüita purpúrea (Amado el at. 1991, Amado & Sielfeld 1994). De este modo las aves acuáticas de los cuerpos de agua de la cordillera de Antofagasta derivan, principalmente, del área núcleo de las pampas argentinas más que de procesos de especiación local (Fjeldsa 1985).

Aves de la región de Antofagasta y provincia de El Loa

Behn et al. (1957) registró, en sus excursiones ornitológicas a las cordilleras de la región, un total de 52 especies de aves terrestres. Luego, Peña (1968) en invierno, prospectó 19 localidades de la provincia de Antofagasta registrando nueve especies. Vuilleumier (1997) documentó 20 especies para la zona puneña desértica (> 3.500 msm) en los Altos Andes de Sudamérica, cinco de ellas en el desierto de Atacama.

Rau et al. (1998) realizaron cuatro excursiones ornitológicas desde el inicio del invierno de 1996 y finales del verano de 1998 en nueve localidades de la región de Antofagasta desde la desembocadura del río Loa (10 msm) a Socaire (3.900 msm), registrando 80 especies de aves, pertenecientes a 11 órdenes. La cuarta excursión, a fines del invierno de 1997, fue la de mayor abundancia de registros, coincidiendo con el desierto florido e inmediatamente después del

fenómeno de El Niño/Oscilación Sur. Las localidades con mayor riqueza de especies fueron Tumbre, Quebrada de Jere y Socaire (Tabla 4-13). De todas las especies que registraron el 46% (37) fueron únicas, es decir, solamente registradas en una localidad, y de estas especies únicas el 41% (15) fueron registradas sólo en el humedal bofedal de Tumbre (camino a Laguna Lejía) y en el humedal de la Cascada en el Oasis de Calama. En el desierto de Atacama registraron cuatro especies (una menos que Vuilleumier 1997). Estos autores calcularon la diversidad gamma (γ) en 4,42 bits/individuos, siendo equivalente a más de 21 especies equidominantes, lo que constituye una alta diversidad regional, ya que en la naturaleza el Índice de Shannon-Wiener se torna asintótico a los 5 bits/individuos, los cuales son equivalentes a 32 especies equidominantes, de este modo la diversidad gamma relativa es también comparativamente alta (0,884).

En las cinco áreas de estudio, en una excursión de cinco días por área se registraron 73 especies. Para la provincia de El Loa Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), como ya indicamos, proponen 113 especies. Sin embargo, esta cifra puede variar. Marín (2004) considera a varias de ellas como hipotéticas (H) para Chile, por lo que no debieran incorporarse como especies comprobadamente del país.

Especies hipotéticas, raras y adiciones a la lista de la provincia de El Loa

Jaramillo (2004) cita para la región de Antofagasta la piranga (*Piranga rubra*), hermosa ave, rojo el macho y verdosa la hembra, pero el único ejemplar conocido fue encontrado momificado en Estación La Negra en la provincia de El Loa, en enero de 1967. Como único registro en más de cuarenta años no debe incluirse en la lista de aves de la provincia de El Loa.

Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) mencionan para la provincia de El Loa a la golondrina grande, también llamada golondrina de rabadilla canela, (*Petrochelidon pyrrhonota*). Esta especie migra estacionalmente del hemisferio norte a Sudamérica y se ha registrado pocas veces en Arica. En Antofagasta la observó P. Post en Calama (Demetrio 1993) entre diciembre y marzo; y en San Pedro de Atacama Howell & Webb (1995). Debido a tan escasos registros se considera hipotética.

El bolsero de Baltimore o turpian norteño (*Icterus galbula*) se distribuye en Estados Unidos y Canadá y migra a centro y Suramérica sólo en Colombia, Venezuela y Ecuador. Ha sido registrado en Chile sólo en Calama, un ejemplar entre el 22 y el 25 de junio de 2002 (Torres-Mura et al. 2003). De no mediar nuevos registros debiera considerarse accidental.

El cuervo de pantano de la Puna (*Plagadis ridgwai*) se distribuye en el altiplano de Perú, Bolivia y Argentina. En Chile en el altiplano de Arica (también en la costa) e Iquique y solo accidentalmente en al altiplano de la provincia de El Loa. Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) lo indican en vegas cerca a Ollague. De no mediar nuevos registros debe considerarse accidental.

La golondrina de los barrancos (*Riparia riparia)* según P. Post es considerada visitante regular en la zona de Antofagasta (Hughes 1970). Ha sido reportada hasta Llifén, Valdivia. En la provincia de El Loa Demetrio (1993) asevera que son visitantes regulares en el Oasis de Calama de noviembre a abril. Howell & Webb (1995) mencionan 6-7 registros en San Pedro de Atacama el 22 de noviembre de 1993. Es, según Marín (2004), un visitante escaso pero regular.

El pato silbón de cara blanca o pato pampa (*Dendrocygna viduata*) es un ave errante en Chile que ha sido registrado en varios lugares (e.g., ciudad de Antofagasta, Huayquique en Iquique,

río Quilimarí, Choapa). Salaberry et al. (1992) observó tres ejemplares el 11 de marzo de 1989 cerca del cerro de la Cruz en Calama. La consideramos una especie rara y errante y la incluimos en la lista para la provincia de El Loa.

Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) no registran especies del género *Tyrannus* para la provincia de El Loa. Philippi (1967) menciona un ejemplar del benteveo blanco y negro o suirirí boreal (*Tyrannus tyrannus*), capturado en Chinchorro, Arica en 1960. P. Post lo avistó en Chuquicamata en abril de 1968 (Johnson et al. (1972). Luego Demetrio (1993) los observa en Calama en mayo y junio de 1993 y D. Evans en el valle del río Loa el 10 de febrero de 1998 (Mazar Barnett & Kirwan 1999). Esta especie es errante, la consideramos rara y la incluimos a la lista para la provincia de El Loa.

El benteveo (*Pitangus sulphuratus*) también es considerada una especie rara por Marín (2004). E. Lamothe capturó el primer ejemplar en julio de 1966 en Cholguán, Biobío (Philippi 1967). En el norte grande fue capturado en la quebrada de Suca, Iquique (Marín et al. (1989) y en Caspana por F. Behn el 10 de febrero de 1968 (Marín 2003). Esta especie no la incluyen en su lista Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), pero la incluimos como especie visitante casual, errante y rara.

La garza azul (*Egretta caerulea*) es considerada por Marín (2004) como una especie rara en Chile. Es residente en las costas de Arica. Ha sido registrada desde 1971; y en 1991 lo fue en la costa de la ciudad de Antofagasta. En San Pedro de Atacama fue avistada en 1993 por Howell & Webb (1995). En este estudio fue avistada en el Oasis de Calama en los sectores Mirador y Yalquincha, lo que incrementa los registros para considerarla residente en el Oasis de Calama. Es considerada una especie rara.

El mero de la puna o mero de cola blanca (*Agriornis andicola*) fue documentado por Hellmayr (1932) en Putre, y luego por Philippi et al. (1944) en la misma localidad y Parinacota. Howell & Webb (1995) nuevamente la registran en Parinacota. En la provincia de El Loa fue capturado un ejemplar en junio de 1957 en Aguada de Linzor a 4.100 msm (Peña 1961). Es una especie rara.

Valle de Quillagua

La gallina ciega peruana o plasta peruana (*Chordeiles acutipennis*) fue inicialmente registrada por Philippi (1964) a partir de un espécimen capturado por F. Behn el 9 de septiembre de 1949 en Chacalluta, Arica. Araya & Millie (2000) agregan un registro en Quillagua. Sin embargo Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) citan a la subespecie *Caprimulgus longirostris atripunctatus* para la provincia de El Loa, en terrenos agrícolas al este de Calama y al oeste de Toconao. Pero esta subespecie se distribuye sólo en las zonas de altura de la región de Arica Parinacota según Jaramillo (2005). En este estudio la registramos en el Valle de Quillagua, por lo que creemos que la especie *Chordeiles acutipennis* está presente, al menos en Quillagua y posiblemente esté también en el Oasis de Calama. *Caprimulgus longirostris atripunctatus* estaría en la zona altiplánica de la provincia de El Loa.

Registramos al cazamosca tijereta (*Tyrannus savana*) en matorrales del Valle de Quillagua. Esta especie es considerada muy rara al oeste de la cordillera de los Andes por Ridgely & Tudor (1994). Ha sido registrada dos veces, por McFarlane en el Valle de Camarones, Arica en marzo de 1973 y Salaberry et al. (1992) en el valle del Lluta, Arica entre noviembre y febrero y Toconao en febrero de 1988. Esta especie es errante y la consideramos rara.

El playero enano (*Calidris minutilla*) es una especie accidental en Chile que migra del hemisferio norte a sudamérica. Capturado por R. Donoso en 1948 en caleta Vitor, Arica, ha sido reportado en el río Lluta, Arica; playa Changa y río Elqui (Coquimbo). D. Evans observó dos ejemplares en el tranque Sloman, Quillagua (Mazar Barnett & Kirwan 1999). La consideramos una especie accidental.

En la siguiente tabla se muestran los registros para diferentes localidades, para contextualizar y comparar lo documentado para las cinco áreas de estudio.

TABLA 4-13. DIVERSIDAD COMPARADA DE AVES EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

	Superficie	Altitud	Riqueza de Especies	Fuentes
Provincia de El Loa	42.473 km^2		113	Ramírez & Pincheira- D. 2005
Desierto de Atacama			5 4	Vuilleumier 1997 Rau et al. 1998
Cordillera provincia de El Loa			52	Behn et al. 1957
Valle de Quillagua	18,216 km^2	790-946	21	Este estudio
Ojo de Opache, Calama			19	Rau et al. 1998
Cascada, Calama		2.300	34	Rau et al. 1998
Oasis de Calama	45,758 km^2	2.210-2.400	32	Este estudio
Quebrada de Jerez, Toconao			29	Rau et al. 1998
Salar de Atacama			4	Rau et al. 1998
Soncor, Salar de Atacama			20	Rau et al. 1998
Camar			6	Rau et al. 1998
Socaire		3.900	22	Rau et al. 1998
Bofedal de Tumbre		3.843	42	Rau et al. 1998
Laguna Lejía	189,059 km^2	4.250-5.710	30	Este estudio
Geisers del Tatio	839,516 km^2	3.300-5.600	20 32	SGA/GDN 2007 Este estudio
Alrededores del Volcán Licancabur	939,342 km^2	2.780-5.850	26	Este estudio

En la Tabla 4-14 se muestran los registros propios y previos de la avifauna de las cinco áreas de estudio, contrastándolas con lo propuesto por Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) para la provincia de El Loa. A esta lista se han adicionado algunas especies registradas bibliográficamente (observaciones previas) o en este estudio.

TABLA 4-14. AVES DE LA PROVINCIA DE EL LOA (SENSU RAMÍREZ & PINCHEIRA-DONOSO (2005) Y DE CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (2007-2008). N= NUEVA ADICIÓN A LA LISTA PARA LA PROVINCIA DE EL LOA DE RAMÍREZ & PINCHEIRA-DONOSO (2005), A= ACCIDENTAL, E= ERRANTE, H= HIPOTÉTICA, R= RARA, P= PRESENCIA PROBABLE, OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO.

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
ORDEN RHEIFORMES						
Pterocnemia pennata suri, ñandú	X			X		X
ORDEN TINAMIFORMES						
Tinamotis pentlandii perdiz de la Puna, kiula	X				X	X
ORDEN PODICIPEDIFORMES						
Podiceps occipitalis blanquillo	X					
Rollandia rolland pimpollo	X					
ORDEN PELECANIFORMES						
Phalacrocorax brasilianus pato yeco	X					
ORDEN CICONIFORMES						
Bubulcus ibis garza boyera	X					
Ardea alba garza grande	X					
Egretta thula garza chica	X					
Egretta caerulea garza azul	X		X			
Nycticorax nycticorax huairavo	X		X			
Plegadis ridgwayi cuervo de pantano de la puna	X (A)					
Phoenicopterus chilensis flamenco chileno	X			X		X
Phoenicoparrus andinus parina grande	X			X		X
Phoenicoparrus jamesi parina chica	X			X		
ORDEN ANSERIFORMES						
Dendrocygna viduata pato silbón de cara blanca	N-E-R		Op			
Chloephaga melanoptera piuquén	X			X		X
Lophonetta specularioides pato juarjual	X			X		X
Anas cyanoptera pato colorado	X	X	X			
Anas puna pato puna	X				X	X
Anas flavirostris pato jergón chico	X	X	X		X	X
Anas georgica pato jergón grande	X	X	X		X	X
ORDEN FALCONIFORMES						
Circus cinereus vari ceniciento	X		Op			
Parabuteo unicinctus peuco	X					
Geranoaetus melanoleucus águila de pecho negro	X		Op			
Buteo polyosoma aguilucho variado	X	X	X		X	X
Vultur gryphus cóndor	X					X
Phalcoboenus megalopterus carancho cordillerano	X		X	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Falco sparverius cernícalo	X		X			
Falco femoralis halcón perdiguero	X	X	X		X	X
Falco peregrinus halcón peregrino	X		X			
ORDEN GALLIFORMES						
Callipepla californica codorniz	X					
ORDEN GRUIFORMES						
Pardillarus sanguinolentus pidén	X	Op	X			
Gallinula chloropus tagüita del norte	X					
Fulica ardesiaca tagua andina	X	X	X			
Fulica leucoptera tagua chica	X					
Fulica gigantea tagua gigante	X					X
Fulica cornuta tagua cornuda	X					
ORDEN CHARADRIFORMES						
Recurvirrostra andina caití	X					
Vanellus resplendens queltehue de la puna	X					
Pluvialis dominica chorlo dorado	X					
Charadrius alticola chorlo de la puna	X			X		
Oreopholus ruficollis chorlo de campo	X					
Phegornis mitchelli chorlito cordillerano	X					
Tringa melanoleuca pitotoy grande	X					
Tringa flavipes pitotoy chico	X					X
Calidris minutilla playero enano		Op				
Calidris bairdii playero de Baird	X			X		X
Calidris melanotos playero pectoral	X					
Gallinago andina becacina de puna	X					Op
Steganopus tricolor pollito de mar tricolor	X		X	X		
Attagis gayi perdicita cordillerana	X			X		
Thinocorus orbignyianus perdicita cojón	X					X
Thinocorus rumicivorus perdicita chica	X					
Larus serranus gaviota andina	X			X		X
Larus modestus gaviota garuma		X				
ORDEN COLUMBIFORMES						
Columba livia paloma doméstica	X		X			
Zenaida auriculata tórtola	X	X	X			
Zenaida meloda paloma de alas blancas	X		X			
Metriopelia aymara tortolita de la puna	X					Op
Metriopelia melanoptera tórtola cordillerana	X		Op	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
ORDEN PSITTACIFORMES						
Bolborhynchus aurifrons perico cordillerano	X			X		Op
ORDEN STRIGIFORMES						
Tyto alba lechuza blanca	X		X			
Bubo magellanicus tucúquere magallánico	X		X			
Athene cunicularia pequén	X		X			
ORDEN CAPRIMULGIFORMES						
Chordeiles acutipennis gallina ciega peruana	N-A	X	P			
Caprimulgus longirostris gallina ciega	X					
ORDEN APODIFORMES						
Chaetura pelagica vencejo de chimenea	X					
Oreotrochilus estella picaflor de la puna	X			X	X	
Patagona gigas picaflor gigante	X					
Rhodopis vesper picaflor del norte	X					
ORDEN PASSERIFORMES						
Geositta cunicularia minero	X			X		
Geositta isabellina minero grande	X					
Geositta maritima minero chico	X					
Geositta punensis minero de la puna	X			X		
Upucerthia dumetaria bandurrilla	X	X	X	X		
Upucerthia andaecola bandurrilla de las piedras	X					
Upucerthia ruficaudus bandurrilla de pico recto	X			X	X	Op
Cinclodes fuscus churrete acanelado	X		Op			
Cinclodes atacamensis churrete de alas blancas	X				X	X
Leptasthenura aegithaloides tijeral	X		X		X	X
Asthenes modesta canastero chico	X			X	X	X
Phleocryptes melanops trabajador	X	X	X			
Tachuris rubrigastra siete colores del norte	X	X	X			
Agriornis montana mero gaucho	X		X			
Agriornis andicola mero de la puna	X					X
Agriornis micropterus mero de Tarapacá	X					
Muscisaxicola maculirostris dormilona chica	X	X	X		X	
Muscisaxicola maclovianus dormilona tontita		X				
Muscisaxicola albilora dormilona de ceja blanca	X					
Muscisaxicola capistratus dormilona rufa	X					
Muscisaxicola frontalis dormilona frente negra	X			X		
Muscisaxicola rufivertex dormilona de nuca rojiza	X		X	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Muscisaxicola flavinucha dormilona fraile	X			X		X
Muscisaxicola cinerea dormilona cenicienta	X					
Lessonia oreas colegial del norte	X				X	X
Tyrannus tyrannus benteveo blanco y negro	N-E-R		Op			
Tyrannus savana cazamosca tijereta		X				
Pitangus sulphuratus benteveo	N-E-R					
Pygochelidon cyanoleuca golondrina de dorso negro	X	X	X		X	X
Riparia riparia golondrina barranquera	X		Op			
Hirundo rustica golondrina bermeja	X					
Petrochelidon pyrrhonota golondrina grande	X (H)		Op			
Troglodytes aedon chercán	X	X	X		X	
Turdus chiguanco zorzal negro	X				X	
Mimus triurus tenca de alas blancas	X					
Anthus correndera bailarín chico	X					
Conirostrum cinereum comesebo chico		X				
Conirostrum tamarugense comesebo del tamarugal		X				
Thraupis bonariensis naranjero	X					
Phrygilus atriceps cometocino del norte	X			X	X	X
Phrygilus fruticeti yal	X		X		X	
Phrygilus unicolor pájaro plomo	X			X	X	X
Phrygilus plebejus plebeyo	X			X	X	
Phrygilus dorsalis cometocino de dorso castaño	X					X
Phrygilus gay cometocino	N-OP		Op			
Xenospingus concolor pizarrita	X					
Sicalis uropygialis chirihue cordillerano	X			X		
Sicalis auriventris chirihue dorado	X			X	X	
Sicalis olivascens chirihue verdoso	X			X		
Zonotrichia capensis chincol	X	X	X		X	
Icterus galbula bolsero de Baltimore	N-A		Op			
Carduelis uropygialis jilguero cordillerano	X					
Carduelis atrata jilguero negro	X			X	X	X
Passer domesticus gorrión	X	X	X			
TOTAL ESPECIES	118	23	42	30	26	35

Diversidad de avifauna en el Valle de Quillagua

Se registraron 23 especies, que incluyen las 21 especies registradas en este estudio y dos registros previos. En la Tabla 4-15 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 16 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron: tranque Santa Fe y Cultivo con nueve y siete especies respectivamente. El valor más alto de diversidad (H') está en tranque Santa Fe. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una clara tendencia a la homogeneidad, esto es, las poblaciones censadas presentan abundancias similares, sin embargo, esto no es concluyente porque muchas especies censadas presentan muy baja abundancia de individuos. La excepción la constituye tranque Sloman ya que la población de *Fulica ardesiaca* (tagua andina) presenta un número de individuos (31) por sobre lo registrado en las otras poblaciones censadas. Las diferentes estaciones no presentan grandes disimilitudes entre sí, salvo cultivo (Fig 4-16).

TABLA 4-15. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA, 2007.

Estaciones Parámetros	Cultivo	Matorral	Borde del río	Plantación	Tranque Santa Fe	Tranque Sloman	TOTAL
S	7	5	6	4	9	6	16
N	34	22	26	19	41	52	194
AB (%)	17,5	11,3	13,4	9,8	21,1	26,8	100,0
H'	2,6	2,2	2,5	1,9	3,1	1,9	3,5
H' max	2,8	2,3	2,6	2,0	3,2	2,6	4,0
J	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,9

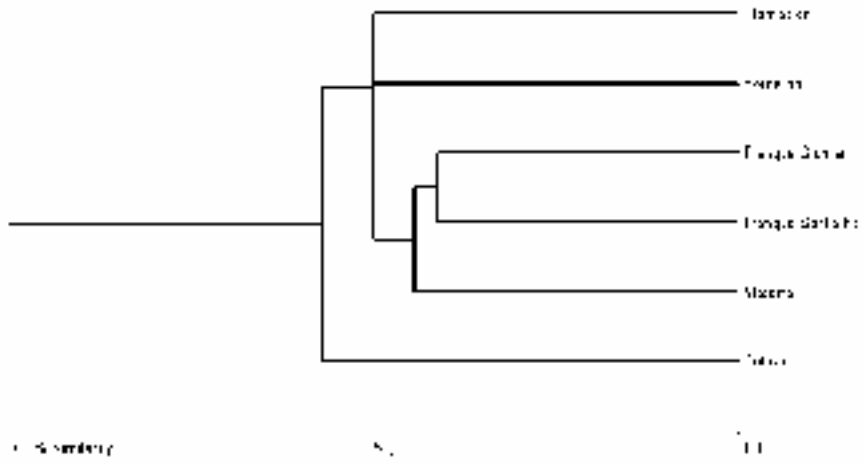


FIGURA 4-16. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL SITIO VALLE DE QUILLAGUA, 2007.

Diversidad de avifauna en el Oasis de Calama

Se registraron 42 especies, que consideran las 31 especies registradas en este estudio, 10 observaciones previas y una especie probable. En la Tabla 4-16 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 20 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones con mayor riqueza fueron Yalquincha, Mirador y pradera agrícola junto con Loa medio. El valor más alto de diversidad (H') está en Yalquincha. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad. En la Fig. 4-17 se aprecia que el ensamble de aves en pradera agrícola es diferentes de los demás, por el número de especies y por no contener aves acuáticas. Son similares Yalquincha, Mirador y Loa medio, que sí contienen aves acuáticas, pudiendo considerárseles integrantes de un mismo ensamble de aves.

TABLA 4-16. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

Estaciones Parámetros	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache	TOTAL AVES
S	7	7	8	6	6	10	6	20
N	20	19	25	22	19	33	26	164
AB (%)	12,2	11,6	15,2	13,4	11,6	20,1	15,9	100,0
H'	2,4	2,5	2,9	2,3	2,4	3,1	2,3	3,6
H' max	2,8	2,8	3,0	2,6	2,6	3,3	2,6	4,3
J	0,9	0,9	01,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8

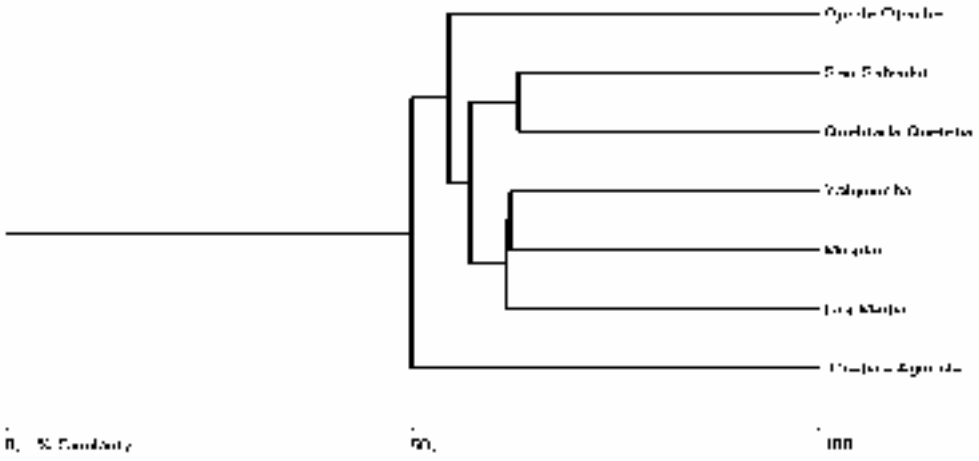


FIGURA 4-17. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SIETE AMBIENTES EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Diversidad de avifauna en Laguna Lejía

Se registraron 30 especies para el sitio de Laguna Lejía. En la Tabla 4-17 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 23 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). La mayor riqueza específica se presentó en LEJ-6 (humedal de Laguna Lejía), con 17 especies censadas, mientras que la menor se presentó en LEJ-4 (pajonal rocoso en laderas), con tres especies. La mayor abundancia relativa se presentó en LEJ-6. El valor más alto de diversidad (H') se registra en esta misma estación, este valor indica que a pesar de constituir la estación con mayor diversidad de especies es poco probable que esta diversidad aumente. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una clara tendencia a la homogeneidad. En la Fig. 4-18 se aprecia que el ensamble de aves de LEJ-6 se separa de los demás al contener un mayor número de especies.

TABLA 4-17. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA. 2008.

ESTACIONES PARÁMETROS	Pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1)	Pajonal tolar en planicie (LEJ-2)	Escoria volcánica (LEJ-3)	Pajonal rocoso (LEJ-4)	Escorial en laguna Seca (LEJ-5)	Humedal Laguna Lejía (LEJ-6)	TOTAL
S	9	6	4	6	6	17	23
N	17	9	8	15	17	155	221
AB (%)	7,7	4,1	3,6	6,8	7,7	70,1	100
H'	0,728	0,569	0,602	0,317	0,610	1,022	1,165
H' max	0,778	0,602	0,602	0,477	0,699	1,230	1,362
J	0,936	0,946	1,000	0,664	0,873	0,830	0,856

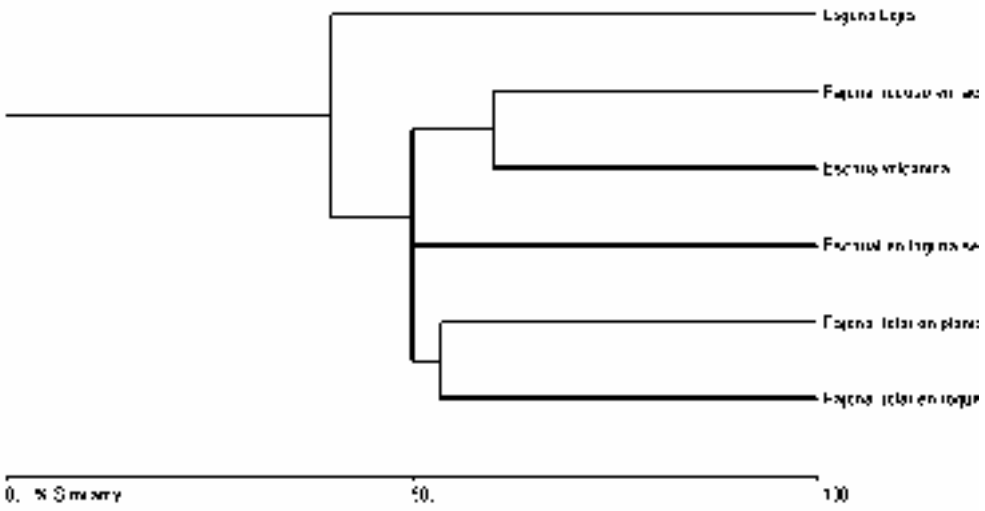


FIGURA 4-18. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL SITIO LAGUNA DE LEJÍA. ENERO 2008.

Diversidad de avifauna en Alrededores del Volcán Licancabur

Se registraron un total de 26 especies. En la Tabla 4-18 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 14 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas fueron LIC-5 (Borde estero) (8) y LIC-2 (pajonal) (5). El valor más alto de diversidad (H') se registra en la estación LIC-5 (borde estero). La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad, puesto que las poblaciones censadas en cada una de las estaciones de muestreo presentan abundancias similares, salvo la estación LIC-1 (cardonal -tolar) en la que existe una gran discrepancia entre las abundancias de las dos especies registradas, presentando por lo tanto un valor de equiparabilidad inferior.

TABLA 4-18. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Estaciones Parámetros	Cardonal tolar (LIC-1)	Pajonal (LIC-2)	Pajonal Tolar (LIC-3)	Tolar (LIC-4)	Borde Estero (LIC-5)	Ojalar (LIC-6)	TOTAL AVES
S	2	5	4	2	8	2	14
N	55	15	14	33	48	10	175
AB (%)	14,3	35,7	28,6	14,3	57,1	14,3	100
H'	0,068	0,679	0,485	0,299	0,848	0,265	0,832
H' max	0,301	0,699	0,602	0,301	0,903	0,301	1,146
J	0,225	0,972	0,805	0,994	0,939	0,881	0,726

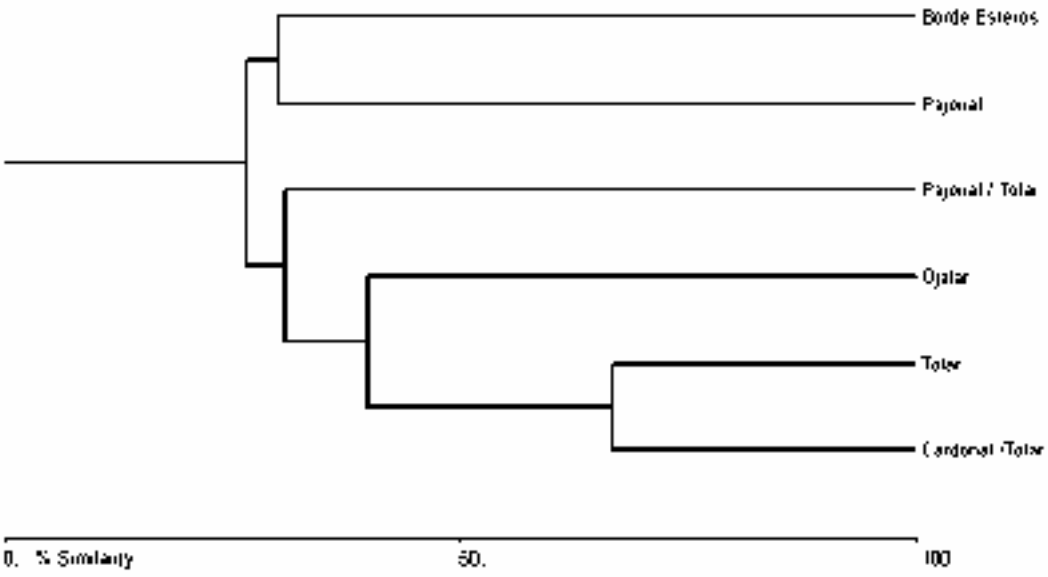


FIGURA 4-19. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

Diversidad de avifauna en Geisers del Tatio

Se registraron 35 especies, incluyendo las 31 registradas en este estudio más cuatro observaciones previas. En la Tabla 4-19 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 29 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas fueron TA-0 (vado Putana) con 15 especies, TA-1 (quebrada Putana) con nueve especies y TA-5 (bofedal) con ocho especies. El valor más alto de diversidad (H') se registra en esta misma estación. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad.

TABLA 4-19. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO EL TATIO, 2008.

Estaciones Parámetros	Vado río Putana (TA-0)	Quebrada Putana (TA-1)	Tolar (TA-2)	Pajonal (TA -3)	Quebrada Geisers (TA-4)	Bofedal (TA-5)	Bofedal Carabineros (TA-6)	Geisers Tatio (TA-7)	TOTAL
S	15	9	4	3	3	8	7	6	29
N	123	32	14	6	7	68	42	42	334
ABR (%)	36,8	9,6	4,2	1,8	2,1	20,4	12,6	12,6	100
H'	1,061	0,916	0,501	0,439	0,415	0,821	0,778	0,592	1,304
H' max	1,176	0,954	0,602	0,477	0,477	0,903	0,845	0,778	1,477
J	0,902	0,960	0,832	0,921	0,870	0,909	0,921	0,760	0,883

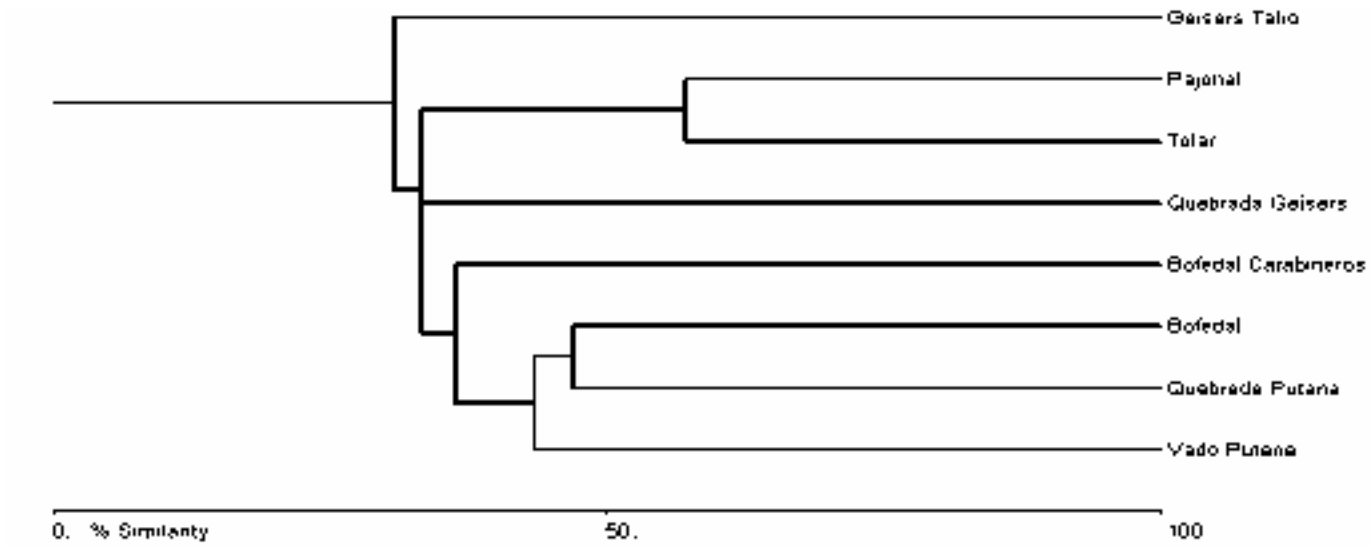


FIGURA 4-20. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE OCHO AMBIENTES EN EL SITIO EL TATIO, PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

Comparación entre las áreas de estudio

Comparamos la similitud/disimilitud entre la composición de especies de aves de los cinco lugares bajo estudio (Tabla 4-20, Fig. 4-21). Se pueden reconocer dos clusters, uno que agrupa al Valle de Quillagua y Oasis de Calama y otro a Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y los Geisers del Tatio. Sin embargo, todos los ambientes comparten una buena proporción de sus especies, salvo el ensamble de aves del Valle de Quillagua y Laguna Lejía, aunque ambos son humedales y debieran contener especies de aves acuáticas comunes. Los ensambles más similares (comparten más especies de aves) son el Valle de Quillagua y Oasis de Calama ya mencionados y Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio, sistemas contiguos y también similares en sus asociaciones vegetacionales.

TABLA 4-20. COMPARACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE AVIFAUNA EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Valle de Quillagua	*	54,2373	3,8462	29,1667	13,7931
Oasis Calama	*	*	11,9403	38,0952	21,9178
Laguna Lejía	*	*	*	39,2857	54,5455
Volcán Licancabur	*	*	*	*	58,0645
Geisers del Tatio	*	*	*	*	*

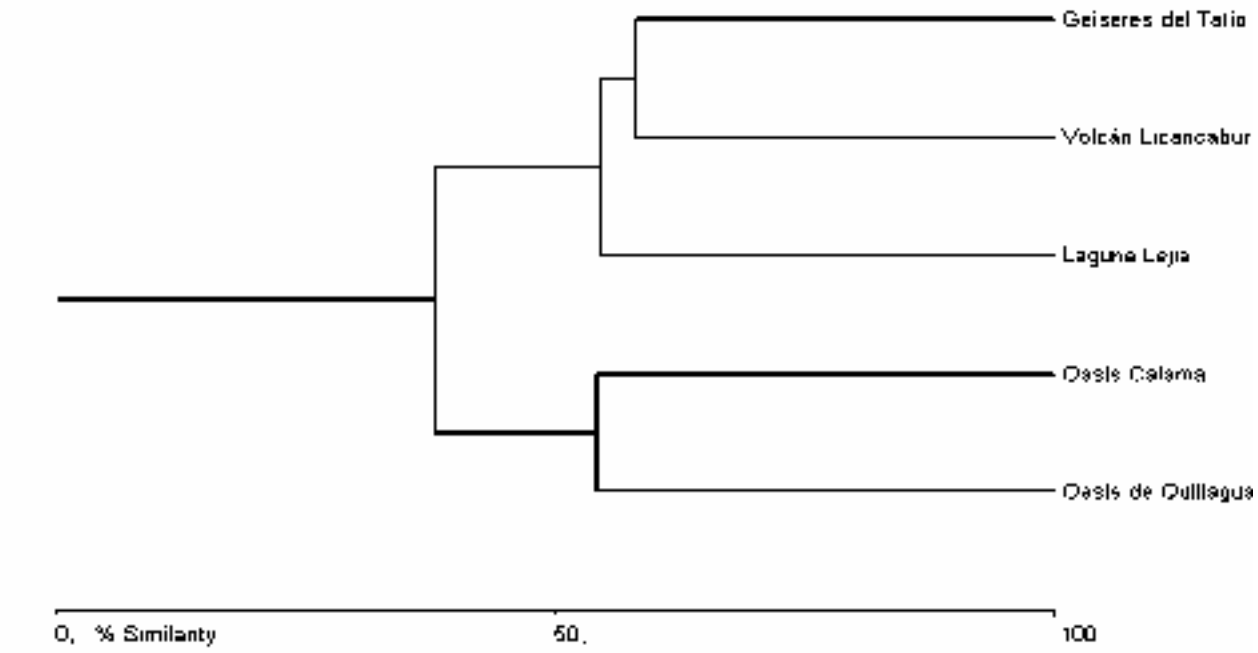


FIGURA 4-21. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

Diversidad de avifauna en las áreas de estudio

Las comunidades vegetales y los ensambles faunísticos de las cinco áreas de estudio son disímiles, es decir no comparten muchas especies entre ellos. En otras palabras los ecosistemas son muy diferentes entre ellos, lo que aumenta la diversidad beta. Por ejemplo para el caso de las aves la diversidad beta es intermedia, lo que concuerda con lo documentado por Rau et al. (1998) en un transecto entre la desembocadura del río Loa y Socaire. Esto contrasta con lo registrado para la zona central, que tiene baja diversidad beta (Cody 1985). Este es, quizá, el mayor valor de la diversidad de las áreas de estudio, si bien la diversidad alfa no es tan relevante, en general, la diversidad ecológica la hace muy atractiva en su conjunto, aún sin considerar su alto nivel de endemismo (e.g., anfibios y reptiles), como se verá más adelante.

3.4. Diversidad de mamíferos

Mamíferos de Chile

De las 106 especies de mamíferos terrestres (incluyendo los voladores) descritas para Chile (Muñoz-Pedreros & Yáñez 2008) Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) documenta 35 especies para la provincia de El Loa (voladores y no voladores, nativos e introducidos) y 24 son consideradas potencialmente presentes en la comuna de San Pedro de Atacama sensu Simonetti & Veloso (2003).

Origen y distribución

Origen de los mamíferos chilenos

Los mamíferos chilenos son una fauna única y variada en sus características, por las diferencias biológicas entre organismos que fueron llegando en momentos distintos del pasado, como por la evolución que tuvieron desde su arribo (Spotorno et al. 2008). Frente a los drásticos cambios geológicos y climáticos (e.g., aparición de cordillera de los Andes) muchas especies se extinguieron, pero otras se adaptaron a los nuevos ambientes áridos. Así los mamíferos chilenos son una mezcla de distintos orígenes y épocas. Pese a la escasez de registro fósil (véase Canto et al. 2008), puede extrapolarse con los abundantes registros en Argentina, más aún si antaño pertenecían a un solo sistema territorial (Patterson & Pascual 1972, Reig 1981).

Para analizar el origen de la fauna de mamíferos se usa el concepto de horofauna (conjunto de especies que coexisten y se diversifican en un área determinada durante un lapso prolongado del tiempo geológico, y que, por esta razón, representan una unidad biogeográfica perdurable). En Sudamérica se distinguen cuatro horofaunas sucesivas de mamíferos: la protohorofauna gondwánica, la paleohorofauna sudamericana, la cenohorofauna y la neohorofauna (Fig. 4-22), más la horofauna reciente, que es la que existe actualmente (Reig 1981, Spotorno et al. 2008).

Folio009477

Por razones de espacio abordaremos el origen de los mamíferos chilenos desde la cenohorofauna, caracterizada por el levantamiento del territorio y formación de la cordillera de Los Andes.

El cambio climático y geomorfológico fue dramático, con la formación del empinado altiplano se consolidó su separación y aislamiento del sistema patagónico. Incluso en la actualidad la vegetación de ambos territorios contienen elementos desérticos comunes (Spotorno & Veloso 1990). La fauna local de marsupiales, xenartros (quirquinchos) y notungulados sobrevivientes se vio incrementada con linajes africanos y norteamericanos como roedores caviomorfos, primates platirrinos, algunos quirópteros (murciélagos) y sirenios de África, y posteriormente roedores cricétidos y más quirópteros originarios de Norteamérica.

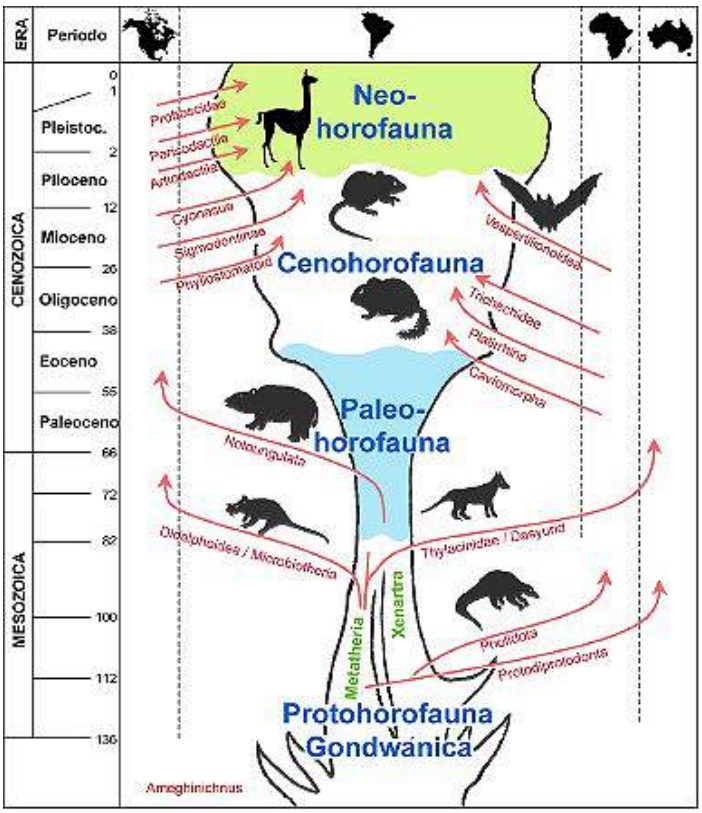


FIGURA 4-22 HOROFAUNAS SUCESIVAS DE MAMÍFEROS SUDAMERICANOS. (TOMADO DE SPOTORNO ET AL. 2008, MODIFICADO DE REIG 1981).

De esta forma los roedores caviomorfos fueron uno de los grupos más característicos y diversos de Suramérica. Los caviomorfos son inicialmente herbívoros pequeños a grandes, de ambientes preferentemente húmedos, (como los ancestros del coipo). Los cambios climáticos los extinguieron en los nuevos y secos territorios asociados a los Andes y evolucionaron, en el sur de Sudamérica, los chinchíllidos (chinchillas y vizcachas).

La llegada de los roedores cricétidos sigmodontinos, aparentemente de Norteamérica, aumenta notoriamente el número de especies hasta la actualidad. Son especies pequeñas y omnívoras, aunque algunos han evolucionado a formas herbívoras. Los sigmodontinos sudamericanos se agrupan en: (a) pequeños omnívoros-insectívoros de ambientes más bien húmedos como los oryzominos y los akodontinos y (b) herbívoros de ambientes más secos como los filotinos (Spotorno 1986). Por el gran número de géneros y especies que viven hoy en el Altiplano, es muy probable que éste sea el centro de origen de los filotinos (Reig 1987, Spotorno et al 2008). Otros grupos de roedores tomaron caminos curiosos, como los ancestros de *Loxodontomys* y *Auliscomys* que migraron desde el altiplano hasta la Patagonia y desde allí ingresaron nuevamente a Chile, atravesando la cordillera de los Andes a la altura de Concepción o un poco más al sur (Reig 1986, Simonnetti & Spotorno 1980, Spotorno et al 2008).

Caviedes & Iriarte (1989) proponen que la expansión hacia el sur de los sigmodontinos (antes del Cuaternario), fue posible a través de la vertiente este de los Andes, porque la aridez del

desierto de Atacama habría impedido la dispersión por el sector oeste y que la altura de la cordillera y su clima frío más al sur limitó el paso desde el este. De este modo el paso de un lado a otro sólo habría ocurrido en ciertos períodos del Pleistoceno y la progresiva desertización de esta área habría clausurado el paso, aislando esta fauna. Esto es rebatido, por ejemplo por Marquet (1989), que asegura que el desierto no representó una barrera insalvable a la dispersión y que la baja diversidad actual del desierto de Atacama se explicaría por episodios sucesivos de colonización y extinción. Por otro lado Meserve & Kelt (1990) indican que la colonización tuvo muchas vías de entrada y que los ensambles de la zona central no están empobrecidos. La ausencia de especies independientes del agua y la distribución costera de algunas especies peruanas sugiere a estos autores que la baja riqueza del norte se debe a procesos de extinción local e inmigración, más que a aridez y aislamiento por sí solos.

Respecto a la neohorofauna**,** aquí se produjo otro evento crucial: la conexión terrestre de Norteamérica con Sudamérica en el istmo de Panamá, con la consiguiente migración masiva en ambos sentidos, llegando la diversidad suramericana a su máximo conocido. De esta forma, en los últimos dos millones de años llegan, primero los carnívoros (e.g., cánidos, mustélidos, félidos), luego los artiodáctilos (e.g., camélidos y cérvidos) y finalmente los perisodáctilos y proboscídeos, que evolucionan formando nuevas especies que se integran a la cenohorofauna. En el altiplano es relevante conocer el origen de algunos grupos de mamíferos. Por ejemplo los camélidos (e.g., las actuales vicuñas y llamas) se originaron en los llanos del oeste norteamericano, durante el Eoceno (40 a 45 millones de años) evolucionando en el Plioceno en los grupos *Camelini* y *Lamini*. Un representante de este último grupo migró a Sudamérica a través de la cordillera de los Andes adaptándose a estos ambientes áridos y semiáridos. Siete millones de años más tarde se diferenciaron los géneros: *Lama* y *Vicugna* (Wing 1986, Spotorno et al. 2008), evolución apremiada, no solamente por la elevación del territorio, sino que también por las glaciaciones, que en el eje norte sur de la cordillera de los Andes, al bajar los hielos en ciertos tramos, aisló las poblaciones de mamíferos. Spotorno et al. (1998a) así explican que el pariente más próximo del roedor *Phyllotis darwini* de la costa de Chile central sea *Phyllotis magíster* que hoy vive en la precordillera de Arica Parinacota y en la costa y precordillera de la Región de Antofagasta, teniendo ambos un ancestro común cercano (Walker et al. 1999).

La evidencia geológica indica que el área de Atacama presentó períodos bastante más húmedos que en el presente durante el Pleistoceno, con presencia de grandes mamíferos tales como mastodontes y ciervos. De este modo la reducida fauna actual del desierto de Atacama probablemente represente remanentes de faunas previamente más extensas y no colonizaciones recientes. Por esta misma razón parece poco probable que la fauna de mamíferos de Chile sea relativamente pobre debido a que permaneció aislada del resto del continente por la existencia de desierto de Atacama (Contreras & Torres-Mura 2008).

Respecto a la fauna reciente la penúltima y última llegada importante de grupos de mamíferos a Sudamérica y a Chile, fue a través del estrecho de Behring (unos 40.000 AP) nucleados alrededor de humanos cazadores que avanzaron de norte a sur y que en el actual Chile depredaban sobre mastodontes, caballos, camélidos y ciervos. El único centro importante de domesticación de mamíferos en América fue el de los Andes del centro y sur, domesticándose la llama (*Lama glama*), la alpaca (*Lama pacos*) y el cuy (*Cavia porcellus*). Se concuerda que la llama fue domesticada a partir del guanaco (*Lama guanicoe*); y la alpaca probablemente se hizo a partir de la vicuña (*Vicugna vicugna*). Para el cuy la domesticación fue a partir de *Cavia tschudii* (Spotorno & Veloso 1990, Redford & Eisenberg 1992, Bruford et al. 2003, Spotorno et

al. 2004, Spotorno et al. 2008). La segunda oleada de humanos y su fauna acompañante fueron a partir de la conquista española hace medio milenio y que aún continúa. En ésta se introdujeron, conciente e inconscientemente especies domésticas (e.g., bovinos, equinos, caprinos) y comensales (e.g., roedores como *Mus musculus, Rattus rattus, Rattus norvegicus*).

Así, la actual fauna de mamíferos de Chile está compuesta en un 7% por descendientes de los grupos más antiguos (Marsupialia y Xenarthra), en un 30% por roedores (Hystricognata) y en un 63% por mamíferos de origen norteamericano más reciente (Contreras & Torres-Mura 2008).

Distribución de los mamíferos chilenos

La biogeografía estudia la distribución de las especies y se alimenta, complementariamente de explicaciones históricas (orígenes, dispersión y extinción de biotas) y ecológicas (interacciones entre los organismos y sus ambientes físicos y bióticos), originando la filogeografía (que reúne a la genética de poblaciones y la sistemática) y que se aplica a especies relacionadas a taxones infraespecíficos, y consiste en el análisis espacial de los linajes génicos (Avise 2000).

El número total de especies de mamíferos terrestres existentes en Chile (102) es bajo si se compara con lo esperado para el área del Neotrópico (281 especies), pero toda el área del cono sur de Sudamérica tiene un bajo número de especies por km^2 (Contreras & Torres-Mura 2008). Existen zonas con bajo número de especies como el desierto de Atacama, la cordillera de la región de Valparaíso, los bosques lluviosos templados de la costa del extremo sur y el archipiélago fueguino (Fig. 4-23).

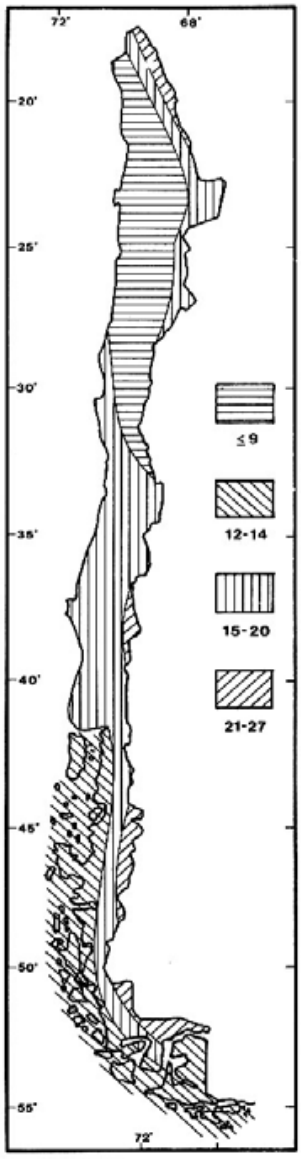


FIGURA 4-23. PATRÓN DE RIQUEZA DE ESPECIES DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO VOLADORES EN CHILE. TOMADO DE CONTRERAS & TORRES-MURA (2008).

La baja diversidad de mamíferos del desierto de Atacama se prolonga hacia el sur más en el interior que a lo largo de la costa, ya que ésta tiene menor aridez por la mayor distribución de vegetación producto de mayor disponibilidad de humedad. Las zonas con mayor diversidad son el altiplano en el extremo noreste y las zonas con influencia patagónica en el centro-sur de Chile (e.g., Alto Biobío, Coihaique y Torres del Paine). La fauna altiplánica es compartida con Perú, Bolivia y Argentina y disminuye junto con el gradiente de precipitaciones, hacia el oeste y el sur, dominado por el desierto.

Contreras & Torres-Mura (2008) concluyen, también, que la diversidad de especies de mamíferos terrestres no voladores aumenta de oeste a este en el norte y en el sur y, viceversa en Chile central mediterráneo árido. Esta fauna no se encuentra homogéneamente distribuida en estas áreas y raramente se registrarán todas las especies en una misma localidad. En el desierto de Atacama esto es notorio, ya que las especies pequeñas (e.g., marsupiales, roedores), están circunscritas a localidades con condiciones especiales (e.g., oasis y quebradas), presentándose extensas superficies de territorio sin especies de mamíferos.

Contreras & Torres-Mura (2008) consideraron la fisiografía de Chile y los registros disponibles de presencia de mamíferos, caracterizando 26 áreas geográficas y realizaron un análisis de agrupamiento entre áreas. Sus resultados les permitieron distinguir seis grupos de áreas (Fig. 4-24). El primer nodo separa la fauna del altiplano de la región de Arica Parinacota incluso de la fauna de zonas cercanas como los ambientes andinos inmediatamente al sur y al oeste. El segundo nodo separa las áreas del extremo sur (de ambientes abiertos y de estepa patagónica) de las áreas del norte, centro y sur del país. El resto de las áreas de Chile se aglutinan en dos grupos (Fig. 4-24). La separación del desierto de Atacama dentro de las áreas del norte se debe al bajo número de especies presentes y no a que en él no existan especies compartidas con las otras áreas. Para nuestras áreas de estudio el altiplano de la región de Antofagasta (número siete en la figura con 11 especies) presenta similitud con la zona de alturas (> 2.800 msm) de la región de Coquimbo (número nueve en la figura, con siete especies) y el altiplano de la región de Tarapacá (número cinco en la figura con 17 especies). Estos autores indican que sus resultados pueden variar ya que hay dos zonas de Chile con notables carencia de registros: los ambientes andinos localizados entre los 23°S (salar de Atacama) y 33°S (Santiago) y la zona de los canales entre los 44° y los 52°S.

Según Contreras & Torres-Mura (2008) el grupo de zonas de la Fig. 4-24 con menor endemismo corresponden a los Andes de Chile central (0/13 = 0,0) y el Alto Biobío (2/22= 0,09). Chile central mediterráneo y los bosques templados presentan valores intermedios (3/19 = 0,1 y 5/19 5 = 0,26 respectivamente). En total existen 12/102 = 0,11 especies endémicas de MTNV en Chile. Estas corresponden a 11 roedores (*Chelemys megalonyx*, *Pearsonomys annectens*, *Phyllotis darwini*, *P. osgoodi*, *Chinchilla lanigera*, *Octodon degus*, *O. lunatus, O. pacificus*, *Spalacopus cyanus*, *Ctenomys fulvus robustus*, y *Abrocoma bennetti*), y un cánido (*Lycalopex fulvipes*). El roedor subterráneo *Ctenomys fulvus*, del desierto de Atacama, se encuentra en un ambiente aislado.

Folio009481

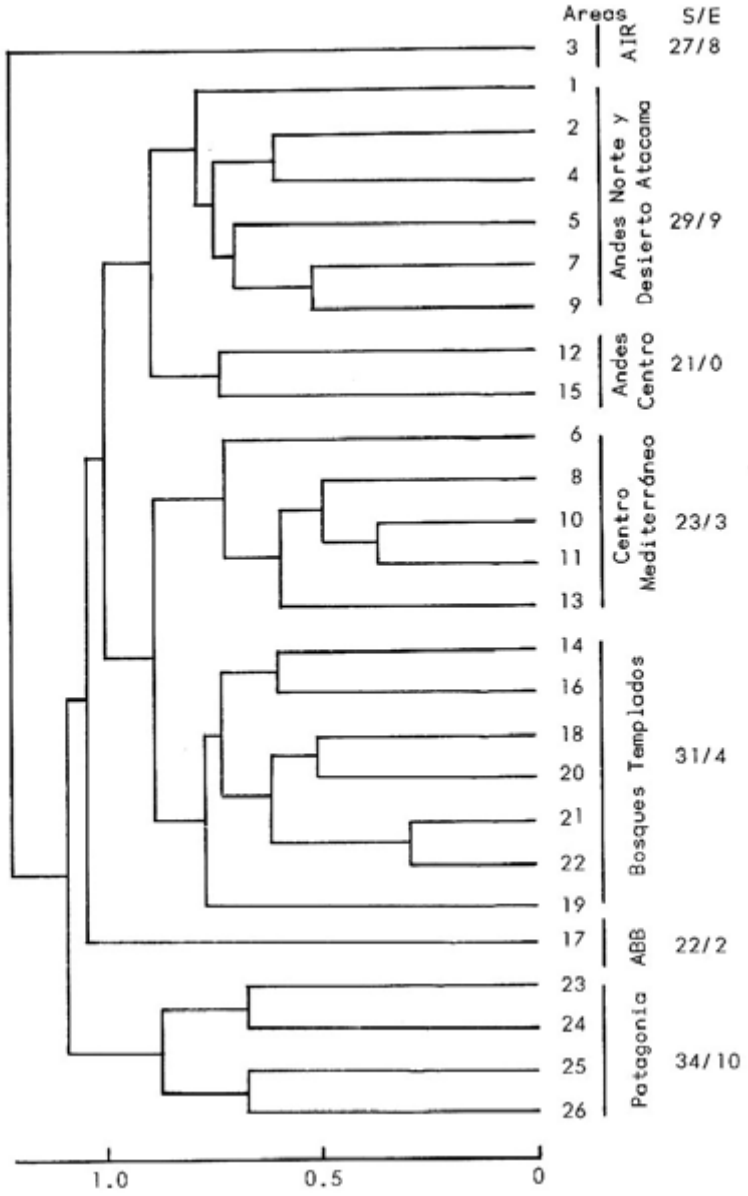


FIGURA 4-24. RELACIONES DE SIMILITUD DE FAUNA DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO VOLADORES (MTNV) ENTRE 26 LOCALIDADES DE CHILE. Calculadas utilizando el índice de distancia promedio y el algoritmo de las medias aritméticas no ponderadas de grupos pares (UPGMA). 1. Desierto de Atacama, 2. Precordillera región Arica Parinacota, 3. Altiplano región Arica Parinacota, 4. Precordillera de región de Tarapacá, 5. Altiplano de región de Tarapacá, 6. Paposo-Caldera, 7. Altiplano de región de Antofagasta, 8. < 2.800m región de Coquimbo, 9. > 2.800m región de Coquimbo, S= Riqueza de Especies, E= Número de especies endémicas. Tomado de Contreras & Torres-Mura (2008).

Mamíferos de la región de Antofagasta y provincia de El Loa

Spotorno et al. (1998), desarrollaron un estudio, en dos transectos desde la costa a la cordillera de los Andes; el primero desde el límite sur en la costa de la región de Antofagasta en Paposo, subiendo hacia el noroeste, y el segundo desde el límite norte de la desembocadura del río Loa, hacia el suroeste. Ambos transectos comprenden las cuatro zonas bioclimáticas descritas por di Castri (1968) para esa región del país, atravesando además el gradiente altitudinal.

Se puede decir que la fauna de micromamíferos de Antofagasta se encuentra formada por tres grupos de especies (sensu Spotorno et al.1998): (a) las de origen sureño, que alcanzan allí su máxima distribución norte: *Thylamys elegans, Phyllotis darwini, Abrothrix olivaceus*, y antes de su extinción local *Chinchilla lanigera*, (b) las de origen norteño, que alcanzan su máxima distribución al sur u oeste en Antofagasta: *Thylamys pallidior, Chinchilla brevicaudata, Abrocoma cinerea, Ctenomys opimus, Hippocamelus antisensis, Phyllotis magister, Akodon albiventer, y Auliscomys sublimis* (Reise & Venegas 1987) y (c) las endémicas, que sólo viven en esa región: *Abrothrix* del Salar de Atacama, y tal vez *Eligmodontia puerulus.* Por otro lado las especies de los ensambles de micromamíferos de ecosistemas desérticos se caracterizan por presentar un patrón más de tipo individualista que en base a una estructura comunitaria. De este modo se presentan bajas diversidades alfa y altas diversidades betas, lo que hace suponer la relevancia de la estructura del hábitat, por ejemplo, en una dinámica metapoblacional fuente-sumidero y procesos acoplados de competencia y depredación (Marquet 1994, Rau et al. 1998).

En la Tabla 4-21 se presentan los registros de mamíferos para la provincia de El Loa y el Valle de Quillagua, provincia de Tocopilla.

TABLA 4-21. MAMÍFEROS REGISTRADOS EN LA PROVINCIA DE EL LOA Y VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA. *= REGISTRADO COMO *P. darwini rupestris,* **= REGISTRADO COMO *P. xantophygus rupestris.*

ESPECIE	LOCALIDAD DE REGISTRO	FUENTE	MÉTODO DE REGISTRO
Thylamys pallidior yaca	Quebrada de Soncor Tumbre	Spotorno et al. 1998 Spotorno et al. 1998	trampas trampas
Myotis atacamensis murciélago de atacama	Tranque Santa Fé, Quillagua (1) San Pedro de Atacam	Este estudio Lataste 1896	avistamiento avistamiento
Chaetophractus nationi quirquincho peludo de la puna	Paso Jama	Este estudio	madriguera
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco	Toconce Camino volcán Licancabur El Tatio, pajonales	Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas
Abrothrix andinus ratón andino	San Pedro de Atacama Toconao, alrededores Quebrada de Jerez, Toconao Talabre Viejo Laguna Lejía Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio	Osgood 1943 Spotorno et al. 1998 Rau et al. 1998 Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio SGA/GDN 2007	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas

	El Tatio Quebrada Putana	Este estudio Este estudio	trampas trampas
Abrothrix olivaceus ratón olivaceo	Tranque Santa Fé, Quillagua [(1)] Orilla río Loa, Quillagua[(1)] Ojo Opache, Calama Mirador, Calama	Este estudio Este estudio Rau et al. 1998 Este estudio	trampas trampas trampas trampas
Calomys lepidus lauchita peruana	San Pedro de Atacama Ojos de San Pedro	Pine et al. 1979 Koford 1955	trampas
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso	San Pedro deAtacama, Pozo 3 Talabre Viejo Camino azufrera, Licancabur Toconce Salar de Atacama 10 km int. Tumbre	Reise & Venegas 1987 Rau et al. 1998 Este estudio Marquet et al. 1998 Spotorno et al. 2001 Spotorno et al. 2001	trampas trampas trampas trampas trampas
Phyllotis rupestris lauchón orejudo	Geisers del Tatio Río Puritana, volcán Licancabur San Pedro de Atacama, Pozo 3 San Pedro de Atacama Beter (2.380 msm) Licancabur, paso Jama (km 20) Camino paso Jama Quebrada de Jerez, Toconao Toconao, alrededores Talabre Viejo Río Grande norte San Pedro Camino volcán Licancabur Pajonal camino azufrera Sasie El Guatín, Licancabur	Reise & Venegas 1987* Reise & Venegas 1987* Reise & Venegas 1987* Spotorno et al. 2001 Marquet et al. 1998** Reise & Venegas 1987 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Reise & Venegas 1987* Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Phyllotis magister lauchón orejudo grande	Ojo Opache, Calama Oasis de Calama Camino Mirador, Calama Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio Camino al Tatio Quebrada de Putana, El Tatio Geiseres del Tatio El Tatio	Rau et al. 1998 Elgueta 2006 Este estudio Este estudio Osgood 1943** Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Auliscomys sublimis ratón de la puna	El Tatio Toconce	Reise & Venegas 1987 Koford	trampas trampas
Lagidium viscacia vizcacha	Camino al Paso Huaytiquina Talabre Viejo El Tatio Camino azufrera Sasie Cuesta del Diablo Paso Jama, Licancabur Camino Laguna Mistaqui	Spotorno et al. 1998 Cortes et al. 2002 SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento
Chinchilla brevicaudata chinchilla cordillerana	Camino al paso Huaytiquina	Spotorno et al 1998	avistamiento
Abrocoma cinerea ratón chinchilla de cola corta	San Pedro de Atacama Licancabur, paso Jama (km 20) Camino al paso Huaytiquina	Pine et al 1979 Reise & Venegas 1987 Spotorno et al 1998	trampas trampas trampas

	Talabre Viejo	Rau et al. 1998	trampas
	Talabre Viejo	Cortes et al 2002	trampas
	Tumbre	Spotorno et al 1998	trampas
	El Tatio	SGA/GDN 2007	
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama	San Pedro de Atacama	Osgood 1943	
	Socaire (Aguas calientes)	Feito & Gallardo 1982	
	Salar de Atacama	Hickman 1985	
	Salar de Atacama	Reise &Venegas 1987	trampas
	Salar de Atacama	Cortés et al 2000	
	Salar de Atacama	Spotorno et al. 1998	cuevas
	Salar de Atacama	Rau et al. 1998	cepos
	Laguna Lejía	Contreras, Yáñez y Núñez rec.	cepos
	Laguna Seca (L. Lejía)	Este estudio	avistamiento
	Laguna Lejía	Este estudio	avistamiento
	Salar de Aguas Calientes	Este estudio	avistamiento
	Camino azufrera Sasie	Este estudio	cuevas
Ctenomys opimus tuco tuco de la puna	Camino al paso Huaytiquina	Spotorno et al 1998	cuevas
	Talabre Viejo	Rau et al. 1998	cepos
Rattus norvegicus guarén	Ojo de Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
Rattus rattus rata de campo	Ojo de Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Ojo Opache, Calama	Rau et al. 1998	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
	Yalquincha, Calama	Este estudio	trampas
	San Salvador, Calama	Este estudio	trampas
	Loa medio, Calama	Este estudio	trampas
Mus musculus laucha doméstica	Tranque Santa Fe, Quillagua[(1)]	Este estudio	trampas
	Valle de Quillagua[(1)]	Este estudio	trampas
	Ojo Opache, Calama	Rau et al. 1998	trampas
	Ojo Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
	Yalquincha, Calama	Este estudio	trampas
	San Salvador, Calama	Este estudio	trampas
	Loa medio, Calama	Este estudio	trampas
	Mirador, Calama	Este estudio	trampas
	Praderas y cultivos, Calama	Este estudio	trampas
Oryctolagus cuniculus conejo	Oasis de Calama	Elgueta 2006	en feca de zorro
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	Oasis de Calama	Elgueta 2006	fecas, informante
	Camino Stgo. de río Grande	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Camino al Tatio	Este estudio	trampas cámara
	El Tatio	SGA/GDN 2007	avistamiento
	Camino al Tatio	Este estudio	avistamiento
	Geiseres del Tatio	Este estudio	avistamiento
	El Guatín	Este estudio	informante local
	Camino paso Jama	Ramírez & Donoso-P. 2005	feca
	Camino volcán Licancabur	Este estudio	avistamiento
	Toconao	Spotorno et al 1998	avistamiento
	Camino Toconao	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Laguna Lejía	Este estudio	feca
	Salar de Atacama	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Interior de Socaire	Ramírez & Donoso-P. 2005	

Lycalopex griseus zorro chilla	Toconao Ojo de Opache	Spotorno et al 1998 Spotorno et al 1998	avistamiento avistamiento
Galictis cuja quique	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	fecas
Puma concolor puma	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	fecas
Leopardus colocolo colo colo	Toconao, alrededores El Tatio El Guatín, Licancabur	Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007 Este estudio	 informante local
Lama glama llama	Talabre Viejo Camino a Talabre Viejo Tumbre Tumbre Laguna Lejía El Tatio, bofedales	Este estudio Este estudio Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento
Lama guanicoe guanaco	"Desierto Interior" Entre San Pedro y el Guatín	Spotorno et al. 1998 Este estudio	avistamiento avistamiento
Vicugna vicugna vicuña	Salar de Carcote Salar de Ascotán Salar de Pujsa Salar Aguas Caliente El Tatio Este del Licancabur Laguna Lejía Camino al paso Jama Camino al paso Jama Camino al paso Jama El Tatio El Tatio, bofedales Camino azufrera Sasiel Cuesta del Diablo Laguna Lejía Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio Talabre Viejo	Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento restos óseos avistamiento
Hippocamelus antisensis taruca	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	restos óseos
Equus asinus burro	Laguna Lejía (10 km oeste) El Tatio, bofedales	Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento

Especies de mamíferos consideradas raras para el área de estudio

Thylamys pallidior (llaca de la puna) ha sido registrada, principalmente, en el altiplano de Tarapacá (e.g., Socoroma, Chapiquiña, Zapahuira) (Muñoz-Pedreros & Palma 2008) y sólo en la quebrada de Soncor a 3.830 msm por Spotorno et al. (1998), no sería extraño que mayores esfuerzos de captura amplíen su distribución.

Calomys lepidus (lauchita peruana) fue registrada en Ojos de San Pedro por Koford (1955) y luego en San Pedro de Atacama por Pine et al. (1979). Desde esa fecha no contamos con registros conocidos para esta especie, aún cuando Spotorno et al. (1998) la presume presente en la puna de la provincia de El Loa incluyéndola en un diagrama que presenta.

La sistemática del grupo de los filotinos ha sido controversial. La tribu Phyllotini (unas 46 especies), adaptadas a ambientes secos, parece haber tenido al altiplano sur como área de diferenciación original (Spotorno et al. 2001). La subespecie *Phyllotis xanthopygus rupestris* fue incorporada a la especie *P. limatus* por Steppan (1998), aunque Kramer et al. (1999) la mantiene como subespecie de *P. xanthopygus*. Por otro lado registros previos de *P. darwini* en el Tatio, San Pedro de Atacama y Licancabur (e.g., Osgood 1943, Reise & Venegas 1987), según Steppan (1998) atribuidos luego a *P. xanthopygus rupestris*, serían en definitiva *P. limatus*. Sin embargo seguimos a Spotorno (com. per.) que no considera para el área de estudio a *P. limatus*, *P. xanthopygus* y *P. darwini* y considera como especie plena a *P. rupestris.*

Chinchilla brevicaudata (chinchilla cordillerana) fue avistada por Spotorno et al. 1998), hecho notable ya que Jiménez (1996) aseguró que las últimas observaciones de esta especie en estado silvestre fueron en 1953; pero no indican el lugar preciso (“más al sur del camino al paso de Huaytiquina”). Valdría la pena realizar excursiones específicas para documentar mejor este hallazgo.

Ctenomys opimus (tuco tuco de la puna) fue registrado por Spotorno et al. (1998) y Rau et al. (1998), aparentemente en las mismas expediciones, el primero lo registra en el camino al paso Huaytiquina (sin indicar localidad) a partir de sus cuevas y el segundo en capturas mediante cepos en Talabre Viejo (3.360 msm), por lo que podría estar en el área de estudio Laguna Lejía.

Lama guanicoe (guanaco) fue avistado por Spotorno et al. (1998) en “piños reducidos en el Desierto Interior”. En este estudio avistamos un juvenil en el camino entre San Pedro y el Guatín (registro fotográfico). Pero en toda la expedición no volvieron a ser registrados. Es posible que esté presente en sitios con menor acceso.

Hippocamelus antisensis (taruca) es registrado por Spotorno et al. (1998) a partir de los restos de una pata, sin indicar localidad, por lo que su presencia en la provincia de El Loa es aún hipotética.

Mamíferos registrados para las áreas de estudio

En base a los registros de este estudio y a observaciones previas presentamos la Tabla 4-22 con las especies de mamíferos presentes en las cinco áreas de estudio.

TABLA 4-22. MAMÍFEROS EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (2007-2008). P= PRESENCIA PROBABLE, OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO.

Especie	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Myotis atacamensis murciélago de atacama	X				
Chaetophractus nationi quirquincho peludo de la puna				X	
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco				X	X
Abrothrix andinus ratón andino			X		X
Abrothrix olivaceus ratón olivaceo	X	X			
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso				X	
Phyllotis rupestris lauchón orejudo		X		X	Op
Phyllotis magister lauchón orejudo grande		X	X	P	X
Auliscomys sublimis ratón de la puna					Op
Lagidium viscacia vizcacha			P	X	X
Chinchilla brevicaudata chinchilla cordillerana			P		
Abrocoma cinerea ratón chinchilla de cola corta			P	Op	Op
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama			X	X	
Ctenomys opimus tucotuco de la puna			P		
Rattus norvegicus guarén		X			
Rattus rattus Rata de campo	X	X			
Mus musculus laucha doméstica	X	X			
Oryctolagus cuniculus conejo		Op			
Lycalopex culpaeus zorro culpeo		Op	X	X	X
Lycalopex griseus zorro chilla		Op			
Leopardus colocolo colo colo				X	Op
Lama glama llama			X	X	X
Lama guanicoe guanaco				X	
Vicugna vicugna vicuña			X	X	X
Equus asinus burro			X	P	X
TOTAL	4	9	11	14	12

Diversidad de mamíferos en el Valle de Quillagua

Se registraron cuatro mamíferos para el área. En la Tabla 4-23 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. Se excluye en el análisis el registro de *M. atacamensis*, porque el registro fue obtenido fuera de censo. Las estaciones de muestreo no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza específica (S) esto porque el número de especies registrado es mínimo, y la mayoría registra sólo dos especies, excepto la estación Matorral en donde sólo se detectó una especie, el roedor introducido *M. musculus* (laucha). Los valores de diversidad (H') no presentan diferencias entre las estaciones muestreadas producto de la baja riqueza específica y el bajo número de ejemplares capturados. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad.

TABLA 4-23. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL VALLE DE QUILLAGUA, 2007. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Cultivo	Matorral	Borde Río	Plantación	Pradera	Tranque Santa Fé	TOTAL
MICROMAMÍFEROS							
S	2	1	2	2	2	2	3
N	3	12	12	2	2	19	50
ABR (%)	6,0	24,0	24,0	4,0	4,0	38,0	100,0
H'	0,9	0,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,2
H' max	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6
J	0,9	1,0	0,7	1,0	1,0	1,0	0,7
TOTAL MAMÍFEROS							
Abrothrix olivaceus laucha olivacea	C		C			C	
Rattus rattus rata de campo				C	C		
Mus musculus laucha doméstica	C	C	C	C	C	C	
Myotis atacamensis murciélago oreja de ratón del norte						A	

Diversidad de mamíferos en el Oasis de Calama

Se registraron nueve especies de mamíferos, que consideran las seis registradas en este estudio y tres registros previos (Tabla 4-22). En la Tabla 4-24 se presentan los valores de

riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las cinco especies censadas en las estaciones muestreo. No se incluyen los registros previos ya que no pueden asignarse a una estación particular sino al área en su conjunto. Se excluye el registro de *P. rupestris* (lanchón orejudo) de la estación Mirador por captura fuera de censo. Las estaciones de muestreo que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron Ojo de Opache, Loa Medio y Quebrada Quetena. El valor más alto de diversidad (H') se registra en la estación Ojo de Opache. La equiparabilidad (J) presentó valores que indican un tendencia a la heterogeneidad, es decir, las poblaciones encontradas tienden a presentan abundancias muy disímiles entre sí, esto es especialmente válido en todas las estaciones muestreadas en donde las mayores abundancias fueron para *M. musculus* (en todos los sectores). Esto se explicaría por la modificación antrópica del área.

TABLA 4-24. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN SIETE ESTACIONES DEL OASIS DE CALAMA. 2007. *= AVISTAMIENTOS REALIZADOS EN ESTE ESTUDIO FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache	TOTAL
MICROMAMÍFEROS								
S	1	3	2	3	2	2	4	5
N	6	27	15	85	45	12	83	273
ABR (%)	2,2	9,9	5,5	31,1	16,5	4,4	30,4	100,0
H'	0,0	0,9	0,6	0,2	0,3	0,4	1,2	0,8
H' max	0,0	1,0	1,0	1,6	1,0	1,0	2,0	2,3
J	0,0	0,5	0,6	0,1	0,3	0,4	0,6	0,3
TOTAL MAMÍFEROS								
Abrothrix olivaceus laucha olivacea		C	C					
Phyllotis rupestris lanchón orejudo			A					
Phyllotis magIster lauchón orejudo grande							C	
Rattus norvegicus guarén				C			C	
Rattus rattus rata de campo		C		C	C	C	C	
Mus musculus laucha doméstica	C	C	C	C	C	C	C	

Diversidad de mamíferos en Laguna Lejía

Se registraron once especies que incluyen las siete especies registradas en este estudio de los Órdenes Rodentia (tres especies), Carnivora (una especie), Artiodactyla (dos especies) y Perissodactyla (una especie) más cuatro especies de presencia probable (Tabla 4-22). En la Tabla 4-25 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las dos especies censadas. No se incluyen las especies probables ya que no pueden asignarse a una estación particular sino al área en su conjunto. La estación de muestreo que presentó la mayor riqueza específica (S) fue el pajonal de la estepa altiplánica con tola en roqueríos y el humedal Laguna Lejía.

TABLA 4-25. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MICROMAMÍFEROS Y MAMÍFEROS TOTALES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA, 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIÓN PARAMETROS	Pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1)	Pajonal tolar en planicie (LEJ-2)	Escoria volcánica (LEJ-3)	Pajonal rocoso (LEJ-4)	Escorial en laguna Seca (LEJ-5)	Laguna Lejía (LEJ-6)	Total
MICROMAMÍFEROS							
S	1	0	0	0	2	0	2
N	4	0	0	0	3		7
ABR (%)	57,1	0	0	0	42,9		100
H'	-----	-----	-----	-----	0,276		0,260
H' max	-----	-----	-----	-----	0,301		0,301
J	-----	-----	-----	-----	0,918		0,863
TOTAL DE MAMíFEROS							
Abrothrix andinus ratón andino	C				C		
Phyllotis magister lauchón orejudo grande					C		
Ctenomys fulvus tucotuco						A	
Lycalopex culpaeus zorro culpeo						A	
Vicugna vicugna vicuña				A	A	A	
Lama glama llama	A						
Equus asinus burro	A						

Diversidad de mamíferos en Alrededores del Volcán Licancabur

Se registraron 14 especies, 11 especies registradas en este estudio de los órdenes Rodentia, Xenarthra, Carnivora y Artiodactyla, un registro previo y dos especies de presencia probable (Tabla 4-22). En la Tabla 4-26 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. No se incluyen el registro previo ni las especies probables ya que no pueden asignarse a una estación particular. Dado que en varias estaciones se registró sólo una especie, en ellas los índices de diversidad no son aplicables. Las estaciones no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza específica (S).

TABLA 4-26. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ALREDEDORES VOLCAN LICANCABUR. 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Cardonal / Tolar (LIC-1)	Pajonal (LIC-2	Pajonal / Tolar (LIC-3)	Tolar (LIC-4)	Humedales Guatín, Borde Esteros (LIC-5)	Ojalar (LIC-6)	Total
MICROMAMÍFEROS							
S	2	0	0	1	1	0	3
N	2	0	0	1	7	0	10
AB (%)	20	0	0	10	70	0	100,0
H'	0,301	----	----	----	----	----	0,278
H' max	0,301	----	----	----	----	----	0,477
J	1	----	----	----	----	----	0,582
TOTAL MAMÍFEROS							
Phyllotis rupestris lauchón orejudo	C				C		
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco	C						
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso del norte				C			
Chaetophractus nationi quirquincho de la puna		A					
Lagidium viscacia vizcacha		A	A	A			
Ctenomys fulvus tuco tuco del tamarugal			A				
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	A	A	A	A	A	A	
Leopardus colocolo gato colocolo					A	A	
Vicugna vicugna vicuña		A	A				
Lama glama llama			A	A			
Lama guanacoe guanaco						A	

Diversidad de mamíferos en Geisers del Tatio

Se registraron 12 especies incluyendo las ocho especies registradas en este estudio (cuatro roedores, un carnívoro, dos artiodáctilos y un perisodáctilo introducido) y cuatro registros previos (Tabla 4-22). En la Tabla 4-27 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. No se incluyen los registros previos ya que no pueden asignarse a una estación particular. Las estaciones de muestreo que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron quebrada Putana, Pajonal y Quebrada Geisers, todas con dos especies. El valor más alto de diversidad (H') se registra en Quebrada Putana. La equiparabilidad (J), que mide el grado de homogeneidad o heterogeneidad en la composición de las abundancias de las poblaciones, en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad, es decir, las poblaciones encontradas tienden a presentan abundancias similares entre sí.

TABLA 4-27. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO GEISERS DEL TATIO. 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIONES PARÁMETROS	Quebrada Putana (TA-1)	Tolar (TA-2)	Pajonal (TA-3)	Quebrada Geisers (TA-4)	Bofedales (TA-5,6)	TOTAL
S	2	1	2	2		3
N	5	5	4	8		22
ABR (%)	22,7	22,7	18,2	36,4		100
H'	0,292	-----	0,244	0,287		0,328
H' max	0,301	-----	0,301	0,301		0,477
J	0,971	-----	0,811	0,954		0,688
TOTAL MAMÍFEROS						
Abrothrix andinus ratón andino	C			C		
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco			C			
Phyllotis magister lauchón orejudo grande	C	C	C	C		
Lagidium viscacia vizcacha de montaña	A		A			
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	A		A			
Vicugna vicugna vicuña		A	A			
Lama glama llama	A	A	A		A	
Equus asinus burro					A	

3.5. Diversidad de vertebrados

Diversidad de vertebrados en el Valle de Quillagua

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las siete estaciones del Valle de Quillagua, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos tres zonas de análisis: (a) plantaciones arbóreas, matorrales y praderas en desuso, (b) humedales, que incluyen el borde del río Loa, tranque Sloman y el tranque Santa Fe y (c) los cultivos de alfalfa. La diversidad es relativamente similar en los cultivos y los matorrales, mientras que en los humedales las aves presentan mayor número de especies, pero, en general, el Valle de Quillagua posee ambientes relativamente similares (véase Anexo 4-2).

TABLA 4-28. VERTEBRADOS PRESENTES EN TRES ZONAS DEL VALLE DE QUILLAGUA. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	MATORRALES Y PLANTACIÓN	HUMEDALES	CULTIVO
Mamíferos	2	3	2
Aves	10	17	7
Reptiles	1	1	1
TOTAL	**13**	**21**	**10**

Diversidad de vertebrados en el Oasis de Calama

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las siete estaciones del Oasis de Calama, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos cinco zonas de análisis: (a) Ojo de Opache, (b) El Mirador, (c) humedales del río San Salvador, que incluye la quebrada de Quetena, (d) Yalquincha, que incluye la estación de Loa Medio, y (e) pradera agrícola (Tabla 4-29). La diversidad es mayor en los humedales de Yalquincha y El Mirador, este último sólo inferior en cuatro especies de aves. El número de especies de aves es menor a lo documentado por Rau et al. (1998) para Ojo de Opache y Cascada (aunque no entrega lista de especies registradas, sólo el valor de S), sin embargo ellos realizaron cuatro excursiones ornitológicas en diferentes estaciones del año. Si consideramos estos antecedentes previos, más el anfibio *Telmatobius dankoi* (rana acuática de Danko) podemos concluir que la diversidad, especialmente de aves es alta.

TABLA 4-29. VERTEBRADOS PRESENTES EN CINCO ZONAS DE LA LOCALIDAD DE OASIS DE CALAMA, 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	OJO DE OPACHE	MIRADOR	HUMEDALES SAN SALVADOR Y QUETENA	YALQUINCHA Y LOA MEDIO	PRADERA AGRÍCOLA
Mamíferos	4	3	3	3	1
Aves	8	14	13	18	9
Reptiles	0	1	1	1	1
TOTAL	**12**	**18**	**17**	**22**	**11**

Diversidad de vertebrados en Laguna Lejía

Reconocemos dos zonas de análisis, basados en los análisis de similitud realizados considerando solo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares: (a) humedal Laguna Lejía y (b) pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama, en relieves planos y abruptos, en algunas áreas con afloramientos rocosos (Tabla 4-30). La riqueza específica (S) es similar en ambos ambientes, siendo ligeramente mayor en el pajonal influenciada por una diferencia de dos especies de mamíferos y una de reptil. La disimilitud entre ambos ambientes es > al 65% lo que incrementa la diversidad beta del sitio. Por otro lado las aves del humedal presentan una diversidad alta para el ecosistema que representa por: (a) la alta riqueza de especie (20), en el marco de lo máximo esperado para todos los cuerpos de aguas cordilleranas (31 especies sensu Schlatter & Sielfeld 2006), (b) alto índice de equidad de Shannon Wiener muy cercano al máximo por lo que las especies que contiene, están bien representadas, sin embargo la diversidad podría incrementarse con censos en otras estaciones del año.

TABLA 4-30. VERTEBRADOS PRESENTES EN DOS ZONAS DE LA LOCALIDAD DE LAGUNA LEJÍA, 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS DE CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	PAJONAL DE LA ESTEPA SUBDESÉRTICA	HUMEDAL LAGUNA LEJÍA
Mamíferos	5	3
Aves	18	20
Reptiles	2	1
TOTAL	**25**	**24**

Diversidad de vertebrados en Alrededores del Volcán Licancabur

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las estaciones en los Alrededores del Volcán Licancabur, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos tres zonas de análisis: (a) pajonal y tolar, (b) humedales del Guatín y (c) ojalar. La diversidad de vertebrados es mayor en el pajonal/tolar y los humedales (28 y 20 especies respectivamente) y sensiblemente menor en el ojalar (sólo ocho especies). Los anfibios sólo están presentes en los humedales (dos especies) y los mamíferos están mejor representados en el pajonal y tolar (nueve especies) (Tabla 4-31).

TABLA 4-31. VERTEBRADOS PRESENTES EN TRES ZONAS DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	PAJONAL Y TOLAR	HUMEDALES DEL GUATÍN	OJALAR
Mamíferos	9	3	3
Aves	15	14	3
Reptiles	4	1	2
Anfibios	0	2	0
TOTAL	**28**	**20**	**8**

Diversidad de vertebrados en los Geisers del Tatio

Reconocemos tres zonas de análisis, basados en los análisis de similitud realizados considerando sólo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares: (a) Humedales, incluyendo el vado y humedales del río Putana, constituidos por un sistema de bañados en planicie y luego el cauce que fluye hacia una quebrada rodeada de un pajonal ralo en medio de un relieve abrupto. También se incluyen dos estaciones con bofedales de *Oxychloe*, (b) los geisers del Tatio y (c) la estepa de tolar y pajonal. Los ambientes con mayor diversidad de aves y mamíferos son los humedales. El sistema más biodiverso en vertebrados son los humedales (36 especies) (Tabla 4-32).

TABLA 4-32. VERTEBRADOS PRESENTES EN CUATRO ZONAS DEL SITIO GEISERS DEL TATIO. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	HUMEDALES	PAJONAL Y TOLAR	GEISERS TATIO
Mamíferos	6	5	0
Aves	28	6	7
Reptiles	2	2	0
Anfibios	0	0	1
TOTAL	**36**	**13**	**8**

Resumen de registro de vertebrados por áreas

En la siguiente tabla se presenta el número de especies, por clase, de las cinco áreas de estudio. Hemos incluido, en este análisis final también los registros previos y especies probables (e.g., Rau et al 1998, Spotorno et al. 1998, Ramírez & Pincheira-Donoso 2005, Elgueta 2006). Los sitios con mayor número de especies de vertebrados son Oasis de Calama (56), Geisers del Tatio (52) y Alrededores del Volcán Licancabur (48). La mayor diversidad de órdenes está en el Oasis de Calama y de familias en Geisers del Tatio. La mayor diversidad de mamíferos está en Alrededores del Volcán Licancabur (14) y Geisers del Tatio (12), de aves en Oasis de Calama (42) y Geisers del Tatio (35), la diversidad de herpetofauna es mayor en Alrededores del Volcán Licancabur (seis reptiles y dos anfibios). Téngase presente que los esfuerzos de registro son muy disímiles entre los sitios. Oasis de Calama es la que más esfuerzos ha tenido, por diversos autores y en varias excursiones y la menor Laguna Lejía. Se espera, entonces que nuevas expediciones en otras estaciones del año incrementen los registros en las zonas altiplánicas.

TABLA 4-33. VERTEBRADOS PRESENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008. E= ESPECIES, G= GÉNEROS, F= FAMILIAS, O= ÓRDENES. INCLUYE REGISTROS PROPIOS, PREVIOS Y ESPECIES PROBABLES.

	Valle de Quillagua				Oasis de Calama				Laguna Lejía				Volcán Licancabur				Geisers del Tatio			
Clase	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O
Mamíferos	4	4	3	2	9	6	3	3	11	10	5	4	14	12	7	5	12	11	6	4
Aves	23	19	14	7	42	35	19	9	30	21	15	9	26	20	13	6	35	30	18	10
Reptiles	1	1	1	1	4	4	2	1	2	1	1	1	6	2	2	1	4	1	1	1
Anfibios	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1	1	1
Total	**28**	**24**	**18**	**10**	**56**	**46**	**25**	**14**	**43**	**32**	**21**	**14**	**48**	**36**	**24**	**13**	**52**	**43**	**26**	**16**

Folio009497

CAPÍTULO V
CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO V CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD

1. PROCEDIMIENTOS

Para aportar herramientas útiles para la conservación de la biodiversidad a continuación se realiza un análisis que considera la integración de tres factores:

- La diversidad (como riqueza de especies y, cuando estuvieron disponibles, los índices de equidad). Se utilizó como insumo el anterior análisis de la diversidad descrito en el Capítulo IV.
- Análisis de endemismos, considerando las especies endémicas presentes, tanto a nivel de ambientes (e.g., ojalar, humedales, pajonales), como de las áreas de estudio (e.g., Oasis de Calama, Laguna Lejía, Geisers del Tatio). Se incluyen en el análisis tanto registros propios como previos identificados en el Capítulo IV.
- Estados de conservación, que reflejan el grado de amenaza a que están sometidas las especies (e.g., En Peligro, Vulnerable). Se incluyen en el análisis tanto registros propios como previos identificados en el Capítulo IV.

Con el cruce de estos factores proponemos los objetos de conservación (véanse más adelante los conceptos), que se presentarán a nivel de grano grueso (ambientes) y a nivel de grano fino (especies focales).

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS AMBIENTES A EVALUAR

Reorganizamos la información para definir los ambientes a evaluar de modo de seleccionar los objetos de conservación de filtro grueso. Nótese que ya no hablamos de inventarios, estaciones o zonas y en adelante nos referiremos a ambientes. Para esto seguimos, con modificaciones, la propuesta de clasificación de la vegetación de Gajardo (1994) a lo que se agregaron ecosistemas relevantes (e.g., humedales). De este modo, a estos ambientes se incorporaron las asociaciones vegetacionales descritas y se integraron las estaciones y zonas de análisis de diversidad de vertebrados. Los ambientes seleccionados se muestran en la siguiente (Tabla 5-0) y en las Fig. 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 y 5-5. Nótese que algunos ambientes se encuentran en más de un área (e.g., el pajonal tolar de la estepa altoandina subdesértica está presente en Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio), lo que es completamente consistente desde el punto de vista biogeográfico. Al revés, algunas asociaciones podrían haberse unido dada su alta afinidad fitosociológica, tales como *Festuca orthophylla - Parastrephia lucida y Festuca orthophylla – Deyeuxia breviaristrata* (como *Stipa-deyeuxia* en este estudio), sin embargo, esto implicaba reunir un ambiente de Laguna Lejía con otros de Geisers del Tatio, muy distanciados entre sí, lo que es inaceptable para un análisis, por ejemplo, faunístico.

Folio009499

TABLA 5-0. AMBIENTES, ASOCIACIONES VEGETACIONALES, ÁREAS DE ESTUDIO, NÚMERO DE INVENTARIOS Y ESTACIONES DE MUESTREO EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

AMBIENTE	ASOCIACIÓN(ES) INCLUIDA(S)	ÁREAS	INVENTARIOS VEGETACIONALES	ESTACIONES DE FAUNA
Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	*Festuca orthophylla– Deyeuxia breviaristrata (Stipa – Deyeuxia)*	Laguna Lejía	LE 1, 4, 9, 11, 12	LEJ-1, LEJ-2, LEJ-3, LEJ-4, LEJ-5
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	*Festuca orthophylla– Parastrephia lucida*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 12 al 19	--
	Parastrephia quadrangularis - Festuca orthophylla	Geisers del Tatio	T 1 al 7	--
Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	*Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 3,7,8	(3 estaciones) LIC-2, LIC-3, LIC-4
		Geisers del Tatio	T 10 al 13	(2 estaciones) TA-3,TA-4,
Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	*Fabiana densa – Baccharis boliviensis*	Geisers del Tatio	T 8, 9	(2 estaciones) TA-2, LIC-4
Ojalar del desierto de aluviones	*Acantolippio deserticolae – Atriplicetum imbricada (Atriplex imbricada)*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 1, 2, 4, 6, 9, 10, 11	(2 estaciones) LIC-6, LIC-1
Humedales altoandinos del Tatio	*Oxyochloe andina*	Geisers del Tatio	T 14, 15, 16	(5 estaciones) TA-0, TA-5, TA-6, TA-7, TA-1
Humedal altoandino de Laguna Lejía	*Puccinellia-Calandrinia*	Laguna Lejía	LE 3, 10	(1 estación) LEJ-6
Humedales riparianos del Guatín		Alrededores del Volcán Licancabur		(1 estación) LIC-5
Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata* *Baccharis juncea-Scirpus americanus* *Distichlis spicata-Tessaria absinthioides* *Juncus arcticus-Scirpus americanus* *Tessaria absinthioides-Scirpus americanus* *Baccharis juncea- Distichlis spicata* *Distlichetum spicatae*	Oasis de Calama	Sitios CAL-2 al CAL-9	(6 estaciones) CAL-2,CAL- 3, CAL-4, CAL-5, CAL-6,CAL- 7
Cultivos del Oasis de Calama	Cultivo de maíz y de alfalfa	Oasis de Calama	Sitio CAL-1 y de CAL-10 a CAL-13	(1 estación) CAL-1
Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *Scirpus americanus-Distichlis spicata*	Valle de Quillagua	Sitios QUI-1, QUI- 2, QUI-3	(6 estaciones) QUI-2, QUI-3, QUI-4, QUI-5, QUI- 6, QUI-7
Cultivos del Valle de Quillagua	*Atriplex atacamensis-Distichlis spicata* Cultivo de alfalfa	Valle de Quillagua	Sitio QUI- 4	(1 estación) QUI-1

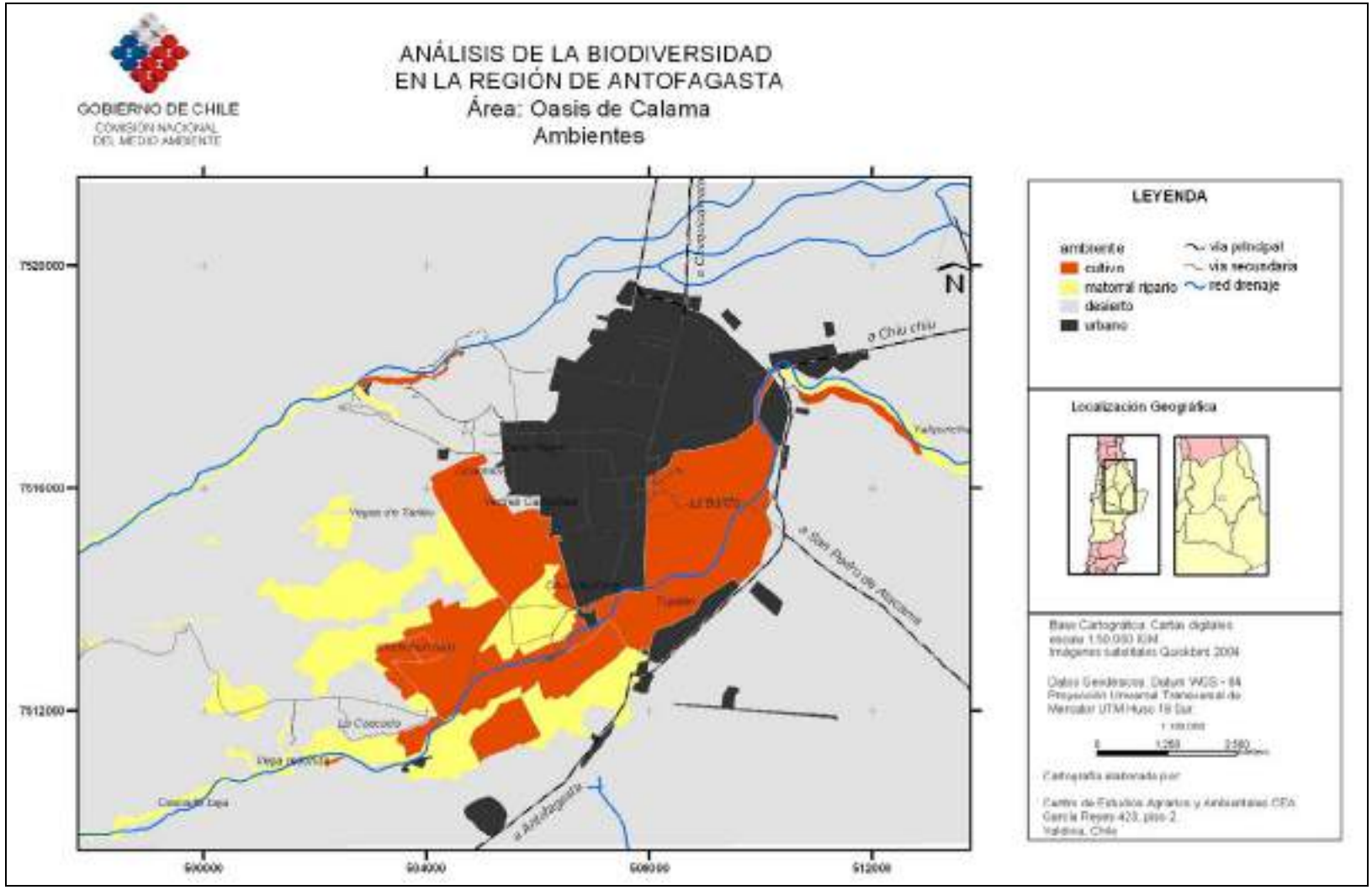


FIGURA 5-1. CARTA DE AMBIENTES EN EL OASIS DE CALAMA. 2008.

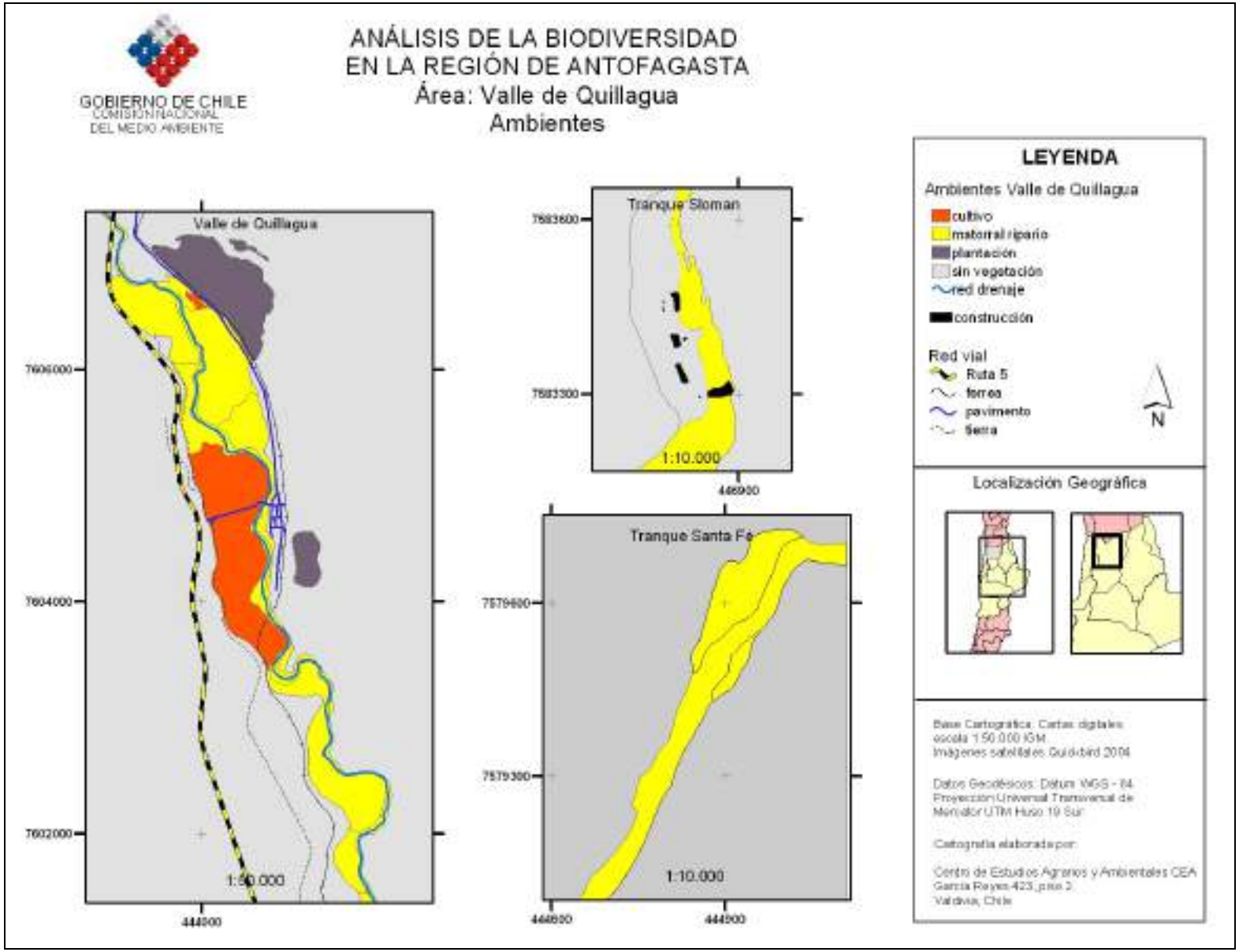


FIGURA 5-2. CARTA DE AMBIENTES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2008.

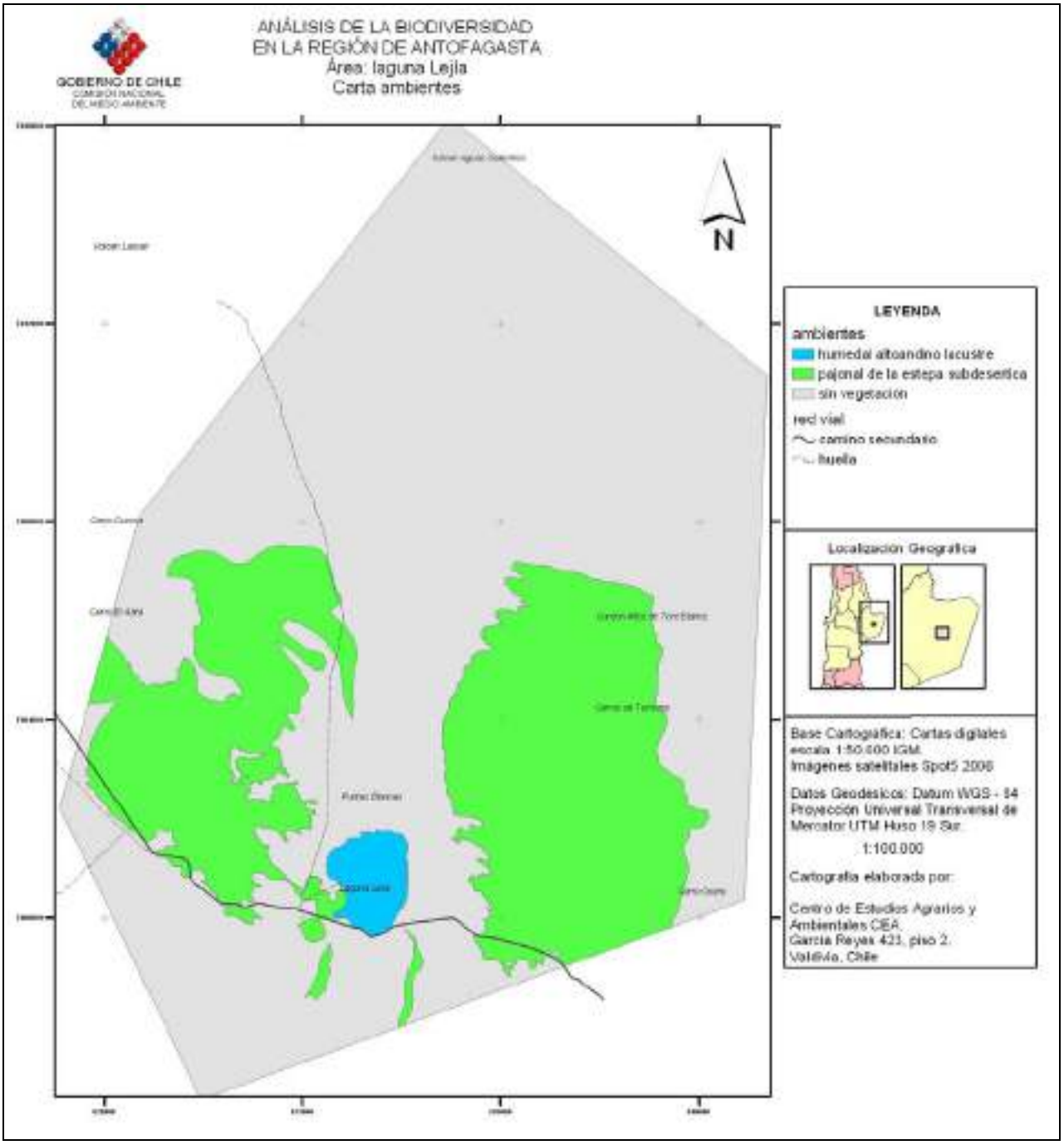


FIGURA 5-3. CARTA DE AMBIENTES EN LAGUNA LEJÍA. 2008.

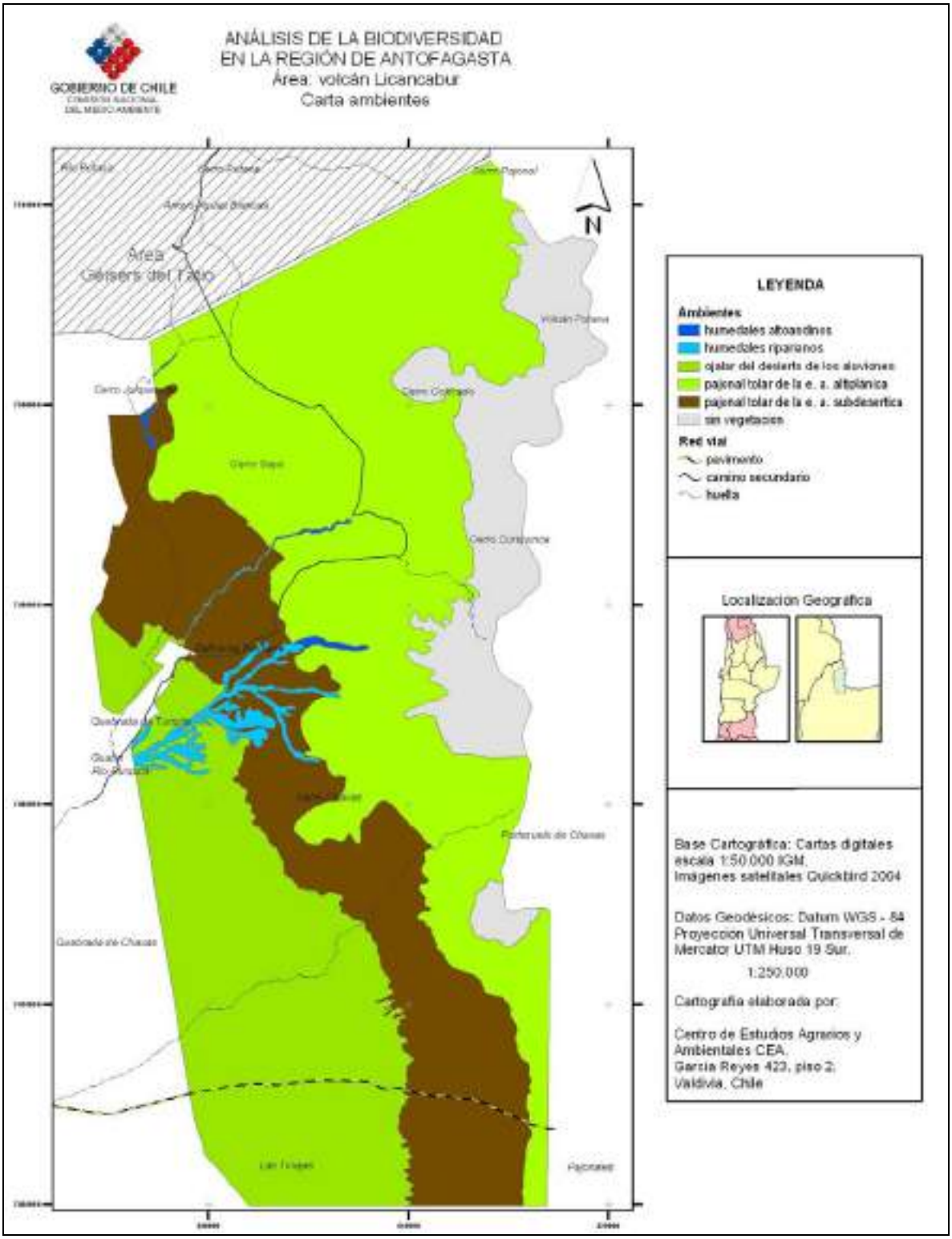


FIGURA 5-4. CARTA DE AMBIENTES EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

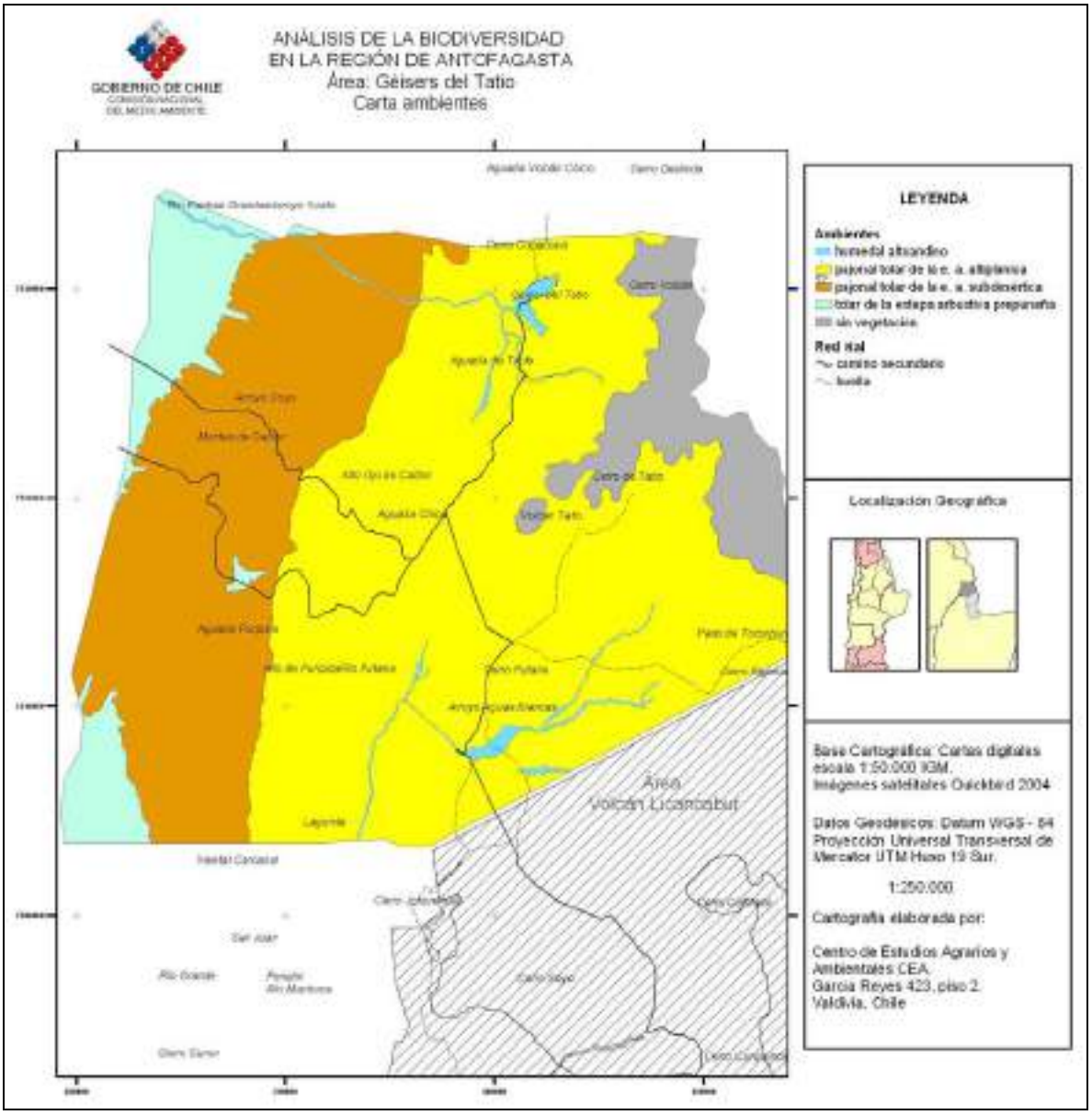


FIGURA 5-5. CARTA DE AMBIENTES EN GEISERS DEL TATIO. 2008.

3. ENDEMISMOS

Cuando una especie está presente sólo en un lugar, área o región geográfica es una especie endémica, es decir no está en ninguna otra parte del mundo, al menos en forma natural. Este es un término usado para especies limitadas a un ámbito geográfico reducido. Por ello, cuando se indica que una especie es endémica de Chile, de la región de Antofagasta y de una localidad, quiere decir que sólo es posible encontrarla en ese lugar, de forma natural. Este concepto de endémico se aplica usualmente a las especies, pero también puede aplicarse a otros taxones como subespecies, género, familias, en incluso órdenes. El total de sitios o localidades donde habita una especie constituye su rango de distribución geográfica. No siempre, más bien raramente, estos rangos de distribución coinciden con los límites políticos de países o provincias (que se sepa las plantas y animales no saben de administración geográfica humana), por eso muchas veces es mejor hablar de áreas de endemismo, o sea, regiones que tienen especies que no se encuentran en ningún otro territorio. Pero la asignación político administrativa al final sí tiene importancia ya que la conservación de la biodiversidad es un asunto político que se maneja a nivel nacional. Cuando las áreas de endemismo abarcan más de un país, entonces se deben crear mecanismos bilaterales de conservación.

Las regiones de endemismo son zonas donde dos o más especies endémicas se superponen en su distribución. Los criterios para definir estas zonas son variables (e.g., Stattersfield et al. 1998 para especies de aves). Definir regiones de endemismos es importante ya que presentan oportunidades para una sola iniciativa de conservación lo que puede resultar beneficioso para más de una especie amenazada (Flanagan et al. 2005). También permite priorizar las áreas en función, por ejemplo, de la riqueza de especies, la diversidad, el número de especies endémicas, el número de especies con problemas de conservación, el nivel de uso y amenazas humanas.

En la conservación de la biodiversidad el endemismo es un factor importante (Humpries et al. 1995) ya que las especies endémicas, es decir con rangos de distribución restringida, son más susceptibles a la extinción. Por ejemplo de las 62 especies de aves extinguidas en el mundo en los últimos 200 años, un 80% tenía rangos de distribución restringidos (Stattersfield et al. 1998, Flanagan et al. 2005). Pero esto tiene matices. Las especies pueden dividirse en dos tipos: (a) especialistas de hábitat, que son aquellas que tienen requerimientos ecológicos muy específicos, estrechos, por lo que dependen de un cierto tipo de hábitat; (b) generalistas de hábitat, que son las que pueden vivir en un amplio abanico de hábitats. De este modo no todas las especies endémicas están amenazadas en su supervivencia, sí lo están las especies endémicas especialistas de hábitat, con requerimientos ecológicos estrechos y por lo tanto con menos posibilidades de adaptarse a los cambios en el ambiente, sean estos naturales o causados por el hombre.

Endemismo de plantas

Squeo et al. (1998), empleando las bases de datos ya mencionadas en el capítulo anterior, establecieron que para la región de Antofagasta se han registrado 979 especies vegetales, pertenecientes a 367 géneros y 101 familias. De ese total, 372 especies son endémicas, lo que representa el 38,7%. En el mapa de endemismo (Fig. 5-6) se representa los distintos porcentajes en la región y en el se aprecia que las áreas de estudio están en las zonas de menor endemismo (0-20%). Esto lo confirman Cavieres et al. (2002), que usando también las bases de datos existentes y un análisis de parsimonia de endemismos (PAE en inglés),

concluyen que dentro de la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismos. Una asociada a la costa y otra a la cordillera de los Andes. El área asociada a la costa contiene un 62,4% de plantas endémicas de Chile y un 19,9% de endémicas para la región. El área puneña de los Andes contiene un endemismo del 13,9% para Chile (especies no presentes en otro país) y de 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). Squeo et al. (1998) concluyen algo similar, indicando que la zona andina entre los 17º a los 24º S contiene un 14% de endemismo, pero que se incrementa a 27% entre los 25º a los 32º S. Simonetti & Veloso (2003) agregan que la presencia de especies endémicas disminuye con la altura.

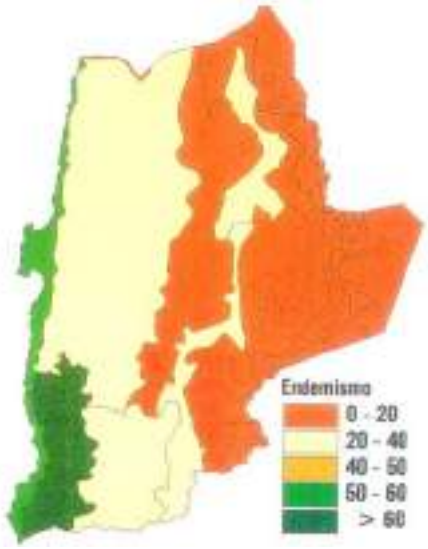


FIGURA 5-6. PORCENTAJE DE ESPECIES ENDÉMICAS DE CHILE EN DIFERENTES FORMACIONES VEGETACIONALES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. TOMADO DE SQUEO ET AL. (1998).

De este modo usamos como comparación y referencia para nuestras áreas de estudio un 14% de endemismo esperado. Las áreas de Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio son las áreas de mayor endemismo según Cavieres et al. (2002), pero es menor, aunque los autores no entregan valores, para el área donde se localiza Laguna Lejía y los Valle de Quillagua y Calama. Finalmente este factor de endemismos, debe tomarse con cierta reserva ya que no es comparable con el endemismo de la zona costera (que es mucho más alto). Esto se debe a que las zonas altiplánicas contienen endemismos andinos, que se comparten con Bolivia y Argentina, lo que las hace no endémicas desde el punto de vista político administrativo, pero que sí son endémicas desde en punto de vista ecológico. Debieran considerarse estas especies como cuasi endémicas (Cf. Marín 2004).

Endemismo de vertebrados

Se han documentado (e.g., Ramírez & Pincheira-Donoso 2005) para la provincia de El Loa 176 especies de vertebrados terrestres, pertenecientes a 81 géneros, 44 familias y cuatro órdenes. De ellos el 11,9% son endémicos. Por otro lado, para la región de Antofagasta (Núñez & Veloso 2001, Ramírez & Pincheira-Donoso 2005) documentan 31 especies de reptiles de los cuales 24

son endémicos para la región: *Callopistes palluma, Liolaemus alticolor, L. atacamensis, L. constanzae, L. donosi, L. dorbignyi, L. fabiani, L. filiorum, L. foxi, L. hellmichi, L. islugensis, L. multicolor, L. nigriceps, L. paulinae, L. puritamensis, L. signifer, L. stolzmanni, Microlophus atacamensis, M. tarapacensis, Phrynosaura audituvelata, P. erronea, P. torresi, Garthia gaudichaudii, Phyllodactylus cf inaequalis*. El único género endémico para la región es *Phrynosaura* (aunque controvertido). Para la provincia de El Loa se documentan 15 especies de reptiles endémicas (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005).

TABLA 5-1. ENDEMISMOS DE ESPECIES DE VERTEBRADOS PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Clase	Total especies	Especies nativas	Especies endémicas	% de endemismo
Mamíferos	35	28	1	3,6
Aves	113	110	0	0,0
Reptiles	22	22	15	68,2
Anfibios	6	6	5	83,3
Total Vertebrados	176	168	21	11,9

3.1. Endemismos en las áreas por ambiente

Valle de Quillagua

En esta zona se registró una planta endémica *Prosopis tamarugo* y un solo endemismo en vertebrados, *Microlophus theresioides* corredor de Pica, perteneciente a la clase de los reptiles (Tabla 5-2). Se trata de una especie endémica a nivel nacional, ya que su distribución abarca toda la extensión del río Loa y también la pampa del Tamarugal. Es el lagarto de mayor envergadura en la provincia de El Loa y bastante común en su área de distribución. Se puede observar corriendo a gran velocidad, desplazándose en forma bípeda. El corredor de Pica fue encontrado en todas las zonas prospectadas en el Valle de Quillagua, cultivos y matorrales, humedales y pradera. Si se considera el total de vertebrados registrados en cada zona el % de endemismos es mayor en el cultivo (10%), disminuyendo en matorrales y pradera (7,7%) y en los humedales (4,8%), a pesar de que es en este último ambiente donde se encontró la mayor riqueza de especies. Esto último se explica porque en los humedales el grupo mejor representado es habitualmente el de las aves, las que exhiben los menores endemismos.

TABLA 5-2. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA VALLE DE QUILLAGUA. 2007. E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Valle de Quillagua
PLANTAS	
Prosopis tamarugo tamarugo	E
VERTEBRADOS	
Microlophus theresioides corredor de Pica (REPTILIA)	E
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	22
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	1
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	25
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	1
% PLANTAS ENDÉMICAS	4,5
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4,0

Oasis de Calama

En la localidad Calama no se registraron especies de plantas endémicas, sí se registraron cuatro endemismos a nivel de vertebrados (Tabla 5-3). Tres corresponden a la clase reptiles, con las especies *Liolaemus paulinae* lagartija de Paulina, *Microlophus theresioides* corredor de Pica y *Phrynosaura torresi* dragón de Torres; y uno que corresponde a la clase anfibios *Telmatobius dankoi* rana acuática de Danko. Los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Phrynosaura torresi* fueron registrados en Yalquincha y Pradera agrícola respectivamente. La lagartija de Paulina, especie endémica local bastante común, se conoce sólo de Calama y sus alrededores habiéndose observado a orillas del río Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). Se desconocen aspectos de su ecología y reproducción. El dragón de Torres es endémico a nivel regional, su registro es señalado por Elgueta (2006) en zonas de pradera agrícola. Únicamente *Microlophus theresioides* fue registrado en más de una zona, siendo éstos Mirador, humedales San Salvador y Quetena, y pradera agrícola. El anfibio *Telmatobius dankoi*, especie endémica en las cercanías de la ciudad de Calama, aún cuando no fue registrado en este estudio ha sido encontrado en la estación Mirador y se consideró en este análisis por el alto valor que representa su categoría de endemismo local. El género *Telmatobius* reúne a ranas acuáticas, de las cuales Chile posee siete representantes, todas distribuidas sobre los 2.500 m. *T. dankoi* es la especie más sureña de los *Telmatobius* descrito para Chile (Duellman 1993, Cuevas & Formas 2002).

Los mayores porcentajes de endemismos se encontraron asociados a las zonas de pradera agrícola (18,2%) y Mirador (11,1%), disminuyendo a 5,9% en humedales y a 4,5% en Yalquincha y Loa Medio. Destaca también en los ambientes asociados al Oasis de Calama la relación inversa entre riqueza de especies y endemismo, así el mayor endemismo ocurre en la estación de menor riqueza de especies y el menor endemismo se da en la estación con mayor riqueza de especies. Como en el caso de Quillagua, la mayor riqueza de especies se asocia a una mayor presencia de aves, las cuales, según se mencionó, presentan los menores endemismos.

TABLA 5-3. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA. 2008. E= ENDÉMICO NACIONAL, ER= ENDÉMICO PARA LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA, EL= ENDEMISMO LOCAL.

ESPECIE	Oasis de Calama
Liolaemus paulinae lagartija de Paulina REPTILIA	El
Microlophus theresioides corredor de Pica REPTILIA	E
Phrynosaura torresi dragón de Torres REPTILIA	Er
Telmatobius dankoi rana acuática de Danko AMPHIBIA	El
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	50
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	8,0

Laguna Lejía

Se registraron dos plantas endémicas, *Junellia tridáctila* y *Calceolaria stellariifolia*. En este lugar se presenta un endemismo de vertebrados, el reptil *Liolaemus puritamensis* lagartija de Puritama, especie endémica para la región y que fue registrada en los dos ambientes representativos del área de estudio, pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama y el humedal altoandino lacustre Laguna Lejía. *Liolaemus puritamensis* está restringida a los alrededores de San Pedro de Atacama, oriente de Domeyko, camino al Tatio y lagunas Lejía y Seca, sobre los 4.000 msm. En relación con los endemismos, al considerar la totalidad de los vertebrados nativos registrados para el área, se observa un grado relativamente bajo de endemismos para el área, presentando el ambiente de pajonal un 4,0% y el humedal un 4,3%.

TABLA 5-4. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA DE LAGUNA LEJÍA. 2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIES	Laguna Lejía
PLANTAS	
Junellia tridactyla khachujanki	E
Calceolaria stellariifolia zapatito	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus puritamensis lagartija de Puritama REPTILIA	Er
TOTAL PLANTAS REGISTRADAS	29
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	2
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	42
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	1
% PLANTAS ENDÉMICAS	6,9
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	2,4

Volcán Licancabur

Se registraron 11 especies de plantas endémicas: *Adesmia aphylla, Adesmia atacamensis, Adesmia kingii, Lupinus oreophilus, Neuontobothrys linifolius, Nototriche pulvinata, Opuntia conoidea, Polyachyrus carduoides, Trichocereus atacamensis, Tephrocactus atacamensis var. atacamensis* y *Trichocline caulescens*. Se registraron cinco endemismos a nivel de vertebrados (Tabla 5-5). Cuatro corresponden a la clase reptiles, con las especies *Liolaemus barbarae*, *Liolaemus puritamensis*, al igual que *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata*; y uno que corresponde a la clase anfibios, *Telmatobius vilamensis*. *Liolaemus barbarae*, es especie endémica local, registrada en el ambiente Pajonal/tolar *Liolaemus puritamensis*, especie endémica regional, fue registrada igualmente en el ambiente de Pajonal/tolar. *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* ambas especies endémicas locales fueron registradas en el Ojalar. El anfibio *Telmatobius vilamensis* fue registrado en los Humedales de Guatín. *Liolaemus barbarae* se conoce en sectores orientales de altura asociados a San Pedro de Atacama, alcanzando algunas poblaciones áreas fronterizas con Argentina, donde vive asociada a estepas altiplánicas con matorrales achaparrados. Posee reproducción vivípara. *Liolaemus fabiani* es una especie de morfología singular dentro del género y de distribución restringida a la provincia de El Loa (oriente de Domeyko, alrededores del Salar de Atacama y camino a Licancabur), aunque relativamente abundante. De reproducción ovovivípara y dieta insectívora. *Phrynosaura audituvelata* se distribuye en los alrededores de San Pedro de Atacama, cuesta Barros Arana y el cordón de Domeyko. El endemismo de esta especie es destacable ya que *Phrynosaura* representa además el único género endémico de la región (Núñez y Veloso 2001). Son reptiles notablemente adaptados a condiciones desertícolas de extrema aridez, presentando el tímpano completamente cubierto de escamas (lo que ayuda en su identificación), adaptación que da origen a su nombre (auditus = oído; velatus = cubierto) y cuya función es proteger el tímpano de ser golpeado por granos de arena impulsados por el viento. También posee peines de escamas que cumplen la misma función de protección de sus ojos. Las especies de *Telmatobius* son todas acuáticas, de hábitos nadadores, asociados a la cordillera de los Andes desde los 2.000 msm. *Telmatobius vilamensis* está restringido al río Vilama, cuenca que drena hacia el salar de Atacama, sobre los 3.000 msm, donde utiliza la escasa vegetación acuática como refugio. El mayor porcentaje de endemismo fue registrado en la zona del ojalar con un 25%, (representando la zona estudiada de mayor endemismo), le sigue el pajonal/tolar con un 7,1% y los humedales del Guatin con un 5,0%.

TABLA 5-5. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Volcán Licancabur
PLANTAS	
Adesmia aphylla	E
Adesmia atacamensis tano-tano	E
Adesmia kingii anaguaya	E
Lupinus oreophilus salcari	E
Neuontobothrys linifolius	E
Nototriche pulvinata	E
Opuntia conoidea	E
Polyachyrus carduoides amargura	E
Tephrocactus atacamensis chuchampe	E
Trichocereus atacamensis cardón gigante	E
Trichocline caulescens	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus barbarae lagartija de Bárbara REPTILIA	El
Liolaemus puritamensis lagartija de Puritama REPTILIA	Er
Liolaemus fabiani lagartija de Fabián REPTILIA	El
Phrynosaura audituvelata dragón de oído cubierto REPTILIA	El
Telmatobius vilamensis sapo de Vilama AMPHIBIA	El
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	91
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	11
TOTAL VERTEBRADOS NATIVAS REGISTRADOS	47
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	5
% PLANTAS ENDÉMICAS	12,1
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	10,6

Geisers del Tatio

Se registraron seis plantas endémicas: *Junellia tridactila, Adesmia atacamensis, Calceolaria stellariifolia, Opuntia conoidea, Trichocereus atacamensis* y *Werneria glaberrima*. En los diferentes ambientes representativos del sitio Geisers del Tatio, se encontraron dos especies endémicas, los reptiles *Liolaemus barbarae*, lagartija de Bárbara y *Liolaemus hajeki*, lagartija de Hajek endemismos local y regional, respectivamente. La lagartija de Bárbara fue registrada en el ambiente de pajonal y tolar. *Liolaemus hajeki* fue también registrada en el pajonal y tolar. Se trata de una lagartija que se distribuye en el área norte de Calama y San Pedro de Atacama, salares de Ascotán y Carcote, sobre los 3.000 m, sin haber registros de su presencia fuera del país. Analizando el total de vertebrados registrados en cada ambiente se obtiene que el porcentaje de endemismos del pajonal y tolar es 15,4%, siendo la única zona que presenta vertebrados endémicos.

TABLA 5-6. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA GEISERS DEL TATIO.2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Geisers del Tatio
PLANTAS	
Junellia tridáctila kachujanki	E
Adesmia atacamensis	E
Calceolaria stellariifolia zapatito o capachito	E
Opuntia conoidea	E
Trichocereus atacamensis cardón gigante	E
Werneria glaberrima	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus barbarae lagartija de Bárbara REPTILIA	El
Liolaemus hajeki lagartija de Hajek REPTILIA	Er
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	91
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	6
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	51
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	2
% PLANTAS ENDÉMICAS	6,6
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	3,9

3.2. Endemismos por áreas de estudio

El análisis de endemismo a nivel de cada una de las cinco áreas de estudio revela que el área de mayor endemismos en plantas es el área Alrededores del Volcán Licancabur con 11 especies y un 12,1%, concordante con lo propuesto por Cavieres et al. (2002) que calculaba un 13,9% para la cuadrícula que contiene parte del área de estudio. Para los vertebrados nuevamente es relevante el área del volcán Licancabur con un 10,4%, le sigue el Oasis de Calama con un 8,0. Laguna Lejía con un 2,4% es el área de menor endemismo animal.

TABLA 5-7 ESPECIES ENDÉMICAS DE PLANTAS Y VERTEBRADOS TERRESTRES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

	Valle de Quillagua	Oasis de Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Nº ESPECIES PLANTAS NATIVAS	22	33	29	91	91
Nº ESPECIES PLANTAS ENDÉMICAS	1	0	2	11	6
% PLANTAS ENDÉMICAS	4,5	0,0	6,9	12,1	6,6
Nº ESPECIES VERTEBRADOS NATIVOS	25	50	42	47	51
Nº ESPECIES VERTEBRADOS ENDÉMICAS	1	4	1	5	2
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4,0	8,0	2,4	10,6	3,9

4. ESTADOS DE CONSERVACIÓN

En la Ley General de Bases del Medio Ambiente se plantean una serie de disposiciones que aluden a las categorías de estados de conservación de la flora y fauna silvestre de nuestro país, otorgándolo así urgencia al proceso de evaluación y clasificación de dichas especies a fin de cumplir la normativa vigente. En este contexto, el Artículo 37 de la Ley de Bases del Medio Ambiente exige que el proceso de clasificación se base en criterios científico–técnicos, debiendo someterse toda la información relevante al Comité de Clasificación de Especies, para que los especialistas ahí reunidos (públicos y académicos) presenten al Consejo Directivo de la CONAMA, una propuesta de clasificación para las especies contempladas, proceso que está aún en pleno desarrollo en nuestro país.

La historia de la legislación en torno a la conservación, que, aunque regula la explotación, no define categorías de conservación de los recursos forestales en nuestro país, se inicia por la aplicación de la legislación española durante la Colonia y los inicios de la República, en que se disponía que “los montes deban conservarse, autorizando la corta sólo de los árboles grandes debiendo dejarse la planta en estado de regenerar”. En 1931 se dicta la Ley de Bosques a través del Decreto Supremo 4.363, del Ministerio de Tierras y Colonización que recoge algunas de las normas de decretos y reglamentos dictados en décadas precedentes, que establecían las primeras normas sobre bosques de protección. Esta Ley prohíbe la corta y destrucción de tres clases de bosques de protección de suelos y aguas: (a) árboles y arbustos nativos situados a menos de 400 m sobre los manantiales que nacen en los cerros y a menos de 200 m de sus orillas del nacimiento de la vertiente hasta el plano, (b) arbolado situado a menos de 200 m de radio de los manantiales que nacen en terrenos planos no regados y (c) árboles existentes en cerros desde la medianía de su falda hasta la cima.

En relación a la fauna, el primer cuerpo legal de carácter general que protege a la fauna silvestre, terrestre y acuática en Chile, es la Ley de Caza N° 4.601 de 18 de junio de 1929 y su Reglamento N° 4.844. Dentro de sus aspectos principales se encuentran la determinación de períodos de veda temporal e indefinida; fijación de números máximos de ejemplares permitidos de caza por excursión y por cazador; los métodos de caza permitidos; regulaciones sobre el comercio nacional e internacional y la crianza en cautividad de las especies silvestres nativas. En 1998, se promulgó un nuevo Reglamento de la Ley de Caza N° 4.601, DS Nº 05/1998, modificado por el DS N53/2004 Ministerio Agricultura, que moderniza la legislación vigente en la materia, haciéndola más eficiente y poderosa. Es así como, de 52 especies de aves con veda indefinida se pasa a proteger 317 especies. Este nuevo Reglamento norma por primera vez la captura y caza de reptiles y anfibios en Chile, decretando la prohibición de captura, comercialización y exportación de todas las especies chilenas.

4.1. Legislación vigente

Ley N° 19.473 de 1996. Ley de Caza del Ministerio de Agricultura. Esta ley sustituye la Ley Nº 4.601, sobre caza, y el Artículo 609 del Código Civil. Establece la prohibición de caza y captura para todos los vertebrados nativos de Chile, con la excepción los recursos hidrobiológicos, los que están protegidos por normas derivadas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, bajo tuición de la Subsecretaría de Pesca y del Servicio Nacional de Pesca. En su Reglamento de 1998, se establece por primera vez el estado de conservación de las especies de fauna de Chile. Hasta el momento sólo se habían definido la clasificación de los estados de conservación

en Libros Rojos de la CONAF (flora, 1985 y fauna terrestre, 1987), los que no tienen carácter legal o normativo que posibilitara su exigencia obligatoria como instrumento de conservación.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (D.O. 09.03.94) Ministerio Secretaría General de la República. En su Artículo 1 contiene las normas generales que regulan las materias relacionadas con “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental” En el Párrafo 4º De las Normas de Calidad Ambiental, Preservación de la Naturaleza y Conservación del Patrimonio Ambiental, el Artículo 37 da las indicaciones para la creación de un reglamento que fije el procedimiento para clasificar las especies de flora y fauna silvestres, sobre la base de antecedentes científico-técnicos, y según su estado de conservación, en las siguientes categorías: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerable, rara, insuficientemente conocida y fuera de peligro. En el Artículo 38, señala que “Los organismos competentes del Estado confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerable, rara e insuficientemente conocidas.” En el Párrafo 6º De los Planes de Manejo, Prevención o Descontaminación el Artículo 41 señala que el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables se efectuará asegurando su capacidad de regeneración y la diversidad biológica asociada a ellos, en especial de aquellas especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas. Y finalmente, en el Artículo 42, dice que el organismo público encargado por la ley de regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en un área determinada, exigirá, la presentación y cumplimiento de planes de manejo de los mismos, a fin de asegurar su conservación. Estos incluirán, entre otras, las siguientes consideraciones ambientales: c) Protección de especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidos.

Reglamento de Clasificación de Especies (D.O. 11.05.2005) Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El Decreto Supremo Nº 75 de 2005, aprueba el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres y establece las disposiciones que regirán el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a que alude el artículo 37 de la ley Nº19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; define las categorías en las que deben ser clasificadas las especies evaluadas y el procedimiento para la clasificación de especies incluyendo los Criterios para la clasificación de especies, las funciones y conformación de un Comité para la Clasificación de Especies según su estado y el procedimiento administrativo para la clasificación.

Categorías de conservación

El Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres, utiliza las categorías que establece la Ley 19.300 para la clasificación de las especies de flora y fauna, según su estado de conservación según lo señalado en la Tabla 5-8.

TABLA 5-8. CATEGORIAS DE CONSERVACIÓN LEGALMENTE VIGENTES EN CHILE.

CATEGORIA		DESCRIPCIÓN
Extinguida (Extinta)	E	Una especie se considera “Extinta” cuando prospecciones exhaustivas no han detectado ningún individuo en estado silvestre.
En Peligro de Extinción	EP	Una especie se considera “En Peligro” al enfrentar un riesgo muy alto de extinción.
Vulnerable	V	Una especie se considera “Vulnerable” cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría de “En Peligro”, enfrenta un riesgo alto de extinción.
Insuficientemente Conocida	IC	Una especie “Insuficientemente Conocida” es una que, bajo presunciones fundadas, enfrenta un riesgo de extinción pero para la cual no hay información suficiente para asignarla a la categoría “En Peligro” o bien “Vulnerable”. Es, por tanto, una categoría de riesgo que implica un esfuerzo de levantamiento de información para determinar el real estado de conservación de la especie.
Fuera de Peligro	FP	Una especie se considera “Fuera de Peligro” cuando, habiendo estado en alguna de las categorías anteriores (de riesgo), se considera relativamente segura en la actualidad por la adopción de medidas efectivas de conservación o por la cesación de una amenaza.
Rara	R	Una especie se considera “Rara” cuando sus poblaciones ocupan un área geográfica pequeña o estén restringidas a un hábitat muy específico (que en si, sea escaso en la naturaleza), o cuando la especie en forma natural, presenta bajas densidades poblacionales aunque ocupe un área geográfica mayor. Las especies clasificadas como raras, también pueden ser clasificadas en alguna de las demás categorías.
No se ajusta a ninguna categoría de conservación según RCE		Si bien ésta no es una categoría de estado de conservación que emane de la Ley 19.300, una especie puede, luego de su primer proceso de clasificación, no quedar asignada a ninguna de las categorías anteriores, por considerar que, con los datos disponibles a la fecha de su clasificación, no habían antecedentes que indicaran un estado de riesgo, rareza o extinción para esa especie.

Fuentes de información

La flora y fauna registrada en este estudio se analizó utilizando como indicadores diferentes métodos e iniciativas, además del reglamento de la Ley de Caza 19.407 como fuente de información oficial para la fauna. Así, se consultaron las listas proporcionadas por Benoit (1989), actualizada en reunión de expertos realizada en septiembre de 1997 y Red Data Book UICN (2007) para flora y Glade (1998), Red Data Book UICN (2007), Cofré & Marquet (1998), Veloso (2006), Núñez et al. (1997) y Díaz-Paez & Ortiz (2003) para fauna. Las categorías y sus definiciones del Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres están contenidas en una ley, por lo que su modificación es materia de una modificación legislativa, situación que no permite actualizarlas según las modificaciones periódicas que UICN va haciendo de ellas. De esta manera, algunos de los criterios en nuestra legislación ya no son comparables internacionalmente, como es el caso de la categoría Rara que fue eliminada de la nomenclatura de UICN.

4.2. Estado de conservación por áreas de estudio

Estado de conservación Valle de Quillagua

Flora. El estado de conservación de las 22 especies nativas de flora registradas en el lugar, indica que 19 especies no presentan problemas de conservación y sólo tres están en la categoría de Vulnerable, *Prosopis alba, P. chilensis* y *P. tamarugo* (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor/ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación, según las definiciones de su versión 2.3 de 1994.

TABLA 5-9. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA; LR= RIESGO MENOR; NT=CASI AMENAZADA; CD= DEPENDIENTE DE LA CONSERVACIÓN

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN 2007
Prosopis alba	algarrobo blanco	V	LR/nt
Prosopis chilensis	algarrobo	V	N/E
Prosopis tamarugo	tamarugo	V	LR/cd

Fauna. En el área muestreada se registraron dos especies de mamíferos nativos. El reglamento de la Ley de Caza no incluye a *Abrothrix olivaceus* en ninguna categoría de conservación mientras que UICN (2007) lo clasifica como de Menor riesgo/preocupación menor. *Myotis atacamensis* por su parte es sindicado como de poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza aunque no está clasificado en ninguna de las categorías de conservación, y por UICN (2007) como Vulnerable, en base a la reducción poblacional, aunque su evaluación data de 1996 y no ha sido actualizada. Ninguno de ellos ha sido evaluado en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993), y Cofré & Marquet (1998) consideran a ambos Sin Prioridad Inmediata. El reptil registrado, *Microlophus theresioides*, en el Reglamento de la Ley de Caza se consigna en la categoría Rara; Núñez et al. (1997) lo evalúan en la misma categría, mientras que no ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) ni en UICN (2007). De las 22 especies de aves nativas registradas en el área de estudio, en el reglamento de la Ley de Caza, se incluye a *Larus modestus* en la categoría de Vulnerable y a *Conirostrum tamarugense* como Inadecuadamente conocida. Ninguna ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) y UICN (2007) clasifica a *Conirostrum tamarugense* como Vulnerable y a las restantes como de Preocupación Menor.

TABLA 5-10. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. N/E= NO EVALUADA, V= VULNERABLE, R= RARA, LC= PREOCUPACIÓN MENOR.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Myotis atacamensis	murciélago de Atacama		N/E		V
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Microlophus theresioides	corredor de Teresa	R	N/E	R	N/E
AVES					
Larus modestus	gaviota garuma	V	N/E		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies dañinas. Las dos especies de mamíferos exóticos registrados, *Rattus rattus* y *Mus musculus,* y una especie de ave, *Passer domesticus*, son considerados por el Reglamento de la Ley de Caza como especies de fauna silvestre perjudiciales o dañinas, las cuales pueden ser cazadas o capturadas en cualquier época del año, en todo el territorio nacional.

Especies beneficiosas. Las aves *Troglodytes aedon, Pygochelidon cyanoleuca, Tachuris rubrigastra, Tyrannus savana, Muscisaxicola macloviana, Muscisaxicola maculirostris, Chordeiles acutipennis, Falco femoralis,* y *Buteo polyosoma* están consideradas como especies beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Zonotrichia capensis, Conirostrum tamarugense, Conirostrum cinereum, Upucerthia dumetaria* y *Phleocryptes melanops* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y el reptil *Microlophus theresioides* como especie de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio, las aves *Fullica ardesiaca, Chordeiles acutipennis, Upucerthia dumetaria, Tyrannus savana, Conirostrum cinereum, Larus modestus* y *Conirostrum tamarugense*, y el reptil *Microlophus theresioides* se consideran como especies con poblaciones reducidas.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

Estado de conservación Oasis de Calama

Flora. De las 33 especies nativas de flora registradas, sólo dos, *Prosopis alba* y *P. chilensis* están en la categoría de Vulnerable y 31 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor/ casi amenazado, mientras que *P. chilensis* no está evaluado, según las definiciones de su versión 2.3 de 1994.

TABLA 5-11. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL OASIS DE CALAMA V= VULNERABLE; LR= RIESGO MENOR; NT= CASI AMENAZADA; N/E= NO EVALUADA;

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Prosopis alba	algarrobo blanco	V	LR/nt
Prosopis chilensis	algarrobo	V	N/E

Fauna. Se registraron cinco especies de mamíferos nativos en el área muestreada, dos de ellos con problemas de conservación. El Reglamento de la Ley de Caza y el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile consideran a *Licalopex griseus* y *L. culpeaus* Insuficientemente conocido mientras que Cofré & Marquet (1998) consideran a *L. griseus* como Vulnerable y a *L. culpaeus* como Sin Prioridad Inmediata. UICN los clasifica como de preocupación menor. Se registraron dos especies de reptiles *Microlophus theresioides* y *Liolaemus paulinae*, que en el Reglamento de la Ley de Caza se consignan en la categoría Rara. Núñez et al. (1997) consideran a *M. theresioides* en la misma categoría mientras no ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) ni en UICN (2007). *L. paulinae* está incluida en la categoría Rara en el Libro Rojo y por Núñez et al. (1997) y con Datos Insuficientes en UICN (2007), aunque su evaluación está desactualizada. Incluimos el registro de un anfibio, *Telmatobius dankoi*, que Díaz-Paez & Ortiz (2003) consideran Insuficientemente Conocido y UICN (2007) con Datos Insuficientes. De las 40 especies de aves nativas registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Falco peregrinus* en la categoría de Vulnerable. Ninguna ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993), y UICN las clasifica a todas como de Preocupación menor.

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies dañinas. Las cuatro especies de mamíferos exóticos registrados, *Oryctolagus cuniculus*, *Rattus rattus*, *R. norvegicus* y *Mus musculus,* y dos especies de aves, *Passer domesticus* y *Columba livia*, son considerados como especies de fauna silvestre perjudiciales o dañinas, las cuales pueden ser cazadas o capturadas en cualquier época del año, en todo el territorio nacional.

Especies beneficiosas. Las aves *Troglodytes aedon*, *Athene cunicularia*, *Bubo magellanicus*, *Tyto alba*, *Falco femoralis*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco sparverius*, *Falco peregrinus*, *Buteo polyosoma, Circus cinereus* y *Geranoaetus melanoleucus* están consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que *Egretta caerulea*, *Pardirallus sanguinolentus*, *Steganopus tricolor*,

Leptasthenura aegithaloides, *Zonotrichia capensis*, *Upucerthia dumetaria, Cinclodes fuscus* y *Phleocryptes melanops* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. Los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides* y el ave *Nycticorax nycticorax* son consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de avifauna registradas en el área de estudio, *Egretta caerulea*, *Falco peregrinus*, *Steganopus tricolor, Fulica ardesiaca* y *Upucerthia dumetaria*, el mamífero *Phyllotis magíster* y los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

TABLA 5-12. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL OASIS DE CALAMA. N/E= NO EVALUADA, R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1993		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Lycalopex griseus	zorro chilla	I	I	V	lc
Lycalopex culpeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	R	R		DD
Microlophus theresioides	corredor de Teresa	R	N/E		N/E
AVES					
Falco peregrinus	halcón peregrino	V	N/E		LC
ANFIBIOS				Díaz-Paez & Ortiz 2003	
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko			I	DD

Estado de conservación de Laguna Lejía

Flora. De las 29 especies nativas de flora registradas, sólo tres pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable y 26 no presentan problemas de conservación (Marticorena 2005). UICN (2007) por su parte no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-13. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN LAGUNA LEJÍA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Marticorena (2005)	UICN (2007)
Nototriche auricoma	nototriche	V	N/E
Nototriche sp.	nototriche	V	N/E
Nototriche sp.1	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron 10 especies de mamíferos nativos silvestres en el área muestreada. El Reglamento de la Ley de Caza incluye a cinco de ellos en alguna categoría de conservación: En Peligro a nivel nacional a *Vicugna vicugna, Chinchilla brevicaudata*, Vulnerable a *Ctenomys fulvus* e Insuficientemente conocido a *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea*; estas cinco especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) incluyéndolas en las mismas categorías salvo para el caso de *Vicugna vicugna* que se incluye en categoría Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *C. brevicaudata* y *Vicugna vicugna* En Peligro, a *A. cinerea* Vulnerable, a *Ctenomys opimus* como Frágil y las dos especies restantes como Sin Prioridad Inmediata, mientras que *Abrothrix andinus* no aparece evaluado; UICN (2007) clasifica a una de las especies como Peligro Critico (*C. brevicaudata*), tres especies como de Menor riesgo/preocupación menor, una como de Preocupación menor y una no evaluada. Se registraron dos especies de reptil, *Liolaemus andinus* y *L.puritamensis*, las que no se han incluido en ninguna categoría de conservación en la Ley de Caza y no han sido evaluadas por Glade (1993), Núñez et al. (1997) ni UICN (2007). De las 30 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Pterocnemia pennata* en la categoría En Peligro, a *Chloephaga melanoptera*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus jamesi*, *Phoenicoparrus andinus* y *Larus serranus* en la categoría de Vulnerable y a *Attagis gayi* en la categoría Rara. El Libro Rojo (Glade 1993) también incluye a estas siete especies en alguna categoría de conservación aunque difiere la clasificación de *Larus serranus* a la que consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de estas especies como Casi amenazadas (*Pterocnemia pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *P. jamesi*), a una como Vulnerable (*Phoenicoparrus andinus*) y a las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

TABLA 5-14. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN LAGUNA LEJIA. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA NT= NO AMENAZADA LR/LC= RIESGO MENOR/PREOCUPACIÓN MENOR.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Ctenomys fulvus	tucotuco	V	V	NP	LR/lc
Ctenomys opimus				F	
Chinchilla brevicaudata	Chinchilla de cola corta	P	P	P	CR
Abrocoma cinerea	Ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
AVES					
Pterocnemia pennata	suri	P	P		NT
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus	parina grande	V	V		VU
Phoenicoparrus jamesi	parina chica	V	V		NT
Chloephaga melanoptera	piuquén	V	V		LC
Attagis gayi	perdicita cordillerana	R	R		LC
Larus serranus	gaviota andina	V	R		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. Las aves *Oreotrochilus estella*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Muscisaxicola rufivertex*, *M. flavinucha* y *M. frontales* son consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que *Charadrius alticola*, *Calidris bairdii*, *Steganopus tricolor*, *Geositta cunicularia*, *G. punensis*, *Upucerthia ruficauda*, *U. dumetaria* y *Asthenes modesta* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. El mamífero *Lycalopex culpaeus* y las aves *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *P. jamesi*, *Phrygilus atriceps* y *Bolborhynchus aurifrons* son especies consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio los mamíferos *Phyllotis magister*, *Ctenomys fulvus, Ctenomys opimus, Chinchilla brevicaudata* y *Vicugna vicugna*, y las aves *Pterocnemia pennata, Charadrius alticola*, *Steganopus tricolor*, *Attagis gayi*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *P. jamesi*, *Sicalis uropygialis*, *S. olivascens*, *Phrygilus unicolor*, *P. plebejus*, *Carduelis atrata*, *Upucerthia ruficauda*, *U. dumetaria* y *Bolborhynchus aurifrons* se consideran especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Estado de conservación Alrededores del Volcán Licancabur

Flora. De las 91 especies de flora nativa registradas, sólo tres, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche auricoma* y *Nototriche* cfr. *pulvinata* están incluidas en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). UICN (2007) por su parte no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-15. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VOLCÁN LICANCABUR. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Trichocereus atacamensis	cardón grande	V	N/E
		Marticorena (2005)	
Nototriche auricoma	nototriche	V	N/E
Nototriche cfr. pulvinata	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron 13 especies de mamíferos nativos en el área muestreada, de los cuales ocho se encuentran dentro de alguna categorización en el Reglamento de la Ley de Caza, que incluye a cinco de ellos en la categoría En Peligro a nivel nacional (*Chaetophractus nationi*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna, Lama guanicoe* y *Leopardus colocolo*), a *Ctenomys fulvus* como Vulnerable y a *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* como Insuficientemente conocido; estas especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) incuyendo a *Chaetophractus nationi* y *Leopardus colocolo* en la categoría En Peligro y a *Lagidium viscacia* y *Vicugna vicugna* como Vulnerables, mientras que *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* como Insuficientemente conocida; Cofre y Marquet (1998) consideran a *Vicugna vicugna* En Peligro, y a *Eligmodontia puerulus* y *Lagidium viscacia* en categoría Frágil, a *Leopardus colocolo* y *Lama guanicoe y A. cinerea* como Vulnerable; UICN (2007) clasifica a *Chaetophractus nationi* como Vulnerable, a *Lagidium viscacia* como de Datos insuficientes, a *Leopardus colocolo* como Casi Amenazada y a cinco de las restantes especies como de Menor riesgo/preocupación menor y a una como de Menor Riesgo/ dependiente de la conservación; aunque la evaluación para las especies del Orden Rodentia data de 1996 y no ha sido actualizada. Se registraron seis especies de reptiles, tres de las cuales, *Liolaemus constanzae, L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* se consignan en la categoría Rara en el Reglamento de la Ley de Caza. *L. constanzae* y *P. audituvelata* están incluidas en la categoría Rara en el Libro Rojo (Glade 1993), *L. fabiani* y *L. constanzae* son consideradas en categoría Rara por Núñez et al. (1997) mientras que UICN (2007), solo considera a *L. constanzae* con Datos insuficientes aunque su evaluación está desactualizada. En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios, una de las cuales, *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en la Ley de Caza. Glade (1993) la clasifica en la misma categoría y Veloso (2006) y UICN (2007), la consideran de Preocupación menor. De las 26 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Tinamotis pentlandii* en la categoría de Vulnerable. El Libro Rojo (Glade 1993) la considera Vulnerable, mientras que ninguna de las restantes especies ha sido evaluada. UICN las clasifica a todas como de Preocupación menor.

TABLA 5-16. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA F= FRÁGIL NT= CASI AMENAZADA LR/LC= RIESGO MENOR/PREOCUPACIÓN MENOR LR/CD= RIESGO MENOR/DEPENDIENTE DE LA CONSERVACIÓN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Chaetophractus nationi	quirquincho de la puna	P	P	N/E	V
Leopardus colocolo	gato colocolo	P	P	V	NT
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Ctenomys fulvus	tuco tuco del tamarugal	V	V	NP	LR/lc
Eligmodontia puerulus	ratita de pie sedoso del norte		N/E	F	LR/lc
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lagidium viscacia	vizcacha	P	V	F	DD
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
Lama guanicoe	guanaco	P	V	V	LR/lc
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Liolaemus constanzae	lagartija de Constanza	R	R		DD
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	R			N/E
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	R	R		N/E
ANFIBIOS				Veloso 2006	
Bufo spinulosus	sapo espinoso	V	V	LC	LC
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama				DD
AVES					
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	V	V		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. El mamífero *Leopardus colocolo* y las aves *Buteo polyosoma*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoralis*, *Oreotrochilus* sp., *Muscisaxicola rufivertex*, *M. maculirostris*, *Pygochelidon cyanoleuca* y *Troglodytes aedon* están consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Cinclodes atacamensis*, *Zonotrichia capensis*, *Leptasthenura aegithaloides*, *Upucerthia ruficauda* y *Asthenes modesta* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. Por su parte, el mamífero *Lycalopex culpaeus*, el ave *Phrygilus atriceps* y los reptiles *Liolaemus constanzae*, *L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* se consideran de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de vertebrados registradas en el área de estudio, los mamíferos *Chaetophractus nationi*, *Leopardus colocolo*, *Ctenomys fulvus*,

Akodon albiventer, *Eligmodontia puerulus*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna*, los reptiles *Liolaemus constanzae*, *Liolaemus fabiani*, *Phrynosaura audituvelata*, el anfibio *Telmatobius vilamensi* y las aves *Tinamotis pentlandii*, *Anas puna*, *Upucerthia ruficauda*, *Turdus chiguanco*, *Phrygilus unicolor*, *P. plebejus* y *Carduelis atrata* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

Estado de conservación Geisers del Tatio

Flora. De las 91 especies de flora nativa registradas en este estudio, tres: *Trichocereus atacamensis, Nototriche argentea* y *Azorella compacta* están en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). UICN (2007) no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-17. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN GÉISERES DEL TATIO. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Trichocereus atacamensis	Cardón gigante	V	N/E
Azorella compacta	llaretilla	V	N/E
		Marticorena (2005)	
Nototriche argentea	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron once especies de mamíferos nativos silvestres (ver Tabla 4-22), cinco de ellos con problemas de conservación. El Reglamento de la Ley de Caza considera En Peligro a nivel nacional a *Vicugna vicugna* y *Lagidium viscacia* e Insuficientemente conocido a *Lycalopex culpaeus, Auliscomis sublimis* y *Abrocoma cinerea*; estas cinco especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) en las mismas categorías, salvo *Vicugna vicugna* y *L. viscacia* en la categoría Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *Vicugna vicugna* En Peligro, *L. viscacia* como frágil y *Abrocoma cinerea* Vulnerable, mientras que las dos especies restantes como Sin Prioridad Inmediata; UICN (2007) clasifica a las cinco especies como de Menor riesgo/preocupación menor. Se registraron cuatro especies de reptiles, las que no se han incluido en ninguna categoría de conservación en la Ley de Caza y no han sido evaluadas por Glade (1993), Núñez et al. (1997) ni UICN (2007). En el área de estudio se registró una especie de anfibio, *Bufo spinulosus* que está considerada como Vulnerable en la Ley de Caza. Glade (1993) la clasifica en la misma categoría mientras que Veloso (2006) y UICN (2007), la consideran de Preocupación menor. De las 35 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Pterocnemia pennata* en la categoría En Peligro, a *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Vultur gryphus* y *Fulica gigantea* en la

categoría de Vulnerable. El Libro Rojo (Glade 1993) también incluye a estas siete especies en alguna categoría de conservación aunque difiere la clasificación de *Larus serranus* a la que consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de estas especies como Casi amenazadas (*Pterocnemia pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *Vultur gryphus*), a dos como Vulnerables (*Phoenicoparrus andinus* y *Agriornis andicola*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

TABLA 5-18. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN GÉISERES DEL TATIO. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA NT= CASI AMENAZADA, LR/CD= RIESGO MENOR/DEPENDIENTE DE CONSERVACIÓN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Auliscomys sublimis	ratón de la puna	I	I	NP	LR/lc
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
Lagidium viscacia	vizcacha	P	V	F	DD
ANFIBIOS				Veloso 2006	
Bufo spinulosus	sapo espinoso	V	V	LC	LC
AVES					
Pterocnemia pennata	suri	P	P		NT
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus	parina grande	V	V		V
Chloephaga melanoptera	piuquén	V	V		LC
Vultur gryphus	cóndor	V	V		NT
Fulica gigantea	tagua gigante	V	V		LC
Larus serranus	gaviota andina	V	R		LC
Agriornis andicola	mero de la puna		N/E		V

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. Las aves *Buteo polyosoma*, *Vultur gryphus*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoraliPygochelidon cyanoleuca*, *Muscisaxicola rufivertex*, *M. flavinucha*, *Lessonia oreas*, *Agriornis andicola* y el anfibio *Bufo spinulosus* son consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Tringa flavipes*, *Calidris bairdii*, *Cinclodes atacamensis*, *Asthenes modesta* y *Leptasthenura aegithaloides* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. El mamífero *Lycalopex culpaeus* y las aves *Gallinago andina*, *Bolborhynchus*

aurifrons, *Upucerthia ruficauda*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus* y *Phrygilus atriceps*, son especies consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio los mamíferos *Akodon albiventer*, *Phyllotis magister*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna* y las aves *Pterocnemia pennata, Anas puna*, *Gallinago andina, Larus serranus*, *Tringa flavipes*, *Metriopelia aymara*, *Upucerthia ruficauda, Bolborhynchus aurifrons, Thinocorus orbignyianus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Fulica gigantea*, *Phrygilus dorsalis*, *P. unicolor* y *Carduelis atrata* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

4.3. Estado de conservación en cinco áreas de estudio

Flora. De las 181 especies de flora nativa registradas, 10 están consideradas en la categoría de Vulnerable y 171 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). Es decir un 5,5% de estas especies están amenazadas, una proporción igual a lo documentado a nivel nacional. Estas especies vulnerables representan el 35,7% de las 28 especies clasificadas en esta categoría en Chile y el 14,1% de las 71 especies clasificadas en cualquiera de las categorías.

TABLA 5-19. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN CINCO ÁREAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA; LR= RIESGO MENOR; NT= CASI AMENAZADA; CD= DEPENDIENTE DE CONSERVACIÓN. *= SENSU MARTICORENA (2005).

ESPECIES / INVENTARIOS	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	EL TATIO	BENOIT (1989)	UICN
Azorella compacta					x	V	N/E
Trichocereus atacamensis				x	x	V	N/E
Nototriche argentea					x	V*	N/E
Nototriche auricoma			x	x		V*	N/E
Nototriche cfr. pulvinata				x		V*	N/E
Nototriche sp. A			x			V*	N/E
Nototriche sp.B			x			V*	N/E
Prosopis alba	x	x				V	LR/nt
Prosopis chilensis	x	x				V	N/E
Prosopis tamarugo	x					V	LR/cd
ESPECIES NATIVAS REGISTRADAS	22	33	29	91	91	10	2

TABLA 5-20. NÚMERO DE ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

CATEGORÍA	VALLE DE QILLAGUA	OASIS CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	GEISERS DE TATIO	TOTAL	TOTAL NACIONAL
En peligro							11
Vulnerable	3	2	3	3	3	10	28
Rara							32
Total especies en EC	3	2	3	3	3	10	71
Especies nativas registradas	22	33	29	91	91	181	

Fauna.

MAMÍFEROS. De los 25 mamíferos registrados en el área de estudio 11 están considerados en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza; seis En Peligro a nivel nacional, representando el 35,3% de los mamíferos clasificados en esta categoría en Chile, uno Vulnerable que representa el 9,1% de total nacional en esta categoría y cuatro como Insuficientemente conocido los que representan el 57,1% del total nacional. Estas 11 especies representan el 22,9% de las especies clasificadas en alguna categoría de conservación. Tres especies están consideradas en alguna categoría de conservación por otros autores, dos en la categoría Frágil por Jofre & Marquet (1998) y una Vulnerable por UICN (2007).

REPTILES. Se registraron 13 especies de reptiles, cinco de las cuales presentan problemas de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza, encontrándose todas ellas clasificadas en la categoría Rara, lo que representa el 10,2% de las especies de reptiles clasificadas en esta categoría y el 5,4% de los clasificados a nivel nacional. Una más reciente clasificación de este taxón se realizó en 1997 (Núñez et al 1997), clasificándose en esa oportunidad a 98 de reptiles, frente a lo cual las especies encontradas con problemas de conservación en este estudio corresponderían solo al 5,1% del total nacional.

ANFIBIOS. Se registraron tres especies de anfibios, de los cuales solo *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en el Reglamento de la Ley de Caza lo que correspondería al 16,7% de las especies clasificadas en esta categoría y al 6,7% del total nacional para este taxon. Sin embargo en publicaciones más recientes Díaz-Paez & Ortiz (2003) y Veloso (2006) clasifican a esta especie como Fuera de Peligro y de Preocupación Menor respectivamente. Díaz-Paez & Ortiz (2003) incluyen a *Telmatobius dankoi* como Insuficientemente Conocida y Veloso (2006) considera, tanto a *T. dankoi* como a *T. vilamensis* en la misma categoría.

AVES. De las 90 especies de aves registradas en el área de estudio, 13 especies se consideran amenazadas en el Reglamento de la Ley de Caza, una En peligro que corresponde al 6,7% de las especies de avifauna clasificadas en esta categoría a nivel nacional, 10 Vulnerable correspondientes al 38,5% del total nacional, una Rara, 9,1% del total nacional para esta categoría y una Insuficientemente conocida, 5,9% de las especies a nivel nacional. Las 13 especies con problemas de conservación corresponden al 18,8% de las especies categorizadas a nivel nacional. A éstas se suma una especie considerada como Casi amenazada por UICN (2007).

Folio009528

TABLA 5-21. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.1= QUILLAGUA; 2= CALAMA; 3= LAGUNA LEJÍA; 4= VOLCÁN LICANCABUR; 5= GEISERS DEL TATIO. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; LC= PREOCUPACION MENOR; NT= CASI AMENAZADA LR= RIESGO MENOR NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA; F= FRÁGIL.

ESPECIES	1	2	3	4	5	Reglamento Ley de Caza	Glade 1993 Nacional	Glade 1993 Antofagasta		UICN 2007
MAMÍFEROS									Cofré & Marquet 1998	
Chaetophractus nationi				x		P	P	P		VU
Myotis atacamensis	x									VU
Eligmodontia puerulus				x					F	LR/lc
Auliscomys sublimis					x	I	I	I	NP	LR/lc
Ctenomys fulvus			x	x		V	V		NP	LR/lc
Ctenomys opimus				x					F	
Lagidium viscacia				x	x	P	V	P	F	DD
Chinchilla brevicaudata			x			P	P	P	P	CR
Abrocoma cinerea			x	x	x	I	I	I	V	LR/lc
Leopardus colocolo				x		P	P		V	NT
Lycalopex culpaeus			x	x	x	I	I	I	NP	LC
Lycalopex griseus		x				I	I	I	V	lc
Lama guanicoe				x		P	V	P	V	LR/lc
Vicugna vicugna			x	x	x	P	V	P	P	LR/cd
REPTILES									Núñez et al. 1997	
Microlophus theresioides	x	x				R			R	
Liolaemus fabiani				x		R			R	
Liolaemus paulinae		x				R	R	R	R	DD
Liolaemus constanzae				x		R	R	R	R	DD
Phrynosaura audituvelata				x		R	R	R		
ANFIBIOS									Veloso 2006	
Bufo spinulosus				x	x	V	V	V	LC	LC
Telmatobius dankoi		x							DD	DD
Telmatobius vilamensis				x					DD	DD
AVES										
Pterocnemia pennata			x		x	P	P	P		NT
Tinamotis pentlandii				x	x	V	V	V		LC
Phoenicopterus chilensis			x		x	V	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus			x		x	V	V	V		VU
Phoenicoparrus jamesi			x			V	V	V		NT
Chloephaga melanoptera			x		x	V	V	V		LC
Vultur gryphus					x	V	V	R		NT
Falco peregrinus		x				V				LC
Fulica ardesiaca	x	x								NT
Fulica gigantea					x	V	V			LC
Attagis gayi			x			R	R	R		LC
Larus serranus			x		x	V	R	V		LC
Larus modestus	x					V	V	V		LC
Conirostrum tamarugense	x					I				VU
Agriornis andicola					x					VU

Como se aprecia en la Tabla 5-24, el número de especies con problemas de conservación en las cinco áreas es similar para los Oasis de Calama y Quillagua, entre sí, con seis especies respectivamente, y para los tres sitios de estudio del altiplano entre sí con 12 a 16 especies con problemas de conservación incluyendo todas las fuentes de información. Si solo consideramos el Reglamento de la Ley de Caza esta situación se hace aún más similar para ambos grupos.

TABLA 5-22. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN A NIVEL NACIONAL SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA LEY DE CAZA. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; F= FUERA DE PELIGRO.

	P	V	R	I	F	Total
Mamíferos	17	11	13	7	0	48
Aves	15	26	11	17	0	69
Reptiles	8	21	49	7	7	92
Anfibios	11	6	14	6	4	41
	51	64	87	37	11	250

TABLA 5-23. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA NORTE SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA LEY DE CAZA. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; F= FUERA DE PELIGRO.

	P	V	R	I	F	Total
Mamíferos	9	5	5	5	0	24
Aves	4	17	3	11	0	35
Reptiles	3	8	32	4	3	50
Anfibios	3	1	5	0	0	9
	19	31	45	20	3	118

TABLA 5-24. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS DE PRIORITARIOS EN LA REGION DE ANTOFAGASTA.

FUENTE	CATEGORÍA	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS DE CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	GEISERS DE TATIO	TOTAL ESPECIES	TOTAL NACIONAL
Ley de Caza	En peligro			3	5	3	7	51
	Vulnerable	2	1	6	3	8	12	64
	Rara	1	2	1	3		6	87
	Insuficientemente conocida	1	1	2	2	3	4	37
	Fuera de peligro							11
Total especies en EC Ley de Caza		4	4	12	13	14	29	250
Veloso 2006	Datos insuficientes		1		1		2	
Jofre & Marquet 2008	Frágil				2		2	
UICN 2007	Casi amenazada	1	1				1	
	Vulnerable	1				1	2	
Total especies en EC		6	6	12	16	14	35	
Total especies registradas		26	50	42	48	51	130	

4.4. Conclusiones

Valle de Quillagua

Tres especies de plantas están en la categoría de Vulnerables, *Prosopis alba, P. chilensis* y *P. tamarugo* (sensu Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor./ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación.

Según la Ley de Caza no existen mamíferos considerados en Categorías de Conservación, mientras que UICN (2007) consigna a *Myotis atacamensis* en la categoría Vulnerable.

El reptil *Microlophus theresioides*, según la Ley de Caza se consigna como especie beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria, de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara.

De las 23 especies de aves registradas en el área de estudio según la Ley de Caza, *Larus modestus* es categorizada como Vulnerable y *Conirostrum tamarugense* como Inadecuadamente Conocida, mientras que UICN (2007) categoriza a *Conirostrum tamarugense* como Vulnerable y a las restantes como de Preocupación Menor.

Oasis de Calama

Dos especies de plantas están en categoría de Vulnerables, *Prosopis alba* y *P. chilensis* (sensu Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor./ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación.

El reptil *Microlophus theresioides*, según la Ley de Caza se considera como especie de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara. *Liolaemus paulinae* está incluida en la categoría Rara en el Libro Rojo y con

datos insuficientes en UICN (2007), aunque su evaluación está desactualizada, mientras que en el Reglamento de la Ley de Caza como especie de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara.

Licalopex griseus y *L. culpaeus* son considerados Insuficientemente Conocido, mientras que las tres especies de roedores nativos son categorizadas por UICN como de Preocupación Menor.

De las 40 especies de aves registradas en el área de estudio según la Ley de Caza, *Falco peregrinus* es categorizada como Vulnerable y todas son categorizadas por UICN (2007) como de Preocupación Menor.

Laguna Lejía

Tres de las 29 especies de flora nativas registradas, pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable (Marticorena 2005).

Cinco de las 10 especies de mamíferos nativos silvestres registrados se incluyen en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna y Chinchilla brevicaudata* En Peligro a nivel nacional, *Ctenomys fulvus* Vulnerable y *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* Insuficientemente conocido; Glade (1993) incluye a todas en la misma categoría salvo *V. vicugna* como Vulnerable; Cofre y Marquet (1998) consideran a *V. vicugna* y *C. brevicaudata* En Peligro, y tres como Sin Prioridad Inmediata; UICN (2007) clasifica como Peligro Critico a *C. brevicaudata*, a tres como de Menor riesgo/preocupación menor y a una como de Preocupación menor.

Una de las 30 especies de aves registradas está en la categoría en Peligro, *Pterocnemia pennata*, cinco, *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus* y *P. jamesi* están en la categoría de Vulnerable y una, *Attagis gayi* en la categoría Rara, según el Reglamento de la Ley de Caza. Glade (1993) considera a siete de estas especies en la misma categoría de conservación y a *L serranus* la consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres especies como Casi amenazadas (*P. pennata*, *P. chilensis* y *P. jamesi*), a una como Vulnerable (*P. andinus*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

Alrededores del Volcán Licancabur

Tres de 91 especies de plantas nativas están en la categoría de Vulnerables, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche auricoma* y *Nototriche* cfr. *Pulvinata* (Benoit 1989, Marticorena 2005).

De las 14 especies de mamíferos, ocho están en alguna categoría de conservación a nivel nacional según el reglamento de la Ley de Caza, siete según el Libro Rojo y cinco según Cofré & Marquet.

De las seis especies de reptiles, tres se consignan en alguna categoría de conservación en el Reglamento de la Ley de Caza, dos según el Libro Rojo (Glade 1993) mientras que UICN (2007), solo considera a una especie.

De las dos especies de anfibios una está considerada como Vulnerable en la Ley de Caza y en Glade (1993). Veloso (2006) y UICN (2007) la consideran de Preocupación menor y a la otra como de Datos Insuficientes.

De las 26 especies de aves una está categorizada como Vulnerable según la Ley de Caza, y según Glade (1993) y todas son categorizadas por UICN (2007) como de Preocupación Menor.

Geisers del Tatio

Tres de las 91 especies de flora nativa registradas, *Trichocereus atacamensis, Nototriche argentea* y *Azorella compacta*, están clasificadas en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005).

Cinco de 11 especies de mamíferos nativos silvestres registrados (ver tabla 4-22) están incluidos en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna* y *Lagidium viscacia* En Peligro a nivel nacional y *Lycalopex culpaeus, A. sublimis y A. cinerea*; Insuficientemente conocido. Glade (1993) considera a *L. culpaeus*; en la misma categoría y a *V. vicugna* como Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *V. vicugna* En Peligro, *L. viscacia* Frágil, *A. cinerea* Vulnerable y a dos de las especies restantes como Sin Prioridad Inmediata. UICN (2007) clasifica a cinco especies como de Menor riesgo/ preocupación menor.

El anfibio, *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en la Ley de Caza y en Glade (1993). Veloso (2006) y UICN (2007) la consideran de Preocupación menor.

Una de las 35 especies de aves registradas está en la categoría en Peligro, *Pterocnemia pennata*, y seis *Chloephaga melanoptera, Larus serranus, Phoenicopterus chilensis, P. andinus, Vultur gryphus y Fulica gigantea* están en categoría Vulnerable según el Reglamento de la Ley de Caza. Glade (1993) clasifica a una En Peligro, seis como Vulnerables y a *Larus serranus* como Rara. UICN (2007) clasifica a tres Casi amenazadas (*P. pennata*, *P. chilensis* y *V. gryphus*), a dos Vulnerables (*P. andinus* y *A. andicola*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

Cinco áreas de estudio

El número de especies vegetales con problemas de conservación en cada uno de los sitios en estudio es igual para todos salvo por el Oasis de Calama con dos especies en vez de tres.

En relación a la fauna con problemas de conservación, los sitios en estudio albergan porcentajes variables de las especies clasificadas a nivel nacional. En particular los sitios del altiplano albergan entre tres y cinco especies clasificadas En peligro que representan alrededor del 35% de las especies clasificadas en esta categoría, confiriéndoles por lo tanto una alto valor para la conservación de estas especies, aún más cuando se considera, por ejemplo, que en Geisers del Tatio y Laguna Lejía se encuentran ocho (33,3%) y seis (25%) de las 24 especies de mamíferos categorizadas Vulnerables para la zona norte, respectivamente. En el caso de las aves la situación es de mayor importancia aún puesto que las áreas en estudio albergan a 38,5% de las especies de avifauna categorizadas como Vulnerables para Chile, y el 58,2% de las Vulnerables para la zona norte.

Se espera que las diferencias de categorización de las especies chilenas se resuelvan cuando termine el proceso respectivo llevado adelante por CONAMA.

5. OBJETOS DE CONSERVACIÓN

Las actividades humanas que se relacionan con el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, ya sea que éstas se ubiquen dentro de los límites del área de interés o en su zona de influencia, suelen generar impactos que exceden los rangos naturales de variación y con ello afectan la integridad ecológica del sitio. Así, un área de interés puede afectarse por impactos directos o indirectos y en ambos casos el resultado es exceder la capacidad de uso sustentable o sostenible, conduciéndolos a su colapso. Cuando un área de conservación deja de ser funcional requiere manejo o restauración ecológica (Granizo et al. 2006).

5.1. Definición de los objetos naturales de conservación

Los objetos de conservación constituyen elementos bióticos que se incorporan como fundamentos de protección para los terrenos con alto valor para la conservación de la biodiversidad. Un área de conservación es funcional cuando reúne los atributos más adecuados para conservar la diversidad biológica a largo plazo o, como lo manifiestan Poiani & Richter (2000) es un área que "mantiene a las especies, comunidades y/o sistemas de interés focal y a los procesos ecológicos que sustentan, dentro de sus rangos naturales de variación". Los objetos de conservación pueden ser a nivel de comunidades naturales y sistemas ecológicos o ecosistemas, en los que se incluyen los procesos naturales que los mantienen. También puede ser a nivel de especies.

Nivel de comunidades y ecosistemas

Cuando se trabaja con las comunidades naturales, éstas, de acuerdo a Whittaker (1975) se definen como un ensamble de poblaciones de plantas, animales, bacterias y hongos que viven en un entorno e interactúan unos con otros formando un sistema viviente particular. Mientras que un ecosistema sería la suma de comunidades y sus entornos tratados como sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía. Los sistemas ecológicos pueden clasificarse de acuerdo a su fisonomía en zonas de vida (Holdridge 1967), estructura de la vegetación, composición florística o ambos (Grossman et al. 1999).

Nivel de especies

A este nivel podemos trabajar en distintos grados o "filtros" (grueso, medio y fino)

El *filtro grueso* focaliza en la conservación de ecosistemas y puede considerar para ello a las especies "paraguas" (Groves 2003), que son aquellas que por su historia particular tienen influencia sobre otras. Por lo general se trata de especies cuyos rangos de distribución y movimiento son amplios, viven en hábitats heterogéneos y son vulnerables a las actividades humanas.

El *filtro medio* enfoca la conservación de elementos críticos del ecosistema que son importantes para muchas especies, en especial las que probablemente son pasadas por alto por los métodos de filtro fino, como invertebrados, hongos y plantas no vasculares. Los elementos críticos incluyen estructuras, humedales, y procesos como incendios e inundaciones (véase Hunter 2004).

El *filtro fino* considera aquellas especies que no estarían bien conservadas sólo con el filtro grueso, tales como especies en peligro de extinción, aquellas en riesgo dado que presentan poblaciones en declinación o naturalmente raras, o las endémicas. En esta categoría suelen estar también las especies bandera, las que no necesariamente tienen una validez ecológica importante pero que generan un compromiso afectivo inmediato en las personas, y por lo tanto estarán dispuestas a colaborar activamente en su conservación.

Especies focales

Las especies focales sirven como atajos para monitorear o resolver problemas de conservación, ya sea evaluando la magnitud de la perturbación antropogénica, monitoreando las tendencias poblacionales, localizando áreas de alta biodiversidad, delineando un tipo de hábitat o tamaño de área para protección o atrayendo la atención del público. Para la aplicación correcta de los diferentes términos asignados a las especies de interés, a continuación se sintetizan algunos conceptos de especies focales o sustitutas utilizadas para la conservación en base a distintas opiniones (Noss 1990; Stork & Samways 1995, Caro & O'doherty 1999).

Especies indicadoras. Son aquellas que pueden reflejar la calidad y cambios que surjan en su medio ambiente, así como también en aspectos de la composición de la comunidad. Estas especies tienden a ser muy sensibles a contaminantes, alteraciones e inestabilidad de su medio y a las actividades humanas. Tienen la capacidad de representar elementos pequeños, como un arroyo, o reflejar el estado prístino de un lugar. Las especies indicadoras son frecuentemente escogidas para realizar monitoreos, porque representan un uso particular, un ecosistema o un interés de manejo (Soulé & Kohm, 1989) o también porque son fácilmente muestreadas, clasificadas o identificadas. En general la selección de indicadores que informan sobre el estado del ambiente (biodiversidad) debe cumplir algunas de las siguientes características (Noss 1990, Caro & O'doherty 1999): (a) ser suficientemente sensibles para detectar las fases tempranas de cambio, (b) presentar una distribución a una escala geográfica amplia o ampliamente aplicables, (c) ser capaces de proporcionar evaluaciones continuas sobre un rango amplio de perturbación, (d) ser relativamente independientes del tamaño de muestra, (e) ser fáciles y económicas de medir, colectar probar y / o calcular, (f) ser capaces de diferenciar entre ciclos o tendencias naturales y aquellos inducidos por perturbaciones antropogénicas, (g) ser relevantes a fenómenos ecológicos significativos a diferentes niveles de organización. Dado que ningún indicador posee todas estas características, se requiere un conjunto de indicadores complementarios que evalúen aspectos de composición (incluye listas y medidas de la riqueza de especies y de la diversidad genética), estructura (incluye la complejidad de hábitats, abundancias relativas de las especies, patrón de distribución de hábitats, etc.) o de función (incluye flujo genético, perturbaciones, interacciones, etc.) en los diversos niveles de organización (Noss 1990).

Especies paraguas. Son aquellas que presentan requerimientos amplios, principalmente de hábitat y como consecuencia de su requerimiento también engloban los de otras especies que ocupan la misma área.

Especies bandera. Son aquellas que tienen aspecto carismático, populares y atractivas, son usadas para atraer la atención del público, son símbolos que pueden estimular programas y acciones de conservación.

Especies clave. Son especies que cumplen un rol fundamental en el ecosistema y muchas especies dependen de ellas, ya sea por su nivel trófico, producción de recursos alimenticios u otras interacciones dentro de la estructura de la comunidad. La pérdida o cambio de estas especies causa cambios en la estructura del ecosistema e incluso una pérdida de diversidad.

5.2. Estimación del valor de importancia

Para que los objetos de conservación sean efectivos deberán cumplir al menos con tres requisitos: (a) Representar la biodiversidad del ambiente o ecosistema (aquí representada por la riqueza de especies). (b) Considerar los endemismos presentes y (c) Reflejar las amenazas que existen sobre las especies (aquí representada por los estados de conservación). Para ponderar estos factores y calcular el valor de importancia del ambiente específico. Utilizamos la siguiente fórmula:

$$VI = \square (D * 0,5 + E* 0,3 + A * 0,2)/ 10$$

Donde:

VP es el valor de importancia, D la diversidad, E el endemismo y A la amenaza. En fórmula el valor de importancia (VI) se divide por 10 para expresar los resultados en números enteros y el valor máximo teórico es 30.

La diversidad (D), como riqueza de especies, se considera un factor más relevante que los demás, por lo que, en la ponderación, se multiplica por un factor de 0,5. Se discriminan tres niveles:

Baja. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es menor o igual al 20% (< 39 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es menor o igual que el 20% (< 33 especies) de las 168 especies registradas para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Media. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es mayor al 20% y menor al 30% ($\underline{\geq}$ 39 < 59 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es mayor al 20% de este total y menor al 30% ($\underline{\geq}$ 33 < 50 especies) de las 168 especies registrados para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alta. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es mayor al 30% (< 98 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es mayor al 30% (< 50 especies) de las 168 especies registrados para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

Los porcentajes considerados son estimativos y discutibles, pero se apoyan en que el número total de especies, plantas y animales, ya sea para la provincia de El Loa o para las cinco áreas, son una expresión de la diversidad gamma, en cambio los ambientes contienen diversidad alfa, la que por definición es una proporción de la primera.

El endemismo (E) se considera un factor de menor peso que la diversidad, pero mayor que el estado de conservación, por lo que se multiplica por un factor de 0,3. Se discriminan tres niveles:

Bajo. Cuando exista menos de un 5% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista menos de un 5% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Medio. Cuando exista entre un 5 y un 8% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista entre un 5 y un 8% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alto. Cuando exista más de un 8% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista más de un 8% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

La amenaza se considera el factor de menor peso por lo que se multiplica por un factor de 0,2. Se discriminan tres niveles:

Baja. Cuando la proporción de plantas y vertebrados terrestres amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida o rara) sea menor a lo documentado para el país (< 5,1 para plantas y < 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Media. Cuando la proporción de plantas y animales amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida, rara) sea igual o similar a lo documentado para el país (similar a 5,1 para plantas y similar a 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alta. Cuando la proporción de plantas y animales amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida, rara) sea mayor a lo documentado para el país (> a 5,1 para plantas y > a 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

Para el total de plantas se siguió a Simonetti (1995) considerando las 3.830 especies de dicotiledóneas y las 1.043 monocotiledóneas (4.873 especies) Para el total de vertebrados terrestres se siguió a (Marín 2004, Veloso 2006, Núñez et al. 1997, Muñoz-Pedreros & Yáñez 2008). Los endemismos y estados de conservación se obtuvieron de (Marticorena 2005, Marticorena & Quezada 1985, Marticorena & Rodríquez 1995, 2001, 2003, 2005, Núñez et al 1997, Benoit 1989, Díaz-Paez & Ortiz (2003), Veloso 2006, UICN 2007, Red Data Book UICN 2007).

5.3. Objetos de conservación

Valor de importancia de los ambientes (filtro grueso)

Desde el punto de vista vegetacional los ambientes con mayor valor de importancia son el Ojalar del desierto de aluviones y el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (> 21 VI), ambos se localizan en el área Alrededores del Volcán Licancabur y el segundo además en el área Geisers del Tatio (Tabla 5-25). En un segundo grupo de valor están el Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama, el Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua, los Cultivos del Valle de Quillagua y los Humedales altoandinos del Tatio. Los ambientes del Valle de Quillagua, están aparentemente sobrevalorados ya que aunque su riqueza de especies es baja, el valor de importancia es mayor que el de los humedales altoandinos del Tatio. Esto se debe a que en el Valle de Quillagua existen dos especies endémicas y ambas amenazadas (*Prosopis* spp) incrementando su valor, pero como estas especies han sido plantadas en un programa de reforestación consideramos con reserva los valores para este sitio.

Considerando ahora los vertebrados terrestres, cinco ambientes son similares en valoración (> 18 VI): (a) el Ojalar del desierto de aluviones, (b) el tolar de la estepa arbustiva prepuneña (c) el Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica, (d) el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica y (e) el Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama. Nótese que ambientes de alta diversidad como los Humedales altoandinos del Tatio (38 especies) y el Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama (37 especies) no tienen una alta valoración de importancia. Esto se debe a que la propia alta diversidad "diluye" las proporciones de endemismo y amenaza, que no son altas en estos ambientes. En el caso del humedal la diversidad está caracterizada por las especies de aves, ninguna endémica ni amenazada.

Vinculando el valor de importancia, tanto para plantas como vertebrados terrestres, y las salvedades ya indicadas para el Valle de Quillagua, concluimos que los ambientes más relevantes son, en importancia: el Ojalar del desierto de aluviones (Licancabur) y el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (Licancabur y el Tatio). Agregamos, como ambientes relevantes al Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama (Lejía), Humedales altoandinos del Tatio, Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama y el Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua.

Folio009538

TABLA 5-25. VALOR DE IMPORTANCIA PARA DIFERENTES AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

	AMBIENTES											
PARÁMETROS	Humedales altoandinos del Tatio	Humedal altoandino de laguna Lejía	Ojalar del desierto de aluviones	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del oasis de Quillagua
AREAS	Tatio	Lejia	Licancabur	Tatio	Tatio, Licancabur	Lejia	Licancabur	Tatio, Licancabur	Calama	Calama	Quillagua	Quillagua
Nª especies de plantas	25	6	42	17	34	40	7	45	33	15	12	10
Valor de Diversidad (D)	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1
Nº plantas endémicas	2	0	8	0	0	2	0	5	0	0	1	1
% plantas endémicas	8,0	0	17,4	0	0	5,0	0	11,1	0	0	8,3	10,0
Valor de Endemismo (E)	2	1	3	1	1	2	1	3	1	1	3	3
Nº plantas amenazadas	0	0	1	0	1	3	0	3	2	2	3	3
% plantas amenazadas	0	0	2,2	0	2,9	7,5	0	6,7	6,1	13,3	25,0	30,0
Valor de Amenaza (A)	1	1	1	1	1	2	1	2	2	3	3	3
VI PLANTAS= S D*0,5+E*0,3+A*0,2	**18**	10	**21**	10	**15**	**20**	10	**23**	**17**	14	**20**	**20**
Nª vertebrados terrestres	39	21	16	12	38	26	22	38	50	12	21	9
Valor de Diversidad (D)	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1
Nº vertebrados endémicos	0	0	2	1	2	1	1	2	4	1	1	1
% vertebrados endémicos	0,0	0,0	12,5	8,3	5,3	3,8	4,5	5,3	8,0	8,3	4,8	11,1
Valor de Endemismo (E)	1	1	3	3	2	1	1	2	2	3	1	3
Nº vertebrados amenazadas	11	8	7	6	11	4	6	11	6	2	3	1
% vertebrados amenazados	28,2	38,1	43,8	50,0	28,9	15,4	27,3	28,9	12,0	16,7	14,3	11,1
Valor de Amenaza (A)	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
VI VERTEBRADOS= S D*0,5+E*0,3+A*0,2	**15**	**14**	**20**	**20**	**18**	10	10	**18**	**18**	**16**	10	**16**

Prioridades ecológicas (filtro medio)

Se incluyen en el análisis las prioridades ecológicas, ya indicadas como filtro medio, y enfocados a elementos críticos del ecosistema que son importantes para, prácticamente todas las especies, como son los cuerpos de agua, lénticos y lóticos. Asi, este filtro considera tres prioridades ecológicas: (a) los humedales, (b) las quebradas y (c) desierto florido.

Humedales. Incorpora los elementos críticos para la existencia de biodiversidad y agrupa las charcas, manantiales, arroyos, bofedales que conservará, además invertebrados y plantas acuáticas. Desde este punto de vista todos los humedales estudiados tienen una prioridad ecológica alta: (a) los humedales altoandinos del Tatio, (b) el humedal altoandino de Laguna Lejía, (c) los humedales riparianos del Guatín, (d) el matorral ripariano del desierto absoluto de Calama y (e) matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua.

Quebradas. Estas formaciones crean las condiciones para la existencia de un microhábitat que proporciona sombra, heterogeneidad espacial, microclimas (por la sombra y las diferentes exposiciones al sol). Estas quebradas son relevantes en el Desierto Andino, entre los 1.800 y los 3.500 msm. También el Oasis de Calama (e.g., Ojo de Opache).

Desierto Florido. Considera agrupaciones de especies que comparten el fenómeno ecológico limitado a la ocurrencia ocasional de lluvias que desencadenan su proceso de reproducción. De este modo, su conservación tiene influencia directa sobre otras especies asociadas.

Especies focales (filtro fino)

Valor como especie focal

Para calcular el valor de conservación atribuible a la especie focal se siguió, con modificaciones, a lo usado por Daza (2005) en el Parque Nacional Sajama, Bolivia, a Reca et al. (1994) y a lo considerado en diversos talleres en que ha participado parte del equipo de trabajo para clasificar fauna silvestre (Grigera 2002, Grigera et al. información no publicada). La propuesta metodológica (basada en Muñoz-Pedreros et al. información no publicada) se fundamenta en la integración ponderada de diferentes variables que se agrupan en tres tipos: (a) las variables inherentes a la especie objetivo y que presentarían muy pocas variaciones intrapoblacionales (e.g., endemismo, tamaño corporal, uso del hábitat, estrategia trófica y perceptibilidad), (b) variables no inherentes, que no son atribuibles a la especie objetivo y que tienen una causa antrópica (e.g., amenaza) y (c) variables mixtas, son algunas variables propias de la especie, cuya expresión está condicionada por acciones antrópicas (e.g., distribución geográfica, valor taxonómico). La valoración de realizó en un panel de especialistas empleando el método de Delphi y siguiendo consideraciones de Hess & King (2002). Para esto se reunieron una serie de factores en una fórmula con expresión numérica para obtener el valor como especie focal (Vef).

Vef = Ve + Va + Vd + Vm + Vt + Vs + Vh + Vi + Vp

Donde:

Ve = Valor de endemismo
Va = Valor de amenaza
Vd = Valor de distribución
Vm = Valor de tamaño corporal
Vt = Valor trófico
Vs = Valor de singularidad taxónomica
Vh = Valor de uso del hábitat
Vi = Valor como indicadora de salud ecosistémica
Vp = Valor de perceptibilidad

Valor de endemismo (Ve). Aquí se empleó la información generada en capítulo anterior.

NIVEL DE ENDEMISMO	VE
Endemismo continental	1
Endemismo regional	2
Endemismo del país	3
Endemismo del área	4
Endemismo local	5

Valor de amenaza (Va). Se emplean los estados de conservación en que están clasificadas las especies y analizadas en capítulo anterior.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	VA
Rara	1
Insuficientemente conocido	2
Riesgo menor	3
Vulnerable	4
En peligro	5

Valor de distribución (Vd). Se considera la distribución de la especie objetivo, conjugando la distribución continental y nacional. Se asume que la contigüidad geográfica permite el flujo genético interpoblacional disminuyendo su vulnerabilidad.

DISTRIBUCIÓN	VD
Parte de la región neotropical	1
Todo el país o gran parte del país	2
Aproximadamente la mitad del país	3
Zona norte grande	4
Local	5

Valor de tamaño corporal (Vm). Esta variable asume que a mayor masa existe un mayor requerimiento de superficie, y por lo tanto hay menor densidad de individuos.

TAMAÑO CORPORAL	ANIMALES PESO (KG)	PLANTAS FORMAS DE VIDA	VM
Pequeño	< 0,5	Hierbas	1
Mediano	0,5 a 5	Arbustos	3
Grande	> 5	Árboles	5

Valor trófico (Vt). Esta variable, sólo aplicable a vertebrados, se refiere a la estrategia de alimentación de la especie objetivo. Conjuga el nivel trófico que ocupa y su grado de especialización. Desde el punto de vista de la conservación, las especies situadas en los niveles más altos de la cadena trófica son las más afectadas por las acciones humanas, ello debido a que éste está relacionado con el tamaño del ámbito de hogar (e.g., mayor en carnívoros).

NIVEL TRÓFICO	Vt
Herbívoro	1
Omnívoro	2
Insectívoro	3
Frugívoro	4
Carnívoro	5

Valor de singularidad taxonómica (Vs). El valor taxonómico se considera con el fin de priorizar las especies que pertenecen a taxones monotípicos. Cuanto menor sea el número de especies que incluye un taxón, ya sea a nivel de Género, de Familia o de Orden, se asume que es motivo de mayor interés desde el punto de vista científico.

VALOR TAXONÓMICO	Vs
En Géneros con $\geq$ 4 especies	1
En Géneros con >2 y < 4 especies	2
En Género monotípico	3
En Familia monotípica	4
En Orden monotípico	5

Valor de uso del hábitat (Vh). La utilización del hábitat está condicionada por diversos factores, pero para nuestros objetivos consideraremos la heterogeneidad y la complejidad de los hábitats que la especie objetivo utiliza. Es decir la variedad de hábitats, tanto a nivel horizontal como vertical. Una especie será menos vulnerable mientras sea capaz de utilizar toda o una buena parte de hábitats heterogéneos y/o complejos. Es decir mientras ocupe una mayor variedad de estratos y/o ambientes. Este valor se refiere a las diferentes aptitudes de las especies para vivir en diferentes tipos de hábitats

USO DEL HÁBITAT PLANTAS/VERTEBRADOS	Vh
Ruderal/Hábitat generalista	1
Resistente/Hábitat semi generalista	3
Competidora/Hábitat especialista	5

Valor como especie indicadora de salud (Vi). Existen especies que son muy buenas indicadoras del estado del ecosistema, ya sea indicador de perturbación o pristinidad**.** Por ejemplo los anfibios son excelentes indicadores por su alta labilidad a los cambios en su hábitat.

USO DEL HÁBITAT	Vi
Buena indicadora	5
Indicadora intermedia	3
No es indicadora	1

Valor de perceptibilidad (Vp). La definimos como el conjunto de elementos propios del medio y de las plantas o animales en sí, que permiten al observador advertir, en distintos grados, la presencia de una especie determinada, ya sea a través de su percepción visual o auditiva (para la fauna), pudiendo ésta darse en forma directa (al ser posible el avistamiento de un ejemplar) o en forma indirecta (a través de indicios, huellas o signos). De este modo consideramos para esta variable factores como: período de actividad, colorido, mimetismo, tamaño, perceptibilidad acústica, perceptibilidad de indicios, conductas y grado de tolerancia a la presencia humana (Muñoz-Pedreros et al. información no publicada). La perceptibilidad es importante para los monitoreos y una eventual sindicación como especies banderas.

PERCEPTIBILIDAD	Vp
Capacidad críptica. Perceptibilidad muy baja	1
Mimética. Perceptibilidad baja	2
No mimética. Perceptibilidad media baja	3
Sin capacidad críptica. Perceptibilidad media	4
Perceptibilidad alta	5

El cálculo del valor como especie focal consideró tres factores para seleccionar a las especies: (a) todas las especies endémicas, (b) todas las clasificadas en los niveles más graves de amenaza (En Peligro y Vulnerables) y (c) las que tienen una clara característica como especie indicadora del estado del ecosistema en que se encuentra. Así se ingresaron 26 especies de plantas y un género (*Prosopis*) y 40 especies de vertebrados. En las Tablas 5-26 y 5-27 se presentan las evaluaciones, y en la Tabla 5-28 la selección final de las especies después de que fueron sometidas a discusión en un taller de especialistas, donde se consideraron otros factores como singularidad estética (e.g., *Calceolaria stellariifolia*), valor como germoplasma de uso agrícola (e.g., *Solanum sitiens*), especies de valor agrícola (e.g., género *Prosopis*) o participación destacada en el fenómeno del desierto florido (e.g., *Lupinuys oreophilus*). Respecto al valor de algunas especies como indicadoras ecosistémicas, se consideró, para plantas a Daza (2005) en un estudio en el PN Sajama, en Bolivia, en que considera a *Deyeuxia breviaristata* y *Stipa nardioides* como pasto vigoroso que indicaría un adecuado balance trófico con los herbívoros y a *Oxychloe andina* como indicadora de bofedales antiguos. Al revés, como indicadores de perturbación *Deyeuxia curvula* indica un bofedal en proceso de desecamiento y *Distichlis humilis* como indicadora de un bofedal en proceso de salinizacion.

TABLA 5-26. PLANTAS PRESELECCIONADAS COMO ESPECIES FOCALES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. VE= VALOR DE ENDEMISMO, VA= VALOR DE AMENAZA, VD= VALOR DE DISTRIBUCIÓN, VM= FORMA DE VIDA, VST= VALOR DE SINGULARIDAD TAXONÓMICA, VH= VALOR DE USO DE HÁBITAT, VALOR COMO INDICADORA, VP= VALOR DE PERCEPTIBILIDAD, VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Ve	Va	Vd	Vm	Vst	Vh	Vi	Vp	Vef
Azorella compacta	Llareta	2	4	1	3	1	3	1	5	20
Polyachyrus carduoides	Amargura	4	1	3	1	1	1	1	4	16
Trichocline caulescens	S/N	4	1	4	1	1	3	1	3	18
Werneria glaberrima	Poposa	4	1	4	1	1	1	1	3	16
Haplopappus rigidus	Bailahuén	1	1	4	1	1	3	1	5	16
Neuontobothrys linifolius	S/N	3	1	3	1	2	3	1	3	17
Lobivia formosa	S/N	2	1	3	3	1	5	3	5	23
Neoporteria aricensis	Escondido	4	1	4	3	1	3	1	2	19
Opuntia conoidea	S/N	4	2	4	3	1	3	1	5	23
Tephrocactus atacamensis	Chuchampe	4	1	4	3	1	3	1	5	22
Trichocereus atacamensis	Cardón Gigante	4	4	4	5	1	5	1	5	29
Reicheella andicola	S/N	2	1	4	1	3	3	1	3	18
Adesmia aphylla	Anaguaya	4	1	3	3	1	3	1	5	21
Adesmia atacamensis	Tano - tano	4	1	3	3	1	3	1	4	20
Adesmia kingii	Anaguaya	3	1	3	3	1	1	1	4	17
Nototriche argentea	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Nototriche auricoma	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Nototriche pulvinata	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Prosopis alba	Algarrobo blanco	2	4	1	5	1	1	5	5	24
Prosopis chilensis	Algarrobo	2	4	1	5	1	1	5	5	24
Prosopis spp	Tamarugo	4	4	4	5	1	1	1	5	25
Distichlis humilis	Grama salada	1	1	1	1	1	3	5	3	16
Junellia tridactyla	S/N	4	1	4	1	1	5	1	3	20
Festuca orthophylla	Ichu, Paja brava	1	1	1	1	1	3	5	5	18
Calceolaria stellariifolia	Capachito	4	1	4	1	1	5	3	3	22
Lupinus oreophilus	Salcarai	4	1	4	3	1	1	1	5	20

Folio009545

TABLA 5-27. VERTEBRADOS PRESELECCIONADOS COMO ESPECIES FOCALES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. VE= VALOR DE ENDEMISMO, VA= VALOR DE AMENAZA, VD= VALOR DE DISTRIBUCIÓN, VM= VALOR DE TAMAÑO CORPORAL, VT= VALOR TRÓFICO, VS= VALOR DE SINGULARIDAD TAXONÓMICA, VH= VALOR DE USO DE HÁBITAT, VI= VALOR COMO INDICADORA, VP= VALOR DE PERCEPTIBILIDAD, VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	Ve	Va	Vd	Vm	Vt	Vs	Vh	Vi	Vp	Vef
MAMÍFEROS											
Chaetophractus nationi	quirquincho de la puna	1	5	1	3	2	2	3	3	1	21
Myotis atacamensis	murciélago oreja de ratón	3	4	3	1	3	1	1	1	3	20
Eligmodontia puerulus	ratita de pie sedoso	1	1	4	1	2	2	1	1	2	15
Auliscomys sublimis	pericote de la Puna	1	1	4	1	1	2	1	1	2	14
Phyllotis magister	lauchón orejudo grande	3	1	3	1	1	1	1	1	2	14
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla	1	1	4	1	1	2	1	1	3	15
Ctenomys fulvus	tuco-tuco del Tamarugal	1	4	4	1	1	1	3	5	2	22
Ctenomys opimus	tuco-tuco	1	1	4	1	1	1	3	5	2	19
Lagidium viscacia	vizcacha	1	5	3	3	1	2	1	5	5	26
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	1	5	4	3	1	2	1	5	3	25
Leopardus colocolo	gato colocolo	1	5	1	5	5	1	3	5	4	30
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	1	1	1	5	5	1	1	5	5	25
Lycalopex griseus	zorro chilla	1	1	1	5	5	1	1	5	5	25
Lama guanicoe	guanaco	1	5	1	5	1	1	1	3	5	23
Vicugna vicugna	vicuña	1	5	1	5	1	3	1	3	5	25
AVES											
Attagis gayi	perdicita cordillerana	1	2	1	3	1	2	3	3	3	19
Chloephaga melanoptera	piuquén	1	4	3	3	1	1	1	1	5	20
Conirostrum tamarugense	comesebo del Tamarugal	1	4	5	1	3	1	1	1	3	20
Falco peregrinus	halcón peregrino	1	4	1	3	5	1	1	5	5	26
Fulica ardesiaca	tagua andina	1	1	4	3	1	1	5	3	5	24
Fulica gigantea	tagua gigante	1	4	4	3	1	1	5	3	5	27
Larus modestus	gaviota garuma	1	4	3	1	5	1	1	1	5	22
Larus serranus	gaviota andina	1	4	2	1	5	1	1	1	5	21
Phoenicoparrus andinus	parina grande	1	4	4	5	1	2	5	5	5	32
Phoenicoparrus jamesi	parina chica	1	4	4	5	1	2	5	5	5	32
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	1	4	3	5	5	2	5	5	5	35
Pterocnemia pennata	suri	1	5	4	5	1	3	3	5	5	32
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	1	4	4	3	2	2	1	1	3	21
Vultur gryphus	cóndor	1	4	1	5	5	2	1	3	5	27
REPTILES											
Microlophus theresioides	corredor de Pica	4	2	5	1	3	1	3	1	5	25
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara	5	1	5	1	3	1	3	1	5	25
Liolaemus constanzae	lagartija de Constanza	1	2	5	1	3	1	3	1	2	19
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	5	2	5	1	3	1	3	1	5	26
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	5	2	5	1	3	1	3	1	5	26
Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	5	1	5	1	3	1	3	1	5	25
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	5	2	5	1	3	1	3	1	1	22
Phrynosaura reichei	dragón de Reich	5	1	5	1	3	1	3	1	1	21
ANFIBIOS											
Bufo spinulosus	bufo espinoso	1	4	3	1	3	1	5	5	3	26
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko	5	1	5	1	3	1	5	5	3	29
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama	5	1	5	1	3	1	5	5	3	29

Folio009546

TABLA 5-28. SELECCIÓN FINAL DE ESPECIES FOCALES. VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL. NA= NÚMERO DE AMBIENTES EN QUE LA ESPECIE FOCAL ESTÁ PRESENTE. AMBIENTES= LOS NÚMEROS SON CÓDIGOS DE LOS NOMBRES DE LOS AMBIENTES, PRESENTADOS DEBAJO DE ESTA TABLA.

PLANTAS	NOMBRE VULGAR	Vef	NA	Ambientes	Áreas
Azorella compacta	llareta	20	2	2,3	Tatio
Lobivia formosa	sin nombre vulgar	23	1	4	Tatio
Opuntia conoidea	sin nombre vulgar	23	4	2,3,4,5	Tatio, Licancabur
Trichocereus atacamensis	cardón gigante	29	1	5	Licancabur
Adesmia atacamensis	tano - tano	20	1	5	Licancabur
Lupinus oreophilus	salcarai	20	1	5	Licancabur
Prosopis spp	tamarugos	25	4	9,10,11,12	Quillagua, Calama
Calceolaria stellariifolia	capachito	22	1	1	Lejía
Junellia tridactyla	sin nombre vulgar	20	2	1,2	Lejía, Tatio
VERTEBRADOS	NOMBRE VULGAR	Vef	NA	Ambientes	
Ctenomys fulvus	tuco-tuco del Tamarugal	22	2	3,5,7	Lejía, Licancabur
Lagidium viscacia	vizcacha	26	3	1,3	Tatio, Licancabur
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	25	1	1	Lejía
Vicugna vicugna	vicuña	25	4	1,3,4,6	Lejía, Licancabur, Tatio
Larus modestus	gaviota garuma	22	1	12	Quillagua
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	22	2	3,4	Tatio, Licancabur
Falco peregrinus	halcón peregrino	26	2	9,10	Calama
Fulica gigantea	tagua gigante	27	1	6	Tatio
Phoenicoparrus spp	parinas	32	1	7	Lejía
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	35	2	6,7	Lejía
Pterocnemia pennata	suri	32	2	1,4	Lejía, Tatio
Microlophus theresioides	corredor de Pica	25	4	9,10,11,12	Quillagua, Calama
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara	25	1	3	Tatio, Licancabur
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	26	1	5	Licancabur
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	26	1	9	Calama
Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	25	1	1, 3	Lejía, Licancabur
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	22	1	5	Licancabur
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko	29	1	9	Calama
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama	29	1	8	Licancabur

CÓDIGO	AMBIENTES
1	Pajonal de la Estepa Subdesertica de la Puna de Atacama
2	Pajonal/Tolar de la Estepa Altoandina Altiplánica
3	Pajonal/Tolar de la Estepa Altoandina Subdesértica
4	Tolar de la Estepa Arbustiva Prepuneña
5	Ojalar del Desierto de Aluviones
6	Humedales Altoandinos de El Tatio
7	Humedal Altoandino Lacustre de Laguna Lejía
8	Humedales Riparianos de Guatín
9	Matorral Ripariano del Desierto Absoluto de Calama
10	Cultivos del Oasis de Calama
11	Matorral Ripariano del Desierto Absoluto de Quillagua
12	Cultivos del Oasis de Quillagua

Si observamos, ahora, la conservación de la diversidad desde la perspectiva de las cinco áreas de estudio dos de ellas, Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio, son las que presentan los mayores créditos en una eventual priorización por los siguientes motivos: (a) Si focalizamos sobre la vegetación, Licancabur reúne dos de los ambientes con mayor valor de importancia: el ojalar del desierto de aluviones y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Ambos contienen la mayor riqueza de especies de plantas (46 y 45 respectivamente), el mayor número de plantas endémicas (ocho y cinco respectivamente) y el mayor número de especies de plantas focales (cuatro y tres respectivamente). (b) Si focalizamos sobre los vertebrados todos presentan una valoración de importancia similar (entre 17 y 21), asimismo en diversidad de especies destacan los géiseres del Tatio ya que en sus ambientes de humedales altoandinos, existe la mayor riqueza de especies (38) con una especie endémica, 12 amenazadas y tres especies focales (Anexo 4-3, 4-4 y 4-5).

Respecto a los filtros medio, los humedales y las quebradas están presentes en las cinco áreas, sin embargo son más frecuentes en el área Alrededores del Volcán Licancabur. Esta misma área también posee el fenómeno de desierto florido, que ocurre, principalmente, en el ojalar del desierto de aluviones (también en el pajonal/tolar), donde florece extensamente *Lupinus oreophilus* (salcarai).

En relación al Valle de Quillagua y Oasis de Calama consideramos que, pese a los argumentos antes desplegados, cada uno de ellos pueden ser objetos de conservación en sí mismos por las prioridades ecológicas que representan. Por un lado, se deben considerar las comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales, las que podríamos reunir en el concepto más amplio de oasis. Y por otro lado, al sistema hídrico río Loa y su zona ribereña. Ambos son sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía y están inmersos en una matriz hostil como es el desierto absoluto. Finalmente existen especies de alto interés como el anfibio endémico local ya nombrado (*Telmatobius dankoi*) al que se debe agregar *Solanum sitens*, planta de la familia de los tomates, también endémica local, que se distribuye solamente en el borde del desierto absoluto, de la cual no existen más de 500 plantas y que es actualmente usada en el mejoramiento de los tomates de uso agrícola. Es una planta de gran potencial y está considerada como Vulnerable, aunque esta categoría podría revisarse (L. Faundez com. per.).

En conclusión los seis ambientes seleccionados (Tabla 5-29) son de alto valor para la conservación de la biodiversidad y cada una de las cinco áreas de estudio contiene al menos uno de estos ambientes. En el capítulo subsiguiente examinaremos los usos, amenazas y protección legal a que están sometidos los objetos de conservación, lo que permitirá agregar más antecedentes para una propuesta final.

TABLA 5-29. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEIS AMBIENTES DE ALTO VALOR DE IMPORTANCIA EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA

AMBIENTE	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales altoandinos del Tatio	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua
Áreas donde está presente	**Licancabur**	**Licancabur Tatio**	**Lejía**	**Tatio**	**Calama**	**Quillagua**
PLANTAS						
Nº especies	42	45	40	25	33	12
Nº especies endémicas	8	5	2	2	0	1
Nº especies amenazadas	1	3	3	0	2	3
Nº especies focales	4	3	2	0	1	1
VERTEBRADOS TERRESTRES						
Nº especies	16	38	26	39	50	21
Nº especies endémicas	2	2	1	0	4	1
Nº especies amenazadas	7	11	5	11	6	3
Nº especies focales	2	0	8	3	4	2
Total especies	58	83	66	64	83	33
Total especies endémicas	10	7	3	2	4	2
Total especies amenazadas	8	14	8	11	8	6
Valor de importancia plantas/vertebrados **FILTRO GRUESO**	21/20	23/18	20/10	18/15	17/18	20/10
Prioridades ecológicas **FILTRO MEDIO**	3	0	0	1	1	1
Total especies focales **FILTRO FINO**	6	3	10	3	5	3

5.4. Objetos de conservación en las cinco áreas

En la Tabla 5-30 se presenta el resumen con los objetos de conservación seleccionados, considerando los filtros grueso, medio y fino.

TABLA 5-30. OBJETOS DE CONSERVACIÓN PARA CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. *= PLANTA, **= VERTEBRADO.

ÁREAS	OBJETOS DE CONSERVACIÓN		
	FILTRO GRUESO (AMBIENTES)	FILTRO MEDIO (PRIORIDADES ECOLÓGICAS)	FILTRO FINO (ESPECIES FOCALES)
Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	*Prosopis spp** *Microlophus theresioides*** *Larus modestus***
Oasis de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	*Prosopis spp** *Microlophus teresioides*** *Falco peregrinus*** *Liolaemus paulinae*** *Telmatobius dankoi***
Laguna Lejía	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales altoandinos lacustres de Laguna Lejía	*Calceolaria stellariifolia** *Junellia tridactila** *Ctenomys fulvus*** *Chinchilla brevicaudata*** *Vicugna vicugna*** *Phoenicoparrus spp*** *Phoenicopterus chilensis** *Pterocnemia pennata***
Alrededores del volcán Licancabur	Ojalar del desierto de aluviones Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales ribereños del Guatín Desierto florido Cañones	*Opuntia conoidea** *Trichocereus atacamensis** *Adesmia atacamensis** *Lupinus oreophilus** *Ctenomys fulvus*** *Lagidium viscacia*** *Vicugna vicugna*** *Tinamotis pentlandii*** *Liolaemus barbarae*** *Liolaemus fabiani*** *Liolaemus puritamensis*** *Phrynosaura audituvelata*** *Telmatobius vilamensis***
Géiseres del Tatio	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica Humedales altoandinos del Tatio	Humedales altoandinos	*Azorella compacta** *Lobivia formosa** *Opuntia conoidea** *Trichocereus atacamensis** *Junellia tridáctila** *Lagidium viscacia*** *Vicugna vicugna*** *Tinamotis pentlandii*** *Fulica gigantea*** *Phoenicopterus chilensis** *Pterocnemia pennata*** *Liolaemus barbarae***

5.5. Consideraciones finales

Para implementar programas de conservación de la biodiversidad es fundamental tener claro y presente los mecanismos que pueden extinguir las especies o disminuir sus tamaños poblacionales. Gilpin & Soulé (1986) han propuesto un modelo, del vórtice de extinciones, que señala que: (a) a medida que las poblaciones y su tamaño poblacional efectivo se hace más pequeño, la población se hace más vulnerable a variaciones ambientales y factores de pérdida de variabilidad genética que tienden a reducir aún más el tamaño de la población; (b) las poblaciones reducidas presentan una mayor depresión por autocruzamiento (expresión de genes nocivos por cruces entre individuos emparentados o genéticamente muy similares), menor variabilidad genética y mayor sensibilidad a los cambios ambientales, disminuyendo aún más el tamaño poblacional, en lo que constituye un verdadero vórtice que lleva, finalmente, a la extinción. Por esto deben considerarse en los objetos de conservación, no sólo aquellas especies que cumplen con los “requisitos” para ser priorizadas, como ya vimos, sino que debe prestarse cuidadosa atención a las especies que están en los anillos más externos del vórtice de extinciones; es decir, aquellas que recién comienzan a ingresar a categorías críticas de amenaza. La extinción a que se refiere el modelo es aplicable tanto a la extinción local (en un área o región específica), como a la extinción global (en el ámbito mundial). Los factores ambientales que desencadenan este vórtice son, entre otros: (a) destrucción del hábitat, (b) fragmentación del hábitat, (c) degradación del ambiente, (d) variaciones del ambiente (naturales o inducidas antrópicamente), (e) sobrecaptura y (f) efecto de las especies invasoras. Algunos de estos factores son los que analizaremos en el siguiente capítulo de usos y amenazas.

Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Filtro grueso.

Humedales del Tatio. Filtro medio.

Junellia tridáctila y *Azorella compacta.* Filtro fino.

Vicugna vicugna, Pterocnemia pennata y *Lagidium viscacia.* Filtro fino.

CAPITULO VI
ESTUDIO DE PAISAJE

CAPÍTULO VI ESTUDIO DE PAISAJE

1. INTRODUCCIÓN

El paisaje es la expresión espacial y visual del medio y puede identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas. Es un recurso natural escaso, valioso y con demanda creciente, fácilmente depreciable y difícilmente renovable, por lo que merece especial consideración al momento de evaluar impactos ambientales negativos en un proyecto determinado. A su vez el estudio del paisaje debe ser considerado dentro de la planificación física de la planificación, puesto que forma parte de los recursos naturales del medio físico y como tal es de carácter limitado y está expuesto a deterioro. El paisaje visual considera la estética y la capacidad de percepción por un observador. Para evaluar el paisaje existen diferentes métodos y procedimientos, en este caso se va utilizar un método mixto con valoración directa de subjetividad representativa y análisis posterior indirecto con análisis de componentes principales de acuerdo a lo descrito por Muñoz-Pedreros (2004).

2. METODOLOGÍA

2.1. Registro de imágenes

Para realizar la evaluación de la calidad visual del paisaje, se registraron imágenes de forma dirigida desde los caminos existentes al interior de los límites del área de estudio, utilizando una cámara fotográfica digital Cannon EOS-Rebel. Los caminos corresponden a la principal ruta de accesibilidad, concentración y flujo de observadores en el área. Para no afectar la posterior percepción del paisaje, se controlaron las condiciones en que se realizó la observación (e.g., posición, movimiento, distancia del observador en relación al paisaje) y las condiciones de visibilidad (véase detalles en Escribano et al. 1991 y Muñoz-Pedreros 2004).

2.2. Definición y asignación de unidades homogéneas de paisaje

Para facilitar la evaluación del paisaje y disponer de una buena base para ordenar el territorio, éste se fragmentó en unidades homogéneas según su contenido paisajístico. Las unidades de paisaje (UP), entendidas como una agregación ordenada y coherente de las partes elementales, fueron definidas como unidades irregulares, según los criterios establecidos por MOPT (1992). Para esto se analizaron las imágenes registradas en función de los descriptores que presentaran (e.g., tipo de relieve y vegetación predominante en primer plano, en segundo orden de importancia el relieve de fondo).

2.3. Análisis de la calidad visual del paisaje

Para determinar la calidad visual del paisaje, se utilizó el método mixto con valoración directa de subjetividad representativa y análisis posterior indirecto, con análisis de componentes desarrollado por Muñoz-Pedreros (2004) y Muñoz-Pedreros et al. (1993, 2000).

TABLA 6-1. LISTA DE ADJETIVOS JERARQUIZADOS (SENSU MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993) Y SU CORRELACIÓN CON LA ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (SENSU FINES 1968). VP= VALOR DEL PAISAJE.

ESCALA DE CALIFICATIVOS (MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993)		ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (FINES 1968)		ESCALA DE CALIFICATIVOS (MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993)		ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (FINES 1968)	
VP	Adjetivo	VP	Categoría	VP	Adjetivo	VP	Categoría
1	Insoportable	0		16	Interesante	4,1	
2	Horrible	0,25		17	Grato	5	
3	Desagradable	0,5		18	Agradable	6	
4	Pésimo	0,75	FEO	19	Conservado	7	DISTINGUIDO
5	Feo	1		20	Singular	8	
6	Triste	1,10		21	Variado	8,1	
7	Pobre	1,25		22	Estimulante	10	
8	Frío	1,50		23	Bonito	12	
9	Monótono	1,75	SIN INTERÉS	24	Hermoso	14	FANTÁSTICO
10	Sin interés	2		25	Precioso	16	
11	Común	2,1		26	Estupendo	16,1	
12	Sencillo	2,50		27	Soberbio	20	
13	Pasable	3,00	AGRADABLE	28	Maravilloso	24	
14	Regular	3,50		29	Fantástico	28	ESPECTACULAR
15	Aceptable	4		30	Espectacular	32	

En el análisis directo, los paisajes registrados fueron expuestos con una cadencia de 20 segundos, a un panel de evaluadores con las características propuestas por Muñoz-Pedreros et al. (2000), es decir; 12 integrantes subdivididos en: cuatro exigentes en paisaje (profesionales relacionados con el sector turismo y gestión de recursos naturales), cuatro transformadores del paisaje (ingenieros y otros profesionales relacionados) y cuatro personas con experiencia en evaluación de paisajes (postgraduados en ciencias ambientales y manejo de recursos naturales), que actuaron como grupo control. Se utilizó como instrumento de evaluación una encuesta desarrollada Muñoz-Pedreros et al. (1993) (véase Anexo 6-3 y 6-4), que consta de dos partes, una que caracteriza al evaluador a través de un cuestionario estructurado, y otra que presenta una lista de adjetivos que califica los paisajes a observar y que permite obtener una valoración nominal. Estos adjetivos están homologados a la escala universal de valores de Fines, lo cual permite asignarle valoración numérica o cuantitativa a la valoración nominal antes mencionada (véanse Tabla 6-1 y 6-2).

TABLA 6-2. ASOCIACIÓN DE LOS VALORES DE CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE (VP) CON VALOR NOMINAL Y VALOR NUMÉRICO (MUÑOZ-PEDREROS 2004).

RANGO DE VP	VALOR NOMINAL	VALOR NUMÉRICO
1– 5	Muy bajo	1
6 – 10	Bajo	2
11 - 15	Medio bajo	3
16 - 20	Medio alto	4
21 - 25	Alto	5
26 - 30	Muy alto	6

2.4. Análisis de la fragilidad visual del paisaje

Con el fin de conocer la vulnerabilidad del paisaje, entendida como su capacidad de respuesta frente a su uso (Bolós 1992), se realizó un análisis de acuerdo al método propuesto por Muñoz-Pedreros (2004). Este método entrega la fragilidad visual intrínseca, al considerar factores biofísicos que ponderan la fragilidad visual del punto, y el carácter histórico-cultural que pondera los valores singulares del paisaje según escasez, valor tradicional e interés histórico.

Los factores biofísicos determinan la fragilidad visual del punto que, sumados a los factores histórico- culturales constituyen la fragilidad visual intrínseca. De este modo la valoración se calcula según la fórmula:

$$VFVP = \Sigma\ S\ f/nf$$

Donde VFVP es el valor de la fragilidad visual del punto, f son los factores biofísicos y n es el número de factores considerados. Los valores de fragilidad fluctúan entre 1 y 3 (Tabla 6-3).

TABLA 6-3. FACTORES PARA EVALUAR LA FRAGILIDAD EN UN PAISAJE (MUÑOZ-PEDREROS 2004).

			VALORES DE FRAGILIDAD	
FACTOR		CARACTERÍSTICAS	NOMINAL	NÚMERICO
D	densidad de la vegetación	67-100	bajo	1
		34-67	medio	2
		0-34	alto	3
E	diversidad de estratos de la vegetación	> 3 estratos	bajo	1
		<3 estratos	medio	2
		1 estrato dominante	alto	3
A	altura de la vegetación	> 3m altura promedio	bajo	1
		> 1m< 3m altura	medio	2
		< 1m	alto	3
ES	estacionalidad de la vegetación	vegetación dominante perenne	bajo	1
		mixta	medio	2
		caducifolia	alto	3
CV	contraste cromático vegetación/ vegetación	manchas policroma ticas sin pauta nítida	bajo	1
		con pauta nítida	medio	2
		manchas monocromáticas	alto	3
CS	contraste cromático vegetación/suelo	contraste visual bajo	bajo	1
		contraste visual medio	medio	2
		contraste visual alto	alto	3
P	pendiente	0-25%	bajo	1
		26-55%	medio	2
		> 55%	alto	3
O	orientación del paisaje	exposición sur-este	bajo	1
		exposición sureste-noroeste	medio	2
		exposición norte-oeste	alto	3
H	valor histórico y cultural	baja unicidad, singularidad y/o valor	bajo	1
		media unicidad, singularidad	medio	2
		alta unicidad	alto	3

TABLA 6-4. ASOCIACIÓN DE LOS VALORES DE FRAGILIDAD DEL PAISAJE (VFVP) CON SU VALOR NOMINAL (SENSU MUÑOZ-PEDREROS 2004).

VFVP	VALOR NOMINAL
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

2.5. Capacidad de uso según características de calidad y fragilidad del paisaje

Finalmente con los valores de fragilidad y calidad del paisaje se proponen categorías de uso del paisaje en el área de estudio basados en la propuesta de Muñoz-Pedreros (2004) que se detalla en la tabla 6-5.

TABLA 6-5 CAPACIDAD DE USO SEGÚN CARACTERISTICAS DE CALIDAD Y FRAGILIDAD DEL PAISAJE (SENSU MUÑOZ-PEDREROS 2004).

CLASE	CARACTERÍSTICAS		USOS RECOMENDADOS
	CALIDAD	FRAGILIDAD	
1	Alta	Alta	Conservación
2	Alta	Media	Turismo /recreación de bajo impacto
3	Alta/media	Baja	Turismo recreación
4	Media	alta/media	Según estudios más profundos puede incorporarse a 2 ó1
5	Baja	alta/ media	Según estudios más profundos puede incorporarse a 6
6	Baja	Baja	Localización de actividades de alto impacto visual

3. RESULTADOS

3.1. Definición de unidades homogéneas de paisaje

Basado en la caracterización del área, las unidades de paisaje (UP) fueron definidas como unidades irregulares homogéneas en su contenido. Siendo las UP, definidas por varias subunidades de paisaje (SUP), en algunos casos, mientras que otras UP fueron definidas por subunidades únicas presentes en el área de estudio. Cada fotografía registrada corresponde a una subunidad de paisaje. El componente central en la definición de UP fue la vegetación, que se presentó como de mayor relevancia junto al relieve y la presencia de cuerpos de agua.

3.2. Unidades homogéneas de paisaje

La caracterización de los paisajes en terreno y el análisis visual de los descriptores fue en 46 imágenes registradas y seleccionadas (SUP), lo que permitió definir 18 unidades de paisaje (UP) (véase Tabla 6-6) al agrupar las UP de acuerdo a su componente principal, la vegetación; y en un segundo plano, el relieve, se identificaron nueve macrounidades de paisaje (MUP), “Géiseres”, “Cuerpos de agua”, “Vegetación densa mixta”, “Paja brava densa mixta”, “Paja brava semi densa”, “Paja brava rala”, “Sin vegetación”, “Camino” y “Obstrucción visual”.

TABLA 6-6. UNIDADES DE PAISAJE (UP) PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO. MUP= MACROUNIDAD DE PAISAJE, UP= UNIDAD DE PAISAJE, COD= CÓDIGO UP, F= FRECUENCIA DEL PAISAJE, %= PORCENTAJE FRECUENCIA.

COD UP	MUP	UP	UNIDADES DE PAISAJE (UP)	F	%
GEI	Géiseres	1	Géiseres	3	6,5
LC	Cuerpos de agua	2	Laguna, ladera, cerro con clastos grandes agrupados, cordillera en segundo plano	2	4,3
RVDC		3	Río con vegetación densa mixta, ondulado o laderas, con clastos grandes agrupados y cordillera en segundo plano	2	4,3
RVDCR		4	Rió con vegetación densa mixta, plano o ladera, con clastos medianos agrupados y cerros en segundo plano	3	6,5
VDMC	Vegetación densa mixta	5	Vegetación densa mixta, plano, con cordillera en segundo plano	3	6,5
VPBC	Paja brava semi densa	6	Vegetación semidensa de paja brava, plana o ladera, con cordillera en segundo plano	2	4,3
VPBVC		7	Vegetación semidensa de paja brava, plana u ondulada, con vicuñas y cordillera en segundo plano	2	4,3
VPBCR		8	Vegetación semidensa de paja brava, plano o laderas con cerros en segundo plano	3	6,5
VRPBC	Paja brava rala	9	Vegetación rala de paja brava, plano u ondulado con cordillera en segundo plano	3	6,5
VRPBCR		10	Vegetación rala de paja brava, plana con clastos grandes agrupados y cerros en segundo plano	1	2,2
VMRPBC		11	Vegetación muy rala de paja brava, plano con clastos grandes agrupados y cordillera en segundo plano	2	4,3
VMPBCR		12	Vegetación muy rala de paja brava, plano con clastos medianos homogéneos y cerros en segundo plano	4	8,7
SVC	Sin vegetación	13	Sin vegetación, plano, con clastos grandes homogéneos y cordillera	5	10,9
SVCR		14	Sin vegetación, plano, con cerros en segundo plano	5	10,9
SVLC		15	Sin vegetación, ladera, con clastos medianos homogéneos y cordillera	1	2,2
PV	Panorámica valle	16	Panorámica del valle con clastos grandes agrupados	3	6,5
CSVCRC	Camino	17	Camino, sin vegetación, plano y ladera con clastos pequeños agrupados, cerros y cordillera en segundo plano	1	2,2
OVR	Obstrucción visual	18	Obstrucción visual, ladera, con clastos pequeños agrupados y ruinas	1	2,2
TOTAL				46	100

Del total de imágenes procesadas se obtiene que las unidades que obtuvieron mayor frecuencia fueron las correspondientes a la macrounidad “Sin vegetación”, siendo las menores frecuencias, para las macrounidades “Camino” y “Obstrucción visual”.

Al analizar los paisajes de acuerdo a la cobertura vegetal se obtuvo que la mayor proporción corresponde a los paisajes sin vegetación con un 39,1%, mientras que los paisajes con vegetación densa alcanzan un 17,4% del total.

TABLA 6-7. PROPORCIÓN DE PAISAJES SEGÚN TIPO DE CUBIERTA VEGETAL.

vegetación densa	17,4
vegetación semidensa	15,2
vegetación rala	15,2
vegetación muy rala	13,0
sin vegetación	39,1
Total	100,0

De acuerdo a las formas del relieve los paisajes que obtuvieron una mayor proporción fueron los mixtos con un 47,8%, mientras que los planos representan un 43,5% del total (Tabla 6-8).

TABLA 6-8. PROPORCIÓN DE PAISAJES SEGÚN TIPO DE RELIEVE.

planos	43,5
laderas	8,7
mixtos	47,8
Total	100,0

Según los clastos visibles en la superficie los paisajes que obtuvieron la mayor proporción fueron aquellos con clastos imperceptibles con un 45,7% del total, por otro lado, los paisajes con clastos pequeños obtuvieron un 4,3% del total.

TABLA 6-9. PROPORCIÓN DE PAISAJES SEGÚN CLASTOS EN SU SUPERFICIE.

imperceptibles	45,7
pequeños	4,3
medianos	17,4
grandes	32,6
Total	100,0

3.3. Calidad visual del paisaje

Valoración del paisaje

La valoración de la calidad visual se realizó sobre el total imágenes (SUP), conformando una muestra de 18 UP (unidades de paisaje) agrupadas en nueve macrounidades (MUP). El rango en que se distribuyen los valores de las UP, según la escala de Muñoz-Pedreros et al. (1993a), va de VP= 12 (DE=2,7) a VP= 22 (DE=0,7). La valoración máxima fue obtenida por la unidad de paisaje ”VDMC” (VP= 22, DE=0,7) y que corresponde al calificativo “Estimulante” de la categoría “Fantástico” sensu Muñoz- Pedreros (2004), categorizado como paisaje de calidad Alta. Otra de las unidades de paisaje mejor evaluadas fue “LC” (VP=21, DE= 0,3) y que corresponde a calificativo “Variado” de la categoría “Fantástico”. Ambas unidades de paisaje presentan una baja desviación estándar, lo cual muestra que en las evaluaciones en los distintos grupos no existieron diferencias significativas en la atribución del valor de paisaje para esta unidad. Por otro lado, las unidades de paisaje que obtuvieron menor valor fueron “SVCR” y “OVR”, con un de valor de paisaje 12 (sencillo) y13 (pasable), respectivamente. Ambos valores de paisaje corresponden a la categoría de “Agradable” (véase Anexo 6-2).

TABLA 6-10. VALORES DE CALIDAD VISUAL EN EL ÁREA LAGUNA LEJIA. VP= VALOR DE PAISAJE, UP= UNIDAD DE PAISAJE, MUP= MACROUNIDAD DE PAISAJE, DE= DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

MUP	COD UP	VP UP	DE	Adjetivo	VPM	Adjetivo
Géiseres	GEI	19	0,8	Conservado	19	Conservado
Cuerpos de agua	LC	21	0,3	Variado	18	Agradable
	RVDC	17	2,1	Grato		
	RVDCR	17	4,2	Grato		
Vegetación densa mixta	VDMC	22	0,7	Estimulante	22	Estimulante
Paja brava semidensa	VPBC	17	1,2	Grato	18	Agradable
	VPBVC	20	0,1	Singular		
	VPBCR	17	1,9	Grato		
Paja brava rala	VRPBC	18	1,2	Agradable	16	Interesante
	VRPBCR	15	0,0	Aceptable		
	VMRPBC	15	0,5	Aceptable		
	VMPBCR	14	0,8	Regular		
Sin vegetación	SVC	15	0,6	Aceptable	14	Regular
	SVCR	12	2,7	Sencillo		
	SVLC	16	0,0	Interesante		
Panorámica valle	PV	18	0,6	Agradable	18	Agradable
Camino	CSVCRC	14	0,0	Regular	14	Regular
Obstrucción visual	OVR	13	0,0	Pasable	13	Pasable

Al agrupar las UP y sus valores de acuerdo a las macrounidades de paisaje que representan, el rango en que se distribuyen los valores fluctúa entre VP=22 y VP=13, con los adjetivos “Estimulante” y “Pasable”, los que pertenecen a las categorías de “Fantástico” y “Agradable”, respectivamente. La macrounidad mejor evaluada fue “Vegetación densa mixta”, considerada como un paisaje “Estimulante”, con VP=22, seguido se encuentra “Geisers” con un VP=19 correspondiente a “Conservado”. La macrounidad vegetación densa mixta, se compone de una unidad de paisaje, que corresponde a los Bofedales que se encuentran en el estero Putana, y que además del alto componente paisajístico que posee, la presencia de fauna silvestre aumenta el valor de esta unidad. Al igual, la macrounidad “Geisers” se compone de una unidad de paisaje, destacando de esta forma la unicidad de esta unidad de paisaje, que obtuvo una alta valoración correspondiente a la categoría de “Conservado”.

En la Fig. 6-1 se muestran algunas de las imágenes evaluadas, correspondientes a las unidades de paisaje descritas.

Análisis indirecto

El estudio de las características visuales básicas indicó que estos paisajes responden a dos patrones, poseen por un lado, elementos en común tales como la forma tridimensional, con líneas que marcan bordes claramente definidos en su gran mayoría panorámicos, brillantes y claros posicionados en pies de laderas; y como elementos diferenciadores la presencia de vegetación y fauna asociada a cursos de agua.

3.4. Fragilidad visual del paisaje

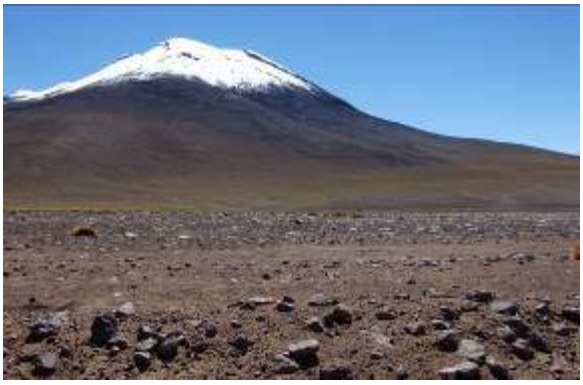
Del análisis de los factores biofísicos en las fotografías evaluadas se desprende que los paisajes evaluados posen un valor promedio de fragilidad que va de 1 a 3, es decir, desde baja a alta fragilidad visual (véase Anexo 6-1). El valor de fragilidad visual que presenta la mayor frecuencia es de 2 (medio), representando el 71% de los valores de fragilidad total. El valor de fragilidad 3 (Alto) en este caso, está dada principalmente por dos factores; la cubierta vegetal, la que no está representada por formas leñosas sino más bien herbáceas, lo que disminuye la capacidad de absorción visual y la unicidad de las subunidades de paisaje, que incorporan elementos de valor histórico cultural como la presencia de fauna silvestre. Las unidades de paisaje que presentan un alto valor de fragilidad son “GEI” y “LC”.

Unidad de paisaje “DVMC” VP=23

Unidad de paisaje “RVDCR” VP= 22

Unidad de paisaje “LC” VP=21

Unidad de paisaje “GEI” VP=20



Unidad de paisaje “SVC” VP=16

Unidad de paisaje “OVR” VP=13

FIGURA 6-1. UNIDADES DE PAISAJE CON MAYOR Y MENOR VALOR DE CALIDAD VISUAL (VP).

Por otro lado, los paisajes con baja fragilidad visual, fueron aquellos desprovistos de vegetación y con bajo valor de unicidad, sin embargo, al ponderarlos como unidades de paisaje (UP), fueron valorados con una fragilidad media. Al analizar la fragilidad visual en las macrounidades de paisaje (MUP), la macrounidad “Géiseres”, obtuvo un alto valor, destacando la unicidad de esta macrounidad, que se encuentra compuesta por una unidad de paisaje.

3.5. Capacidad de uso del paisaje

En la determinación de la capacidad de uso del paisaje, éste debe estudiarse con mayor nivel de detalle incluyendo atributos espaciales y variables ecológicas, para la inclusión de éste en actividades turísticas de bajo o alto impacto y/o para la conservación. En este sentido, destacan la unidades de paisaje que obtuvieron un valor 4 de capacidad de uso, es decir que con estudios más profundos pueden incorporarse a un uso 2 o1; turismo de bajo impacto o conservación, respectivamente. Es así, como en general los paisajes en general se agrupan en este valor, teniendo como factor común la presencia de vegetación, cuerpos de agua, formaciones geomorfológicas y la presencia de fauna silvestre.

La unidad de paisaje “LC” fue valorada como la de mayor calidad paisajística, lo que sumado a la alta fragilidad visual, se clasifica en una capacidad de uso para la conservación, coincidiendo con los atributos ecológicos que esta unidad presenta dado por la presencia de fauna silvestre, en especial aves acuáticas y vicuñas.

Si bien, el análisis de la fragilidad visual se realizó a nivel de unidades de paisaje y macrounidades, para la determinación de las capacidades de uso, se consideró la unidad de paisaje como elemento descriptor, ya que al considerar las macrounidades se incorpora la heterogeneidad entre las unidades de paisaje, incorporando así también la variabilidad de las ponderaciones, comprendiendo que las macrounidades en algunos casos abarcan extensas superficies del territorio y variables entre los componentes del paisaje.

TABLA 6-11. PONDERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DEL PAISAJE DE ACUERDO A MUÑOZ-PEDREROS (2004). VP=VALOR DE CALIDAD, P=PONDERACION DE LA ESCALA DE USO, VF=VALOR DE FRAGILIDAD, CU=CATEGORIA DE USO.

MUP	COD	UNIDAD DE PAISAJE	VP	P	VF	P	CU
Géiseres	GEI	Géiseres	19	medio	3	alto	4
Cuerpos de agua	LC	Laguna, ladera, cerro con clastos grandes agrupados, cordillera en segundo plano	21	alto	3	alto	1
	RVDC	Río con vegetación densa mixta, ondulado o laderas, con clastos grandes agrupados y cordillera en segundo plano	17	medio	2	medio	4
	RVDCR	Río con vegetación densa mixta, plano o ladera, con clastos medianos agrupados y cerros en segundo plano	17	medio	2	medio	4
Vegetación densa mixta	VDMC	Vegetación densa mixta, plano, con cordillera en segundo plano	22	alto	2	medio	2
Paja brava semi densa	VPBC	Vegetación semidensa de paja brava, plana o ladera, con cordillera en segundo plano	17	medio	2	medio	4
	VPBVC	Vegetación semidensa de paja brava, plana u ondulada, con vicuñas y cordillera en segundo plano	20	alto	2	medio	2
	VPBCR	Vegetación semidensa de paja brava, plano o laderas con cerros en segundo plano	17	medio	2	medio	4
Paja brava rala	VRPBC	Vegetación rala de paja brava, plano u ondulado con cordillera en segundo plano	18	medio	2	medio	4
	VRPBCR	Vegetación rala de paja brava, plana con clastos grandes agrupados y cerros en segundo plano	15	medio	2	medio	4
	VMRPBC	Vegetación muy rala de paja brava, plano con clastos grandes agrupados y cordillera en segundo plano	15	medio	2	medio	4
	VMPBCR	Vegetación muy rala de paja brava, plano con clastos medianos homogéneos y cerros en segundo plano	14	medio	2	medio	4
Sin vegetación	SVC	Sin vegetación, plano, con clastos grandes homogéneos y cordillera	15	medio	2	medio	4
	SVCR	Sin vegetación, plano, con cerros en segundo plano	12	medio	2	medio	4
	SVLC	Sin vegetación, ladera, con clastos medianos homogéneos y cordillera	16	medio	2	medio	4
Panorámica valle	PV	Panorámica del valle con clastos grandes agrupados	18	medio	2	medio	4
Camino	CSVCRC	Camino, sin vegetación, plano y ladera con clastos pequeños agrupados, cerros y cordillera en segundo plano	14	medio	2	medio	4
Obstrucción visual	OVR	Obstrucción visual, ladera, con clastos pequeños agrupados y ruinas	13	medio	3	medio	4

4. CONCLUSIONES

El rango en que se distribuyen los valores de las Unidades paisajísticas (UP) va de Valor de Paisaje (VP)=13 (DE=0,0) a VP= 21 (DE=0,3). La calidad de los paisajes, en general es media, sobresaliendo los paisajes de calidad alta como los asociados a cursos de agua, y con presencia de vida silvestre. Estos paisajes, dentro de la matriz, son únicos y acotados a un espacio geográfico definido y de poca extensión, que concentra múltiples elementos propios de los ecosistemas altiplánicos.

La calidad predominante del Tatio está dada porque sus paisajes son mayoritariamente panorámicos y de especial singularidad, y están conformados elementos tales como: a) cuerpos de agua y vegetación de textura gruesa a media, b) alto contraste cromático y brillo, y c) parajes panorámicos correspondientes a quebradas y planicies.

El área posee efectivamente en base a sus valores de fragilidad y calidad una capacidad de uso que se orienta hacia el turismo de bajo impacto y a la conservación, usos que deben ser planificados con un estudio integrado del área de estudio.

El paisaje del Tatio posee componentes de interés naturales, asociados a la geomorfología, geología, la presencia de vegetación, bofedales, cursos de agua y vida silvestre, los cuales atraen visitantes de intereses especiales.

CAPÍTULO VII
USOS Y PROTECCIÓN

CAPÍTULO VII USOS Y PROTECCIÓN

Este capítulo aborda dos componentes, el primero está referido a los usos detectados en las áreas de estudio y las amenazas que conllevan estos usos a su conservación y el segundo a los instrumentos legales y jurídicos actualmente vigentes que podrían asociarse al resguardo de su integridad, otorgándole distintos grados de protección.

USOS Y AMENAZAS EN LAGUNA LEJÍA, VOLCÁN LICANCABUR Y EL TATIO

1. INTRODUCCIÓN

Con el propósito de ubicar al lector en la problemática general referida a los usos y amenazas en el sector de la puna y el altiplano que abarcan los tres sitios prioritarios para la conservación (Laguna Lejía, Geisers del Tatio y Alrededores del Volcán Licancabur), dada la continuidad territorial y similitudes de ambientes, entre otras particularidades que comparten, se entregan antecedentes generales en forma conjunta para los tres sitios. Igualmente se entregan los antecedentes de uso provenientes de la aplicación de instrumentos en forma conjunta para las tres áreas. Posteriormente se aborda el análisis general de usos y amenazas para cada sitio prioritario en particular.

Para ello se realizó una recopilación de antecedentes secundarios, observaciones en terreno y la aplicación de dos encuestas de opinión, una cerrada simple dirigida a pobladores locales y otra abierta, dirigida a informantes clave que recogen, cualitativamente, y desde distintos ámbitos, una situación aproximada actual del sitio de interés en relación a sus usos y las presiones a las que está sometido. Cabe destacar que los antecedentes obtenidos de la aplicación de instrumentos tuvo un ámbito de aplicación restringido, no constituyendo un análisis exhaustivo de la situación sino más bien un ejercicio orientador, que complemente la información de línea de base ambiental, a partir de los cuales se puedan plantear los escenarios, actuales y potenciales en función de las presiones identificadas que estén afectando al sitio prioritario de conservación.

En base a todos estos antecedentes se propone una zonificación de usos y orientaciones de manejo que pueda contribuir a la conservación del área.

2. ANTECEDENTES SOCIECONÓMICOS

2.1. Antecedentes comunales

Las poblaciones que habitan este amplio territorio que abarca las tres áreas de estudio, se distribuyen en dos grandes zonas geográficas, conocidas como: la cuenca del río Loa Superior-río Salado y la cuenca del salar de Atacama y pertenecen administrativamente a las comunas de Calama y San Pedro de Atacama respectivamente.

Comuna de Calama. La comuna de Calama pertenece a la provincia de El Loa, junto a las comunas de San Pedro de Atacama y Ollagüe. La superficie del territorio de la comuna de

Calama es de 15.567,5 Km^2, de los cuales 19,7 km^2 corresponden a la actual superficie urbana. Posee una población de 146.635 habitantes (71.710 mujeres y 74.925 hombres), acogiendo al 28,02% de la población total de la región. 1,17% corresponde a población rural y 98,83% a población urbana (Información censal 2002). La comuna cuenta con un servicio de salud primaria, tres consultorios, tres postas rurales y 38 establecimientos de educación municipales. La población comunal cuenta con un promedio de 10,56 años de escolaridad. Con relación a la pobreza comunal, existen 13.218 personas pobres no indigentes, lo que representa el 9,28% de la población total y 935 indigentes (0,66%) (MIDEPLAN encuesta CASEN 2006). Sobre la base de sus recursos, población y grados de desarrollo, la comuna de Calama es la más importante de la provincia de El Loa. En ella se ubica la ciudad de Calama, la capital provincial, es además la segunda ciudad de mayor importancia de la región de Antofagasta y donde se encuentran los principales recursos minerales del país .

Comuna de San Pedro de Atacama. La comuna tiene una superficie de 23.439 km^2, de los cuales 2,34 km^2 corresponden a la actual superficie urbana e industrial. Posee una población de 4.969 habitantes (2.041 mujeres y 2.928 hombres), acogiendo al 1,01% de la población total de la región. 61% corresponde a población rural y 39% a población urbana (Información censal 2002). La población comunal cuenta con un promedio de 8,6 años de escolaridad (CASEN 2006). De acuerdo al censo 2002 el 58% de la población se reconoce como atacameño y un 3% de otras etnias. La comuna cuenta con posta médica, correos, teléfono, fax, aduana, registro civil, carabineros, policía internacional, bencina, casa de cambio y oficina de información turística. Cuenta además con hoteles, residenciales, campings, restaurantes y numerosas empresas de turismo receptivo. Con relación a la pobreza comunal, existen 197 personas pobres no indigentes, lo que representa el 3,6% de la población total y 33 indigentes (0,6%) (de un total comunal de 5.481 personas) (MIDEPLAN encuesta CASEN 2006). San Pedro es capital municipal y se encuentra en la desembocadura del mayor río que desagua en el salar del mismo nombre. Está considerada la “capital arqueológica” de Chile y se declaró Zona Típica. Fue el principal centro de la cultura atacameña, con una fortaleza defensiva y una población distribuida en quince ayllus (agrupación socioeconómica con lazos de parentesco), que se repartió las tierras cultivables y el agua canalizada del río Grande.

2.2. Actividades económicas y uso del suelo

Minería

En la actualidad, la mayor actividad productiva en la comuna de Calama se basa en la explotación de cobre de las minas de Chuquicamata y Radomiro Tomic, por parte de la división CODELCO Norte y además, por la presencia de la Minera El Abra. Adicionalmente se explotan el azufre y el bórax. En San Pedro de Atacama existen diversos emprendimientos mineros. Dos empresas operan directamente sobre el salar, SQM y Sociedad Minera del Litio; y dos operan fuera de la comuna, extrayendo agua subterránea desde el sur de la misma. Dada la riqueza mineral de la zona se presume que la explotación de yacimientos minerales metálicos y no metálicos está en expansión, pudiendo establecerse a futuro en cualquiera de las áreas.

Actividad silvoagropecuaria

Calama y San Pedro de Atacama son las únicas comunas con actividad agrícola de la región. Ésta se desarrolla a pequeña escala y su relevancia radica en sustentar formas de vida ancestrales asociadas a la cultura y sobrevivencia de las poblaciones altiplánicas. Así, el río Loa y sus tributarios sustentan la actividad agropecuaria que se desarrolla principalmente en el Oasis de Calama y en las comunidades indígenas de Chiu Chiu, Lasana, Ayquina y Caspana, entre otras. En el caso de San Pedro de Atacama la actividad agropecuaria se desarrolla en el oasis de San Pedro de Atacama y varios ayllus junto a los pueblos de Toconao, Talabre, Tomar, Socaire y Peine, ocupando una estrecha faja cordillerana y precordillerana. El uso del suelo en la comuna de San Pedro de Atacama corresponde mayoritariamente a praderas naturales, las que se dedican principalmente al pastoreo de camélidos y caprinos (RIDES 2005). Los suelos, principalmente alcalinos y con contenidos significativos de sales, los hacen no aptos para actividades agrícolas intensivas (e.g., frutales), a excepción de algunas áreas específicas como quebrada de Jere en Toconao. El principal cultivo permanente es alfalfa, seguido de hortalizas, frutales y cereales. La estructura de la propiedad agrícola ha mantenido el patrón prehispánico de numerosas pequeñas chacras de formas irregulares, con un sistema de riego comunitario (RIDES 2005).

De acuerdo a la información proporcionada por SINIM 2007 (Tabla 7-1) el principal uso del suelo comunal son las praderas y matorrales que en la comuna de Calama cubre un 25,55% y en la de San Pedro de Atacama un 44,49%. La superficie comunal desprovista de vegetación es de un 74% y un 55% en Calama y San Pedro de Atacama, respectivamente. Destaca además para esta última comuna una superficie pequeña (0,15%) cubierta de bosques.

TABLA 7-1. SUPERFICIE COMUNAL Y DE DISTINTOS USOS EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (SENSU SINIM 2007).

Comuna	Superficie total comunal en km²	Porcentaje de áreas urbanas e industriales (%)	Porcentaje de áreas agrícolas (%)	Porcentaje de praderas y matorrales (%)	Porcentaje de bosques (%)	Porcentaje de áreas desprovistas de vegetación (%)
Calama	15.596,90	0,11	0,21	26,55	0	73,79
San Pedro de Atacama	23.438,80	0,01	Sin información	44,49	0,15	55,2

La información proporcionada por el censo agropecuario de 2007 permite caracterizar con mayor detalle la actividad agropecuaria de ambas comunas (Tabla 7-2), en la que se observa la superficie destinada a diferentes usos agropecuarios del suelo a nivel comunal. Si se comparan ambas comunas se aprecia que la aptitud agrícola de San Pedro de Atacama es algo mayor a la de Calama. La primera posee también una pequeña superficie cubierta por vegetación arbórea, ya sea proveniente de plantaciones o bosque nativo. Destaca en esta comuna la extensión de sus praderas naturales, producto de una mayor superficie de vegas y pajonales.

Con respecto a la tenencia de la tierra, en ambas comunas las explotaciones agropecuarias constituyen, en un porcentaje cercano al 90% de los informantes, superficies inferiores a cinco hectáreas (Tabla 7-3). La producción es destinada principalmente al autoconsumo y forraje para el ganado (Tabla 7-4).

TABLA 7-2. USO DEL SUELO AGROPECUARIO EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y DE SAN PEDRO DE ATACAMA (SENSU CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

TIPOS DE SUELO	CALAMA SUPERFICIE (HA)	SAN PEDRO DE ATACAMA SUPERFICIE (HA)
Cultivos anuales y permanentes	359,87	322,48
Praderas sembradas perm. y de rotación	335,97	749,65
En barbecho y descanso	591,00	620,70
Praderas mejoradas	12,60	251,62
Praderas naturales	93.509,49	263.025,96
Plantaciones forestales	83,26	492,75
Bosques naturales y montes	4,38	33,95
Matorrales	36,66	329,03
De uso indirecto (infraestructura)	3.640,39	44,89
Estériles (áridos, pedreg. y arenales)	539,77	44.597,03

TABLA 7-3. SUPERFICIE DE LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS CON TIERRA POR TAMAÑO, Y NÚMERO DE INFORMANTES, COMUNAS DE SAN PEDRO DE ATACAMA Y CALAMA (SENSU CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

	SAN PEDRO DE ATACAMA		CALAMA	
Tamaño de las explotaciones (ha)	Superficie explot. agropecuarias (ha)	Nº informantes	Superficie explot. agropecuarias (ha)	Nº informantes
Menores de 1	209,91	474	140,90	277
De 1 a menos de 5	1.041,38	483	649,22	324
De 5 a menos de 10	552,33	81	296,52	43
De 10 a menos de 20	350,61	27	262,31	20
De 20 a menos de 50	171,25	6	90,02	3
De 50 a menos de 100	138,02	2	65,36	1
De 100 a menos de 200	0	0	0	0
De 200 a menos de 500	204,4	1	1.338,77	4
De 500 a menos de 1000	0	0	0	0
De 1000 a menos de 2000	1.809,96	1	0	0
De 2000 y más	305.990,2	9	96.270,29	4
TOTAL	310.468,06	1.084	99.113,39	676

TABLA 7-4. SUPERFICIE TOTAL SEMBRADA O PLANTADA POR GRUPOS DE CULTIVOS EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

ESPECIE	CALAMA (ha)	SAN PEDRO (ha)
Cereales	131,41	52,57
Chacras	0,84	3,55
Industriales	0,1	0,0
Hortalizas al aire libre e invernadero	207,73	123,01
Flores	4,02	0,09
Forrajeras anuales y permanentes	336,97	750,65
Frutales caseros y de plantación	4,35	135,30
Viñas y parronales	0,0	6,02
Viveros	0,17	0,0
Semilleros	11,43	1,30
Forestales	83,09	492,75
Total superficie cultivada	665	1.038
Total superficie explotaciones comerciales	780,11	1.565,24

Con respecto a la actividad pecuaria (Tabla 7-5) las principales especies de crianza son los ovinos, caprinos y camélidos andinos, sustentando la comuna de San Pedro de Atacama la mayor masa ganadera del área con 14.215 cabezas.

TABLA 7-5. EXISTENCIA DE GANADO EN LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS POR ESPECIE EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (SENSU CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

ESPECIE	SAN PEDRO (Nº de cabezas)	CALAMA (Nº de cabezas)
Bovinos	121	152
Ovinos	5.560	4.539
Porcinos	446	984
Equinos (caballares, mulares, asnales)	906	394
Caprinos	3.981	2.070
Camélidos (alpacas, llamas)	3.200	1.777
Conejos	(2.250)	(4.942)
Otros (jabalíes, ciervos)	1	(12)
Total cabezas (excepto conejos y otros)	14.215	9.916

La ganadería se realiza en suelos que reciben aportes hídricos en forma natural, como es el caso de las vegas, sin embargo, las actividades de cultivo requieren necesariamente de riego. Los humedales, en sus formaciones de vegas y bofedales, han constituido el centro de la economía pastoril altoandina. El ciclo anual de pastoreo contempla una tipología de humedales de acuerdo a estacionalidad y tiempo de uso. El tiempo de uso se refiere al tiempo que el ganado puede permanecer en un lugar considerando la percepción de capacidad de carga que posea el pastor. En general, el pastoreo en humedales suele estar asociado con técnicas de conducción y almacenamiento -canales y represas- del agua, con la finalidad de lograr, tanto la reproducción de las especies vegetales que lo conforman como la ampliación de la superficie. En la actualidad en las localidades rurales se señala la existencia de una merma notable de las fuentes de agua subterráneas conllevando una pérdida de superficies proveedoras de forraje, las que sustentaban antiguamente la ganadería.

Turismo

Además de la explotación minera que se realiza en ambas comunas, existe otra actividad que se ha desarrollado fuertemente en los últimos años. Ésta es el turismo, que se ha constituido en una fuente importante de ingresos a los territorios. Un claro indicador de esto es San Pedro de Atacama al convertirse a partir del 2005 en el destino turístico nacional que presenta uno de los mayores índices de pernoctaciones de extranjeros con 107.974 noches/año (SERNATUR 2005). Este destino turístico de carácter nacional e internacional se sustenta en diversos atractivos naturales y culturales (e.g. paisaje, volcanes, géiseres, termas, flora y fauna, valles y oasis), así mismo en la existencia de diversas construcciones y ruinas de alto valor histórico y turístico, de las cuales algunas han sido declaradas monumentos nacionales, como se muestra en la tabla siguiente.

Adicionalmente, la presencia de áreas protegidas también constituye un atractivo importante. Actualmente, la región posee tres unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), la Reserva Nacional Alto Loa, la Reserva Nacional Los Flamencos y el Parque Nacional Llullaillaco. El Parque Nacional Pan de Azúcar también posee parte de su superficie en la región de Antofagasta. Aún cuando un porcentaje relevante del territorio está protegido, no se alcanzan a cubrir todas las áreas representativas de este vasto complejo ecológico que abarca las tres áreas de este estudio.

La actividad turística ha visto reforzado su desarrollo mediante diversas medidas, tales como programas de difusión para inversionistas, la declaración de un área de la comuna de San Pedro de Atacama y de la comuna de Calama como ZOIT (Zona de interés Turístico Nacional “Área de San Pedro de Atacama - Cuenca Geotérmica del Tatio”, según Resolución Exenta Nº 775 del 1 de agosto de 2002), así como también con la implementación de programas que involucran a la población local.

Así, a nivel de la gestión del desarrollo turístico de la zona, se formuló el Plan de Desarrollo Turístico Alto Loa, con el fin de proyectar un desarrollo de esta actividad de manera sustentable y planificada. En ese contexto el Ministerio de Bienes Nacionales ha otorgado concesiones sobre atractivos turísticos a las comunidades del Alto Loa, para su usufructo y administración. Éstas se han realizado sobre los géiseres del Tatio (a favor de las comunidades atacameñas de Caspana y Toconce); de los pukarás de Lasana, Quitor y Chiu Chiu; la habilitación de la ruta Patrimonial del “Oasis del Desierto de Atacama”. Estas concesiones también existen sobre los baños de Puritana; las lagunas Miscanti y Miñiques asociadas a la Reserva Nacional Los

Flamencos y en cogestión con CONAF (en 2005 lograron un ingreso de $ 40 millones por la llegada de 25 mil turistas); las lagunas altiplánicas de Céjar, de Piedra, Pozo 5 y Tebenquiche, terrenos administrados por la comunidad de Solor, entre otras.

TABLA 7-6. MONUMENTOS NACIONALES Y ZONAS TIPICAS EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA.

Monumento	Decreto Ministerio Educación	Fecha
CONSTRUCCIÓN/ LUGAR		
Iglesia de Caspana	Nº 5058	6-7-51
Iglesia de Chiu-Chiu	Nº 5058	6-7-51
Pukará de Chiu-Chiu	Nº 36	7-1-82
Pueblo de Ayquina	Nº 862	27-8-74
Pukará de Turi	Nº 36	7-1-82
Iglesia de Conchi Viejo	Nº 274	14-5-96
Aldea de Tulor (Monumento Arqueológico)	Ley 17.288	
Callejón de Larache en Sitio de Larache (Monumento Arqueológico)	Ley 17.288	
Tambo de Catarpe (Monumento Arqueológico)	Ley 17.288	
Iglesia de San Pedro de Atacama	5058	06/07/1951
Campanario de Toconao	5058	06/07/1951
Ruinas de la capilla de misiones de Peine Viejo	D.S. 5058	06/07/1951
Pueblo Antiguo de Peine	36	07/01/1982
Pukara de Quitor	36	07/01/1982
Tambo Incaico de Peine	171	21/01/1982
Pueblo de Ayquina y campos de cultivo	Nº 0862	27-8-74
Caserío de Conchi Viejo	Nº 274	14-5-96
Pueblo de San Pedro de Atacama	D.S. 2344	28/03/1980
SANTUARIO DE LA NATURALEZA		
Valle de La Luna y parte de la sierra de Orbate	37	07/01/1982

Aparentemente estas concesiones turísticas se han transformado en una de las principales fuentes de ingresos para las poblaciones locales, especialmente en aquellos sectores donde las prácticas agrícolas y ganaderas se han visto afectadas en su productividad por la disminución de la disponibilidad de aguas (Claudio López comunicación personal).

2.3. Antecedentes socioculturales de las áreas

La movilidad poblacional y social

Las poblaciones andinas se han desarrollado desde hace miles de años en un entorno ecológico que presenta particularidades distintivas en relación al surgimiento de otras sociedades agrarias como las europeas o las asiáticas. Lo que caracteriza el desarrollo agrario en el mundo andino es la gran diversidad de condiciones ecológicas en un territorio de espacios muy reducidos y no contiguos entre sí, de forma tal que las sociedades desplegaron una producción agropecuaria adaptada a las variaciones de la naturaleza. Estas limitaciones del entorno fueron sobrellevadas a partir de una estrategia de complementariedad y de "un máximo control de pisos ecológicos" (Murra 1972). Esto significa utilizar nichos ecológicos espacialmente distanciados entre los cuales se articula una producción complementaria. En consecuencia, es el conjunto de las actividades distribuidas espacialmente en forma de archipiélagos el que permite el desarrollo de sus partes. El control de un territorio con este carácter requirió históricamente de la formación de un tipo de sociedad capaz de administrar mecanismos de cooperación para su manejo (Golte 2001).

Una de las formas de administración del territorio identificada para poblaciones prehispánicas en los Andes Centro Sur es la que Núñez & Dillehay (1979) denominaron como de "movilidad giratoria", la cual consistiría en movimientos articulados por el tráfico de caravanas de llamas, que dibujan formas circulares en el espacio, como imperativo para el control y cooperación entre espacios ecológicamente diferenciados y espacialmente dispersos. A partir de estas prácticas de movilidad ancestrales, se ha argumentado más recientemente que la movilidad atacameña ha permitido la conformación de una "interdigitación multiétnica", como resultado de la vinculación de distintos grupos sociales a través del parentesco y otras instituciones sociales localizadas geográficamente en forma discontinua (Martínez 1998).

La complementariedad territorial de las sociedades surandinas habría estado marcada por un modo de vida móvil que transitó desde los cazadores recolectores a sociedades agropastoriles que practicaron el caravaneo. De esta forma, fue fundamental la formación de "ejes" o asentamientos sedentarios que permitieron la complementariedad de recursos especializados formando una fisonomía social de "señoríos" políticamente autónomos pero imbricados económicamente. Esta forma de complementación sufrió transformaciones como consecuencia de la dominación colonial española así como posteriormente la ejercida por los estados boliviano y chileno. Nuevas disposiciones territoriales en los últimos 20 años han transformado las prácticas de la población atacameña, producto de la implementación tanto de elementos institucionales como de la generación de una geografía económica, de la cual los atacameños no están marginados.

Movilidad atacameña en la actualidad

En los últimos 20 años se ha desarrollado con fuerza un movimiento de la población atacameña hacia las ciudades, en correspondencia a una “nueva geografía económica”, marcada por lo que Imilan (2007) denomina como tres “focos”: minería, turismo y pastoreo-agricultura tradicionales. A la clásica minería industrial de tipo metálica orientada a la extracción de cobre en explotaciones a cielo abierto desarrollada desde principios del siglo pasado, se ha sumado en los últimos años una minería no metálica cuyas explotaciones -extracción de litio, cadmio, etc.- se localizan al interior de los salares (principalmente en el de Atacama pero también en el

de Ascotán). Las empresas que poseen explotaciones en la cuenca del salar de Atacama comprenden la subcontratación de servicios como uno de los principales ejes de gestión. Esto ha significado que los antiguos campamentos mineros administrados por las compañías que dotaban de servicios a los trabajadores han tendido a desaparecer y ser remplazados por los asentamientos tradicionales. De esta forma, el suministro de alojamiento, alimentación y esparcimiento que requieren los trabajadores de la minería, antiguamente provistos por las compañías a través de sus propios campamentos, hoy en día han sido transferidos a localidades como Peine o Toconao. Sin duda, la presencia masiva de trabajadores asalariados es una fuente de cambio social fundamental en las localidades del Salar de Atacama, fenómeno que sólo recientemente ha llamado la atención de los investigadores sobre la dimensión de tal impacto.

Otro foco de transformación reciente de la geografía económica de la zona es la consolidación de una industria turística internacional con asiento en San Pedro de Atacama. Esta industria ha expandido las actividades económicas hacia el sector servicios. En los últimos cinco años la conformación de una Red de Turismo Rural y la incorporación aparentemente exitosa de comunidades atacameñas a la administración de Áreas Protegidas han permitido incrementar significativamente la participación de fuerza de trabajo de origen étnico local en la industria turística.

La tercera actividad que completa la geografía económica son el pastoreo y la agricultura tradicional desarrollada en oasis y quebradas. Fueron justamente estas actividades, junto a la recolección de algarrobo, de carácter tradicional, las que promovieron desde tiempos ancestrales la construcción de redes de circulación tanto de productos como de personas que abarcaron incluso el actual territorio argentino. Esto último es aún hoy observable en la localidad de Talabre, la cual mantiene relaciones con la zona de Catua (Argentina) que posibilita el comercio de camélidos, sosteniendo de esta forma inmemoriales circuitos de circulación en los Andes Centro Sur (Morales 1997). No obstante, hay que precisar que la movilidad sustentada por esta articulación de redes ancestrales resulta en la actualidad ser más bien excepcional, ya que los sistemas de producción industrial y turístico juegan un rol mucho más fuerte que los tradicionales en la movilidad atacameña.

Las prácticas económicas recientes trazan una circulación permanente entre las localidades del Salar, San Pedro de Atacama y Calama. Este circuito de movilidad es producto no tan sólo de la geografía económica ya reseñada sino también por una serie de dispositivos institucionales. Entre ellos destaca la localización del poder estatal (Municipalidad y Gobernación Provincial), la distribución de servicios (principalmente vinculados a la educación y salud) y la construcción de infraestructura vial. Si el rol que juega la minería en la formación de la geografía económica es preponderante, se puede plantear que, en el caso de los dispositivos institucionales, la política indígena llevada a cabo por el estado desde mediados de la década de 1990 es también fundamental en la actualidad. El desarrollo de esta política que ha permitido alinear a otros actores sociales, como son organizaciones de la sociedad civil y la empresa privada, está habilitando nuevos circuitos de movilidad al impulsar obras de infraestructura y desarrollar servicios específicamente orientados a la población atacameña (Imilan 2007).

Los circuitos de movilidad atacameña entre las localidades del Salar y San Pedro de Atacama tienen un carácter muy visible. La capital comunal ha experimentado en años recientes el crecimiento de suburbanizaciones donde se asientan migrantes de las localidades. Si bien estas suburbanizaciones poseen un núcleo de residentes permanentes, también son utilizadas como asentamientos temporales por los miembros de la familia extensa. Si bien cada localidad

establece una forma relativamente diferenciada de relacionarse con San Pedro de Atacama, entre ellas vale la pena destacar el caso de la comunidad de Machuca por su aparente radicalidad, ya que sus miembros residen casi en su totalidad en San Pedro de Atacama.

Desde hace un par de años las reuniones de la comunidad indígena de Machuca se llevan a cabo periódicamente en la sede social construida en la periferia de San Pedro de Atacama. En tales reuniones se deciden proyectos y acciones para ser realizadas en la localidad distante 40 km en dirección noreste. La construcción de una sede comunitaria en San Pedro de Atacama responde al hecho de que para la mayoría de los machuqueños resulta más fácil encontrarse en San Pedro de Atacama que en el propio Machuca, ya que la mayoría de ellos han abandonado las actividades tradicionales de la localidad para asentarse en San Pedro de Atacama atraídos por actividades asalariadas. De esta forma, la comunidad se reconstituye en San Pedro de Atacama movilizada por la posibilidad de restablecer bases de desarrollo colectivo en su localidad original. Así, ambos asentamientos se conectan a través de un movimiento permanente que dispone a la población machuqueña al desarrollo de una práctica de multirresidencia.

En efecto, lo que observamos en este caso se ajusta más a ser denominada como una práctica de movilidad que de migración. Frente a este caso resulta inadecuado insistir en el carácter unidireccional de la migración en el orden campo-pueblo-ciudad, tal como se comprendieron en un primer momento los procesos de migración. La discusión actual denomina como movimiento pendular el tipo de migración que circula por varios puntos de un itinerario a partir de un movimiento de "ir y venir".

En un intento de generalización y resguardando de las diferencias entre cada comunidad-localidad atacameña, la práctica de un movimiento de tipo pendular es la fisonomía preponderante del movimiento de la sociedad atacameña, entendido como un tipo de movilidad exigida para el control territorial actual. Una nueva geografía económica dispondría las actividades de turismo, minería y servicios institucionales en nuevos "pisos ecológicos", cuya administración actual o participación en ellos es posible por el establecimiento de múltiples residencias conectadas por un movimiento pendular (Imilan 2007).

2.4. Uso ancestral de recursos naturales

Las comunidades altoandinas han heredado un modo ancestral de comprender su ambiente, lo que le permite integrar múltiples facetas de su realidad y experienciar la naturaleza como cultura (Castro 2002).

Conocimiento vernáculo del paisaje

Los estratos vegetacionales son reconocidos por los habitantes locales con nombres que aluden a la fisionomía y utilización de este paisaje (Tabla 7-7). El piso más alto, que corresponde a la cima de los cerros y volcanes, casi sin vegetación, recibe el nombre de *panizo*, por su condición de criar minerales. Los estratos inmediatamente inferiores son llamados *pajonal*, aludiendo a las duras gramíneas o pajas bravas que dominan la cobertura del paisaje. Más abajo está el *tolar*, nombre vernáculo colectivo que designa a variadas especies arbustivas que dominan este estrato junto a las cactáceas. El límite inferior de la vegetación, cuando el tolar es más ralo y menos variado y el paisaje se torna en una llanura, se denomina *pampa*,

palabra quechua que alude a una extensa llanura (Aldunate et al.1981). Cuando los habitantes locales se refieren a la forma en que utilizan este paisaje, usan la nomenclatura de cerro, campo y chacra, que a veces comprenden varios pisos vegetacionales. El *cerro* comprende el *panizo* y el *pajonal* y está asociado a elementos sagrados, religiosos y al forrajeo de camélidos. El *campo* comprende el *tolar* y la *pampa*, formados por arbustos que son la base de la alimentación de los camélidos, ovinos y caprinos. Asociadas a los poblados hay otras unidades económicas de fundamental importancia: las *chacras*, terrazas artificiales con sistemas de irrigación, donde se cultiva maíz, alfalfa, habas, quínoa y tubérculos (Aldunate et al.1981).

Según Castro et al. (2004) los lugareños en Ayquina y Toconce, poseen un alto conocimiento de la vegetación, reconociendo al 89% del total de 134 especies de la flora nativa registradas en el área. Los usos que mayoritariamente dan a las plantas son forrajero (61,9%), medicinales (27,6%), para alimentación (14,9%), como combustible (11,2%) y de usos rituales (3%). Gran parte de las plantas forrajeras pertenecen al piso *tolar*, destinado al pastoreo, que tiene la mayor variedad de especies vegetales. Las medicinales están representadas en todos los pisos, pero especialmente forman la base de la vegetación del *cerro*. A medida que se asciende en altura crece el valor medicinal de las plantas. Así, de las nueve especies que crecen en el *panizo*, hay seis a las que se atribuye el más alto poder curativo. Con las plantas utilizadas para los rituales y ceremonias ocurre otro tanto. Aquellas especies usadas como alimentos o combustibles, se distribuyen más o menos armónicamente entre todos los pisos (Aldunate et al. 1981).

TABLA 7-7. ZONAS FISIONÓMICAS Y DISTINCIONES NATIVAS EN AYQUINA Y TOCONCE (SENSU CASTRO 2002).

PERCEPCIÓN LOCAL	PISOS FISIONÓMICOS
Etnounidades del paisaje	Etnounidades ecológicas
Utilización. A. Chacra (unidad hecha por el hombre) B. Campo 1. Pampa 2a. Tolar 2b. Médano C. Cerro 3. Pajonal 4 a. Hoyada 4 b. Panizo	 B. 1. Pre Puna 2. Puna C. 3. Piso Alto andino 4. Piso Subnival

Esta forma de comprensión vernácula del paisaje contribuye a la construcción de un paisaje social en donde la naturaleza se transforma en cultura. Sobre este ambiente, se escogen los espacios para la ocupación humana y la instalación de los asentamientos (Castro et al. 2004).

Uso de la flora nativa

Según Castro (2002) los pobladores de Toconce asignan usos al 89% de un total de 134 especies silvestres nativas del área, distinguiendo ocho principales categorías de utilización de éstas. El uso de las plantas de acuerdo a las unidades ecológicas a las que pertenecen, muestra la profunda vinculación que existe en el modo de explotación de los recursos naturales por los habitantes originarios. La mayoría de las especies que sirven de forraje se presentan en el tolar, mantención de llamas (*Lama glama*), especialmente en años lluviosos. Sin embargo, durante la mayor parte del año las llamas consumen preferentemente las plantas del pajonal y particularmente los pastos de las vegas (Villagrán & Castro 1999). El número de plantas forrajeras disminuye con la altitud, y aumenta la proporción de plantas medicinales en los pisos altitudinales más altos. Entre las plantas medicinales, una de las más apreciadas es la *Lampaya medicinalis* (lampaya). Alrededor del 75% de las plantas silvestres usadas como alimento se encuentran en el tolar y en el médano. La pasakana, fruto de *Trichocereus atacamensis* y otras cactáceas, es consumida por los pastores. Las sichas, un fruto dulce que proviene del engrosamiento radical de la planta subterránea *Ambrophyton subterraneum* que vive asociada a las raíces de varios arbustos del tolar e.g. *Adesmia spinosissima, Baccharis incalum, Fabiana densa*, entre otras (Aldunate et al 1981) son también populares. Éstas se recolectan después de las lluvias para consumirlas frescas. Parte de la sicha se almacena seca, para confeccionar harina que se ofrece en ceremonias tradicionales, como un signo de gratitud hacia la tierra, el agua, las montañas sagradas y los ancestros. Las plantas son también una fuente de combustible muy significativa. Aunque varias especies leñosas se incluyen dentro de esta categoría, la llareta (*Azorella compacta*) es la más valorizada de todas.

Varias especies poseen un rol ceremonial. La planta ritual más importante en las comunidades del área de estudio y para gran parte de los indígenas de las tierras altas del norte de Chile, Bolivia y el noroeste argentino es la koa (*Fabiana bryoides*), la que se quema como incienso durante las ceremonias del calendario tradicional anual. Particularmente significativa en relación con los ritos de la muerte es la planta alma tola (*Fabiana denudata*) (Castro 1997).

En usos artesanales y de construcción es utilizada la madera del cactus columnar gigante o cardón (*Trichocereus atacamensis)*, espinas de cactus para el tejido "a palillo" de calcetas, guantes, gorros y bolsas de lana. Para la construcción la mayoría de las viviendas se utiliza la paja brava (*Festuca crysophilla*) para techar y las ventanas, puertas y estructuras de soporte de las viviendas están hechas de la madera de cardón.

Captura de fauna silvestre

La captura de fauna silvestre se señala en la actualidad como una práctica en desuso. Ésta se centraba en la captura de 12 especies. Sin embargo al menos nueve (75%) de ellas presentan actualmente problemas de conservación. Dentro de ellas destacaba la captura de avifauna acuática y particularmente las tres especies de flamencos, las cuales se reproducen en los salares de los Andes de Antofagasta y posteriormente migran a sitios más benignos de los Andes de Perú y Argentina durante el otoño. Respecto de las causas que motivan la disminución de las poblaciones de flamenco, las comunidades lo asocian a las actividades mineras que se desarrollan en el Salar de Atacama, lo que implica ruido, caminos y tránsito de vehículos cercanos a sitios de reproducción y alimentación, mayor presencia del hombre y actividades vinculadas al turismo. La comunidad de Peine indica que las poblaciones de

flamencos fueron mucho más abundantes en la década de los años 1960 y 1970. Así en el período de primavera se escuchaban, durante la noche, a cientos de flamencos que provenían de la cordillera, los cuales se establecían y anidaban en las lagunas ubicadas frente a esta localidad. En cuanto a los productos obtenidos de la fauna silvestre de las localidades de San Pedro de Atacama (Toconao, Camar, Talabre, Socaire, Peine y San Pedro de Atacama), se extraían principalmente en primavera y verano: fibra, piel y carne de vicuña (*Vicugna vicugna*); piel y carne de guanaco (*Lama guanicoe*) y chinchilla (*Chinchilla brevicaudata*); plumas y carne de suri o ñandú (*Pterocnemia pennata*); pieles de zorro culpeo (*Pseudalopex cupaeus*) y gato montés (*Leopardus colocolo*); carne de vizcacha (*Lagidium viscacia*) y chululo o tuco-tuco del Tamarugal (*Ctenomys fulvus*), varias especies de patos, perdiz de la Puna (*Tinamtis pentlandii*) y plumas de cóndor (*Vultur gryphus*) y flamencos (*Phoenicopterus* spp.).

Las comunidades reconocen que además se cosechaban huevos de al menos siete especies de avifauna, los cuales eran destinados en su mayor parte al autoconsumo, excepto los huevos de flamencos que eran comercializados eventualmente en la misma localidad, San Pedro de Atacama y Calama. Por otro lado el Salar de Atacama (lagunas Barros Negros, Salada, Saladita e Interna) y Tara, surgen como los humedales utilizados en la colecta de huevos de flamencos (*Phoenicopterus* spp.)., en tanto que de las lagunas de Miscanti y Miñique, se recogen huevos de tagua (*Fulica* spp.) y, en menor escala, de patos, ñandú (*Pterocnemia pennata*) y gaviota andina (*Larus serranus*). Los residentes locales señalan que la práctica de cosecha de huevos de avifauna silvestre, no se efectúa en el presente, debido a la escasa magnitud del recurso y a la prohibición legal que existe sobre esta actividad. Sin embargo, esta práctica tuvo alguna importancia en las comunidades atacameñas, al menos hasta mediados de la década del ‘80, período en que se inician los proyectos de creación de áreas silvestres protegidas y de conservación de fauna silvestre.

2.5. Otras presiones sobre los ecosistemas de las áreas de estudio

Turismo

El turismo es una actividad que mantuvo un nivel de desarrollo más bien reducido y casi sin grandes variaciones hasta la década de 1970, período en el cual se advierte un rápido y sostenido crecimiento de la actividad, situación que se mantiene en el presente, gracias a los atractivos turísticos diversos, tanto naturales, arqueológicos y culturales en el área. Estas potencialidades para el desarrollo del turismo, han sido aprovechadas por agencias privadas, que actualmente realizan circuitos turísticos desde la ciudad de Calama y el poblado de San Pedro de Atacama, hacia las zonas de atractivos culturales y naturales más representativos de la zona. En general, se trata de circuitos realizados en vehículos menores y medianos con capacidad para seis a doce personas (minibuses y camionetas), que generalmente no cuentan con guía especializado. El turismo de naturaleza es ofertado en San Pedro de Atacama por 14 operadores turísticos, mientras que el poblado dispone de unos 330 alojamientos entre hoteles, residenciales y camping, y de 12 restaurantes.

En la actualidad, los humedales más visitados por los turistas son: Salar de Atacama (laguna Burro Muerto), lagunas de Miscanti y Minique, y salar de Tara. Otros humedales visitados son salar de Aguas Calientes II y las vegas de Jauna, Putama, del Tatio y Tambillo y los géiseres del Tatio.

Cabe señalar que en general, las comunidades locales perciben como muy marginal los beneficios que deja la actividad turística en el sector, por cuanto virtualmente éstas no participan en el ofrecimiento de servicios como alojamiento, comida y transporte, limitándose en el mejor de los casos a la venta de artesanía y fruta.

La actividad turística no controlada provoca los siguientes efectos negativos: perturbación de la fauna y dispersión de basura, entre otros. El estudio "Capacidad de carga turística en San Pedro de Atacama" efectuado en 2006 por EuroChile abarcando el Área de Desarrollo Indígena Atacama La Grande y las comunidades de Caspana, Lasana, Chiu Chiu, Toconce, Ayquina y Turi al sur del Área de Desarrollo Indígena Alto del Loa, identificó 64 sitios de visita (de los cuales el 39% corresponde a asentamientos humanos, el 20% a sitios de visita culturales y el 41% a sitios de visita naturales). En este mismo estudio se estableció que sólo el 10% posee las condiciones de gestión, administración e infraestructura óptimas para soportar la carga turística que hoy llega al destino. Así, del total de sitios de visita existe un 34% cuya capacidad de carga es cero, considerándose que debieran excluirse de la visitación turística regular, dado que no cuentan con las condiciones de gestión y administración adecuadas a su uso. Dentro de ellos se encuentran el río Puritama, el valle de la Muerte, la laguna Lejía, los testigos de la Pacana, y el salar de Tara, los que sin embargo, están recibiendo visitación turística, con lo cual perjudicaría la calidad y estado de sus recursos en un corto plazo. Sólo un 53% de los sitios de visita presentan condiciones aceptables pero con restricciones, lo que implica, la necesaria implementación de medidas correctivas en su funcionamiento, diseño de planes de manejo y planes de sitio, etc. (EuroChile 2006).

Presión por uso del recurso hídrico

Los recursos hídricos disponibles en la región de Antofagasta, son escasos y varían en magnitud y distribución tanto espacial como temporalmente, en tanto que la cantidad total y distribución de las precipitaciones es extremadamente variable, lo que crea condiciones de vulnerabilidad y de fragilidad en el medio natural. Por otro lado en los últimos años se han agregado a las fluctuaciones climáticas naturales normales, la amenaza del cambio climático cuyo efecto es todavía incierto sobre la zona en estudio pero que podría tener profunda influencia tanto sobre la cantidad de recursos hídricos, las precipitaciones y la aridez de la zona, con consecuencias impredecibles para la vida natural y las personas.

En la zona de estudio el régimen de precipitaciones sufrirá modificaciones aún inciertas. Según los modelos disponibles existe una mayor probabilidad de que el calentamiento global intensifique la aridez en lugar de atenuarla, por lo que extensos sectores de la zona árida, que es donde se localiza este estudio, podrían ver significativamente reducido el escurrimiento superficial y la recarga de las napas freáticas con las consecuente reducción de las disponibilidades de agua para los sistemas naturales y necesidades de las comunidades locales.

En el contexto indicado, es evidente que uno de los factores de amenaza que causa mayor impacto sobre los humedales es la utilización de los recursos hidrológicos superficiales y/o subterráneos con fines urbanos domésticos e industriales, situación que en la última década se ha incrementado notablemente. Lo expuesto es extremadamente crítico pues parte de los recursos que se están explotando o solicitando utilizar constituyen aguas fósiles. Específicamente en el salar de Tara, la mayor demanda de recursos hídricos la impone la

Empresa de Servicios Sanitarios de Antofagasta (ESSAN), quien se adjudicó los derechos de aprovechamiento de las aguas del río Zapaleri, pero que aún no los ejerce.

La explotación energética geotérmica en los geisers del Tatio

El interés de explotar la energía geotérmica es antiguo. En 1922 se constituyó la "Comunidad Minera del Tatio", que después se transformó en la "Sociedad Minera Explotadora del Tatio", la cual durante 1923 financió diversas exploraciones, practicando tres perforaciones en el terreno del sector para identificar sus cualidades energéticas.

Más adelante, en el año 1952, la Universidad Técnica Federico Santa María, encargó un estudio de las características de la energía geotérmica al ingeniero Angelo Filipponi. En 1956, la Universidad de Chile amplió los antecedentes de Filipponi y bajo esos estudios se efectuaron tres nuevas exploraciones en la región del Tatio los que continuaron hasta comienzos de la década del sesenta. En 1962 se constituyó la "Sociedad Geotérmica del Tatio S.A." que no sólo se concentró en la exploración de la energía geotérmica, sino también de las sustancias minerales existente en el sector. Durante el año 2005 la "Sociedad Geotérmica del Tatio S.A." recibió una oferta de compra de la concesión por parte de una nueva empresa del rubro: "Geotérmica del Norte S.A.", constituida con aportes de CODELCO y la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), quienes desde un tiempo a esta parte se encuentran desarrollando los trámites exigidos por la legislación para comenzar nuevas prospecciones y explotaciones en la zona del Tatio, Apacheta y cerro La Torta.

De esta forma, se ha iniciado una fuerte disputa entre las comunidades indígenas de la zona, los actores turísticos y estas empresas mineras, que ha dado origen a un nuevo movimiento reivindicatorio atacameño cuyos planteamientos han sido dados a conocer a través de diversos medios de comunicación nacional, sin que hasta la fecha se hayan logrado resultados favorables.

3. USO ACTUAL DE LOS TRES SITIOS

Con el propósito de establecer las amenazas actuales y potenciales a la conservación de la biodiversidad de los sitios prioritarios objeto de este estudio, se efectuó un estudio de los usos actuales que se realizan en las áreas y un análisis de los eventuales impactos que éstos generan. Como se mencionó anteriormente, este procedimiento no constituye un análisis exhaustivo de la realidad actual sino más bien un ejercicio de aplicación limitada, tendiente a complementar la información de línea de base ambiental, a partir del cual se puedan plantear los escenarios, actuales y potenciales en función de las presiones identificadas que estén afectando al sitio prioritario de conservación.

3.1. Metodología

Descripción de las técnicas utilizadas

Para el levantamiento de información respecto de los usos e impactos se utilizaron los siguientes elementos metodológicos: (a) revisión bibliográfica, (b) reconocimiento y observación en terreno, y (c) encuesta a la población aledaña y entrevistas a informantes claves. Este

procedimiento aporta los antecedentes de usos y amenazas actuales y potenciales a la conservación de las áreas de estudio.

Análisis bibliográfico

Se recurrió a información secundaria, desde la cual se proporciona la información de uso de suelo a nivel de comuna. El análisis de fuentes secundarias incluyó informes de consultorías, documentos proporcionados por servicios públicos y publicaciones científicas, entre otras existentes en relación al territorio.

Reconocimiento y observación en terreno

En terreno se individualizaron unidades territoriales en las que pudieran identificarse diferentes destinos de uso en los sitios mencionados. El reconocimiento en terreno se efectuó en forma paralela y complementaria al levantamiento de la línea de base de biodiversidad, mediante la visita a los lugares de muestreo y el registro de los siguientes aspectos: cubierta vegetal presente en el área, usos productivos, presencia de construcciones y otros elementos que releven ocupación y usos del suelo. Los caminos inmediatos al área de estudio fueron recorridos con el propósito de localizar viviendas y familias de lugareños que pudieran estar ejerciendo presiones de uso sobre las áreas de estudio. Paralelamente se realizaron observaciones sistemáticas del entorno con el propósito de percibir otros aspectos de interés a evaluar. También se aprovecharon eventos locales que congregaron a representantes de diversas organizaciones indígenas provenientes de las comunidades de Alto el Loa y del Salar Atacama. En el Segundo Congreso Atacameño, organizado por el Consejo de Pueblos Atacameños y por la Comunidad Lickan Antay de Toconao (12 y 13 de enero de 2008), se pudo obtener una visión complementaria a las prospecciones de terreno, posibilitando un contacto ampliado hacia diversos grupos humanos que poseen protagonismo en las actividades habituales que hace la población de los sitos de interés.

Actores identificados e instrumentos utilizados

Los antecedentes se recabaron mediante una entrevista cerrada, dirigida a habitantes del área (actores aledaños o insertos en el sitio) y una entrevista abierta dirigida a personas externas que pueden intervenir directa o indirectamente y actual o potencialmente en el territorio (a los que llamamos informantes clave). Así, la prospección consideró la aplicación de instrumentos a dos tipos de actores; (a) los usuarios directos de las áreas de estudio, y (b) informantes clave, conformados por representantes de organizaciones, funcionarios de servicios públicos y privados. Todos ellos fueron contactados personalmente por el equipo de trabajo a través de visitas y también se les explicó el marco del estudio y el propósito específico de la entrevista. La información recabada por las entrevistas fue sometida a análisis de tipo cualitativo y cuantitativo según procedía.

Encuesta a población aledaña y entrevistas a informantes claves

Los antecedentes se recabaron mediante una entrevista cerrada, dirigida a habitantes del área que en este caso correspondió a actores aledaños a los sitios y una entrevista abierta dirigida a

los informantes clave. Así, la prospección consideró la aplicación de instrumentos a dos tipos de actores; (a) los usuarios directos del área, y (b) representantes de organizaciones indígenas, privados que se relacionan con el área y representantes de servicios públicos.

En el primer caso la encuesta se centró en determinar la actividad productiva del entrevistado, la identificación de sitios con algún valor especial, la identificación de cambios ambientales en el último tiempo y las causas de los cambios ambientales negativos. En el segundo caso la entrevista tipo “sondeo de opinión” pretendió conocer los planteamientos de los diferentes actores ante la conservación del área, aportando con aspectos como la determinación de las actividades de mayor impacto, las amenazas presentes y potenciales, la necesidad de estudios y programas a desarrollar, la definición de áreas de restauración o de protección, entre otros aspectos.

En el caso de los residentes aledaños a los sitios de estudio, éstos constituyeron la escasísima población que reside en las áreas de estudio. La encuesta aplicada se estructuró en base a preguntas mayoritariamente semi-estructuradas en torno a cuatro grandes ítems. El primero recoge datos personales del entrevistado, el segundo permite una caracterización económica (actividades productivas, propiedad de terreno, venta de productos y uso de recursos naturales). El tercer ítem recoge la percepción de sitios con algún valor asignado y su destino de uso. La última parte se relaciona con la percepción de cambios ambientales detectados y la causa de éste (véase instrumento en Anexos). Se debe destacar que el propósito de esta encuesta no fue un levantamiento exhaustivo de antecedentes sino más bien posibilitar un contacto más sistemático con lugareños que aporten información de interés y complementaria al trabajo de terreno. Algunas de las dimensiones evaluadas en dicha entrevista se resumen en la siguiente tabla.

TABLA 7-8. DIMENSIONES EVALUADAS EN LA ENCUESTA REALIZADA A RESIDENTES ALEDAÑOS A LAS ÁREAS DE ESTUDIO. 2008.

DIMENSIONES	ALGUNAS VARIABLES
Antecedentes personales	Sexo Edad Escolaridad
Antecedentes socioeconómico-culturales	Actividad u ocupación Actividad productiva Superficie y titularidad de la propiedad Uso de recursos naturales Ingreso mensual Productos que se comercializan Cantidad y estado de la tierra
Redes sociales	Organizaciones sociales adhesión Acceso a servicios

Percepción	Sitios de valor especial Cambios ambientales y otro tipo Motivo de los cambios

En relación con la entrevista a informantes clave, ésta estuvo constituida por actores externos al área que intervienen directa o indirectamente y actual o potencialmente en ella (asociados a la conservación de los sitios, a su explotación turística u otras actividades) e incluyó tres tipos de actores: dirigentes sociales, guías o administradores de empresas turísticas y guardadores (personal de CONAF y carabineros). La encuesta contuvo una identificación del entrevistado y preguntas que abordaron diferentes temáticas desde la función institucional que cumple el actor y su relación con temas de conservación y planificación del área. El sondeo incluyó preguntas mayoritariamente abiertas, la identificación de los principales problemas ambientales en la comuna y en los sitios de estudio, grado de conocimiento de los mismos y sus límites, importancia que atribuye la población al área, impactos sobre ésta y su conservación, actividades productivas asociadas, necesidad de protección y mecanismos de conservación, entre otras (véase instrumento en Anexos).

Para efectos del capítulo de uso de suelo y amenazas, se incluye aquí el análisis de las preguntas vinculadas a éste.

3.2. Resultados y discusión

Actores entrevistados

Población aledaña al área

El número de entrevistados fueron dos en el sector Guatín (asociado a alrededores volcán Licancabur), dos en el sector Talabre (asociado a la Laguna Lejía) y uno en el sector de Caspana (asociado al sitio géiseres del Tatio).

El reducido número de encuestas aplicadas refleja la situación de despoblamiento de las áreas rurales no asociadas a poblados. Como se mencionó, el propósito fue complementar los resultados de las prospecciones visuales del equipo de trabajo, para ello se identificó a las personas que evidenciaran alguna relación de uso con superficies de terreno. En los sectores Guatín, Talabre y Caspana se entrevistó a los únicos residentes más cercanos a las áreas de estudio. Corresponden en su mayoría (tres de los cinco entrevistados) a familias de adultos mayores de uno o dos miembros, como es el caso de las entrevistadas de Guatín y Caspana. Los otros dos entrevistados corresponden a dos familias de seis integrantes cada una. Todos ellos declaran pertenecer a la etnia atacameña y desarrollan actividades agrícolas (alfalfa y maíz) y ganaderas (llamos o cabras), productos de las cuales obtienen ingresos económicos, aun cuando un aporte importante proviene de pensiones asistenciales.

Informantes clave

Se contactaron 13 informantes clave, vinculados con instituciones públicas y privadas, así como de organizaciones indígenas. Los primeros seis encuestados se contactaron durante el

Segundo Congreso Atacameño. Los representantes de organizaciones indígenas se entrevistaron en sus lugares de trabajo, ya sea por estar vinculados a concesiones para la administración de sitios de interés turístico (Reserva Nacional Los Flamencos, géiseres del Tatio). Los carabineros del retén Tocorpuri constituyen un grupo humano residente en el área del Tatio. En la Tabla 7-9 se muestra su identificación, perfil profesional, adscripción institucional y lugar de residencia.

Así, a nivel de la gestión del desarrollo turístico de la zona, se formuló el Plan de Desarrollo Turístico Alto Loa, con el fin de proyectar un desarrollo de esta actividad de manera sustentable y planificada. En ese contexto el Ministerio de Bienes Nacionales ha otorgado concesiones sobre atractivos turísticos a las comunidades del Alto Loa, para su usufructo y administración. Éstas se han realizado sobre los géiseres del Tatio (a favor de las comunidades atacameñas de Caspana y Toconce); de los pukarás de Lasana, Quitor y Chiu Chiu; la habilitación de la ruta Patrimonial del "Oasis del Desierto de Atacama". Estas concesiones también existen sobre los baños de Puritana; las lagunas Miscanti y Miñiques asociadas a la Reserva Nacional Los Flamencos y en cogestión con CONAF (en 2005 lograron un ingreso de $ 40 millones por la llegada de 25 mil turistas); las lagunas altiplánicas de Céjar, de Piedra, Pozo 5 y Tebenquiche, terrenos administrados por la comunidad de Solor, entre otras.

Aparentemente estas concesiones turísticas se han transformado en una de las principales fuentes de ingresos para las poblaciones locales, especialmente en aquellos sectores donde las prácticas agrícolas y ganaderas se han visto afectadas en su productividad por la disminución de la disponibilidad de aguas (Claudio López comunicación personal).

TABLA 7-9. IDENTIFICACION DE INFORMANTES CLAVE ENTREVISTADOS. 2008.

NOMBRE	PERFIL ENTREVISTADO	RESIDENCIA
Víctor Magna	Empresario y guía turístico	San Pedro
Antonio Cruz	no menciona su actividad ni profesión	San Pedro
Gonzalo Martínez	Administrador de Termas de Puritana	Puritama
Rodrigo Araya Ayabire	Técnico Mecánico. Guardaparque de CONAF	San Pedro
Oscar Díaz	Guía turístico, expediciones	San Pedro
Carmen Chocobar	Técnico en turismo. Red de Turismo Rural Lican. Red de Turismo Indígena Lican Huasi	San Pedro
Marisol Gonzalez	Dueña de casa y secretaria de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao.	Toconao
María Mondaca	Coordinadora avanzada de la Reserva Nacional Los Flamencos, 2007-2008 y miembro de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao.	Toconao
Ernesto Cerda	Ingeniero en prevención de riesgos y medioambiente. Ex guardaparque de CONAF. Director y Encargado de la Comisión de Medioambiente de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao.	Toconao
Juan Mancilla Rodríguez	Ingeniero Ambiental, Master en Auditoria Ambiental. Asesor CONADI Proyecto Tatio.	Calama
Claudio Andrés López	Administrador de empresas.	Calama

Cereceda	Administrador Concesión géiseres del Tatio de Comunidades Indígenas de Caspana y Toconce.	
Wilfredo Hernández Godoy	Carabinero Jefe del Retén Tocorpuri	Tocorpuri (El Tatio)
Meter Jaime Sagua	Carabinero del Retén Tocorpuri	Tocorpuri (El Tatio)

Uso de Suelo

De acuerdo a la recopilación de antecedentes bibliográficos y las prospecciones realizadas en terreno se ha podido constatar el bajísimo grado de uso productivo del suelo, el cual se restringe al uso agrícola de algunos pequeños predios y el pastoreo de rebaños de camélidos y cabras. La información obtenida de las encuestas a la población aledaña a las áreas de estudio reafirma este hecho. Como se aprecia en la tabla siguiente, la población entrevistada señala poseer entre una y cinco hectáreas de terreno. Los usos agrícolas consisten en la producción de alfalfa, señalada por dos de los entrevistados y maíz (uno de los entrevistados), ambos en el sector de Guatín, aledaño al sitio Alrededores del Volcán Licancabur. El uso productivo más relevante es el ganadero, ya que todos los entrevistados señalaron poseer ganado caprino o llamos. El forrajeo de estos animales se realiza en los propios predios y en las áreas adyacentes. La entrevistada de Caspana señaló específicamente utilizar las vegas del Tatio para estos fines. Otro uso que se hace de los recursos naturales locales es material para hacer leña y carbón, para el abastecimiento doméstico (e.g. tolas en camino a Guatín y azufrera Sasié).

TABLA 7-10. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y USO DE RECURSOS NATURALES EN SECTORES ALEDAÑOS A LOS SITIOS GEISERS DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Sector	Actividad productiva	Superficie propiedad agrícola	Tipo de ganado y cantidad	Uso de recursos naturales	Productos que comercializa	Concepto mayores ingresos
Guatín (alrededores volcán Licancabur)	Agrícola ganadera	1,5 ha	Ovino (5) Caprino (80) Burro (2)	Forraje Leña/ carbón	Alfalfa Chivos	Ventas de productos, Pensión asistencial
	Agrícola ganadera	1 ha	Caprino (50)	Leña/ carbón Forraje	Alfalfa, maíz Chivos	Ventas de quesos, chivos, Pensión asistencial
Talabre (Laguna Lejía)	Agrícola ganadera	0-1 ha	Llamas (30)	Leña/ carbón Forraje	Llamas	Ventas de productos, Salario
	Agrícola ganadera	0-1 ha	Llamas (40)	Forraje Leña/ carbón	Llamas	Pensión asistencial
Caspana (Tatio)	Agrícola ganadera	1-5 ha	Llamas (más de 100)	Forraje	Llamas	Pensión asistencial

Con respecto a los antecedentes que entregan los informantes clave, como se aprecia en la siguiente tabla, éstos consignan como usos actuales que efectúa la población aledaña en los sitios de estudio los siguientes: 1) ganadería, 2) agrícola de pequeña escala, 3) turismo, 4) obtención de leña y madera de cactus, y 5) ceremonial. Uno de los entrevistados señala además la extracción de agua y las faenas mineras, acciones que no son atribuibles a la población local, sino a empresas.

Del análisis de estas respuestas se recoge que los usos son principalmente ganaderos y en una menor escala agrícolas. Es relevante la percepción del turismo como actividad productiva realizada en los sitios, lo que fue señalado por cinco de los entrevistados. Este hecho destaca dado que varios de los más relevantes atractivos turísticos que se localizan, ya sea dentro de los sitios (Geisers del Tatio) como en sus inmediaciones (Reserva Nacional Los Flamencos), son gestionados por las comunidades locales.

TABLA 7-11. USOS IDENTIFICADOS POR INFORMANTES CLAVE EN LOS SITIOS GÉISERES DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Perfil entrevistado	Usos detectados de la población aledaña a los sitios
Víctor Magna	Ganadería, “pero muy lejano”
Antonio Cruz	Turismo
Gonzalo Martínez	Obtención de leña, madera de cactus Antiguamente caza de vicuñas
Rodrigo Araya Ayabire	Ganadera. Turística Ceremonial (asociada a volcanes y cerros)
Oscar Díaz	Ganadería (llamas) Pequeños cultivos (alfalfa).
Carmen Chocobar	Ganadería, agricultura.
Marisol González	Ganadería
María Mondaca	Ganadería: bajo impacto por bajo número de animales.
Ernesto Cerda Candia	Extracción de agua, depósito de relaves; prospección minera (caminos, tránsito de vehículos, otros).
Juan Mancilla Rodríguez	Agrícola
Claudio A. López Cereceda	Turismo
Wilfredo Hernández Godoy	Turismo
Meter Jaime Sagua	Turismo

Percepción actual de amenazas sobre los tres sitios

Amenazas declaradas por encuestados e informantes

Las amenazas detectadas por la encuesta a la población aledaña y entrevistas a informantes clave son las que se listan a continuación: (a) disposición inadecuada de basuras, (b) tránsito de turistas y visitantes, c) accesos y tráfico vehiculares, (d) caza ilegal, (e) obtención de madera, (f) obtención de leña y (g) obtención de agua (Tabla 7-12 a 7-14). Se debe notar que el impacto que cada una de estas actividades tiene en el área no ha sido evaluado y es distintamente valorado por los entrevistados. La mayoría de ellas se ha realizado de manera histórica y sin ningún tipo de control.

TABLA 7-12. INFORMACIÓN RELATIVA A CONEXIÓN ENTRE USOS Y AMENAZAS DE LOS SITIOS GEISERS DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008. (LAS PREGUNTAS PUEDEN VERSE EN EL ANEXO 7-1. (*) ESTE ENTREVISTADO NO SE REFIRIÓ A LAS ÁREAS DE ESTE ESTUDIO, SINO APARENTEMENTE AL OASIS DE CALAMA, POR LO TANTO SU RESPUESTA NO ES CONSIDERADA EN ESTE ANÁLISIS.

Perfil entrevistado	Usos detectados de la población aledaña a los sitios (pregunta 13)	Efectos negativos de los usos de la población en los sitios (pregunta 14)	Identificación del origen/ responsable del efecto negativo
Víctor Magna	Ganadería	No. Muy pequeña escala (subsistencia)	Población local
Antonio Cruz	Turismo	El turismo no controlado puede afectar gravemente estos paisajes, con senderos y residuos.	Población flotante (Turistas)
Gonzalo Martínez	Obtención de leña, madera de cactus Antiguamente caza de vicuñas.	No. “Porque el indígena sabe en que época, cómo y cuánto obtener de la tierra”.	No ve efecto negativo
Rodrigo Araya	Ganadera. Turística. Ceremonial (asociada a volcanes y cerros).	No detecta efectos negativos. Aunque respecto a la “ganadería, se puede sanitizar y hacer manejo”.	Asociado a población local.
Oscar Díaz	Ganadería (llamas) Pequeños cultivos (alfalfa).	No.	No ve efecto negativo.
Carmen Chocobar	Ganadería, agricultura.	No. “Porque tienen sus propios potreros y mantienen ahí a sus animales”.	No ve efecto negativo.
Marisol González	Ganadería	No. “No más pastoreo cerca de Talabre”	No corresponde.
María Mondaca	Ganadería: bajo impacto por bajo número de animales.	No. Por bajo número de animales.	
Ernesto Cerda	Extracción de agua, depósito de relaves; prospección minera (caminos, tránsito de	Sí, por el uso no controlado de agua, los relaves en superficie, el material es trasladado por el viento y es nocivo.	Mineras.

	vehículos, otros).		
Juan Mancilla (*)	Agrícola	"El oasis ha ido perdiendo paulatinamente la vegetatividad por escasez de agua, construcción de viviendas y lugar de microvertedero clandestino".	Distintos actores: población en general, externa al área.
Claudio López	Turismo	"Porque los estudios de capacidad de carga y la explotación energética afectan al ecosistema en algún grado, e impacto visual y sonoro".	Vinculados a empresas (proyectos de geotermia en Tatio).
Wilfredo Hernández G.	Turismo	No percibe efectos negativos.	
Meter Jaime Sagua	Turismo	No percibe efectos negativos.	

En cuanto a los usos que se dan a los sitios, del total de 13 informantes clave, seis mencionan la ganadería (especificando uno de ellos que se refiere a llamas; y señalando otro que ésta se ejerce lejos de los sitios priorizados y un tercero que ésta sería de bajo impacto); cinco señalan el turismo como uso relevante; dos señalan la agricultura (pequeña escala); uno menciona la práctica de recolección de leña y madera de cactus, uno señala actividad relacionada al ámbito ceremonial (en el marco de la ritualidad andina asociada a volcanes y montañas). Es importante destacar también que se señala la caza de vicuñas, pero como actividad del pasado. Dos informantes enfatizan la importancia de la actividad minera, cuya utilización indiscriminada del agua y depósito de relaves resultan especialmente nocivos para el sector, aunque sin asociarlos a un sitio en particular. Igualmente se señala como efecto negativo la potencial explotación energética del Tatio.

TABLA 7-13. AMENAZAS ESPECÍFICAS SOBRE LA BIODIVERSIDAD DE LOS SITIOS GEISERS DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. (PREGUNTAS 37 A 40). ENERO 2008. (*) ESTE ENTREVISTADO NO SE REFIRIÓ, A LAS ÁREAS DE ESTE ESTUDIO, SINO APARENTEMENTE AL OASIS DE CALAMA, POR LO TANTO SU RESPUESTA NO ES CONSIDERADA EN ESTE ANÁLISIS.

Perfil entrevistado	Actividades que afectan a la fauna	Actividades que afectan a la vegetación	Problemas de conservación de especies (vegetación/ animales)	Percepción de desaparición de especies (vegetación/ animales)	Causa de disminución/ desaparición de especies (vegetación/ animales)
Víctor Magna	Paso de vehículos y personas	Mucho tránsito, hay que restringir	Sí.	Fauna: flamencos, gaviota andina, vizcacha.	Turismo, minería (humanos).
Antonio Cruz	Sí. Caza ilegal, la pequeña minería utiliza a camélidos como fuente de carne.	Sí. Proyectos mineros y necesidades hídricas de éstos.	Sí.	Fauna: chinchilla, guanacos.	Fauna: chinchilla: caza guanacos: caza (pirquineros para obtención de carne).

Gonzalo Martínez	No.	No.	Sí.	Fauna: vicuña.	“Antes era cazada por personas que venían de afuera”.
Rodrigo Araya	Sí. “Introducción de animales produce desplazamiento” .	Sí. “Turismo, salirse del camino. Ganadería afecta poco, sólo sobre pajonales”.	Sí, pato andino.	Fauna: pato andino (mencionado en preg, 39) Flora: cactus, llareta.	Pato andino: no menciona causa. Flora: artesanía, construcción, combustible.
Oscar Díaz	No.	Sí, “extracción de llareta (volcán Licancabur) y cardón (Tatio)”	Sí.	Para Volcán Licancabur Flora: llareta, cactus.	Flora: Llareta: calefacción. Cactus: Construcción y artesanía.
Carmen Chocobar	Sí. “Caza de las vicuñas”.	No sabe.	Sí.	Sí. Fauna: vicuña.	Fauna: Vicuña: caza.
Marisol González	No.	No.	Sí.	Sí. Fauna: vicuña.	Vicuña: caza.
María Mondaca	No. Muchos años atrás se cazaba mucho la vicuña y extraían huevos.	No.	Sí.	Vicuña.	Caza en la antigüedad.
Ernesto Cerda	Sí. Caza ilegal, desconocimiento, falta de estudios en terreno. Manejo de influencias. (Se han capturado flamencos vivos para llevarlos al zoológico particular en barrio alto de Santiago.	Sí. Proyecto ALMA. Miles de Cáctaceas fueron removidas para la construcción de camino particular en sector altoandino. Esto es visible usando esa ruta.	Sí. Fauna: chinchilla, kiula, suri, cóndor, gato andino, otros. Flora: llareta, cactáceas (en San Pedro) otros.	Sí. Especie: el 1) Suri 2) Kiula (perdiz de la puna)	1) Intervención del hábitat, caza ilegal. 2) Caza ilegal, excepto en sector el Tatio. Estas especies han aumentado la presencia diaria de turistas, que evita la caza ilegal.
Juan Mancilla (*)	Sí. “Depósito de basura, quema de vegetación, acceso de vehículos, perros”	Sí (no detalla)	Sí (no detalla)	Sí (no detalla)	(No detalla)
Claudio López	Sí. “La no recogida o retorno de la basura a San	Sí “El acceso de vehículos y los caminos que no	No sabe (preg. 39)	Sí Especies: Flora: Llareta Fauna:	Llareta: Explotación industrial (años 50-60) para

	Pedro de Atacama o Calama, afecta a los zorros, quienes podrían, perder la capacidad de cazar”	poseen los adecuados pasos de agua”.		Quirquinchos vizcachas.	abastecer a Chuquicamata de leña) Quirquinchos: Caparazón Vizcachas: carne y piel.
Wilfredo Hernández	Sí, “las personas que llegan al lugar”	Sí. “El ingreso de personas”	Sí.	No sabe.	No sabe.
Meter Jaime Sagua	Sí, “las personas que llegan al lugar”	Sí. “El ingreso de personas”	Sí.	No.	No sabe.

En este ítem asoman amenazas asociadas a usos culturales de los recursos naturales, que no fueron mencionados o lo fueron en forma más sutil en el anterior.

En el caso de las amenazas concretas a la fauna, la mayoría (13) de los entrevistados menciona que ésta se ve afectada por las actividades humanas. Vemos que el tema de la caza de vicuñas se enuncia como práctica común en el pasado (entrevistado 3) y aparentemente todavía vigente (entrevistada 6). Por su parte, el entrevistado 2 menciona la existencia de caza ilegal, practicada por mineros, que usan la carne de camélidos para alimentarse. También se señala la estaría afectando la llegada de personas y vehículos a los sitios. La disminución de fauna es considerada por siete de los 13 entrevistados. Entre las especies que se considera afectadas, los entrevistados destacan la disminución de aves: flamencos y gaviota andina, considerando a la actividad minera como responsable del daño. Otro entrevistado menciona la disminución (no queda claro en que cantidad) del “pato andino”, sin dar causas para ella. El entrevistado 9 menciona un hecho de captura de fauna para proveer zoológicos particulares con fauna local. Señala además la caza ilegal de suri (ñandú andino) y kiula (perdiz de la puna). Otras especies que se considera afectadas son chinchilla, cóndor, gato andino, zorro, quirquincho y vizcacha.

En cuanto a la flora, los entrevistados señalan efectos adversos generales sobre ésta, provocados por el flujo de visitantes y el tránsito de vehículos que se salen de los caminos y, señalado por uno de los informantes, por la explotación de los recursos hídricos que abastecen a las mineras. En términos específicos sólo se señala la disminución de llareta, utilizada como recurso energético, y de cactus, utilizado en artesanía y construcción. La extracción de llareta y cactus se refiere en el área del volcán Licancabur, y la extracción de cardón (cactus), en la zona del Tatio. Estas especies también se mencionan con problemas de conservación en el sector de San Pedro de Atacama. Otro informante (9) señala un impacto negativo sobre la flora, causada por la construcción de un camino particular asociado al proyecto ALMA.

En general, y salvo casos específicos que se relatan (tales como hechos puntuales vinculados al proyecto ALMA, o las explotaciones históricas que afectaron a la llareta para proveer de combustible a las faenas mineras), los informantes coinciden en la percepción de un efecto dañino en el medioambiente, causado por “las personas”, especialmente asociadas al turismo, dadas las características de los sectores en estudio. Sólo un informante (9) atribuye a la llegada

de turistas, en el sector del Tatio, un efecto beneficioso sobre la fauna en términos de que la presencia de éstos evitaría la caza furtiva.

Acerca de los elementos que se perciben con un mayor impacto producto de las actividades humanas, la mayoría de los informantes (7) se refiere al paisaje, cuyas causas de modificación son atribuidas principalmente a la apertura de caminos y el tráfico de vehículos como consecuencia del flujo turístico como de la explotación minera. El otro recurso que se percibe afectado es el agua, tanto en su calidad como en su abundancia, lo que se atribuye principalmente a la explotación minera y al abastecimiento de las ciudades.

TABLA 7-14. OTROS ELEMENTOS DEL ECOSISTEMA AFECTADOS NEGATIVAMENTE POR USOS DEL ÁREA. ENERO 2008. (PREGUNTA 41). LAS PREGUNTAS PUEDEN VERSE EN EL ANEXO 7-1. (*) ESTE ENTREVISTADO NO SE REFIRIÓ, A LAS ÁREAS DE ESTE ESTUDIO, SINO APARENTEMENTE AL OASIS DE CALAMA, POR LO TANTO SU RESPUESTA NO ES CONSIDERADA EN ESTE ANÁLISIS.

Informante	Elementos modificados	Causas de modificación
Víctor Magna	a) Paisaje	a) “Vehículos”
Antonio Cruz	Al principio aparece “(Todos)” a) Dunas b) Terrazas c) Paisaje d) Fuentes de agua	No menciona
Gonzalo Martínez	a) Paisaje	a) Muchos caminos
Rodrigo Araya Ayabire	a) Paisaje	a) Extracción de áridos
Oscar Díaz	a) Paisaje	a) Mineras (Talabre, Volcán Licancabur). Gasoducto.
Carmen Chocobar	a) Ninguno	No menciona
Marisol González	No responde	No responde
María Mondaca	No responde	No responde
Ernesto Cerda Candia	Fuentes de agua Paisaje	Minería Minería- Militar
Juan Mancilla Rodríguez (*)	Calidad del agua Paisaje	No menciona causas
Claudio A. López Cereceda	Paisaje general	Caminos llareteros; tuberías de explotación energía geotérmica.
Wilfredo Hernández Godoy	Agua	Extracción (in)discriminada (sic), (Minería)
Meter Jaime Sagua	Agua	Extracción, Minería.

3.3. Clasificación de perturbaciones/impactos

Marco teórico y conceptual

Perturbaciones o disturbios

Desde el punto de vista ecológico una perturbación puede ser definida como un evento que provoca el despeje de una porción de sustrato que puede ser colonizado por ciertos organismos (Dayton 1971). Por otro lado, Forman & Godron (1986) definen la perturbación (también llamada disturbio) como un evento que causa un cambio significativo del patrón normal de un ecosistema. Finalmente van Andel & van den Bergh (1987) explican la perturbación como un cambio de condiciones que interfiere con el funcionamiento normal de un ecosistema. La alteración del ecosistema dependerá de la extensión, intensidad y frecuencia de esas perturbaciones. De acuerdo al tamaño, pueden clasificarse en: (a) grandes disturbios cuando exceden las 10 hectáreas, (b) medianos de una a 10 hectáreas y (c) pequeños cuando son menores de una hectárea. Según la intensidad o daño que ocasionan se pueden clasificar en: severos, medianos y leves.

Se distinguen dos tipos de perturbaciones (sensu Sousa 1984): las naturales y las antrópicas (generadas por el ser humano). La primera incluye el vulcanismo, los deslizamientos, los movimientos tectónicos, etc., y las segunda la agricultura, la silvicultura, la ganadería, la actividad minera, la expansión urbana, etc. Por otro lado los ecosistemas pueden estar sometidos a factores tensionantes, que son estímulos externos que pueden dañar los sistemas naturales. Cuando esto ocurre hablamos de un ecosistema tensionado (sensu Brown & Lugo 1994), ya que ese sistema no puede funcionar normalmente por estar sometidos a estímulos externos (factores tensionantes).

Un ecosistema perturbado

Un ecosistema tensionado producto de las perturbaciones a que está sometido puede alterarse de diferentes maneras. Por ejemplo (a) disminuyendo su diversidad biológica, (b) perdiendo y/o alterando su suelo (e. g., pérdida de nutrientes, contaminación), (c) cambiando su microclima (e. g., humedad, precipitación), (d) disminuyendo el reclutamiento de organismos con disminución del tamaño de las poblaciones, (e) alteración de los cuerpos de agua.

Un ecosistema perturbado ha perdido total o parcialmente sus funciones (productividad, interacciones, polinización, regulación hídrica) y su estructura (organización espacial de las especies, número de especies, estado de las poblaciones). Barrera-Cataño & Valdés-López (2007) describen varios ejemplos: (a) áreas perturbadas por la extracción de materiales a cielo abierto, afectándose todos los componentes del ecosistema (e.g., suelo, vegetación y fauna) y las condiciones microclimáticas; (b) áreas perturbadas por tala selectiva afectándose parcialmente los componentes de la biota, suelo, y condiciones microclimáticas; (c) áreas perturbadas por uso y expansión agropecuaria, alterando todos los compartimentos del ecosistema y las condiciones microclimáticas; (d) áreas perturbadas por expansión y uso urbano, afectando drásticamente todos los componentes ecosistémicos y las condiciones microclimáticas; (e) áreas perturbadas por especies exóticas, alterando todos los compartimentos, en especial la diversidad de especies nativas; (f) áreas perturbadas por procesos erosivos hídrico y/o eólicos, afectando todos los compartimentos, pero principalmente

el suelo; (g) áreas perturbadas por descargas de sedimento, afectando, principalmente, el suelo y el agua; (h) áreas perturbadas por descarga de contaminantes, afectando todos los componentes del ecosistema, pero fundamentalmente el agua y el suelo.

Perturbaciones asimiladas como impactos ambientales

Se entiende por impacto ambiental a la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Dicho de otro modo un impacto ambiental es la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes, de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo. Así, si tomamos estos conceptos sensu lato podemos asimilar el concepto de perturbación antrópica, con su marco teórico ecológico, al de impacto ambiental. De este modo podemos evaluar, ponderar y clasificar esas perturbaciones, más allá que los ecólogos también lo hacen (véase Sousa 1984), pero al vincular ambos conceptos orientamos el análisis de las perturbaciones/impactos a un problema claramente enfocado al tema de la biodiversidad, que necesita un refuerzo teórico ecológico. Aclarado esto podemos asumir que las actividades humanas, que se realizan en el área de estudio, y que se relacionan con el uso y aprovechamiento de sus recursos naturales, ya sea que éstas se ubiquen dentro de los límites del área de interés o en su zona de influencia, suelen generar impactos que exceden los rangos naturales de variación y con ello pueden afectan la integridad ecológica del sitio. Así, el área de interés puede afectarse por impactos directos o indirectos y en ambos casos el resultado es exceder la capacidad de uso sustentable o sostenible, conduciéndolos a su eventual colapso. Cuando un área de conservación deja de ser funcional requerirá manejo o restauración ecológica (Granizo et al. 2006).

3.4. Impactos sobre los tres sitios

Mapas conceptuales

Un mapa conceptual es una representación gráfica de información, entendida como una red de conceptos circunscritos a círculo u óvalos que se interrelacionan con flechas. Este resumen esquemático es una estructura de proposiciones, que contienen las ideas más importantes del tema en cuestión. En un mapa conceptual elaborado, los conceptos más importantes los ubicamos arriba (causas u orígenes de las perturbaciones/impactos), desprendiéndose hacia abajo los efectos, es decir las perturbaciones/impactos propiamente tales. Todos los componentes fueron unidos con líneas ya que representan factores interconectados. Los mapas conceptuales se elaboraron en base a: (a) el análisis bibliográfico, (b) el reconocimiento y observación en terreno, (c) los resultados de las encuestas a población aledaña y (c) las entrevistas a informantes claves.

Caracterización y valoración de los impactos ambientales sobre los sitios Laguna Lejía, géiseres del Tatio y Alrededores del Volcán Licancabur

Una vez identificados los impactos ambientales negativos, se describieron en forma cualitativa los efectos que potencialmente pueden afectar el área de estudio y los impactos que los procesos identificados pueden generar en los componentes receptores.

Los diferentes impactos identificados y caracterizados, se cuantificaron en forma separada y se contrastaron, con normas, estándares o criterios de protección para cada componente ambiental. Para medir el efecto o impacto de las actividades humanas sobre los factores ambientales del área de estudio, se calificó el impacto mediante los criterios que se definen a continuación: se calculó la (a) importancia, (b) la probabilidad y (c) la magnitud de cada impacto, aplicando la metodología adaptada para la matriz causa-efecto de acuerdo a Conesa (1995):

Importancia del impacto. Se calculó según la siguiente fórmula cuyos componentes se describen en la Tabla 7-15.:

$$Im = (S)\ (I + E + M + T + R + In + P + Re)$$

Probabilidad del impacto. Se estimó la Probabilidad del impacto de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia del impacto, jerarquizando en tres rangos:

1 = Improbable: el impacto ocurrirá con una probabilidad $< 0{,}4$
2 = Probable: el impacto ocurrirá con probabilidad entre 0.4 y 0.8
3 = Cierto: el impacto ocurrirá con probabilidad $> 0{,}8$

Magnitud del impacto. Se estimó la Magnitud (Mg) del impacto, que califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental generado. Se compara el valor impactado de cada recurso, con el valor total del recurso, expresado en porcentaje.

1 = baja (30 – 0 %)
2 = media (31 – 69 %)
3 = alta (70- 100%)

TABLA 7-15. FACTORES PARA ESTIMAR LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

S	Signo		+ = benéfico o positivo - = dañino o negativo d = neutro o desconocido
I	Intensidad	grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa).	1 = acción mínima 2 = destrucción media 3 = destrucción total
E	Extensión	área de influencia teórica del impacto, en relación del proyecto	1 = puntual 2 = parcial 3 = total
M	Momento	tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto	1 = largo plazo (> 5 años) 2 = mediano plazo (1 –5 años) 3 = inmediato (< 1 año)
T	Temporalidad	tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del	1 = fugaz (< 1 año) 2 = temporal (1- 10 años)

		cual el factor afectado volvería a condiciones iniciales	3 = permanente (> 10 años)
R	Reversibilidad	posibilidad de restauración del factor afectado	1 = a corto plazo 2 = a mediano plazo 3 = irreversible
In	Interacción	interacción de dos o más efectos simples	1 = indiferente 2 = aditiva 3 = sinérgica
P	Periodicidad	regularidad de manifestación del efecto en el tiempo	1 = indiferente 2 = periódico 3 = continuo
Re	Recuperabilidad	posibilidad de restauración del factor afectado mediante medidas correctoras	1 = inmediata (< 1 año) 2 = mitigable (1 – 5 años) 3 = irrecuperable

La valoración de cada uno de los factores antes mencionados se efectuó utilizando el método Delphi (descrito en MIDEPLAN 1994) donde cada carácter fluctuó entre los valores 1 y 3 el cual se asigna del consenso y sapiencia del panel de expertos conformado por especialistas de las áreas de: limnología, humedales, ecología, ciencias ambientales, vida silvestre, recursos naturales y estudios de impacto ambiental. Los valores obtenidos se ubicaron frente a cada actividad evaluada para el factor ambiental valorado.

Una vez obtenida la importancia del impacto se procedió a calificar cada impacto, según la fórmula: Calificación del Impacto Ambiental (CIA)

CIA= Im (Importancia del Impacto) x p (Probabilidad del Impacto).

El valor obtenido, promedio del total de evaluadores, fue finalmente ubicado en la matriz de importancia. Luego se localiza en la matriz el promedio de los evaluadores, en el cálculo de la Magnitud (Mg). Finalmente para obtener el Valor del Impacto Ponderado Total (VIPT) se multiplicó el valor de la Calificación del Impacto Ambiental (CIA) y el valor de la Magnitud (Mg), correspondiendo el valor final al Impacto Negativo Total, de esta forma el impacto evaluado es el que se ubica en la matriz.

Amenazas y perturbaciones regist radas sobre los tres sitios

Según el análisis de la información proporcionada por los actores locales, el reconocimiento y observaciones en terreno se pueden identificar dos amenazas mayores, no evaluadas, en el área de Laguna Lejía: (a) Gestión turística poco planificada; (b) Actividades extractivas no controladas. Las perturbaciones registradas, no jerarquizadas ni evaluadas asociadas a estas amenazas son: (a) Disposición inadecuada de basuras, (b)Tránsito de turistas y visitantes, (c) Accesos y tráfico vehiculares, (d) Caza ilegal, (e) Extracción de madera, (f) Extracción de leña, y (g) Extracción de agua. Estas perturbaciones están presentes en la mayoría de las áreas de estudio, sin embargo, se presentan diferencias en la ponderación de los impactos en cada sitio. Por lo cual, una vez clasificados como factores tensionantes, perturbaciones asociadas e impactos ambientales se evalúa su manifestación específica en cada sitio en estudio (Tabla 7-16).

Clasificación de perturbaciones/impactos sobre los tres sitios

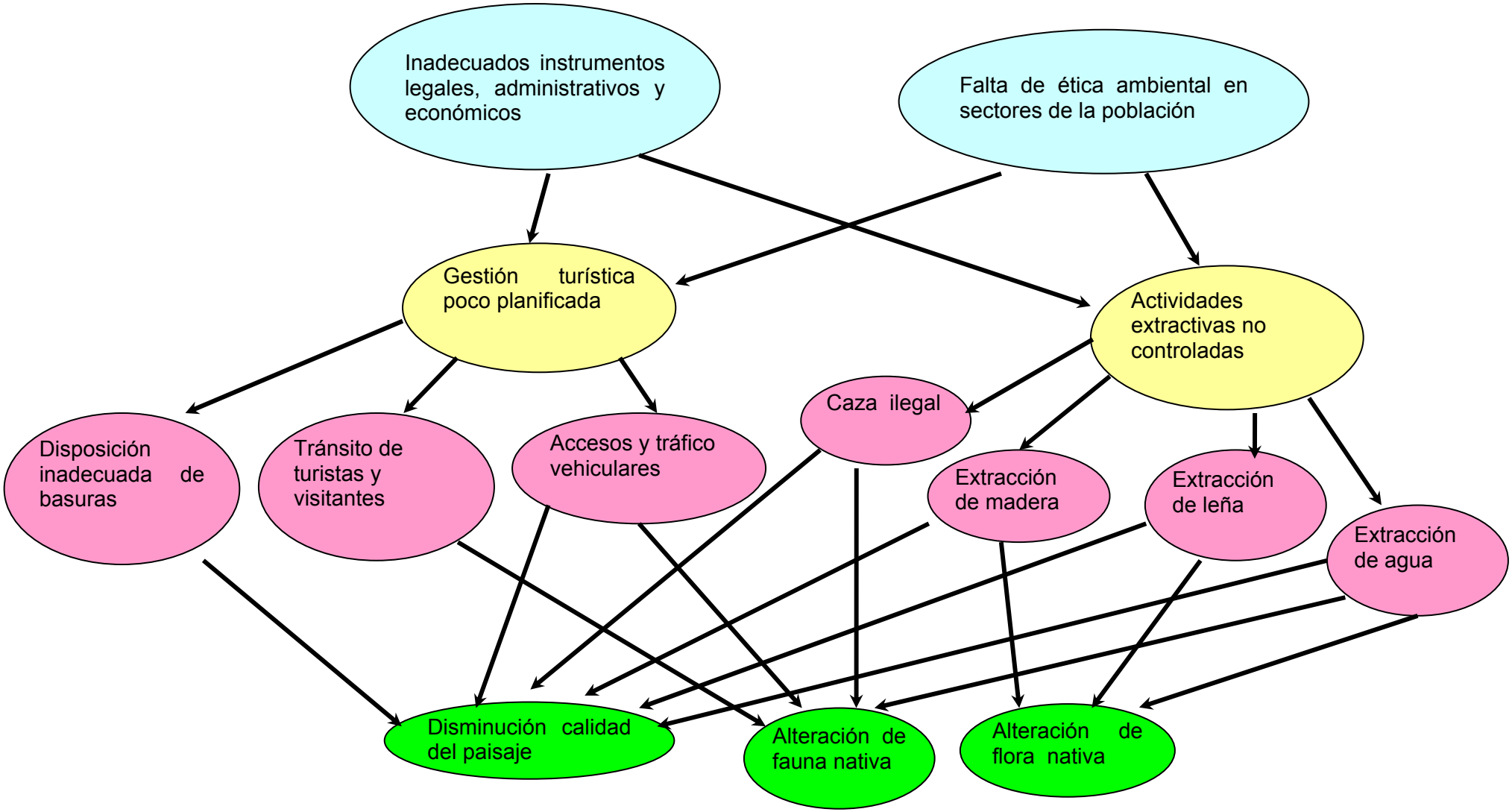
TABLA 7-16. CLASIFICACIÓN DE FACTORES TENSIONANTES, PERTURBACIONES E IMPACTOS EN LOS SITIOS GEISERS DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

FACTORES TENSIONANTES	PERTURBACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL
Gestión turística poco planificada	Disposición inadecuada de basuras	disminución de la calidad del paisaje
	Tránsito de turistas y visitantes	alteración de fauna nativa
	Accesos y tráfico vehiculares	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de fauna nativa
Actividades extractivas no controladas	Caza ilegal	alteración de fauna nativa
		disminución de la calidad del paisaje
	Extracción de madera	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la flora nativa
	Extracción de leña	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la flora nativa
	Extracción de agua	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la fauna nativa
		alteración de la flora nativa

Mapa conceptual de factores tensionantes, perturbaciones e impactos ambientales identificados

Para una mejor comprensión, se presenta en el siguiente diagrama el mapa conceptual de factores tensionantes (óvalos de color amarillo), sus perturbaciones derivadas y a evaluar posteriormente (óvalos morados) y los impactos ambientales relevantes (óvalos verdes). En la parte superior se presentan las causas determinantes que explican el mapa conceptual en su conjunto (óvalos celestes).

MAPA CONCEPTUAL



Folio009599

4. VALORACIÓN DE LAS PERTURBACIONES AMBIENTALES EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

a) Disposición inadecuada de basuras

Esta perturbación generaría impactos sólo sobre la calidad del paisaje atribuyéndosele un grado bajo (> 44 < 86). Esta perturbación se asocia a la llegada de turistas y visitantes especialmente a aquellos lugares de interés turístico, como también a basuras depositadas por la población local. (Fig 7-1).

Disposición inadecuada de basuras															
Impacto muy bajo		0	43												
Impacto bajo		44	86												
Impacto medio		87	130												
Impacto alto		131	173												
Impacto muy alto		174	216												
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**	
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves acuáticas. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pequeños mamíferos. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Carnívoros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	1	1	3	3	1	2	3	1	15	3	45	1	45	
	Uso recreacional y turístico	1	1	3	3	1	2	3	1	15	3	45	1	45	
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

FIGURA 7-1. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN DISPOSICIÓN INADECUADA DE BASURAS EN EL SITO GEISERS DEL TATIO.

b) Tránsito de turistas y visitantes

Esta perturbación generaría impactos en grado muy bajo (< 43) sobre la fauna (anfibios, aves acuáticas y artiodáctilos) (Fig. 7-2). En ambos casos son los ruidos asociados al desplazamiento de personas lo que se considera la mayor perturbación para las especies. Adicionalmente se consideran afectados la calidad del paisaje y el uso recreacional y turístico, por tratarse de un sector cuyo atractivo recae en su pristinidad y nula presencia de población humana. Esta perturbación se circunscribe a las áreas de tránsito y podría incrementar su impacto en la medida que se mejore el acceso a otros sitios que se incorporen a los circuitos turísticos establecidos.

		Impacto muy bajo	0	43											
		Impacto bajo	44	86											
		Impacto medio	87	130											
		Impacto alto	131	173											
		Impacto muy alto	174	216											
Tránsito de turistas y visitantes															
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**	
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. Vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	3	1	13	3	39	1	39	
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves acuáticas. Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	3	1	13	3	39	1	39	
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pequeños mamíferos. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	3	1	13	3	39	1	39	
	Carnívoros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	2	2	3	1	1	2	3	1	15	3	45	2	90	
	Uso recreacional y turístico	2	2	3	1	1	2	3	1	15	3	45	2	90	
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

FIGURA 7-2. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN TRÁNSITO DE TURISTAS Y VISITANTES EN EL SITO GEISERS DEL TATIO.

c) Accesos y tráfico vehiculares

Esta perturbación generaría impactos sobre la fauna de aves acuáticas y artiodáctilos, atribuyéndosele un grado bajo (> 44 y < 86). Esta perturbación se asocia al ruido que generan los vehículos motorizados, y que en este caso se restringe a los sectores aledaños a los caminos. Asociado a lo anterior existiría un impacto, de nivel medio sobre la calidad del paisaje, que se propiciaría por el efecto visual que ejercen los vehículos (Fig 7-3).

Accesos y tráfico vehiculares		Impacto muy bajo	0	43											
		Impacto bajo	44	86											
		Impacto medio	87	130											
		Impacto alto	131	173											
		Impacto muy alto	174	216											
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**Σ**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**	
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	2	1	12	3	36	2	72	
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	2	1	12	3	36	2	72	
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	2	2	3	1	1	2	3	1	15	3	45	2	90	
	Uso recreacional y turístico	2	2	3	1	1	2	3	1	15	3	45	2	90	
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

FIGURA 7-3. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN ACCESOS Y TRÁFICO VEHICULARES EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

d) Caza ilegal

Esta perturbación genera impactos sólo sobre la fauna terrestre, afectándose en un grado muy bajo las aves terrestres y los mamíferos (< 43) y en un grado bajo los artiodáctilos (> 44 < 86). La caza se atribuye a los pirquineros (se detectaron cartuchos de escopeta en las nacientes de Putana) y su práctica, aunque a muy baja escala, persistiría en sectores aislados, siendo las especies más cotizadas las de mayor tamaño (vicuña y vizcacha). En el ámbito de las funciones y servicios del ecosistema esta perturbación se considera de bajo impacto sobre la calidad del paisaje, ya que la pérdida de especies ocasionaría una disminución de la perceptibilidad de la fauna (Fig. 7-4).

Caza ilegal															
		Impacto muy bajo		0	43										
		Impacto bajo		44	86										
		Impacto medio		87	130										
		Impacto alto		131	173										
		Impacto muy alto		174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**	
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	2	1	2	1	2	13	2	26	1	26	
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	2	1	2	1	2	13	1	13	1	13	
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	2	1	2	1	2	13	1	13	1	13	
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	2	1	2	1	2	13	3	39	2	78	
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	1	1	3	2	1	2	1	1	12	2	24	2	48	
	Uso recreacional y turístico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

FIGURA 7-4. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN CAZA ILEGAL EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

e) Pastoreo por ganado doméstico

Esta perturbación generaría impactos sobre la vegetación terrestre considerándose afectada en un grado muy bajo (<43). Podría ocasionar también un bajo impacto sobre las poblaciones de artiodáctilos por competencia. Aún cuando la presencia de ganado doméstico es escasa, se observaron llamas en bofedales de Tocorpuri (alrededor de 100 cabezas), en las vegas de Cablor (±50 cabezas) y en vegas de la quebrada Chita. No se considera un impacto sobre el paisaje ya que su presencia más bien constituye un elemento de atracción visual. (Fig. 7-5).

Pastoreo de ganado doméstico														
		Impacto muy bajo	0	43										
		Impacto bajo	44	86										
		Impacto medio	87	130										
		Impacto alto	131	173										
		Impacto muy alto	174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	1	1	3	1	1	1	3	1	12	2	24	1	24
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	1	1	3	1	1	1	3	1	12	2	24	1	24
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	1	1	3	1	1	1	3	1	12	2	24	1	24
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	1	1	3	1	1	1	3	1	12	2	24	1	24
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	1	3	1	12	2	24	1	24
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Uso recreacional y turístico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 7-5. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN PASTOREO POR GANADO DOMÉSTICO EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

Folio009604

f) Extracción de agua

Esta perturbación sería la de mayor impacto tanto en los componentes del ecosistema como en sus funciones y servicios. A nivel del recurso agua se afectarían en un grado medio (> 87 < 130) tanto los ríos como los bofedales en sus usos para vida silvestre como su disponibilidad en cuanto a caudal o superficie, respectivamente. Con respecto a la vegetación también se afectarían en un grado medio las asociaciones vegetacionales acuáticas y su cobertura. Los anfibios por su estrecha vinculación con el medio acuático tendrían un impacto alto (>131 < 173). Aves y artiodáctilos se afectarían en un grado bajo (> 44 < 86). La calidad de paisaje y el uso recreacional y turístico y la actividad pecuaria igualmente se afectarían en un grado medio (> 87 < 130) (Fig. 7-6).

Extracción de agua

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108
	Cauce/superficie	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	2	3	3	3	2	3	3	22	2	44	3	132
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	1	2	3	3	1	2	2	2	16	2	32	2	64
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	2	3	3	1	2	2	2	16	2	32	2	64
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	2	3	3	2	2	2	3	2	19	2	38	3	114
	Uso recreacional y turístico	2	3	3	2	2	2	3	2	19	2	38	3	114
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	2	2	3	2	2	1	2	2	16	2	32	3	96

FIGURA 7-6. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN EXTRACCIÓN DE AGUA EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

Ponderación de las amenazas

En el sitio Geisers del Tatio se pueden identificar ocho perturbaciones actuales o potenciales de origen antrópico que estarían provocando 21 impactos a los distintos componentes del ecosistema. Estos se disgregan en amenazas de nivel alto (1), medio (4), bajo (6) y muy bajo (11). Los componentes del ecosistema que mayormente se verían afectados son la vegetación, la fauna y el agua con fines de uso para vida silvestre como en su disponibilidad. Dentro de las funciones y servicios del ecosistema se afectaría la calidad paisajística y recreacional del área y la producción pecuaria (Fig. 7-7). Las perturbaciones que se perfilan de mayor riesgo son la caza, el pastoreo por ganado doméstico y la extracción de agua. Los impactos sobre los factores ecosistémicos podrían verse incrementadas en la medida que se mantengan las presiones actuales sobre los recursos pero especialmente si llegara a aumentar el flujo vehicular y turístico hacia el sitio, lo que, considerando la demanda actual es muy factible que ocurra en el mediano plazo. Los factores tensionantes que se vinculan a estos procesos son una gestión turística poco planificada y actividades extractivas no controladas.

IMPACTOS GÉISERES DELTATIO FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		Disposición inadecuada de basuras	Tránsito de turistas y visitantes	Accesos y tráfico vehiculares	Caza ilegal	Pastoreo de ganado doméstico	Extracción de agua
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	108
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	108
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	24	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	24	0
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	24	108
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	24	108
FAUNA	Anfibios Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	39	0	0	0	132
	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	0	39	72	26	0	64
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	13	0	0
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	39	0	0
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	0	39	72	78	24	64
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA							
	Calidad del paisaje	45	90	90	0	0	114
	Uso recreacional y turístico	45	90	90	0	0	114
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	96

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FIGURA 7-7. EVALUACIÓN DEL VALOR DE IMPACTO PONDERADO TOTAL (VIPT) DE OCHO PERTURBACIONES QUE ACTÚAN EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

5. OBJETOS NATURALES DE CONSERVACIÓN Y SU GRADO DE AMENAZA EN GEISERS DEL TATIO.

En Geisers del Tatio hemos identificado cuatro ambientes que lo caracterizan, estos son los humedales altoandinos; el tolar de la estepa arbustiva prepuneña; el pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Según se expuso en el capítulo precedente, los humedales altoandinos y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica han sido definidos, ambos ambientes, como objetos de conservación de filtro grueso, adjudicándosele además a los primeros la categoría de prioridad ecológica (filtro medio). Se incorporaron además doce especies focales, cinco de flora *Azorella compacta* (llareta), *Opuntia conoidea*, *Lobivia formosa, Junellia tridactyla, Trichocereus atacamensis* (cardón gigante) este último asociado a un sector restringido en la transición altitudinal entre el ojalar (ambiente no representado en el Tatio) y el tolar de la estepa arbustiva, y nueve de fauna*, Lagidium viscacia* (vizcacha)*, Vicugna vicugna* (vicuña)*, Tinamotis pentlandii* (perdiz de la puna), *Fulica gigantea* (tagua gigante), *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno), *Pterocnemia pennata* (suri) y *Liolaemus barbarae* (lagartija de Bárbara).

Los objetos de conservación cumplen con los requisitos de representar toda el área de estudio, reflejar las amenazas en cada uno de los ambientes y reflejar la escala a la que se está trabajando, de este modo, una vez conocidas y valoradas las amenazas establecidas sobre la conservación de la biodiversidad de estas áreas se podrán proponer medidas para enfrentarlas y conservar la salud de estos ecosistemas.

Atendiendo a los dos componentes ambientales del área de estudio se explicitan sobre ellos las amenazas ya valoradas. Sobre éstos se expresará el nivel de amenaza en la cartografía. Los sistemas son:

I.- Humedales altoandinos del Tatio
II.- Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
III.- Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica
IV.- Pajonal/tolar de la estepa altoandina

En la Tabla 7-17 se muestra el número total de amenazas por sistema. Esta tabla se construyó considerando la tabla de síntesis de las seis perturbaciones que actúan en los distintos factores evaluados de ecosistema (Fig. 7-7), las que se aplicaron sobre las especies focales y su asociación a los sistemas relevantes que caracterizan el área de estudio para darles expresión territorial. Se expresan los niveles de amenaza y el número de especies focales afectadas.

TABLA 7-17. CLASIFICACIÓN TOTAL DE AMENAZAS, NIVEL DE AMENAZA Y NÚMERO DE ESPECIES FOCALES AFECTADAS, DISGREGADO SEGÚN AMBIENTE EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

SISTEMA	CÓDIGO	Nº AMENAZAS TOTALES	Nº AMENAZAS NIVEL MEDIO	Nº AMENAZAS NIVEL BAJO	Nº ESPECIES FOCALES AFECTADAS
Humedales altoandinos del Tatio	I	5	1	4	3
Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	II	4	0	4	5
Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	III	4	0	4	5
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	IV	4	0	4	4

Del cuadro anterior se desprende que el nivel de amenazas sobre los sistemas estudiados es bajo, salvo en el caso de los humedales. Así, el sistema humedales altoandinos presenta un número de amenazas ligeramente mayor (5), siendo una de nivel medio y cuatro de nivel bajo, afectando a tres de las especies focales *Vicugna vicugna, Tinamotis pentlandii* y *Phoenicopterus chilensis*. Sobre el tolar de la estepa arbustiva prepuneña actúan cuatro amenazas, todas ellas de nivel bajo, las que afectan a cinco de las especies focales del objeto de conservación de grano fino, *Lobivia formosa, Opuntia conoidea*, *Trichocereus atacamensis, Vicugna vicugna* y *Pterocnemia pennata.* Por su parte el pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica presenta cuatro amenazas, todas de nivel bajo actuando sobre cinco de las especies focales *Opuntia conoidea, Lagidium viscacia, Vicugna vicugna, Tinamotis pentlandii* y *Liolaemus barbarae*. Finalmente sobre el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica se presentan cuatro amenaza de nivel bajo, actuando sobre cuatro de las especies focales *Azorella compacta*, *Opuntia conoidea, Junellia tridactila* y *Tinamotis pentlandii.*

En la Fig. 7-7 se representa cartográficamente la síntesis de las amenazas que se detectaron y evaluaron en el área de estudio.

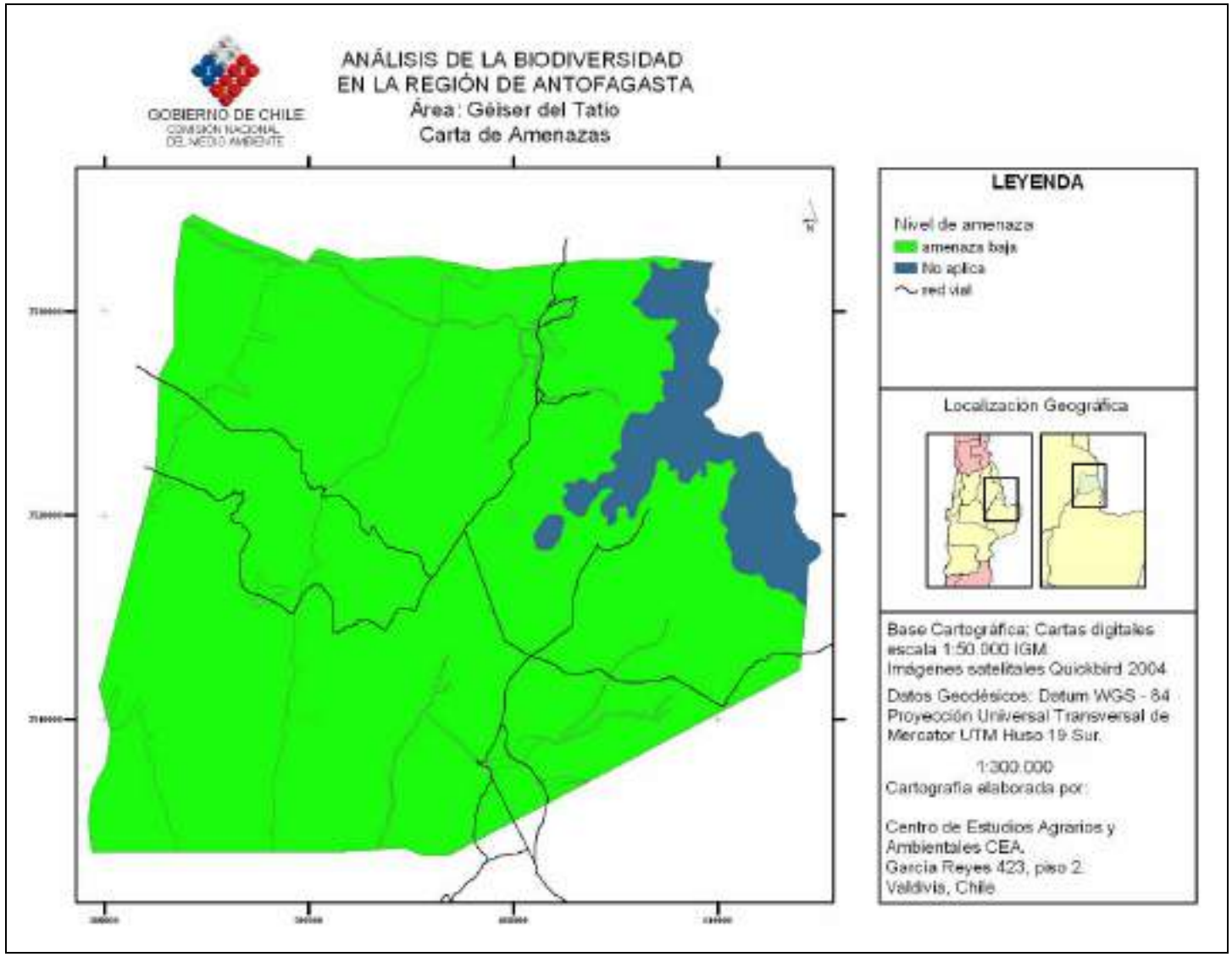


FIGURA 7-7. CARTA DE SÍNTESIS DE AMENAZAS EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

6. CONCLUSIONES

En el sitio Geisers del Tatio los objetos de conservación, sobre los cuales debe focalizarse la conservación de la biodiversidad y la integridad ecosistémica son: a) los humedales altoandinos, b) el tolar de la estepa arbustiva prepuneña, c) el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica y d) el pajonal/tolar de la estepa altoandina.

De los resultados anteriormente expuestos y las observaciones realizadas se concluye que las amenazas e impactos de uso sobre el sitio Geisers del Tatio son de nivel bajo (la mayoría incluso de nivel muy bajo) sobre todos los ambientes, ponderándose una pocas amenazas de nivel medio en los humedales altoandinos y una de nivel alto que se asociaría a ese mimo ambiente. El nivel de amenaza a que están sometidos las cuatro ambientes podría incrementarse en caso de un aumento en el flujo turístico y de visitantes hacia el lugar, de aumentar la explotación de minerales y en caso de incrementarse las demandas de uso de aguas que pudieran afectar el volumen y la calidad de las aguas de los humedales.

Los componentes del ecosistema que presentan algún grado de vulnerabilidad son los anfibios, las aves acuáticas y los artiodáctilos.

Impactos puntuales sobre ciertos componentes del ecosistema podrían derivarse del pastoreo de ganado doméstico (camélidos) y prácticas como la caza la que afectarían principalmente a la fauna de artiodáctilos y las vizcachas.

Las funciones y servicios ecosistémicos más sensibles a los impactos ambientales son la calidad del paisaje y el uso recreacional y turístico. Esto requerirá, ante un eventual aumento de la demanda de visita al área, la implementación de herramientas de gestión adecuadas de modo que se garantice su conservación.

ANÁLISIS JURÍDICO E INSTITUCIONAL APLICABLE AL SITIO GEISERS DEL TATIO.

1. INTRODUCCIÓN

Si entendemos por legislación ambiental la que reconoce como bien jurídico protegido el resguardo de la integridad de los sistemas ambientales en cuanto a tales, regulando el manejo de los factores que lo componen con una perspectiva global e integradora, veremos que la legislación ambiental en nuestro país no aborda los sistemas ambientales con un enfoque global e integrador.

La existencia de un gran marco regulatorio único que trate la biodiversidad en forma explicita, especifica y orgánica, debiera contarse dentro de las tareas pendientes en la elaboración de un proyecto de ley en la materia. Existen en la actualidad diversas regulaciones, las que tienen en común que ninguna de ellas ha sido dictada tras el objetivo básico de la conservación misma de la diversidad biológica, siendo sus propósitos centrales el desarrollo de una actividad económica ligada a la explotación de un recurso natural. Recordemos que el término conservación implica el uso de un recurso en un marco de sustentabilidad, por el contrario, la preservación implica el no uso.

Por otro lado, mientras se mantenga el actual régimen de protección y garantías del derecho de propiedad en Chile, por sobre el bien común, Hermosilla (2004) estima que ello no contribuirá a la efectiva protección y conservación de la biodiversidad. Para que esto ocurra en la realidad, debiera contarse necesariamente con normativas de rango constitucional y de legislación básica del ordenamiento jurídico chileno, que llenen vacíos o modifiquen normas existentes. Ello implica reformas de la Constitución Política del Estado y de Códigos fundamentales como el Civil, de Minería y de Aguas.

Pese a esto existen numerosas normas jurídicas aplicables a la biodiversidad y los objetos de conservación descritos en el capítulo anterior. Por esto se realizó una revisión bibliográfica con un análisis y selección de la normativa legal, acotándola a las características del objeto de conservación y la aplicabilidad al área de estudio son sus sistemas. Con una metodología poco difundida se entregan cartas temáticas para las normativas jurídicas seleccionadas, para proporcionar, en estas cartas de amenaza, una visión panorámica del nivel de protección de los sistemas estudiados y así, poder contrastarlos. Esto proporcionará una idea espacial de ambos aspectos, para orientar las posteriores propuestas de preservación y conservación de la biodiversidad.

Tipos de normas jurídicas

El Código Civil de Chile, en su artículo 1° expresa que la Ley es: "Una declaración de la voluntad soberana que, manifestada en la forma prescrita por la Constitución, manda, prohíbe o permite". La expresión "Ley" comprende distintos tipos de normas jurídicas y según su grado de importancia son:

- *La Constitución Política.* Es la ley fundamental del Estado. Ella establece la forma de gobierno, los poderes públicos, sus atribuciones y determina los derechos y garantías de las personas.

- *Las leyes propiamente tales.* Son las normas aprobadas por el Poder Legislativo, según el procedimiento que la Constitución establece, pudiendo ser de distinta clase según la cantidad de votos que necesita para ser aprobada, modificada o derogada.
- *Los decretos con fuerza de ley.* Son normas dictadas por el Presidente de la República sobre materias propias de ley, en virtud de una autorización que le confiere el Congreso Nacional para ello, la que no puede exceder de un año y debe expresar las materias sobre las cuales versa la delegación. Asimismo, el Presidente de la República está autorizado para dictar DFL, para fijar el texto refundido, coordinado y sintetizado de las leyes cuando sea conveniente para su mejor ejecución.
- *Los decretos leyes.* Son normas dictadas por el Presidente de la República sobre materias propias de ley, sin autorización alguna del Congreso Nacional.
- *Los tratados internacionales.* Son acuerdos, pactos o contratos, de carácter internacional, que rigen situaciones jurídicas establecidas de común acuerdo por dos o más estados soberanos.
- *Normas de inferior jerarquía que las leyes.* La potestad reglamentaria le permite al Presidente de la República y otras autoridades dictar un conjunto de normas de inferior jerarquía que las leyes, como los reglamentos, los simples decretos, las instrucciones, los decretos supremos y las resoluciones.

Toda esta legislación se clasificó, de acuerdo con su nivel jerárquico en: (a) normas constitucionales, (b) normas legales y (c) normas reglamentarias:.

2. METODOLOGÍA

2.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica de la legislación vigente en relación a los temas de biodiversidad, humedales y recursos hídricos, incluyendo normas jurídicas, documentos de análisis, descripción y caracterización de normas así como estudios éditos e inéditos (e.g., Maldonado & Chacón 2000, Environmental Law Institute et al. 2003, Hermosilla 2004). Se recopilaron textos legales (leyes, reglamentos, etc.) de los que se extrajeron los documentos que se refieren a los temas ya indicados. En los trabajos desarrollados por la CONAMA (e. g., CONAMA 1996a, 1996b, 1996c, 1996d, 1997a, 1997b) se describen las competencias ambientales de las diferentes reparticiones del Estado, los procedimientos administrativos, la legislación punitiva y sancionatoria ambiental, y se incluye un diagnóstico del ordenamiento jurídico aplicable a la protección de la diversidad biológica, entre otras. También se consideraron los estudios de diversos autores (e. g., Gallardo 1985, 1989, Ortiz 1986, 1990, Castillo 1994, Valenzuela 1994, Hermosilla 2004).

2.2. Análisis y selección

Posteriormente se realizó un análisis y selección de la normativa legal, acotándola a las características de interés en el área de estudio (e. g., flora, fauna, paisaje, recursos hídricos, humedales, cuencas). Se seleccionaron las normas orientadas a proteger y conservar en el

área de estudio. Se ordenaron jerárquicamente siguiendo la propuesta de Gallardo (1985, 1989) y se describieron y comentaron utilizando la bibliografía recopilada. La legislación ambiental seleccionada se analizó desde un punto de vista de su aplicación en el área Geisers del Tatio para describir los factores tensionantes, sus perturbaciones e impactos ambientales relacionados.

2.3. Cartografía

Siguiendo y modificando la metodología usada por Pellet et al. (2005), la legislación seleccionada se expresó cartográficamente, obtenidos de los atributos específicos que la legislación define, generando así tres tipos de cartas:

Carta de normativas jurídicas. Sobre la carta base de cada área se representa la legislación siguiendo las recomendaciones de King (1993), en sistemas de información geográficos visualizando así todos los espacios del territorio que están protegidos desde la perspectiva legal. Como fundamento para la interpretación de la ley, se siguieron los artículos 19 al 24 contenidos en el número 4, Título Preliminar, del código civil chileno.

Carta de competencias institucionales. Se considera la elaboración de un diagrama de instituciones públicas y privadas que proporcionan protección a las áreas de estudio. Con esta información se confeccionará una carta con diferentes niveles de protección, ponderando la superposición de competencias.

Carta de Protección. La carta de síntesis de protección se genera integrando: la carta de normativas jurídicas con la carta de competencias institucionales. Se discrimina en al menos tres niveles de protección según una matriz de ponderación *ad hoc* para este proyecto.

3. RESULTADOS

3.1. Normas constitucionales

Son aquellas normas contenidas en la Constitución Política del Estado. La Constitución Política es importante porque toda norma que se dicte o haya sido dictada debe estar supeditada a sus mandatos (Gallardo 1985). Entre éstos destacan, por estar referidos al ambiente, primero, que es deber del Estado velar porque las personas vivan en un ambiente libre de contaminación y, segundo, tutelar la preservación de la naturaleza.

- El *Artículo 19 Nº 8.* Asegura a todas las personas "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente".
- El *Artículo 19 Nº 24.* Garantiza el derecho de propiedad y considera entre las funciones sociales de la propiedad la conservación del patrimonio ambiental.
- El *Artículo 21 inciso 1º*. Otorga el "derecho a desarrollar cualquiera actividad económica que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulen".

- El *Artículo 20 inciso 2º.* Consagra el recurso de protección para los casos en que "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación sea afectado por un acto arbitrario e ilegal imputable a una autoridad o persona determinada".

3.2. Normas legales

Son aquellas normas contenidas en las leyes, las que también pueden consistir en leyes aprobatorias de Convenciones Internacionales, de Códigos, de Decretos con Fuerza de Ley y de Decretos Leyes. Dentro de esta categoría se encuentran la mayoría de las leyes más conocidas en especial la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que a su vez, se haya supeditada a la Constitución Política de la República.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente

Ley Nº 19.300 (D.O. 09/03/94) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente. Contiene las normas generales que regulan las materias relacionadas con “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental” (Artículo 1°, Ley N° 19.300 (D.O. 09/03/94). Esta ley y su reglamento son los pilares del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, constituyen el principal instrumento preventivo de gestión ambiental del país y, a través de su aplicación, es posible detectar los impactos ambientales negativos o positivos de los diversos proyectos o actividades, y al mismo tiempo, tomar las medidas necesarias para evitarlos, minimizarlos, repararlos o potenciarlos.

Tratados internacionales

D.S. Nº 531 (23/08/ 1967) del Ministerio de Relaciones Exteriores, referido a La Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América (Convención de Washington). Esta convención fue firmada en Washington el 12 de octubre de 1940, y aprobada por el Congreso Nacional de Chile, fue ratificada por el Presidente de la República, don Eduardo Frei Montalva, y publicada en el Diario Oficial para su cumplimiento como ley de la República en virtud de Decreto Supremo Nº 531 de 23 de agosto de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores. La Convención está destinada a “proteger y conservar en su medio ambiente natural, ejemplares de todas las especies y géneros de flora y fauna nativas, en número suficiente y en regiones lo bastante vastas para evitar su extinción por cualquier medio al alcance del hombre”. También se orienta a proteger y conservar los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, en los casos a que esta Convención se refiere.

D.S. Nº 141 (D.O. 25/03/75) del Ministerio de Relaciones Exteriores referido a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Esta convención tiene como objetivo regular el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre. Los países que lo suscriben se comprometen a cooperar internacionalmente, adoptando las medidas administrativas y técnicas necesarias para que la explotación de estas especies no afecte su supervivencia. Se clasifica a las especies amenazadas en tres apéndices que poseen mayor o menor grado de exigencias para autorizar

su exportación o importación. En Chile las actividades más relevantes que se han desarrollado en el marco de este convenio son la Ley 19.473 (Ley de caza) y el Nuevo Reglamento de la Ley de Caza (17 de noviembre de 1998).

D.L. Nº 3.485 (11/11/1981) y D.S. Nº 971 del Ministerio de Relaciones Exteriores de 1986. Referidos a la Convención Relativa a Los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención de Ramsar). La Convención sobre los Humedales es un tratado intergubernamental que se adoptó en la ciudad iraní de Ramsar en 1971, entró en vigencia a finales de 1975 y es el único tratado ambiental mundial que trata de un ecosistema en particular. Los países miembros de la Convención abarcan todas las regiones geográficas del planeta y su misión es "la conservación y el uso racional de los humedales, a través de la acción nacional y mediante la cooperación internacional, a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo". Las Partes Contratantes (países miembros) se han comprometido a: (a) Designar por lo menos un humedal que cumpla los criterios para ser inscrito en la Lista de Humedales de Importancia Internacional y a asegurar el mantenimiento de las características ecológicas de cada uno de ellos. (b) Promover el uso racional de todos los humedales de su territorio mediante la planificación nacional del uso del suelo, incluidas la conservación y el manejo de los humedales. (c) Promover la capacitación en materia de investigación, manejo y uso racional de los humedales. (d) Celebrar consultas con otras Partes acerca de la aplicación de la Convención, principalmente con respecto a los humedales transfronterizos, los sistemas hídricos compartidos, las especies compartidas y los proyectos de desarrollo que pudieran afectar humedales (véanse más detalles en Davis 1994, Muñoz-Pedreros 2004). Esta Convención fue ratificada por Chile mediante D.L. Nº 3.485, publicado en el Diario Oficial el 11 de noviembre de 1981. Posteriormente se aprobó un protocolo para enmendar la citada Convención, suscrito en París el 3 de diciembre de 1982, ratificado por Chile mediante Decreto Supremo Nº 971 del Ministerio de Relaciones Exteriores de 1986.

Decreto Nº 1963 (6/5/1995) del Ministerio de Relaciones Exteriores referido a la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB). Durante el mismo año en la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, este convenio fue firmado por 152 países y la Unión Europea. Los objetivos del Convenio son: (a) la conservación de la biodiversidad biológica, (b) la utilización sustentable de sus componentes y (c) la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. La CDB fue adoptada en 1992 y entró en vigencia internacional en diciembre de 1993, después de la ratificación de 30 Estados. Chile la ratificó en 1994, pasando a constituir ley de la República desde su publicación en el Diario Oficial el 6 de mayo de 1995.

D.S. Nº 868 de 1981 (D.O. 12/12/81) del Ministerio de Relaciones Exteriores. Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Salvaje (CMS). Esta convención fue celebrada en Bonn, Alemania el 23 de junio de 1979 y fue ratificada por Chile el 12 de diciembre de 1981. Su propósito es proteger a aquellas especies de animales salvajes que migran a través de los límites nacionales. Esta Convención protege a las especies migratorias, principalmente a aves, secundariamente a mamíferos marinos y finalmente a peces y tortugas marinas. Categoriza a las especies migratorias en dos anales. El Anal I incluye especies en peligro y el Anal II a especies vulnerables. De la fauna continental chilena, 17 especies de aves, 7 de mamíferos, todas las tortugas marinas, y ninguna de anfibios o peces aparecen en la lista de la CMS.

Decreto Nº 2 de 2006 (D.O. 02/01/2006). Este decreto fue promulgado por el Ministerio de Relaciones Exteriores y norma la creación del Comité Nacional CMS, con el objeto de asesorar

al Ministro de Relaciones Exteriores y servir de instancia de coordinación entre los distintos órganos del Estado vinculados a la conservación de especies migratorias de la fauna salvaje. Este comité está integrado por representantes de los siguientes órganos del Estado: a) Ministerio de Relaciones Exteriores, que lo preside; b) Servicio Agrícola y Ganadero, quien actúa como Secretaría Técnica; c) Ministerio Comisión Nacional del Medio Ambiente; d) Corporación Nacional Forestal; e) Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas; f) Servicio Nacional de Pesca; g) Subsecretaría de Marina; h) Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de la Armada de Chile; i) Museo Nacional de Historia Natural; j) Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.

D.L. Nº 3530 de 1980 del 16 de diciembre de 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores. Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña. Esta Convención internacional fue celebrada entre Chile, Bolivia, Perú, Argentina y Ecuador, suscrita en Lima, Perú el 29 de Diciembre de 1979, y cuyo objeto es establecer un conjunto de normas jurídicas para la conservación y manejo de la vicuña, especie de fauna que habita las regiones andinas.

Decreto Nº 212 (DO 19.05.1981) Ministerio de Relaciones Exteriores. Promulga Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña, suscrito en Lima, el 29 de Diciembre de 1979. Convenio suscrito por los gobiernos de las Repúblicas de Bolivia, Chile, Ecuador y Perú, con el propósito de la conservación y el manejo de la vicuña. Se reconoce que la conservación de la vicuña constituye una alternativa de producción económica en beneficio del poblador andino y se comprometen a su aprovechamiento gradual bajo estricto control del Estado (Art. 1°). Los gobiernos signatarios prohíben la caza y la comercialización ilegales de la vicuña, sus productos y derivados en el territorio de sus respectivos países. Comprometiéndose a mantener y desarrollar los parques y reservas nacionales y otras áreas protegidas con poblaciones de vicuñas y a ampliar las áreas de repoblamiento bajo manejo en su forma silvestre prioritariamente y siempre bajo control del Estado (Art. 5°).

Leyes y Decretos Leyes

Ley N° 19.473 de 1996. Ley de Caza, del Ministerio de Agricultura. Sustituye la Ley Nº 4.601, sobre caza, y el Artículo 609 del Código Civil. Establece la prohibición de caza y captura para todos los vertebrados nativos de Chile, con la excepción de peces, reptiles marinos, pingüinos y mamíferos marinos (ballenas, delfines, focas, elefantes, lobos y nutrias), los que están protegidos por normas derivadas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, bajo tuición de la Subsecretaría de Pesca y del Servicio Nacional de Pesca. Fue implementada mediante el Decreto Supremo N°05, de enero de 1998. La fauna de vertebrados terrestres que viven en Chile, nativos o exóticos asilvestrados, se agrupan en: (a) Especies cuya caza y captura está prohibida, cuya nómina está contenida en el artículo 4° del Reglamento de la Ley de Caza. (b) Especies de caza autorizada para cazadores con permiso de caza vigente, cuyo listado se señala en el artículo 5° del Reglamento de la Ley de Caza y (c) Especies calificadas como perjudiciales o dañinas cuya nómina se señala en el artículo 6° del Reglamento de la Ley de Caza. Las especies protegidas son aquellas para las cuales se han dictado normas de conservación (prohibición de caza y definición de vedas o cuotas, entre otros), es decir aquellas especies contenidas en los artículos 4° y 5° del Reglamento de la Ley de Caza.

Ley Nº 18.362 de 1984 del Ministerio de Agricultura, crea el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) administrado por CONAF, para la conservación (planes de manejo y administración) de los ambientes naturales, terrestres o acuáticos dentro

de esas áreas. Está formado por: Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales. Dentro de algunos de estos sitios del norte se encuentran vegas y bofedales andinos en la II Región: Parque Nacional Llullaillaco y Reserva Nacional Los Flamencos.

Ley Nº 17.288 (D.O. 04/02/70) del Ministerio de Educación, Sobre Monumentos Nacionales. Esta ley señala que el Estado guardará y protegerá los monumentos nacionales a través del Consejo de Monumentos Nacionales; organismo técnico que depende directamente del Ministerio de Educación. Entre otros, pertenecen a la categoría de monumentos nacionales "las piezas u objetos. de formación natural, que existan bajo o sobre la superficie del territorio nacional o en la plataforma submarina de sus aguas jurisdiccionales y cuya conservación interesa a la historia, al arte o a la ciencia" (Artículo 1°, Ley N° 17.288 (D.O. 04/02/70); y también, los santuarios de la naturaleza. El concepto de *Santuarios de la Naturaleza* es definido por el artículo 31º de la misma ley, donde se señala que son "todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado". El Artículo 29º establece también la categoría de Zonas típicas o Pintorescas, para el efecto de mantener el carácter ambiental y propio de ciertas poblaciones o lugares donde existieren ruinas arqueológicas, o ruinas y edificios declarados Monumentos Históricos.

D.L. Nº 1.939 (Ministerio de Bienes Nacionales) D.O. 10.11.1977 Normas sobre adquisición, administración y disposición de bienes del Estado (Con su ultima modificación Ley 20.062 29.10.2005). Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. Artículo 15.- Las reservas forestales, parques nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación y trabajo en cualquier forma comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse o concederse en uso a organismos del Estado o a personas jurídicas regidas por el Título XXXIII del Libro I del Código Civil, para finalidades de conservación y protección del medio ambiente. Artículo 16.- En los contratos de compraventa de terrenos fiscales rústicos y en los decretos o resoluciones que concedan arrendamientos, actas de radicación o títulos gratuitos de dominio, deberán contemplarse, previo informe del Ministerio de Agricultura, las prohibiciones y obligaciones tanto de índole forestal como de protección o recuperación de terrenos a que se someterá el beneficiario. Cuando procediere, podrán imponerse obligaciones para la protección del medio ambiente. Artículo 21.- El Ministerio, con consulta o a requerimiento de los Servicios y entidades que tengan a su cargo el cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, la preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio ecológico, podrá declarar Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines. Estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes. Los predios que hubieren sido comprendidos en esta declaración no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán esta calidad, sino en virtud de decreto del Ministerio, previo informe favorable del Ministerio de Agricultura.

D.F.L. Nº 725/67 del Ministerio de Salud, Código Sanitario. Artículo 73º. Prohíbe descargar las aguas servidas y los residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquiera otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que se señale en los reglamentos. La autoridad sanitaria podrá ordenar la inmediata suspensión de dichas descargas y exigir la ejecución de sistemas de tratamientos satisfactorios destinados impedir toda contaminación.

*D.F.L. Nº 1.122/81 del Ministerio de Obras Públicas, Código de Agua*s. A continuación se cita el texto completo de los artículos que se considera más relevantes para los fines de este informe.

Art. 58º. Cualquiera persona puede explorar con el objeto de alumbrar aguas subterráneas, sujetándose a las normas que establezca la Dirección General de Aguas. Si dentro del plazo establecido en el inciso primero del artículo 142 se hubieren presentado dos o más solicitudes de exploración de aguas subterráneas sobre una misma extensión territorial de bienes nacionales, la Dirección General de Aguas resolverá la adjudicación del área de exploración mediante remate entre los solicitantes. Las bases de remate determinarán la forma en que se llevará a cabo dicho acto, siendo aplicable a su respecto lo dispuesto en los artículos 142, 143 y 144, en lo que corresponda. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, y siempre que se haya otorgado el permiso para explorar aguas subterráneas, para los efectos de lo señalado en artículo 142 inciso primero, se entenderá que la fecha de presentación de la solicitud para constituir el derecho de aprovechamiento sobre aguas subterráneas, será la de la resolución que otorgue tal permiso. El suelo ajeno sólo se podrá explotar previo acuerdo con el dueño del predio, y en bienes nacionales con la autorización de la Dirección General de Aguas. No se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta, sino con autorización fundada de la Dirección General de Aguas, la que previamente deberá identificar y delimitar dichas zonas.

Art. 61º La resolución que otorgue el derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas establecerá el área de protección en la cual se prohibirá instalar obras similares (área de protección de los pozos).

Art. 62º Si la explotación de aguas subterráneas por algunos usuarios ocasionare perjuicios a los otros titulares de derechos, la Dirección General de Aguas, a petición de uno o más afectados, podrá establecer la reducción temporal del ejercicio de los derechos de aprovechamiento, a prorrata de ellos. Esta medida quedará sin efecto cuando los solicitantes reconsideren su petición o cuando a juicio de dicha Dirección hubieren cesado las causas que la originaron.

Art. 63º La Dirección General de Aguas podrá declarar zonas de prohibición para nuevas explotaciones, mediante resolución fundada en la protección de acuífero, la cual se publicará en el Diario Oficial. La declaración de una zona de prohibición dará origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidos en ella. Las zonas que correspondan a acuíferos que alimenten vegas y los llamados bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores extracciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa. La Dirección General de Aguas deberá previamente identificar y delimitar dichas zonas. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, la Dirección General de Aguas podrá alzar la prohibición de explotar, de acuerdo con el procedimiento indicado en el artículo siguiente.

Art. 65º Serán áreas de restricción aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que exista el riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él. Cuando los antecedentes sobre la explotación del acuífero demuestren la conveniencia de declarar área de restricción de conformidad con lo dispuesto en el inciso anterior, la Dirección General de Aguas deberá así decretarlo. Esta medida también podrá ser declarada a petición de cualquier usuario del respectivo sector, si concurren las circunstancias que lo ameriten. Será aplicable al área de

restricción lo dispuesto en el artículo precedente. La declaración de un área de restricción dará origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidas en ella.

Art. 67º Los derechos de aprovechamiento otorgados de acuerdo al artículo anterior, se podrán transformar en definitivos una vez transcurridos cinco años de ejercicio efectivo en los términos concedidos, y siempre que los titulares de derechos ya constituidos no demuestren haber sufrido daños. Lo mismo ocurrirá cuando el dueño de los derechos provisionales ejecute obras de recarga artificial que incorporen un caudal equivalente o superior a la extracción que efectúe. La Dirección General de Aguas declarará la calidad de derechos definitivos a petición de los interesados y previa comprobación del cumplimiento de las condiciones establecidas en el inciso precedente. De esta manera, los acuíferos que alimentan los humedales altoandinos quedaron protegidos según la forma que se señala en los artículos 58 a 67 que establece que "las zonas que correspondan a acuíferos que alimentan vegas y bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores explotaciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa". Así, "no se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten vegas y bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta sino con autorización fundada de la DGA".

Art. 92º Prohíbe botar a los canales substancias, basuras, desperdicios y otros objetos similares, que alteran la calidad de las aguas. Será responsabilidad de las Municipalidades respectivas, establecer las sanciones a las infracciones de este artículo y obtener su aplicación.

- *D.L. Nº 19.821/02 del Ministerio de Obras Públicas, Deroga la Ley Nº 3.133 y modifica la Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales.* Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas. Ordena y simplifica los procedimientos administrativos, fortalece las potestades fiscalizadoras y traslada la preocupación estatal desde la gestión de los administrados hacia los resultados que éstos logran alcanzar, en razón de las normas de emisión que deben cumplir.

3.3. Normas reglamentarias

Son aquellas normas contenidas básicamente en Decretos Supremos, donde también se incluyen los reglamentos

D.S. Nº 30 (D.O. 03/04/97). Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Refundido en el D.S. Nº 95 de 2001 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. *Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Este reglamento "establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Participación de la Comunidad, de conformidad con los preceptos de la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente" (Artículo 1). Entre otras, identifica los proyectos y actividades que deben ser objeto de una declaración o estudio de impacto ambiental y señala los criterios que permiten definir esta situación. También se refiere a los contenidos mínimos que debe incluir un estudio de este tipo, así como el

procedimiento para su presentación ante los organismos competentes. Incluye, además, un título completo referido a la participación de la ciudadanía en estos casos.

D.S. 02 de 2005 Ministerio de Agricultura. *Declara Monumento Natural las especies de fauna silvestre* huemul (*Hippocamelus bisulcus*), chinchilla lanígera, costina o chilena (*Chinchilla lanigera*), chinchilla cordillerana (C*hinchilla brevicaudata*), cóndor (*Vultur gryphu*s), picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) y picaflor de Juan Fernández (*Scephanoides fernandensis*).

D.S. N° 1528 de 29 de julio de 1940, del Ministerio de Tierras y Colonización. Declara Reservas Forestales todos los terrenos de llaretales del país comprendidos desde la provincia de Antofagasta al norte.

D.S. N° 1.427 de 23 de octubre de 1941, del Ministerio de Tierras y Colonización. Reglamento sobre la explotación de la Llareta (*Azorella compacta*).

Norma Chilena Nº 1.333 de 1987 del Instituto Nacional de Normalización. *Requisitos de Calidad de Agua para Diferentes Usos.* Esta norma chilena regula la calidad del agua para diferentes usos, y es emitida por el Instituto de Normalización.

D.S. N° 75 de 2005 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, establece las disposiciones que regirán el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a las cuales alude la ley Nº19.300.

D.S. N°148 de 2003 Ministerio de Salud: *Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos*. Este reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.

D.S. Nº 93 de 1995 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión. Procedimiento para la dictación de normas de calidad ambiental primarias y secundarias y el procedimiento y los criterios para la revisión de dichas normas, se sujetarán a las disposiciones del presente reglamento.

D.S. N° 94 de 1995 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. *Reglamento que fija el Procedimiento y Etapas para Establecer Planes de Prevención y de Descontaminación*. El procedimiento para la elaboración de los Planes de Prevención y de Descontaminación, y su proposición a la autoridad para su establecimiento, conforme a lo dispuesto en el inciso final del artículo cuarenta y cuatro de la Ley 19.300, se sujetará a las normas del presente reglamento.

D.S. Nº 90 de 2000 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. Esta norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de los contaminantes asociados a los residuos líquidos que descargan a estos cuerpos receptores. En ella se establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos industriales líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile. Establece que será la Dirección General de Aguas quien determinará el caudal disponible para dilución en un cuerpo receptor, el contenido de captación y el contenido natural del cuerpo receptor. La norma clasifica las aguas en cuatro clases: -Clase excepción: por su extraordinaria pureza y escasez forma parte del patrimonio ambiental; -Clase 1: Muy buena calidad. Apta para la protección y conservación

de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3; -Clase 2: Buena calidad. Agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.; -Clase 3: Regular calidad. Agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

D.S. Nº 46 de 2002 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. Esta norma de emisión tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero, contribuyendo a mantener la calidad de las aguas subterráneas. En ella se determinan las concentraciones máximas de contaminantes permitidas en los residuos líquidos que son descargados por la fuente emisora, a través del subsuelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras destinadas a infiltrarlo. Establece que será la Dirección General de Aguas quien determinará la vulnerabilidad del acuífero y el contenido natural del cuerpo receptor. Para esos efectos podrá solicitar los antecedentes que estime conveniente al responsable de la fuente emisora.

Normas Secundarias de Calidad Ambiental. Es aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza. Los objetivos de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental son: (a) Mantener o recuperar la calidad de las aguas para proteger y contribuir a la conservación de las comunidades acuáticas. (b) Proteger la calidad de las aguas para la bebida de animales sea que vivan en estado silvestre o bajo el cuidado y dependencia del hombre. (c) Proteger la calidad de las aguas para riego de manera de contribuir a la conservación de los suelos y la flora silvestre o cultivada. (d) Proteger cuerpos o cursos de agua de extraordinaria calidad que constituyen parte del patrimonio ambiental.

Ley 19.253 del 5 de octubre de 1993 (Ministerio de Planificación). Promulga la Ley sobre Protección, Fomento y Desarrollo de los Indígenas (Ley Indígena), por medio de la cual el Estado reconoce a los mapuche, aymará, rapa nui, atacameños, quechuas y collas y a los kawéskar y yaganes de los canales australes, estableciendo normas sobre protección, fomento y desarrollo de los indígenas. La ley consagra, entre otras garantías, el derecho a la tierra, su protección y ampliación, la protección de las culturas indígenas y sus lenguas, el derecho a la educación intercultural bilingüe y el derecho a la participación y al desarrollo. Junto a ello, se crea la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.

DS N°70 del 10 de marzo de 1997. MIDEPLAN. Declara área de Desarrollo Indígena II Región, el espacio territorial denominado "Atacama la Grande", que integra casi la totalidad de la comuna de San Pedro de Atacama. Esta declaración del Área de Desarrollo Indígena, tiene por finalidad la focalización de la acción que corresponde desarrollar a los organismos de la administración del Estado en beneficio del desarrollo armónico de los indígenas y sus comunidades.

En la Tabla 7-18 se resume la legislación aplicable al área de estudio.

3.4. Análisis de la aplicabilidad de la legislación seleccionada

Atendiendo a las características del área de estudio, se han definido cuatro unidades como sistemas relevantes sobre los cuales se aplicarían las normas jurídicas (Fig.7-7). Estos son los componentes ambientales que reúnen la biodiversidad el sitio y constituyen los objetos de conservación definidos con anterioridad y sobre los cuales se expresó el nivel de amenazas. A continuación se analizará sobre ellos la aplicación de las normas jurídicas con su expresión cartográfica. Los sistemas son:

I.- Humedales altoandinos del Tatio
II.- Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
III.- Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica
IV.- Pajonal/tolar de la estepa altoandina

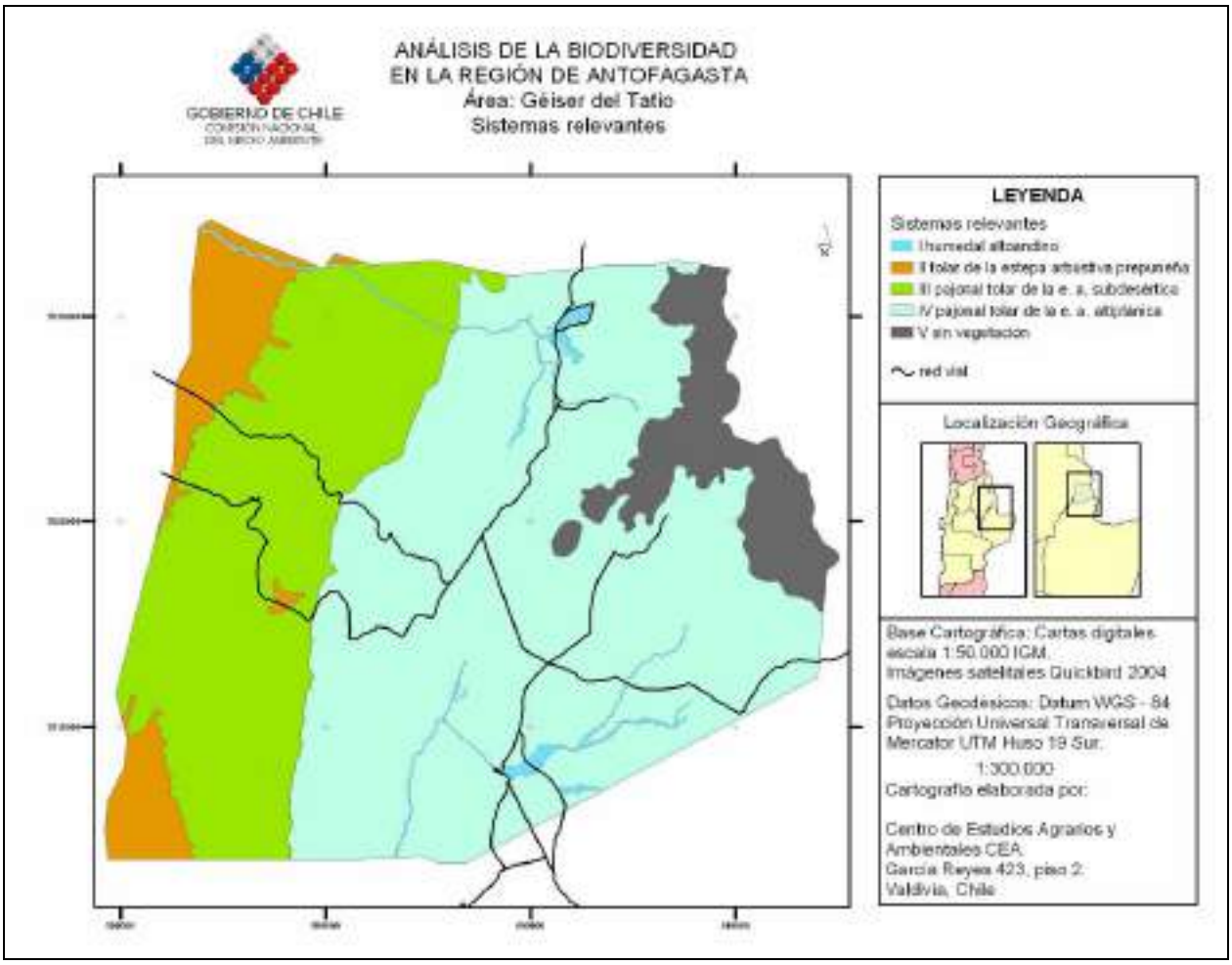


FIGURA 7-7. SISTEMAS RELEVANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO

TABLA 7-18. LEGISLACIÓN AMBIENTAL REFERIDA A LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Norma Constitucional	
Artículo 19, Nº 8	Derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
Artículo 19, Nº 24	Derecho de propiedad.
Artículo 20, inciso 2º	Consagra el Recurso de protección.
Artículo 21, inciso 1º	Derecho a desarrollar cualquiera actividad económica.
Norma Legal	
Ley Nº 19.300	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.
Ley Nº 17.288	Sobre Monumentos Nacionales.
D.S. Nº 141	Aprueba Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).
D.L. Nº3.485	Aprueba convención relativa a las zonas de importancia internacional, especialmente como hábitat de las aves acuáticas, firmada en Ramsar, Irán, el 2 de febrero de 1971
Ley N° 19.473	Ley de Caza
Ley Nº 18.362	Sistema Nacional de Áreas Silvestres del Estado
D.F.L Nº 725/67	Código Sanitario
D.F.L Nº 1.122	Código de Aguas
DL Nº 1.939/77	Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado
DL Nº 19.821/02	Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales. Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas
D.S. Nº 868 /81	Convención sobre la conservación de especies migratorias de la fauna salvaje (CMS).
D Nº 2 de 2006	Promulga creación del Comité Nacional CMS
D.S. Nº 3530 /80	Convenio para la Conservación y manejo de la Vicuña.
Norma Reglamentaria	
D.S. Nº 30/97	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
D.S. Nº 531	Convención de Washington. Dispone que se cumpla y lleve a cabo la “Convención para la protección de la flora la fauna y las bellezas escénicas naturales de América”, firmada en Washington el 12 de octubre de 1940.
D.S. Nº 771	Promulga la Convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitats de las aves acuáticas, suscrito en Irán el 02 de febrero de 1971.
D.S. Nº 971	Protocolo para enmendar la convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitats de las aves acuáticas.
D.S. N° 75/05	Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres
DS 02/05	Declara Monumento Natural las especies de fauna silvestre Huemul, Chinchilla lanígera, costina o chilena, Chinchilla cordillerana, Cóndor, Picaflor de Arica y Picaflor de Juan Fernández
DS Nº1528/40	Declara Reservas Forestales los llaretales desde la provincia de Antofagasta al norte
DS Nº1427/41	Reglamenta la explotación de la llareta
Ch Nº 1.333/87	Regula la calidad del agua para diferentes usos
D.S. N°148/03	Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos
D.S. Nº 93/95	Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión
D.S. Nº 95/01	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
D.S. 90/00	Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales
D.S. 46/02	Norma de Emisión Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas
Normas Secundarias de Calidad Ambiental.	Norma Secundaria de Calidad Ambiental

Normas constitucionales

La constitución no alude en forma explícita a la biodiversidad, lo cual contrasta con el tratamiento que ella da a los componentes ambientales minerales e hídricos, respecto de los cuales existen normas específicas (Valenzuela 1994). Esto es importante porque la constitución también asegura la propiedad privada y la posibilidad de desarrollar cualquier actividad económica (Artículo 19, números 24 y 21, respectivamente). De este modo, como afirma Valenzuela (1994), en la práctica la diversidad biológica constituye "un objetivo ajeno a la Constitución de 1980" y se puede adquirir libremente la propiedad de sus diversos componentes. En consecuencia, ello abre espacios para hacer un "uso, goce y disposición" de estas propiedades que con mucha frecuencia contrastan con los intereses superiores, más generales y de largo plazo del país (véase Pellet 2005). Reiterando lo dicho, mientras se mantenga el actual régimen de protección y garantías del derecho de propiedad en Chile, por sobre el bien común, Hermosilla (2004) estima que ello no contribuirá a la efectiva protección y conservación de la biodiversidad. Para que esto ocurra en la realidad, debiera contarse necesariamente con normativas de rango constitucional y de legislación básica del ordenamiento jurídico chileno, que llenen vacíos o modifiquen normas existentes. Ello implica forzosamente reforma de la Constitución Política del Estado y de Códigos fundamentales como el Civil, de Minería y de Aguas.

Aplicabilidad de los tratados internacionales

En general no existe una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios. Dentro de este contexto, se aprecia la total ausencia, en el ordenamiento jurídico actual, de manifestaciones concretas del Principio de Precaución, al que obliga, por ejemplo, la adhesión al Convenio sobre Diversidad Biológica (Hermosilla 2004).

Convención de Washington.

En la Convención de Washington, la norma más directamente vinculada a la biodiversidad establece que “los límites de los parques nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos sino por acción de autoridad legislativa competente” disposición que entra en claro conflicto con la normativa nacional que indica que “las unidades de manejo serán creadas, alteradas o reclasificadas mediante sendo decretos supremos expendidos por intermedio de los ministerios que señala” agregando que “la pérdida de su condición de tal quedará sujeta a igual procedimiento administrativo”. Aunque, si bien es cierto esta ley no entra en vigencia aún, queda la incertidumbre de que cobre tal aplicación una vez que se defina la institucionalidad. La otra disposición conflictiva, dispone que “las riquezas existentes en parques nacionales no se explotarán con fines comerciales” así como sus disposiciones en el sentido que los monumentos naturales deben ser considerados “inviolables”, con las excepciones establecidas en beneficio de las “investigaciones científicas” debidamente autorizadas o para efectuar inspecciones gubernamentales. Según Hermosilla (2004) el punto crítico radica en que la legislación nacional, para compatibilizar sus normas con los compromisos internacionales asumidos por el país, debiera prohibir la realización de actividades mineras en los parques nacionales o dictar una ley especial para cada caso y con respecto a los monumentos

naturales, protegerlos efectivamente asegurando su inviolabilidad. Esta convención también se orienta a proteger y conservar los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, todos aspectos que podrían conjugarse en el sitio en estudio.

Convención de Ramsar.

El estado de los humedales en la región de Antofagasta es crítica en los oasis, así como en la zona desértica de altura (Comité Nacional de Humedales de Chile, 1998). Los factores tensionantes son las descargas de aguas residuales (domésticas e industriales) sin tratamiento; la falta de una adecuada planificación y ordenamiento territorial, y uso de aguas sin criterios de sustentabilidad ecológica. Algunas normas han significado un relativo avance en resguardo de estos ecosistemas, tales como las disposiciones de protección de vegas y bofedales de las zonas altiplánicas, como también las recientes normas regulatorias de descargas de residuos líquidos industriales a sistemas de alcantarillado y la que se refiere a los cuerpos de aguas superficiales. Sin embargo, el cumplimiento de la Convención no es adecuada (véase Muñoz-Pedreros 2004) ya que el peso del sistema privilegia el ejercicio del derecho de dominio sobre las aguas y el beneficio de la actividad minera, por sobre consideraciones de protección a estos ecosistemas (Hermosilla 2004). Así, por ejemplo, el derecho de uso de las principales fuentes de aguas superficiales y subterráneas han sido entregadas en la región de Antofagasta conforme a los procedimientos legales vigentes, no respetándose varias recomendaciones de la Convención, como los caudales ecológicos. La utilización de esta agua, principalmente por las demandas del sector minero, ha producido cambios en los ecosistemas. Así el uso de esta Convención no es alta por la inexistencia de una política nacional operativa, normativa nacional específica en Chile que regule con un enfoque integral los humedales, como asimismo, por falta de un solo organismo estatal que se encargue de su manejo y protección (Montenegro et al. 2001). En la región de Antofagasta existen dos sitios Ramsar, el Sistema Hidrológico Soncor y el salar de Tara, ambos pertenecen a la Reserva Nacional Los Flamencos, aunque no son parte de una misma extensión territorial continua.

Convención de Biodiversidad.

En una de sus partes la Convención dispone: "la Conferencia de las Partes examinará sobre la base de estudios que se llevarán a cabo, la cuestión de la responsabilidad y reparación, incluso el reestablecimiento y la indemnización por daños causados a la diversidad biológica, salvo que esa responsabilidad sea una cuestión puramente interna". Existe falta de claridad sobre la materia y el ámbito de los estudios a los que alude el artículo 14 y que estima que éstos deben referirse sólo a materias como la biotecnología o los impactos ambientales que produce la lluvia ácida (UNEP/CBD, 2001). Es decir, busca restringir el ámbito de aplicación de un sistema de responsabilidad en esta materia como posición que no necesariamente se condice con la que tradicionalmente sostienen los países en desarrollo. También es patente la ausencia, dentro de nuestro Derecho Interno, de normativas que recojan el principio de la precaución. La idea central del principio de precaución es que tanto los intereses privados como los públicos debieran actuar de manera de prevenir el daño ambiental antes que este ocurra; en contraste con las políticas de mitigación y remediación que adoptan una aproximación reactiva.

Aplicabilidad de normas legales generales

Aplicabilidad de la normativa referente a los humedales y recursos hídricos

Utilizando como base las normas ya señaladas en los puntos anteriores, se puede describir la situación actual del recurso agua desde el punto de vista de la aplicación de la legislación ambiental; al tiempo que se construye su expresión cartográfica.

Áreas de protección

Acuíferos protegidos que alimentan vegas y bofedales de la I y II Región

Las áreas de protección son sectores protegidos por ley, éstas están asociadas a ciertas áreas que son de importancia para la flora y fauna o bien para el consumo humano o animal de localidades indígenas. Dentro de ellas se pueden distinguir: Acuíferos Protegidos de la I y II Región. La relación de la Dirección General de Aguas con el tema indígena comienza en concreto en el año 1992, cuando a la luz de las políticas de Gobierno impulsadas por el Presidente Aylwin, se modificaron los artículos 58 y 63 del Código de Aguas en el sentido de prohibir la exploración y explotación de aguas subterráneas en los acuíferos alimentadores de las vegas y bofedales de las ex I y II regiones, que son el sustento de las actividades agroganaderas y de sobrevivencia de las comunidades andinas, como una medida de protección de estos ecosistemas únicos y del manejo y uso ancestral que las comunidades habían hecho de ellos. A partir del año 1993 la DGA comenzó a realizar estudios para identificar y ubicar áreas de vegas y bofedales y delimitar sus acuíferos alimentadores. Es así entonces que en 1996 se dictó la Resolución DGA N° 909 que prohibió la exploración y explotación de las aguas subterráneas antes mencionadas. En la región de Antofagasta se protegieron 167 humedales con una superficie asociada de 2.798 km^2, equivalentes al 2.22% de la superficie total de la región. En el 2006 mediante Resolución DGA Nº 87 se modificó la delimitación de estos acuíferos para la II Región, quedando protegidos 228 humedales y una superficie de 5.149 km^2 equivalentes al 4.07% de la superficie total regional.

Aunque estas medidas aparentemente protegen las aguas subterráneas la interpretación que hizo la Contraloría General de la República (véase Muñoz 2003) de la norma ha establecido que la disponibilidad de las aguas subterráneas se comprueba sólo a través de las correspondientes pruebas de bombeo y que la autoridad no está facultada para denegar un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas cuando no existe disponibilidad de agua a nivel de fuente (a nivel de acuífero). Dicha interpretación establece en síntesis, que la Administración no tiene la facultad de denegar un derecho de aprovechamiento de agua subterránea por falta de disponibilidad de agua en el acuífero y que la protección de terceros y del acuífero, está dada sólo por el área de protección de los pozos (art. 61 del Código de Aguas), por la declaración de áreas de restricción (art. 65, 66 y 67 del Código de Aguas), por la declaración de Zonas de Prohibición (art. 63 del Código de Aguas), y por el establecimiento de Reducción Temporal del ejercicio de los derechos (art. 62 del Código de Aguas). Además señalan que dichas declaraciones tienen efecto sólo sobre los derechos que se soliciten después de su dictación, es decir no es de aplicación retroactiva desde el momento en que se produce el efecto nocivo que permitiría hacer dichas declaraciones.

En la práctica, hoy día, la Autoridad está imposibilitada de adoptar alguna medida que tienda a la protección general de los derechos otorgados y del acuífero, salvo que exista una petición expresa en ese sentido por parte de los usuarios. Este hecho obliga a una adecuación de la normativa vigente que permita reflejar la situación existente en los acuíferos del país, de acuerdo con los resultados de las evaluaciones técnicas existentes. De acuerdo a lo anterior existen restricciones a la aplicación de esta normativa, la que, sin embargo, podría ser un buen instrumento para la conservación de recursos hídricos.

Política Nacional de Humedales (PNRH)

La propuesta para una Política Nacional de Recursos Hídricos fue elaborada por la Dirección General de Aguas, recogiendo los resultados de numerosos estudios y la experiencia del Servicio adquirida a lo largo de 30 años y sometida a un amplio debate. En ella se identifican los principales desafíos a enfrentar en el futuro próximo, los que se identifican con la demanda, los temas ambientales y la variabilidad climática. En el ámbito ambiental la gestión de los recursos hídricos se centra en los requerimientos hídricos para fines ambientales, para la protección de los ecosistemas y de los valores paisajísticos y turísticos asociados; y la contaminación de las aguas.

Los principales objetivos de la PNRH son: Asegurar la disponibilidad de agua para el abastecimiento de las necesidades básicas de la población y mejorar la eficiencia de uso; localizar los recursos hídricos en aquellas demandas que presentan el mayor beneficio económico, social y medio ambiental para el país; maximizar el aporte de los recursos hídricos al crecimiento del país, a través del desarrollo de las fuentes no utilizadas y del reuso; disminuir el impacto de la variabilidad hidrológica en la actividad del país; recuperar el pasivo ambiental existente y; minimizar los niveles de conflicto relacionados con el agua. En materia ambiental los principales problemas de contaminación que es necesario resolver se refieren a la contaminación por aguas servidas domésticas, la proveniente de efluentes mineros y residuos industriales líquidos (RILes) y la contaminación agrícola y difusa de aguas subterráneas. Las líneas de acción que se propone implementar están referidas a i) Naturaleza jurídica de los derechos de aprovechamiento y acondicionamiento del marco legal. ii) Estructura institucional, gestión integrada y planificación. iii) Medio ambiente y contaminación. iv) Aprovechamiento de los recursos hídricos. v) Administración del agua y organizaciones de usuarios. vi) Evaluación y conocimiento de los recursos hídricos y sistemas de información. vii) Formación técnica y educación al público.

Protección de vegas y bofedales

La Ley Nº19.300, de Bases del Medio Ambiente, de 1994, a través del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, contempla cuatro artículos relativos a las vegas y bofedales, y humedales en general.

Art. 3.- Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

a) Presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas. Se entenderá que estos proyectos o actividades son significativos

cuando se trate de: a.2. Drenaje o desecación de vegas y bofedales ubicados en las Regiones I y II, cualquiera sea su superficie.

Art. 6.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire. A objeto de evaluar los efectos adversos significativos a que se refiere el inciso anterior, se considerará: n) el volumen, caudal y/o superficie, según corresponda, de recursos hídricos a intervenir y/o explotar en: n.1. vegas y/o bofedales ubicados en las Regiones I y II, que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas;

Art. 77.- En el permiso para efectuar exploraciones de aguas subterráneas en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales, en las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, a que se refiere el inciso tercero del artículo 58 del D.F.L. 1.122/81, Código de Aguas, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para la preservación del bofedal o vega, en consideración a: sus características, su régimen de alimentación, el caudal máximo de agua que se pretende alumbrar, los aprovechamientos existentes de las aguas superficiales y subterráneas que se encuentran en la zona que se va a explorar y la ubicación de los terrenos donde se realizarán los trabajos y la extensión que se desea explorar.

Art. 78.- En el permiso para realizar nuevas explotaciones o mayores extracciones de aguas subterráneas que las autorizadas, en zonas de prohibición, a que se refiere el artículo 63 del D.F.L. 1.122/81, Código de Aguas, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para la preservación de acuíferos que alimenten vegas y bofedales en las regiones indicadas, de acuerdo a: las características del acuífero, su régimen de alimentación, el caudal máximo de agua que se pretende explotar y los efectos sobre la recarga artificial del acuífero.

Esta normativa podría evaluarse para la protección de las vegas y bofedales asociadas al área.

Aplicabilidad de la normativa referente a la flora y vegetación

Respecto de las especies vegetales, existen varias normas que refieren desde reglamentar su explotación hasta asegurar la conservación de algunas de ellas.

Ley de bases del Medio Ambiente (Ley Nº19.300, D.O. 09/03/94)

Indica que los organismos competentes del Estado "confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas" (Artículo 38º).

D.S. Nº 4.363 Ley de bosques. El elemento más destacable de esta ley se encuentra en el artículo 10º, según el cual el Presidente de la República puede establecer "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", dos figuras cuyos objetivos centrales serían "regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje" (Artículo 10º).

D.S. N° 1528 de 1940. Declara Reservas Forestales todos los terrenos de llaretales del país comprendidos desde la provincia de Antofagasta al norte.

D.S. N° 1.427 de 1941. Reglamento sobre la explotación de la Llareta (*Azorella compacta*).

DS N° 75 de 2005. Reglamento sobre la Clasificación de Especies Silvestres.

Aplicabilidad de la normativa referente a la fauna silvestre

Ley de bases del Medio Ambiente (Ley Nº19.300, D.O. 09/03/94)

Indica que los organismos competentes del Estado "confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas" (Artículo 38º).

Ley N° 19.473 Ley de Caza. Aplicada a todos las especies protegidas, aquellas para las cuales se han dictado normas de conservación (prohibición de caza y definición de vedas o cuotas, entre otros), es decir aquellas especies contenidas en los artículos 4° y 5° del Reglamento de la Ley de Caza.

DS N° 75 de 2005. Reglamento sobre la Clasificación de Especies Silvestres.

Decreto Nº212 (DO 19.05.1981). Promulga Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña, suscrito en Lima, el 29 de Diciembre de 1979. Convenio suscrito por los gobiernos de las Repúblicas de Bolivia, Chile, Ecuador y Perú, con el propósito de la conservación y el manejo de la vicuña. Se reconoce que la conservación de la vicuña constituye una alternativa de producción económica en beneficio del poblador andino y se comprometen a su aprovechamiento gradual bajo estricto control del Estado (Art. 1°). Los gobiernos signatarios prohíben la caza y la comercialización ilegales de la vicuña, sus productos y derivados en el territorio de sus respectivos países. Comprometiéndose a mantener y desarrollar los parques y reservas nacionales y otras áreas protegidas con poblaciones de vicuñas y a ampliar las áreas de repoblamiento bajo manejo en su forma silvestre prioritariamente y siempre bajo control del Estado (Art. 5°).

Aplicabilidad de la normativa referente al paisaje

Convención de Washington

Este acuerdo internacional para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América, incorpora la protección y conservación de los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, todos componentes del paisaje asociables al sitio en estudio, aunque como se mencionó esta convención no ha entrado en vigencia.

Resumen de aplicabilidad de normas legales en Geisers del Tatio

En la Tabla 7-19 se resume la aplicabilidad de las diferentes normas jurídicas a la conservación del sitio Geisers del Tatio. Sólo se consideraron aquellas regulaciones que tienen expresión sobre los sistemas relevantes anteriormente descritos y que fueron seleccionados como objeto de conservación.

TABLA 7-19. APLICABILIDAD DE LAS DIFERENTES NORMAS JURÍDICAS A LA CONSERVACIÓN DE LOS SISTEMAS DEFINIDOS COMO OBJETOS DE CONSERVACIÓN EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO. I.- HUMEDALES RIPARIANOS DE LOS RÍOS PURITAMA Y PURIFICA INCLUYENDO LOS BOFEDALES DE LA PORCIÓN ALTOANDINA ASOCIADOS A LAS NACIENTES DE AMBOS SISTEMAS; II.- OJALAR DEL DESIERTO DE ALUVIONES; III.- PAJONAL/TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA SUBDESÉRTICA; IV.- PAJONAL/TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA ALTIPLÁNICA

NORMAS JURÍDICAS	DESCRIPCIÓN	SISTEMA INVOLUCRADO	APLICABILIDAD POTENCIAL
Ley Nº 19.300	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.	I, II, III y IV	Alta
DL Nº 3.485 DS Nº 971	Convención de Ramsar. Promueve el uso racional de todos los humedales de su territorio	I	Baja
D.S. Nº 141	Aprueba Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).	I, II, III y IV	Alta
D.S. Nº 531	Convención de Washington. Dispone que se cumpla y lleve a cabo la “Convención para la protección de la flora la fauna y las bellezas escénicas naturales de América”, firmada en Washington el 12 de octubre de 1940.	I, II, III y IV	Baja
Ley Nº 18.362	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado	I, II, III y IV	Alta
Ley Nº 17.288	Sobre Monumentos Nacionales.	I, II, III y IV	Alta
DS Nº 4.363 Art. Nº 10	Ley de bosques. Podrán establecerse "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", con fines de regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje"	I, II, III y IV	Baja
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de	Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. Artículo 15.- Las reservas forestales, Parques	I, II, III y IV	Alta

bienes del Estado	Nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse para finalidades de conservación y protección del medio ambiente. Artículo 16.- En los contratos de compraventa o concesiones de terrenos fiscales rústicos podrán imponerse al beneficiario obligaciones para la protección del medio ambiente. Artículo 21.- Podrán declararse Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines.		
Ley Nº 19.473/96	Ley de Caza. Establece prohibición de caza y captura de todos los vertebrados nativos de Chile.	I, II, III y IV	Alta
D Nº 212/81	Promulga Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña.	I, III	Alta
DS Nº1528/40	Declara Reservas Forestales los llaretales	IV	Alta
DS Nº1427/41	Reglamenta la explotación de la llareta	IV	Alta
DS N° 75/05	Reglamenta la Clasificación de Especies Silvestres	I, II, III y IV	Alta
DFL Nº 1.122/81	Código de Águas. Regula la exploración en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta. Protege los acuíferos que alimentan los humedales altoandinos (Art. 58 a 67) alimentan vegas y bofedales de la Región de Antofagasta prohibiendo mayores explotaciones que las autorizadas y nuevas explotaciones sino con autorización fundada de la DGA.	I	Alta
DS Nº 90/00 Norma de emisión	Regula la emisión de contaminantes asociados a descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales	I	Alta
DS Nº 46/02 Norma de emisión	Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas	I (incluye napas)	Alta
DL 19.82102 Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales.	Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas.	I	Alta
NCh Nº 1.333/87.	Regula la calidad del agua para diferentes usos, entre ellos la vida acuática, estableciendo concentraciones máximas permitidas.	I	Alta
DS Nº 30/97.	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.	I, II, III y IV	Alta
DS Nº 95/01	Establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental identificando los proyectos y actividades que deben ser objeto de una declaración o estudio de impacto ambiental y señala los criterios que permiten definir esta situación.	I, II, III y IV	Alta

3.5. Expresión cartográfica

La expresión cartográfica de las leyes se hizo representando en una carta cada una de las normas jurídicas seleccionadas sobre cada uno de los sistemas relevantes que tiene injerencia en el objeto de conservación del área de estudio.

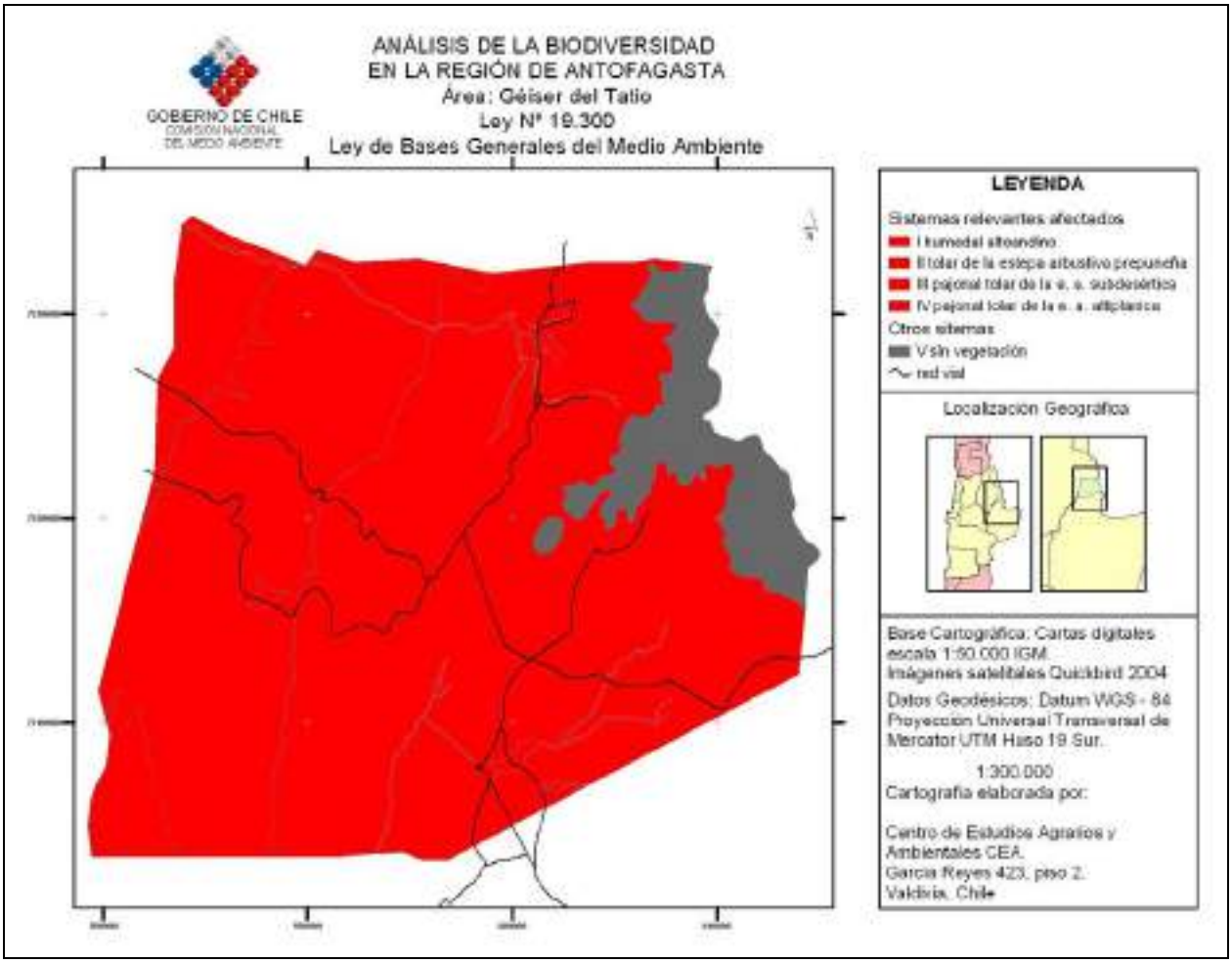


FIGURA 7-8. LEY Nº 19.300 LEY GENERAL DE BASES DEL MEDIO AMBIENTE EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

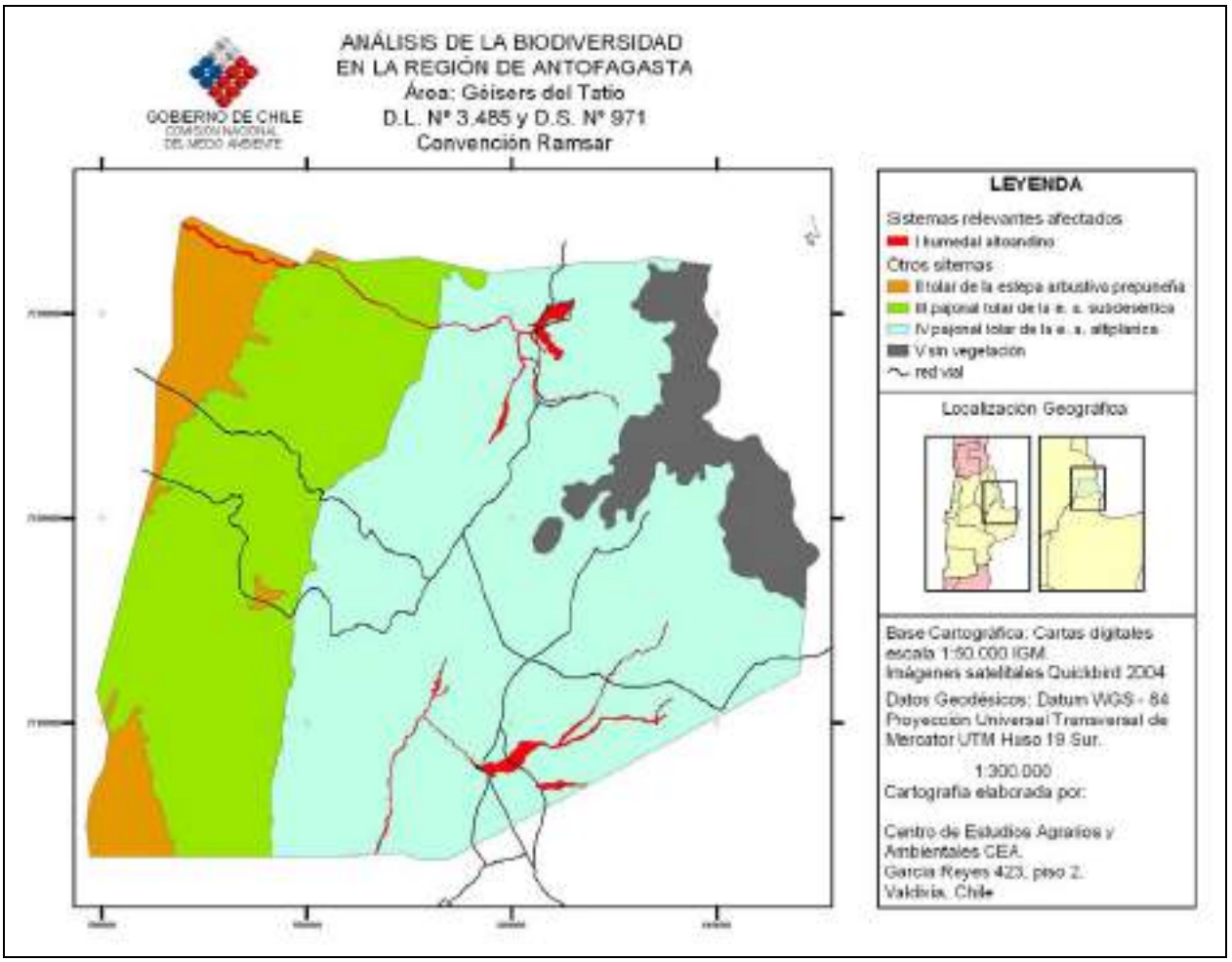


FIGURA 7-9. DL Nº 3.485 (DS Nº 971) CONVENCIÓN DE RAMSAR EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

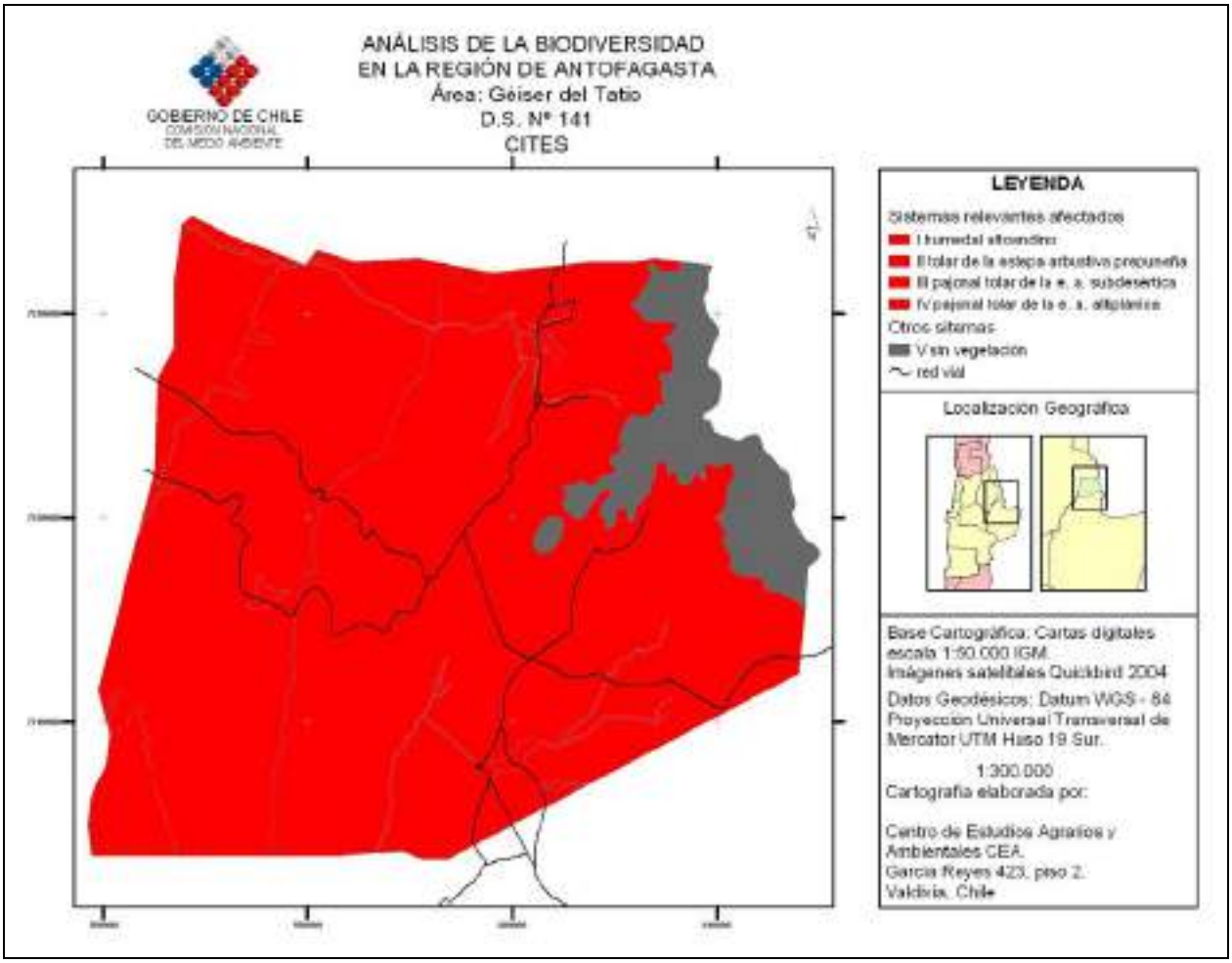


FIGURA 7-10. DS Nº 141. APRUEBA CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES (CITES).

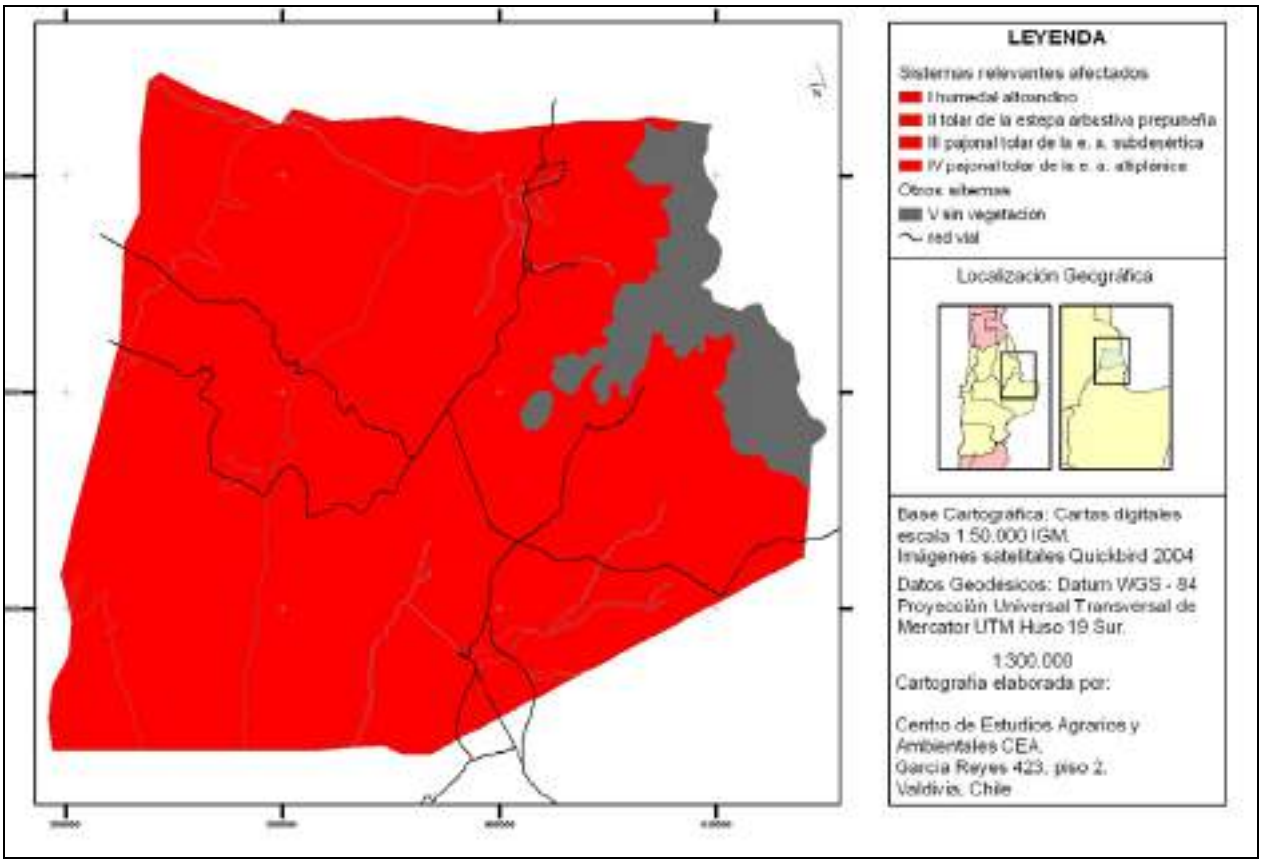


FIGURA 7-11. DS Nº 531. CONVENCIÓN DE WASHINGTON PARA LA PROTECCIÓN DE LA FLORA LA FAUNA Y LAS BELLEZAS ESCÉNICAS NATURALES DE AMÉRICA.

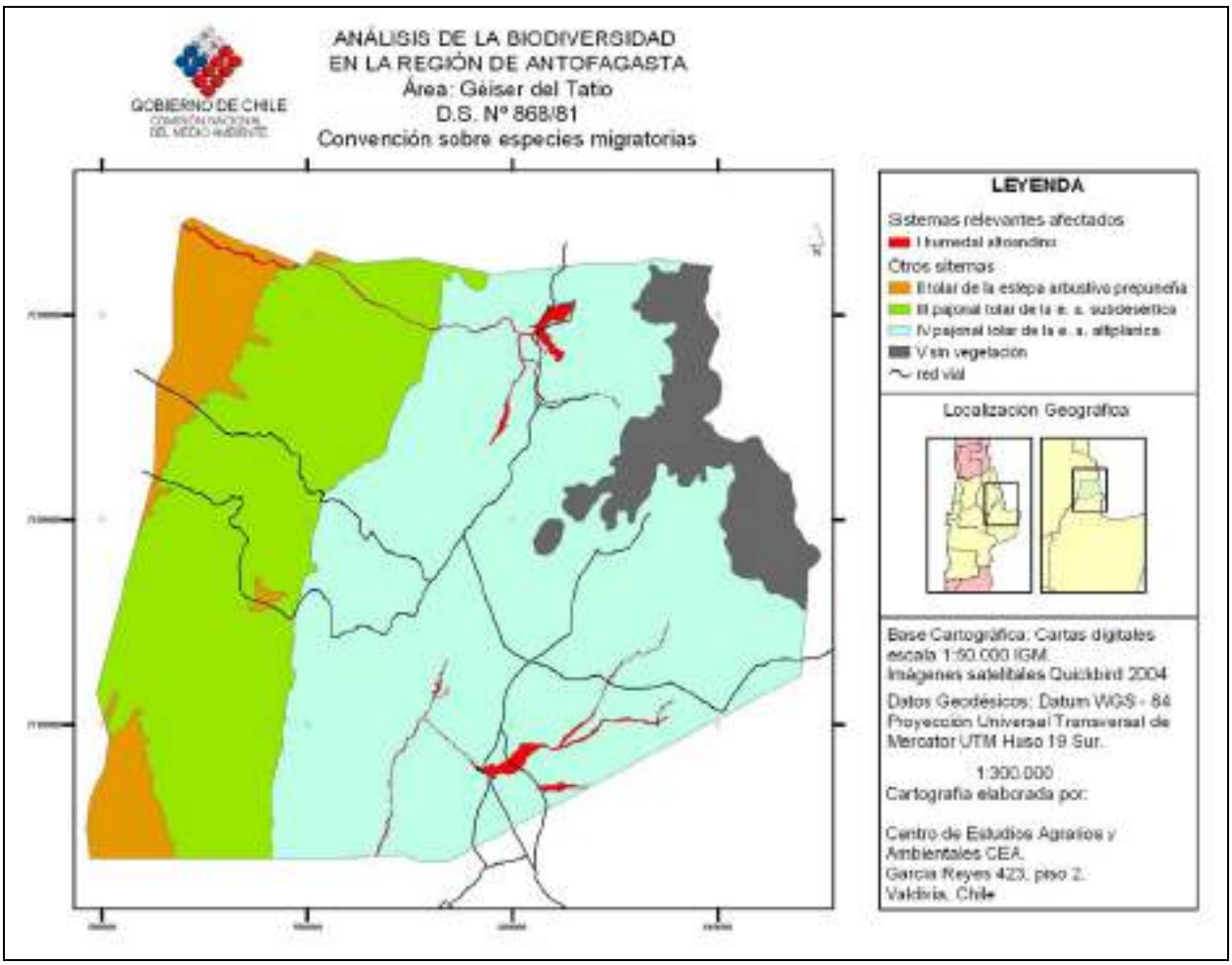


FIGURA 7-12. DS Nº 868 /81. CONVENCIÓN SOBRE LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES MIGRATORIAS DE LA FAUNA SALVAJE (CMS)

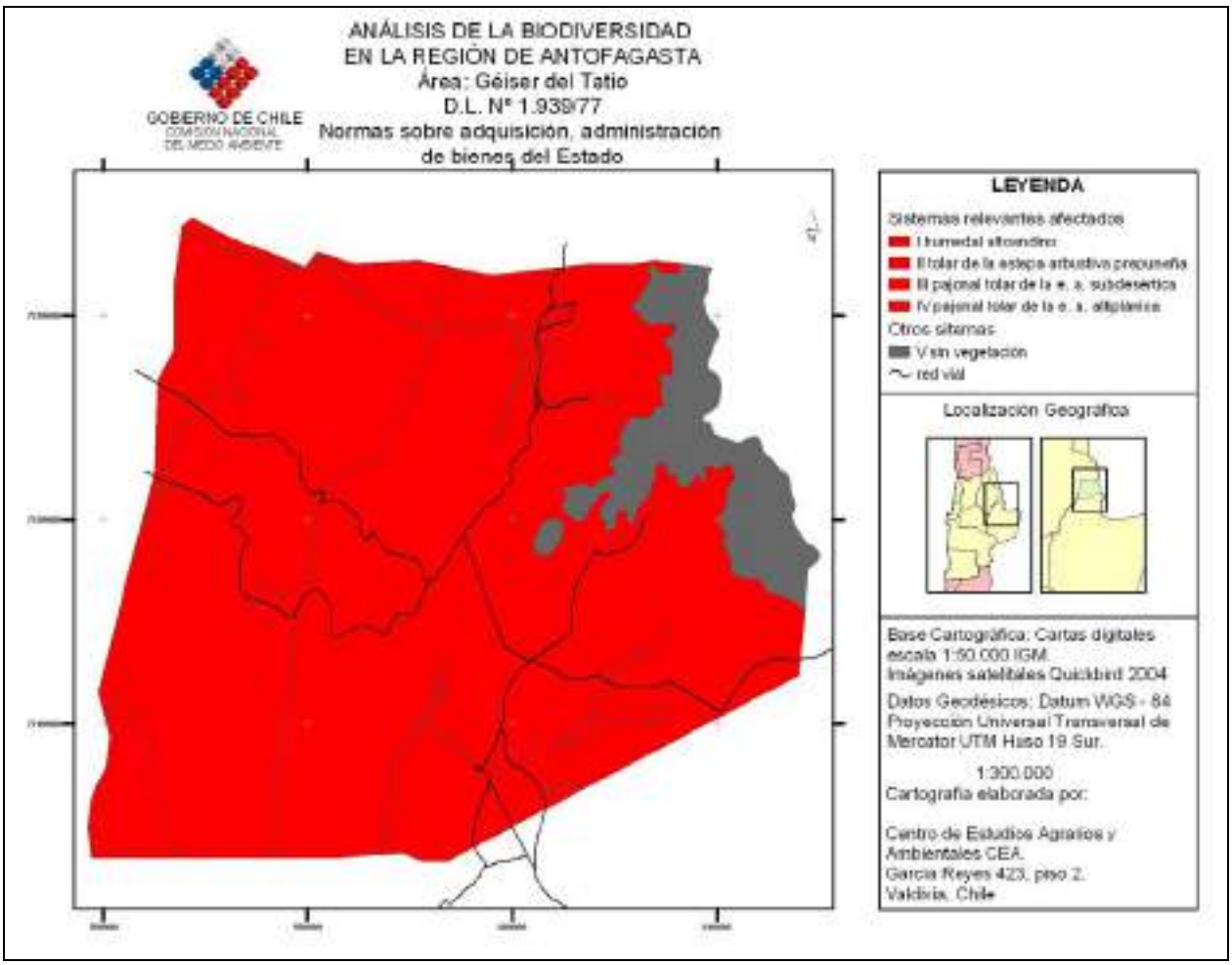


FIGURA 7-13. DL Nº 1.939/77 NORMAS SOBRE ADQUISICIÓN, ADMINISTRACIÓN DE BIENES DEL ESTADO (ART. 15, 16 Y 21) DECLARACIÓN DE RESERVAS FORESTALES O PARQUES NACIONALES. SITIO GEISERS DEL TATIO.

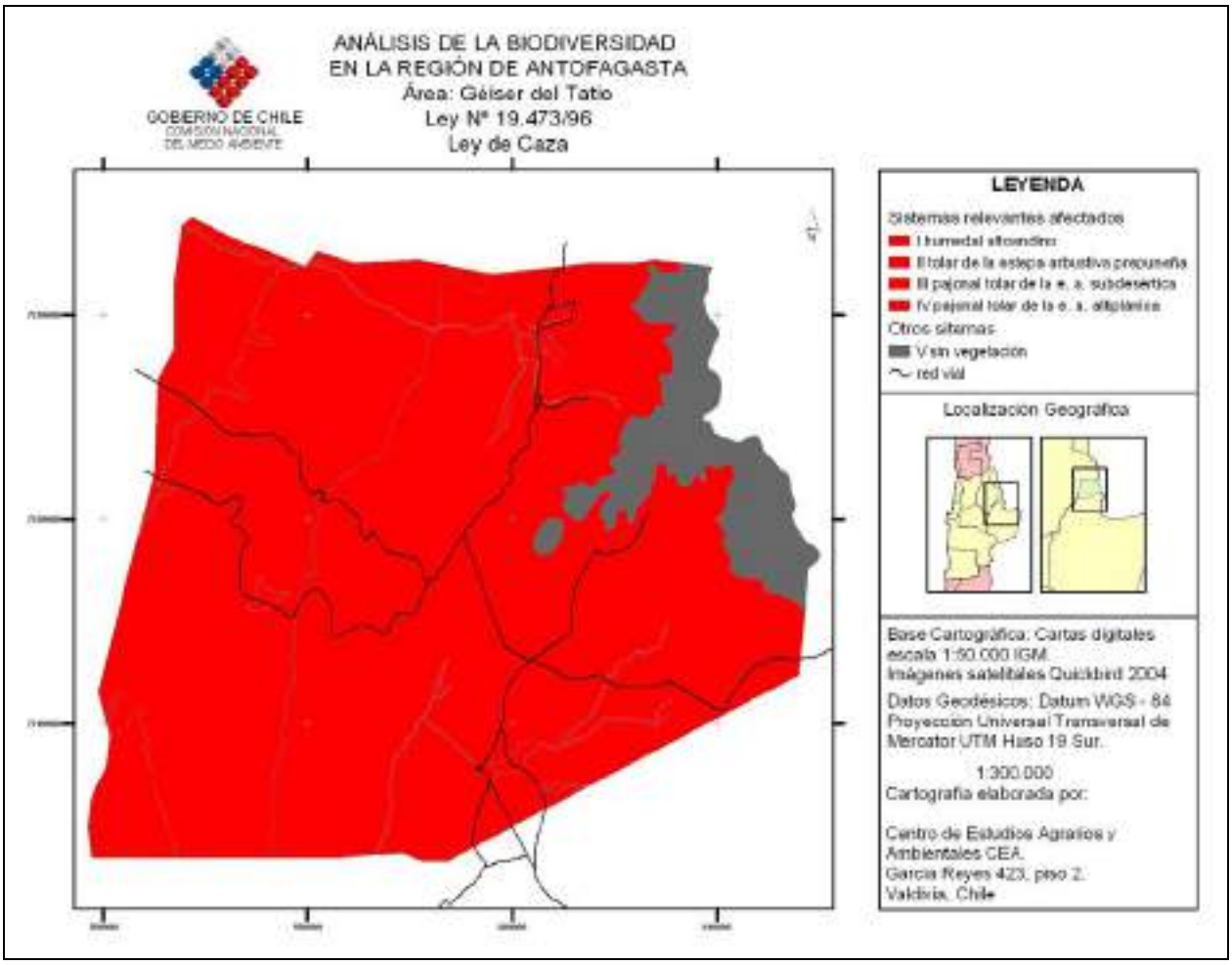


FIGURA 7-14. LEY N° 19.473 LEY DE CAZA. SITIO GEISERS DEL TATIO

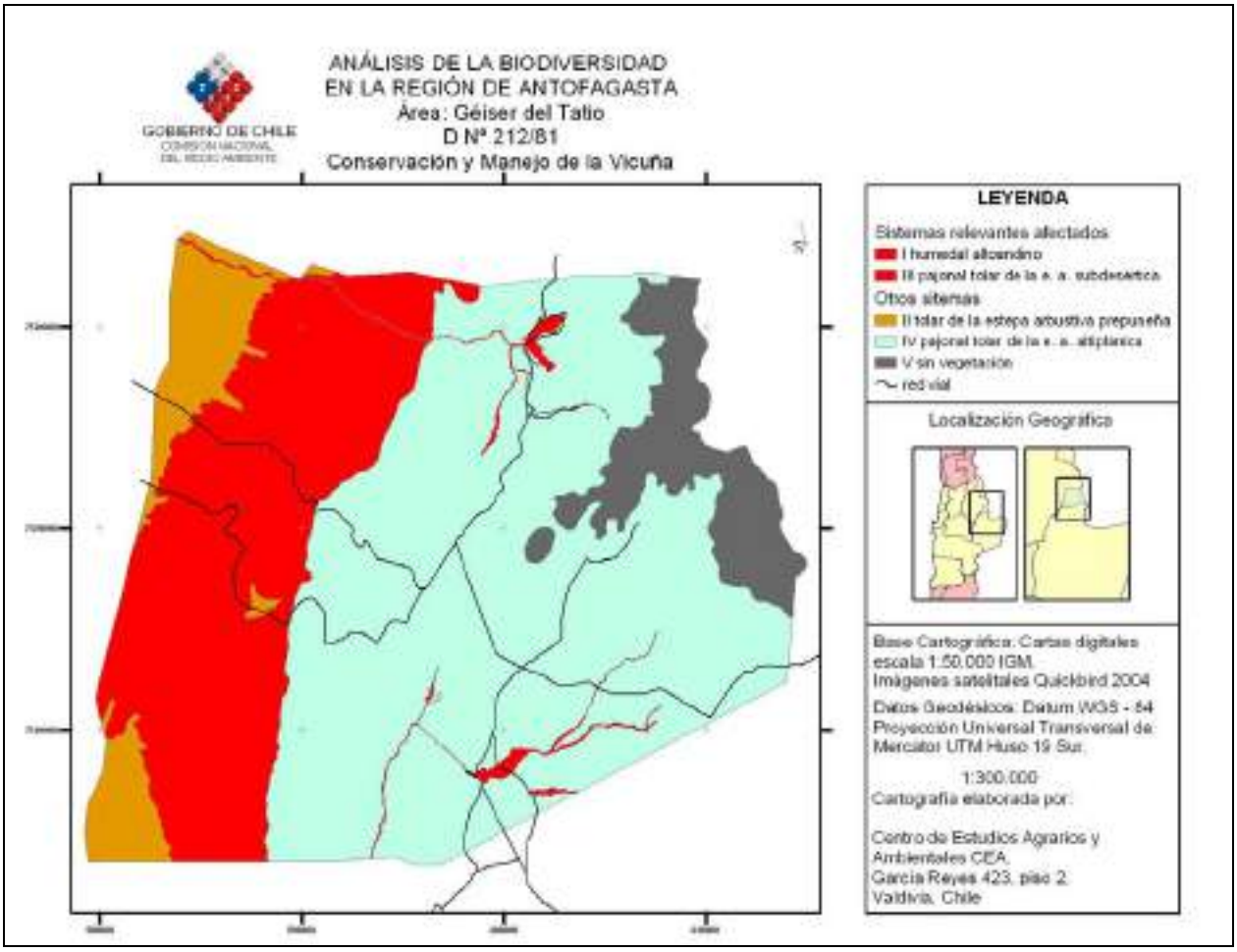


FIGURA 7-15. DS Nº 212/81. PROMULGA CONVENIO PARA LA CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LA VICUÑA. SITIO GEISERS DEL TATIO.

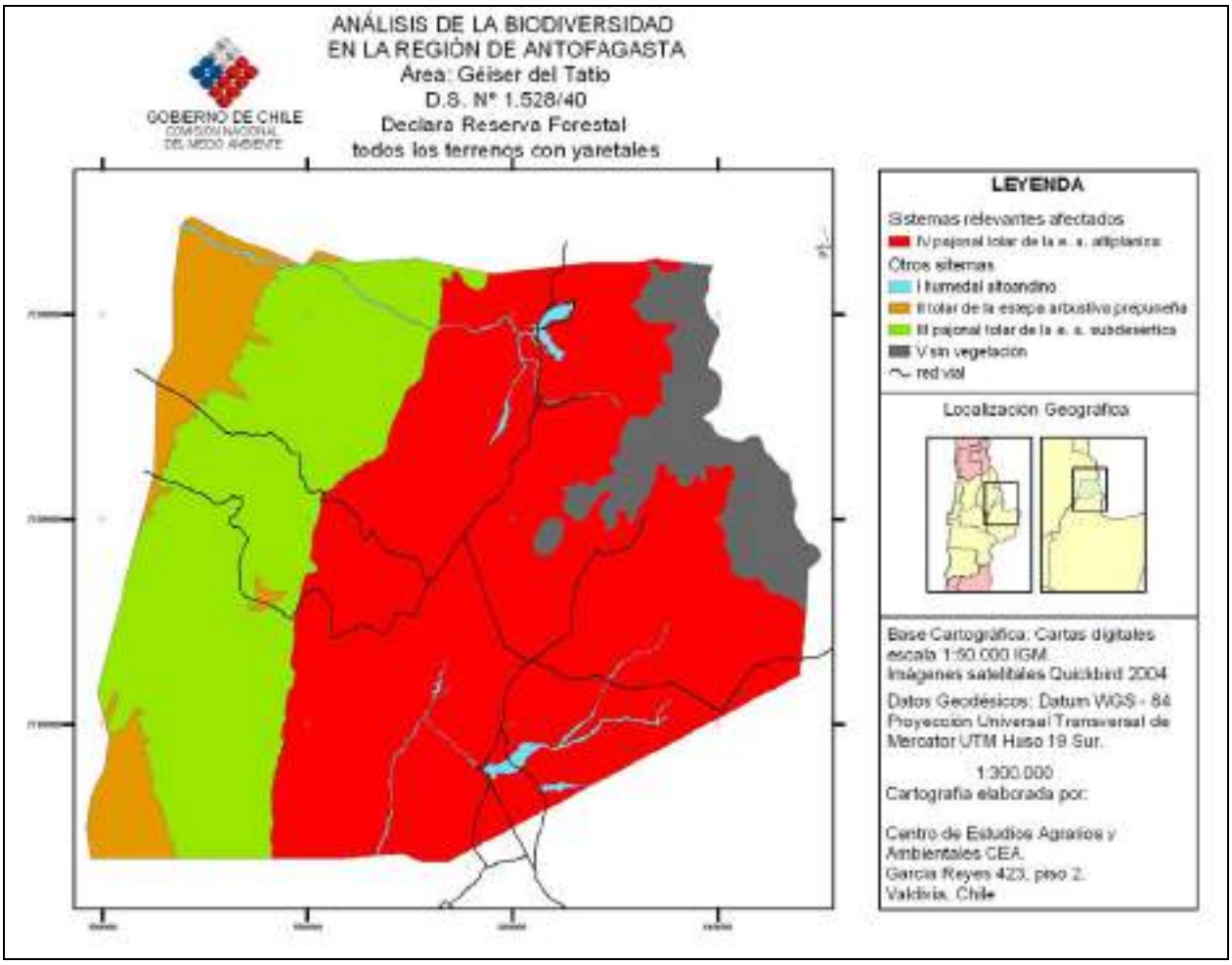


FIGURA 7-16. DS N° 1528/40 DECLARA RESERVAS FORESTALES LOS LLARETALES. SITIO GEISERS DEL TATIO.

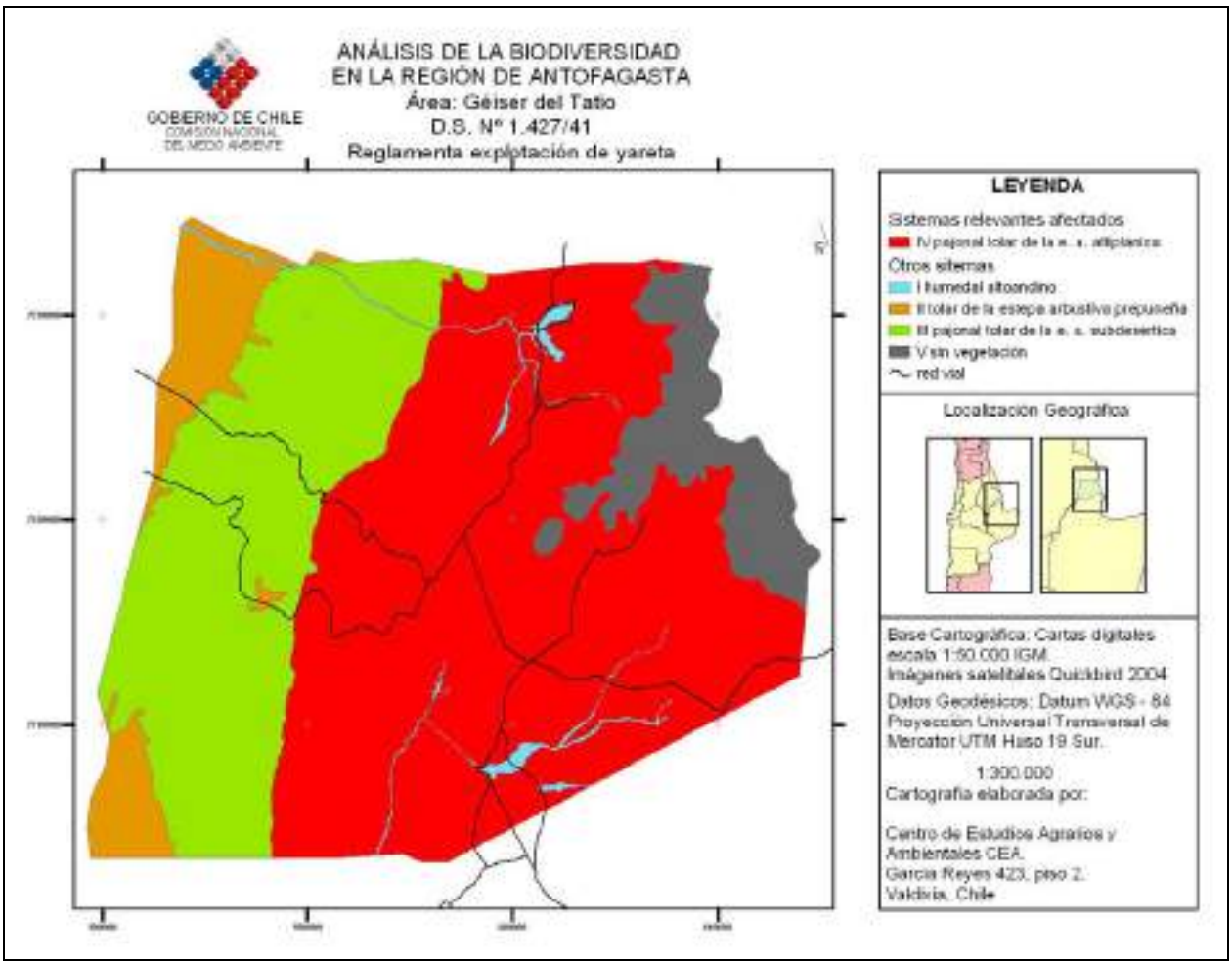


FIGURA 7-17. DS N° 1427/41. REGLAMENTA LA EXPLOTACIÓN DE LOS LLARETALES. SITIO GEISERS DEL TATIO.

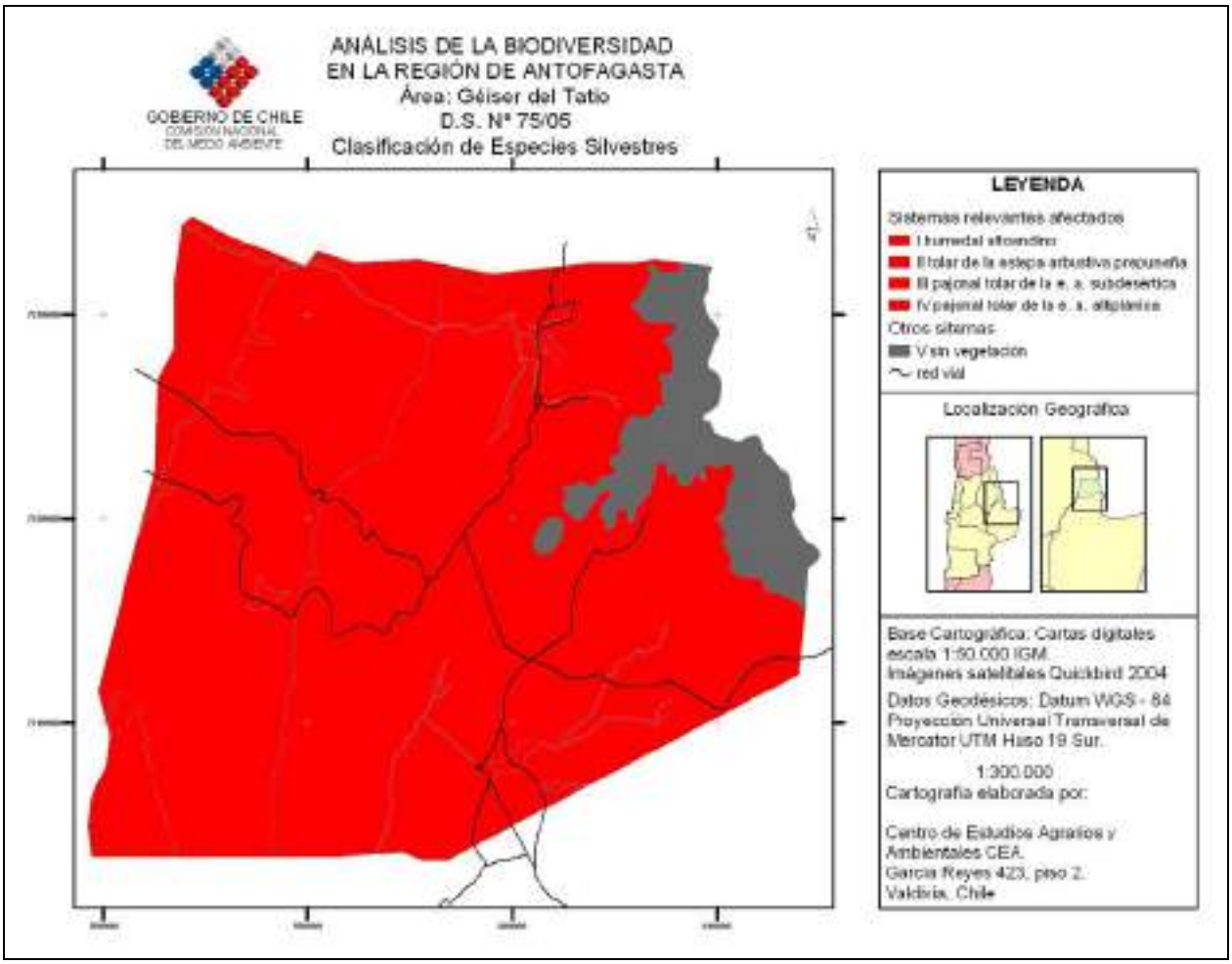


FIGURA 7-18. DS N° 75/05 REGLAMENTA LA CLASIFICACIÓN DE ESPECIE SILVESTRES. SITIO GEISERS DEL TATIO.

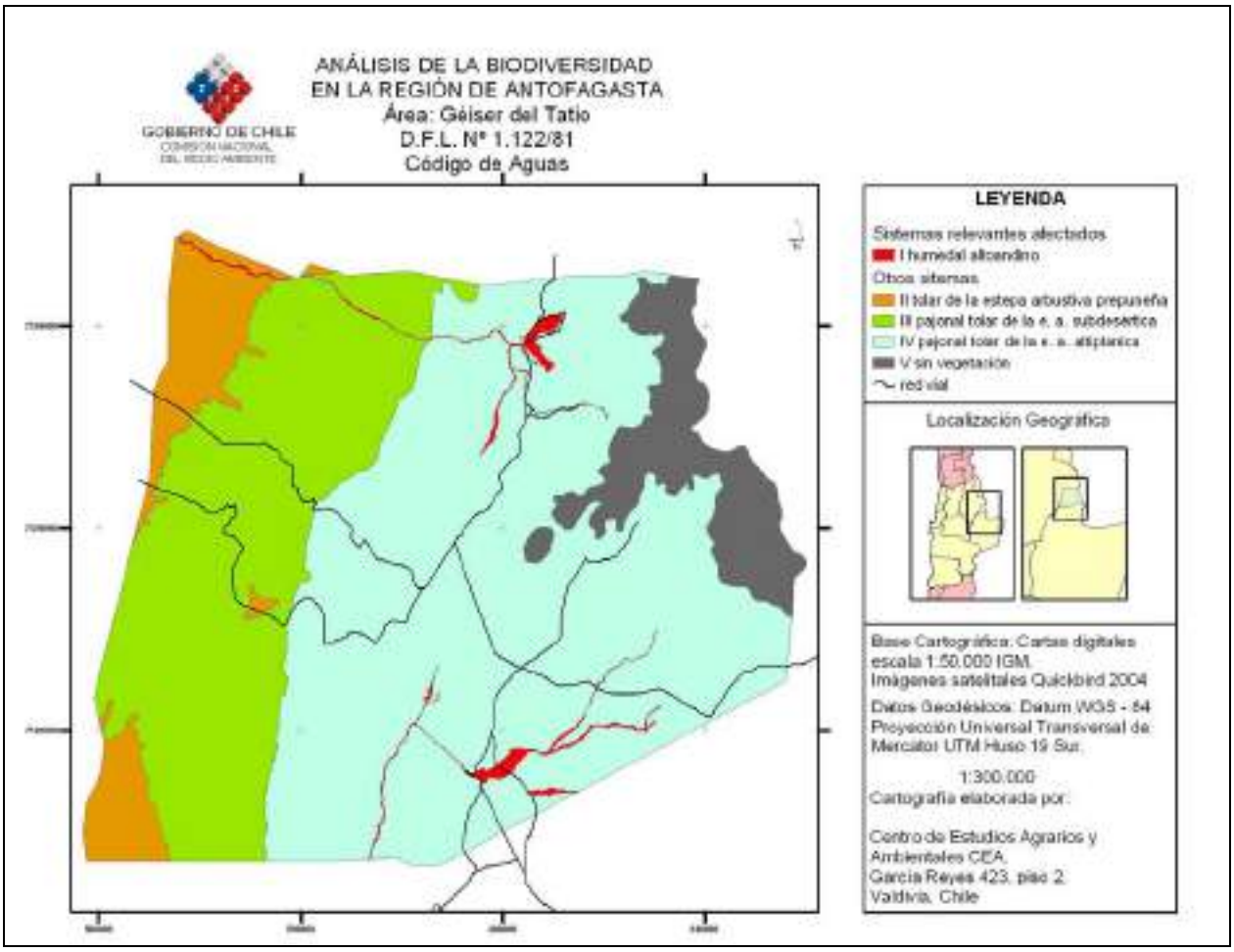


FIGURA 7-19. DFL Nº 1.122/81 CÓDIGO DE AGUAS (ART. 58 A 67) EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

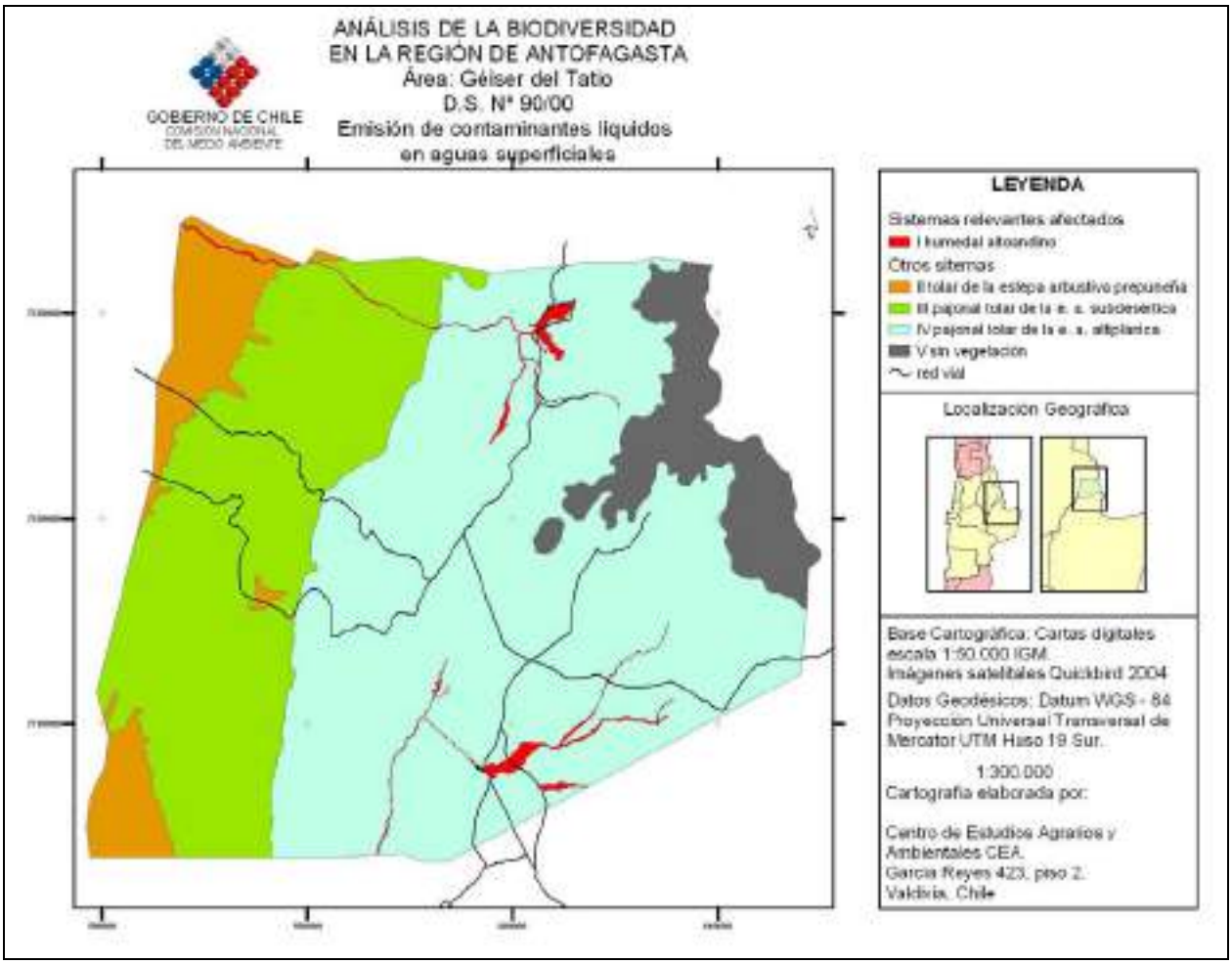


FIGURA 7-20. DS Nº 90/00 NORMA DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN RESIDUOS LÍQUIDOS VERTIDOS EN AGUAS CONTINENTALES EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

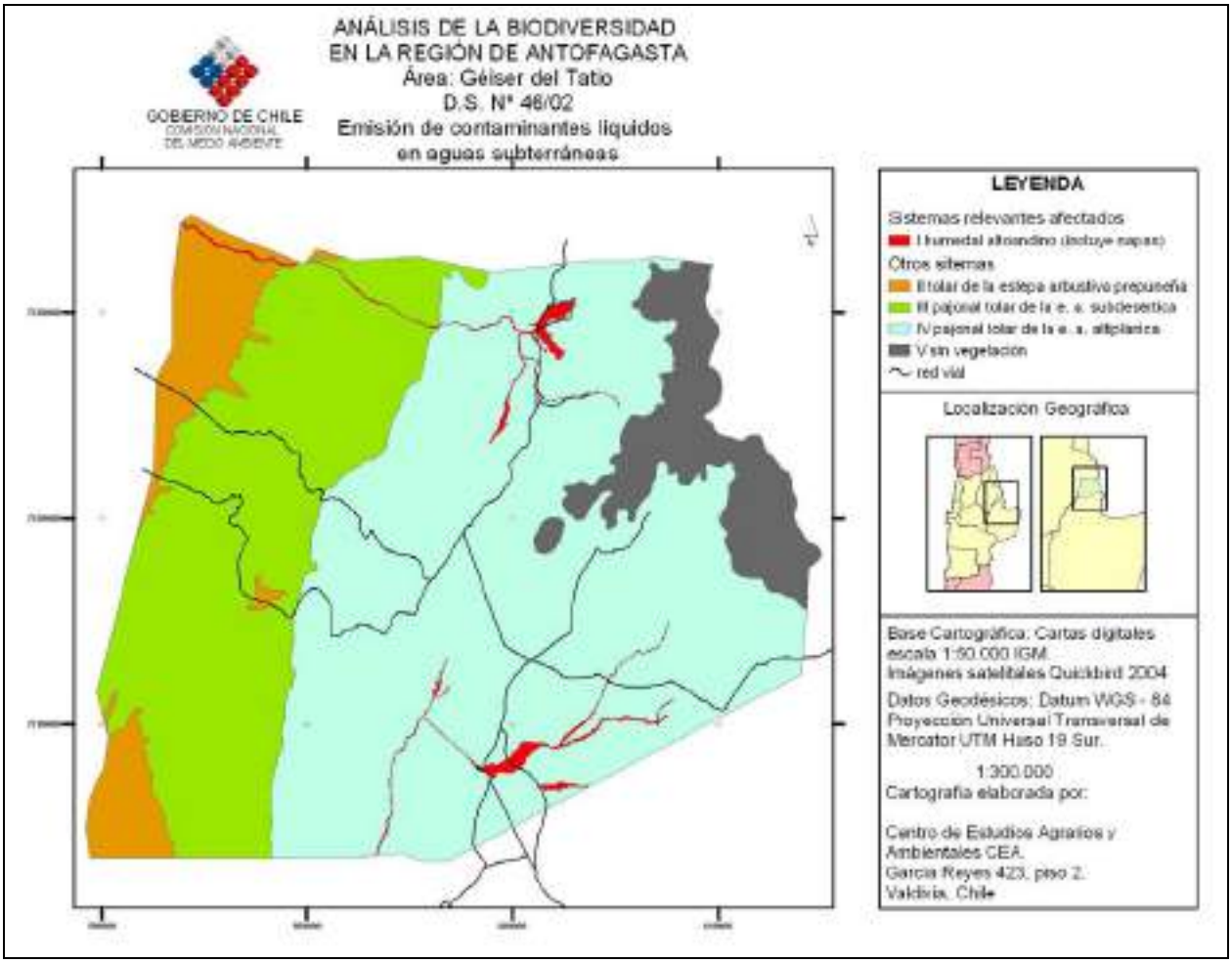


FIGURA 7-21. DS Nº 46/02 NORMA DE EMISIÓN DE RESIDUOS LIQUIDOS A AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

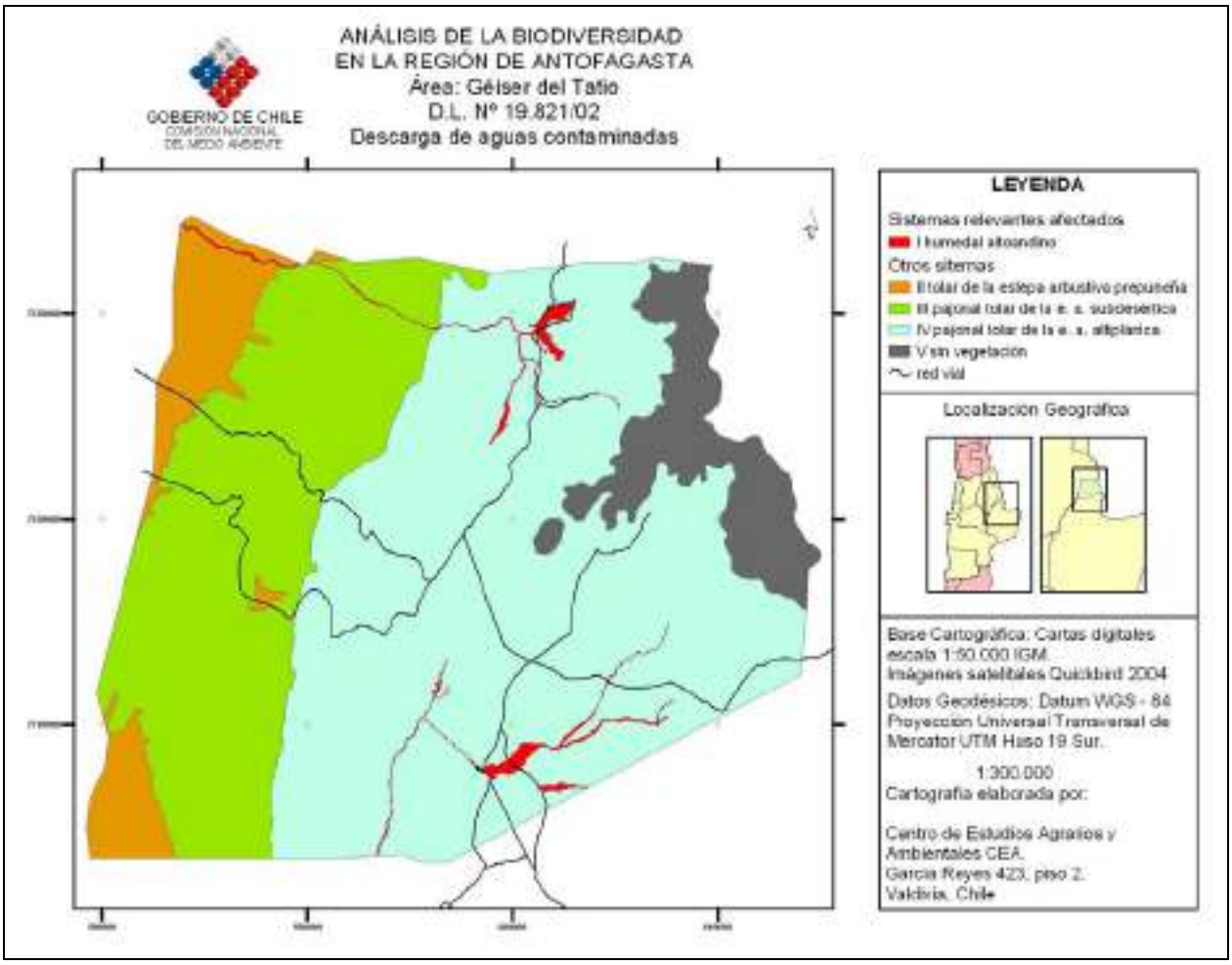


FIGURA 7-22. DL Nº 19.821/02 PROHÍBE LAS DESCARGAS DE AGUAS CONTAMINADAS AL MEDIO AMBIENTE Y PERFECCIONA EL MARCO REGULATORIO VIGENTE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS. SITIO GEISERS DEL TATIO.

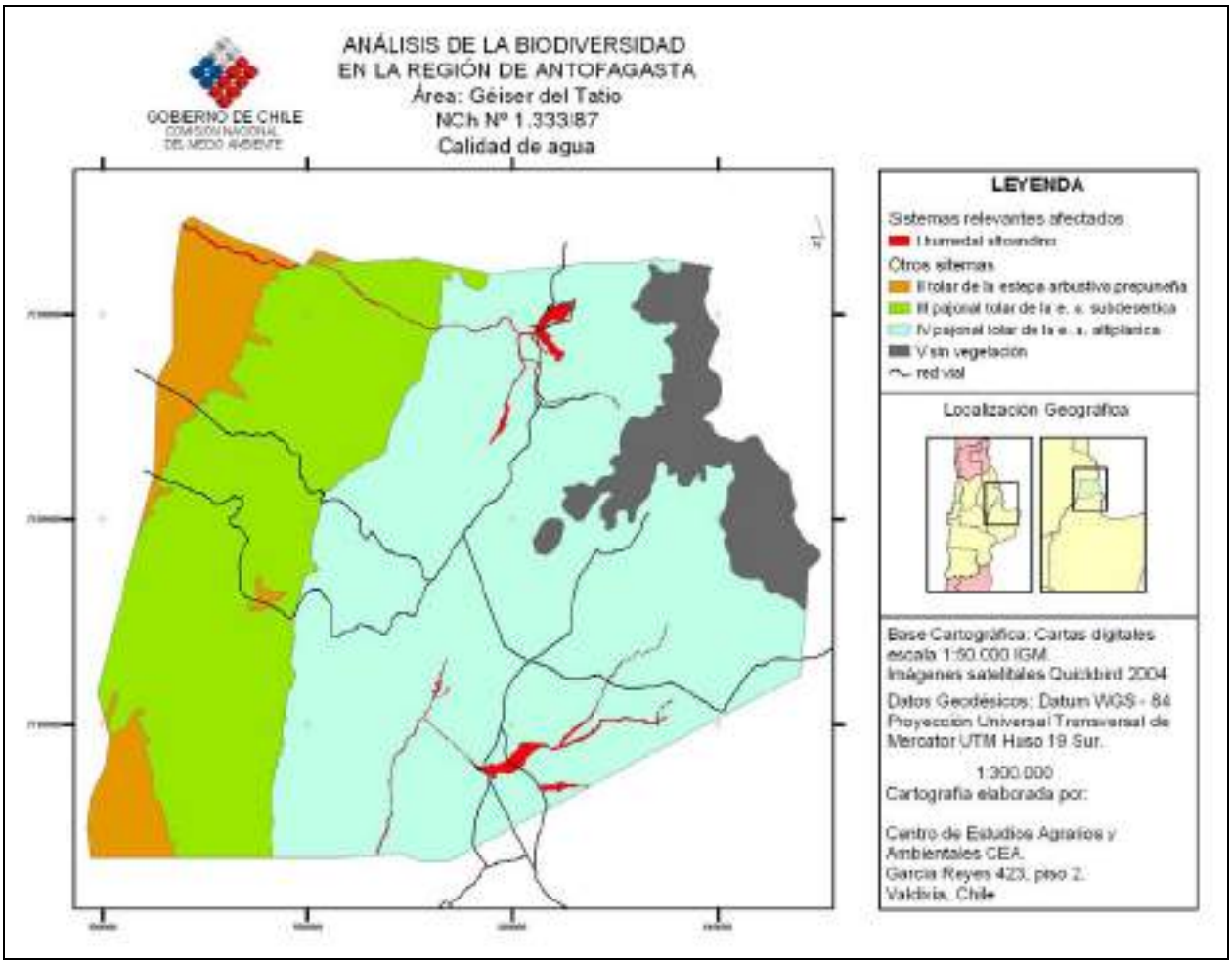


FIGURA 7-23. NCH Nº 1.333/87. DE CALIDAD DE AGUAS EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO

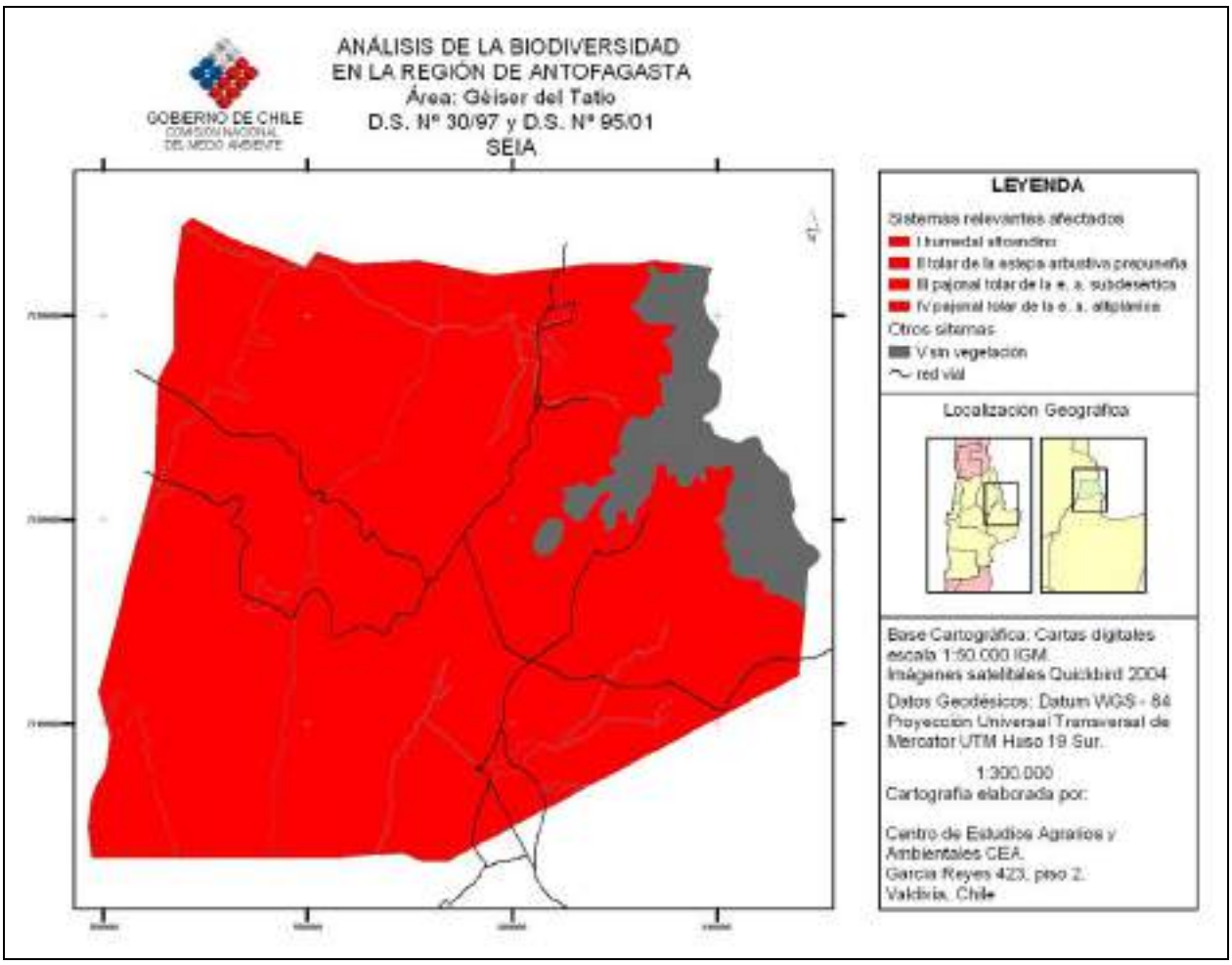


FIGURA 7-24. DS Nº 30/97 Y DS. Nº 95/01 REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. SITIO GEISERS DEL TATIO.

Cartografía de síntesis de protección legal

Para la construcción de la carta de síntesis de la Protección Legal, se procedió a: a) reunir todas las normas jurídicas involucradas por sistema, para luego considerar tres parámetros. El primero es el **número de normas jurídicas (N)** que tienen efecto sobre el sistema objetivo. El segundo, la **especificidad (E),** se refiere a si la norma jurídica fue promulgada expresamente para los objetivos de conservación del sistema involucrado (valor 3), o si secundariamente puede considerarse (valor 2) y si, finalmente, sólo tangencialmente está involucrada en este objetivo de conservación sensu estricto (valor 1). El tercer parámetro es la **aplicabilidad (A)**, entendida como la posibilidad de aplicar una norma jurídica determinada en el área de estudio, así, si posee aplicabilidad cierta en la actualidad (valor3), si su aplicabilidad es baja porque faltan instrumentos para su aplicación (valor 2) y si existen restricciones para su aplicación (nivel 1). Los valores de estos tres parámetros se suman y luego se ponderan (multiplican) por la **jerarquía (J)** que la norma jurídica tiene. La máxima jerarquía (valor 3) es la Constitución Política y las leyes propiamente tales. La jerarquía media (valor 2) son los decretos con fuerza de ley y los decretos leyes. Finalmente las normas reglamentarias (e. g., reglamentos, simples decretos, instrucciones, decretos supremos, resoluciones) con un valor 1.

En las siguientes tablas (Tablas 7-20 a 7-23) se muestran los resultados de estas valoraciones y ponderaciones para los cuatro sistemas considerados en el área de estudio.

TABLA 7-20. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA I HUMEDALES ALTOANDINOS, EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

LEGISLACIÓN VINCULADA AL SISTEMA I (HUMEDALES ALTOANDINOS) GÉISERES DEL TATIO					
NORMA JURÍDICA	Nº	ESPECIFICIDAD	APLICABILIDAD	JERARQUÍA	V=(E+A)*(J) VALORACIÓN
Ley Nº 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	1	3	3	3	18
DL Nº 3.485. DS Nº 971 Convención de Ramsar	2	3	1	2	8
D.S. Nº 141. Convención CITES	3	3	3	3	18
D.S. Nº 531. Convención de Washington	4	2	2	3	12
D.S. Nº 868 /81. Convención de especies migratorias	5	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	6	1	1	2	4
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	7	3	3	3	18
DS Nº 212/81. Convenio conservacion de la vicuña	8	3	3	3	18
DS N° 75/05. Reglamento clasificación de especies	9	3	3	1	6
DFL Nº 1.122/81. Código de aguas (Art. 58 a 67)	10	3	3	2	12
DS Nº 90/00 Norma de emisión	11	3	3	1	6
DS Nº 46/02 Norma de emisión	12	3	3	1	6
DL 19.82102 Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales.	13	3	3	2	12
NCh Nº 1.333/87. Norma de calidad de aguas	14	3	3	1	6
DS Nº 30/97 y DS Nº 95/01 Reglamentación del SEIA	15	3	3	1	6
TOTAL NORMAS	**15**				**168**

TABLA 7-21. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA II TOLAR DE LA ESTEPA ARBUSTIVA PREPUNEÑA, EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

LEGISLACIÓN VINCULADA AL SISTEMA II (TOLAR DE LA ESTEPA ARBUSTIVA PREPUNEÑA) GÉISERES DEL TATIO					
NORMA JURÍDICA	Nº	ESPECIFICIDAD	APLICABILIDAD	JERARQUÍA	V=(E+A)*(J) VALORACIÓN
Ley Nº 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	1	3	3	3	18
D.S. Nº 141. Convención CITES	2	3	3	3	18
D.S. Nº 531. Convención de Washington	3	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	4	1	1	2	4
Ley Nº 19.473/96. Ley de caza	5	3	3	3	18
DS Nº 212/81. Convenio conservacion de la vicuña	6	3	3	3	18
DS N° 75/05. Reglamento clasificación de especies	7	3	3	1	6
DS Nº 30/97 y DS Nº 95/01 Reglamentación del SEIA	8	3	3	1	6
TOTAL NORMAS	**8**				**106**

TABLA 7-22. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA III PAJONA/ TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA SUBDESÉRTICA, EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

LEGISLACIÓN VINCULADA AL SISTEMA III (PAJONAL/TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA SUBDESÉRTICA) GÉISERES DEL TATIO					
NORMA JURÍDICA	Nº	ESPECIFICIDAD	APLICABILIDAD	JERARQUÍA	V=(E+A)*(J) VALORACIÓN
Ley Nº 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	1	3	3	3	18
D.S. Nº 141. Convención CITES	2	3	3	3	18
D.S. Nº 531. Convención de Washington	3	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	4	1	1	2	4
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	5	3	3	3	18
DS Nº 212/81. Convenio conservacion de la vicuña	6	3	3	3	18
DS N° 75/05. Reglamento clasificación de especies	7	3	3	1	6
DS Nº 30/97 y DS Nº 95/01 Reglamentación del SEIA	8	3	3	1	6
TOTAL NORMAS	**8**				**106**

TABLA 7-23. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA IV PAJONA/ TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA ALTIPLÁNICA, EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

LEGISLACIÓN VINCULADA AL SISTEMA III (PAJONAL/TOLAR DE LA ESTEPA ALTOANDINA ALTIPLÁNICA) GÉISERES DEL TATIO					
NORMA JURÍDICA	Nº	ESPECIFICIDAD	APLICABILIDAD	JERARQUÍA	V=(E+A)*(J) VALORACIÓN
Ley Nº 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	1	3	3	3	18
D.S. Nº 141. Convención CITES	2	3	3	3	18
D.S. Nº 531. Convención de Washington	3	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	4	1	1	2	4
Ley Nº 19.473/96. Ley de Caza	5	3	3	3	18
DS Nº 212/81. Convenio conservacion de la vicuña	6	3	3	3	18
DS Nº 1528. Declara reservas forestales los yaretales	7	3	3	1	6
DS Nº 1427. Reglamenta la explotación de la yareta	8	3	3	1	6
DS N° 75/05. Reglamento clasificación de especies	9	3	3	1	6
DS Nº 30/97 y DS Nº 95/01 Reglamentación del SEIA	10	3	3	1	6
TOTAL NORMAS	**10**				**118**

Del análisis de las Tablas 7-20 y 7-23 que indican el resultado del procedimiento descrito, se puede concluir la valoración final de protección que presentan ambos ambientes identificados en el sitio Geisers del Tatio, como se muestra en la Tabla 7-24. En la Figura 7-25 se muestra la carta de síntesis de la protección legal del área Geisers del Tatio.

TABLA 7-24. NIVEL DE PROTECCIÓN LEGAL POR AMBIENTE EN EL SITIO GEISERS DEL TATIO.

SISTEMA	CÓDIGO	NIVEL DE PROTECCIÓN LEGAL	JUSTIFICACIÓN
Humedales altoandinos del Tatio	I	Alto	Quince normas jurídicas, ocho de ellas con valoración > 12, cuatro actuando sobre objetos focales de conservación, con una valoración total de 168.
Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	II	Medio	Ocho normas jurídicas, cinco de ellas con valoración > 12, tres actuando sobre objetos focales de conservación, con una valoración total de 106.
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	III	Medio	Ocho normas jurídicas, cinco de ellas con valoración > 12, tres actuando sobre objetos focales de conservación, con una valoración total de 106.
Pajonal/tolar de la estepa altoandina	IV	Alto	Diez normas jurídicas, cinco de ellas con valoración > 12, cinco actuando sobre objetos focales de conservación, con una valoración total de 118.

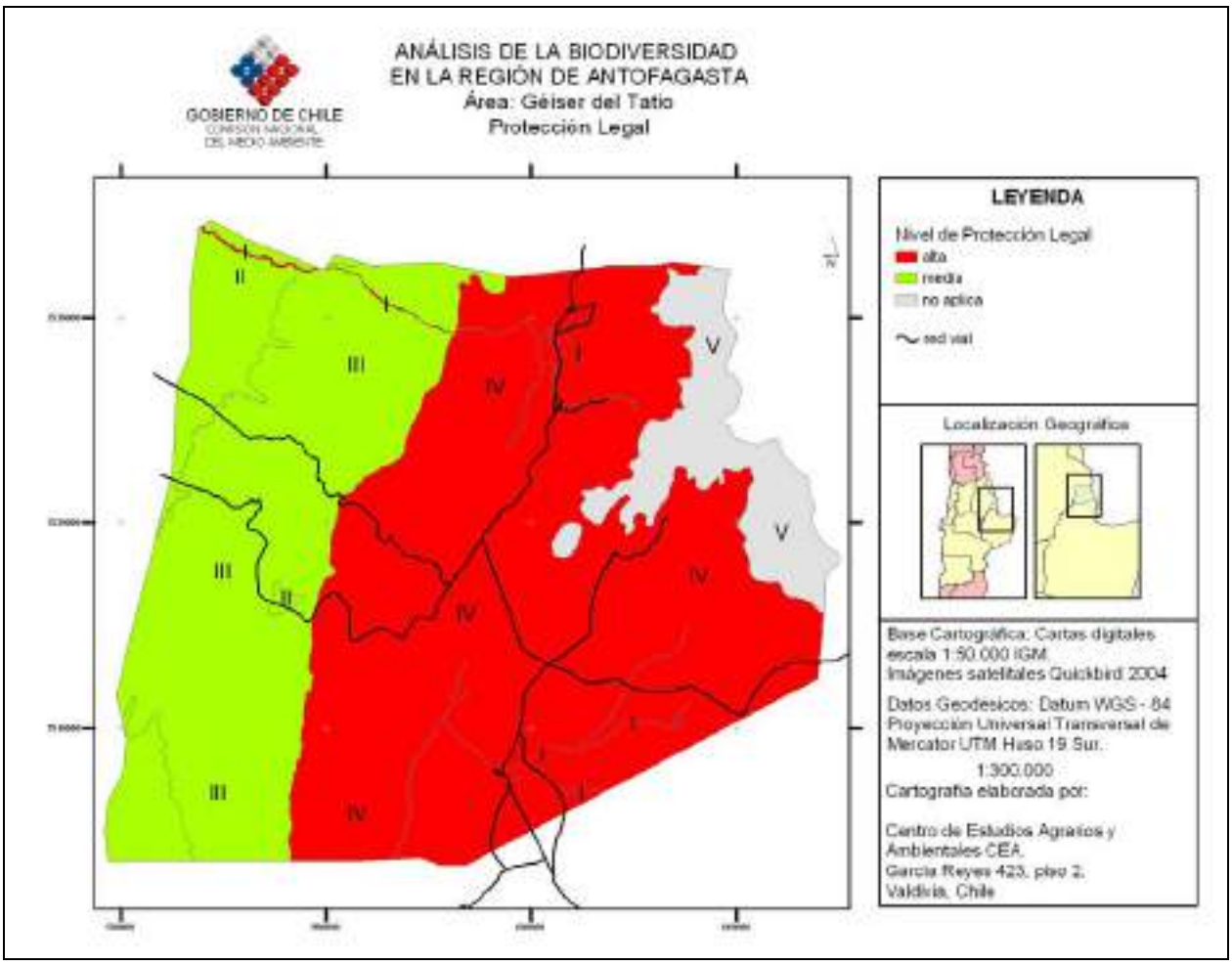


FIGURA 7-25. CARTA DE SÍNTESIS DE LA PROTECCIÓN LEGAL DEL SITIO GEISERS DEL TATIO

3.6. Competencias institucionales

La existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y más aún responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales pone de manifiesto superposición de funciones y pocas posibilidades de coordinación (Hermosilla 2004).

La institucionalidad ambiental en la Ley 19.300

A continuación se presenta con mayor detalle la institucionalidad ambiental en la Ley 19.300 por ser esta la ley más relevante en materia ambiental.

La Ley 19.300 en su título final, párrafos 1, 2, 3, 4 y 5, se refiere a la institucionalidad ambiental. En el Art. 69 se crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, como un servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República, a través del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Los órganos de CONAMA son: el Consejo Directivo, la Dirección Ejecutiva, el Consejo Consultivo y las Comisiones Regionales del Medio Ambiente o COREMAS.

El Consejo Directivo

El Consejo Directivo tiene a su cargo la Dirección Superior de CONAMA y está formado por 13 ministros: el ministro Secretario General de la Presidencia, quien lo preside con el título de presidente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente; ministros de Relaciones Exteriores, Defensa Nacional, Economía Fomento y Reconstrucción, Planificación y Cooperación, Educación, Obras Públicas, Salud, Vivienda y Urbanismo, Agricultura, Minería, Transportes y Telecomunicaciones y Bienes Nacionales. Entre los ministros que no forman parte de este Consejo está el ministro de Hacienda, a pesar de la importancia que tiene para la política nacional ambiental (Fernández 1998). Los acuerdos que adopte este Consejo Directivo de CONAMA, deberán ser ejecutados por los organismos del Estado competentes.

Dirección Ejecutiva

De conformidad al Art. 75 del párrafo 3° de la Ley 19.300, la administración de la Comisión Nacional del Medio Ambiente corresponde al director ejecutivo, quien es designado por el Presidente de la República. Este director ejecutivo es el jefe superior del servicio.

Consejo Consultivo

Otro de los órganos pertenecientes a la institucionalidad creada por la Ley 19.300 es el Consejo Consultivo que tiene por objeto absolver las consultas que le formule el Consejo Directivo, emitir opiniones sobre los anteproyectos de ley y decretos supremos que fijen normas de calidad ambiental, de preservación de la naturaleza y conservación del patrimonio ambiental, planes de prevención y de descontaminación, regulaciones especiales de emisiones y normas de emisión que les sean sometidos a su conocimiento, además de ejercer las funciones que le encomiende el Consejo Directivo y la ley.

Este Consejo Consultivo está formado por las siguientes personas: dos científicos propuestos en quina por el Consejo de Rectores de las universidades chilenas, dos representantes de organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro que tengan por objeto la protección del medio ambiente, dos representantes de centros académicos independientes que estudien o se ocupen de materias ambientales, dos representantes del empresariado, dos representantes de los trabajadores y un representante del Presidente de la República. Estos consejeros son nombrados por el Presidente de la República por un período de dos años, prorrogables por una sola vez.

Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAS)

La Comisión Nacional del Medio Ambiente se desconcentra territorialmente a través de las Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAs). En cada región del país existe una COREMA que está integrada por el intendente de la región, quien la preside; los gobernadores provinciales de la región, los SEREMIs de los ministerios que forman el Consejo Directivo, cuatro consejeros regionales elegidos por el respectivo Consejo y por el director regional de la Comisión del Medio Ambiente, que actúa como secretario. Conforme a la ley, corresponde a las Comisiones Regionales coordinar la gestión ambiental en el nivel regional y cumplir las demás funciones que le encomiende la ley. Con respecto a los SEREMIs de los ministerios señalados por el Art. 71 y que forman parte del Consejo Directivo, es necesario tener presente que estos no existen a nivel del Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio Secretaría General de la Presidencia y Ministerio de Defensa.

Comité Técnico

En cada COREMA existe un Comité Técnico integrado por el director regional del Medio Ambiente, quien lo preside, y por los directores regionales de los servicios públicos con competencia en materia de medio ambiente, incluyendo entre ellos al gobernador marítimo correspondiente. Este Comité Técnico es de extraordinaria importancia, ya que es el organismo que hace el análisis técnico de los estudios de impacto ambiental, formulando las recomendaciones pertinentes para su modificación, aprobación o rechazo del mismo. Su informe, si bien es cierto no ha sido debidamente considerado por los COREMAs, sí lo ha sido por la jurisprudencia de los Tribunales de Justicia, los que han tomado en cuenta sus juicios para dirimir los conflictos que han sido sometidos a su competencia.

Consejo Consultivo Regional

En cada COREMA existe un Consejo Consultivo Regional de Medio Ambiente, cuyos miembros son nombrados por el intendente regional, a propuesta en nómina de las respectivas organizaciones que ellos representan. Así, cada Consejo Consultivo Regional está formado por dos científicos, dos representantes de ONGs que tengan por objeto la protección o estudio del medio ambiente, dos representantes del empresariado, dos representantes de los trabajadores y un representante del intendente regional. Su duración en el cargo es de dos años. Son funciones de estos Consejos Consultivos Regionales dar respuesta a las consultas que le formule la Comisión Regional del Medio Ambiente.

Institucionalidad ambiental sectorial

Sin perjuicio de las facultades ambientales que la ley entrega a CONAMA, existen atribuciones ambientales en la mayoría de los ministerios que se ejercen, ya sea a través de las llamadas Unidades Ambientales, o bien, de los servicios públicos con competencias ambientales otorgadas por la ley.

Unidades Ambientales

En algunos ministerios existen las llamadas Unidades Ambientales, cuyo origen es reciente. Su objetivo es colaborar con CONAMA, en especial en apoyo al proceso de evaluación de impacto

ambiental. De este modo se potenciaría la capacidad de cada ministerio de responsabilizarse por la gestión de su sector. Además de esta función, estas Unidades Ambientales tienen algunos otros objetivos, como por ejemplo, asesorar al ministro en la representación del sector en la propia CONAMA, definir políticas y líneas de acción para el sector, diagnosticar el impacto ambiental y evaluar los estudios de impacto ambiental, contribuir a la elaboración de la legislación ambiental, promover la formación de recursos humanos en esta área, asesorar en la elaboración de planes de descontaminación, detectar y diagnosticar soluciones a problemas ambientales en el ámbito de su ministerio, etc. En algunos ministerios existen grupos organizados de personas dedicadas a funciones ambientales. Los ministerios que cuentan con Unidades Ambientales hasta el momento son: Economía, Fomento y Reconstrucción, Obras Públicas, Agricultura, Bienes Nacionales, Salud, Minería, Vivienda y Urbanismo, Transportes y Telecomunicaciones, Planificación y Cooperación, Educación, Defensa Nacional, Relaciones Exteriores e Interior.

Servicios públicos con competencia ambiental

Entre las principales instituciones involucradas en la gestión ambiental, podemos citar las siguientes: Ministerio del Interior (ONEMI), Ministerio de Relaciones Exteriores (Dirección del Medio Ambiente, el IChA), Ministerio de Economía (Subsecretaría de Pesca, SERNAPESCA, CORFO, Comisión Nacional de Riego, INFOR, INIBP, PONTEE, SIREN, SERNATUR), Ministerio de Educación (CONICYT, Consejo de Monumentos Nacionales), Ministerio de Defensa Nacional (Directemar, SHOA), Ministerio de Obras Públicas (Dirección de Riego, DGA, SISS), Ministerio de Agricultura (SAG, CONAF), Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Salud (SESMA, Servicio de Salud, ISP), Ministerio de Minería (COCHILCO, SERNAGEOMIN, Comisión Chilena de Energía Nuclear, Comisión Nacional de Energía), Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (Subsecretaría de Transportes), Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo), Ministerio de Planificación y Cooperación (CONADI).

Los ministerios antes nombrados con sus respectivos servicios serían los de mayor injerencia ambiental, ya que abarcan diferentes tópicos, como la planificación ambiental sectorial, regulaciones, control ambiental, formación ambiental, prestación de servicios ambientales y reparación de daños ambientales.

Consejo de Defensa del Estado

Además de los órganos citados, posee competencia ambiental el Consejo de Defensa del Estado, el cual tiene una acción de reparación o acción ambiental y una acción indemnizadora.

Competencia ambiental de las municipalidades

Las municipalidades tienen importantes atribuciones ambientales que emanan de la Ley 19.300 y de su propia Ley Orgánica 18.695. Así el Art. 23 de la Ley de Bases del Medio Ambiente establece que los gobernadores, conjuntamente con las COREMAs, deberán coordinar con las municipalidades de su provincia el cumplimiento de lo establecido en el párrafo 2° de la Ley 19.300, que se refiere al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en lo que les sea de su competencia. Por su parte, el Art. 31 señala que las COREMAs deben remitir a las municipalidades, en cuyo ámbito comunal se realizarán las obras o actividades que contemple

el proyecto bajo evaluación, una copia del extracto del Estudio de Impacto Ambiental y las listas de los proyectos o actividades sujetos a Declaración de Impacto Ambiental.

En materia de daños, la Ley 19.300 señala que cualquier persona puede exigir a la municipalidad en cuyo territorio se desarrollen actividades que causen daño al medio ambiente que ésta deduzca la acción ambiental, de no hacerlo, la hará solidaria de los perjuicios que el hecho denunciado ocasione, a menos que dentro de un plazo de 45 días haya hecho ver al requirente -fundadamente- que no iniciará acción.

Además, conforme al artículo 56 de la Ley 19.300, las municipalidades y demás órganos competentes del Estado podrán requerir del juez sanciones para los responsables de fuentes emisoras que no cumplan planes de prevención o descontaminación o con las regulaciones especiales para situaciones de emergencia o por incumplimiento de los planes de manejo.

En relación con su ley orgánica citada, las municipalidades tienen también importantes funciones en materia ambiental. Desde luego, pueden desarrollar actividades en la organización de la comunidad, elemento clave en el cumplimiento de las normativas ambientales, en el desarrollo de proyectos ambientales y en la defensa de los intereses de la comunidad.

Además de su participación activa con los grupos de base, tiene funciones de incidencia ambiental específicas como la aplicación de disposiciones sobre transporte y tránsito público dentro de su territorio comunal en la forma señalada en la ley y sin que contravengan disposiciones sobre la materia dictadas por el Ministerio de Transporte; la planificación y regulación urbana de su comuna y la confección del plan regulador comunal; dictar normas sobre aseo y ornato; desarrollar directamente o bien con otros órganos de Administración del Estado, como podría ser CONAMA, funciones relacionadas con la protección ambiental; el turismo; la recaudación, etc.

En relación a los tratados internacionales

Convención de Washington

Las instituciones con competencia en su implementación son: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), la Subsecretaría de Pesca, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), el Consejo de Monumentos Nacionales, la Comisión Nacional de Diversidad Biológica, organismo asesor de la Comisión, el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Ministerio de Bienes Nacionales y el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR).

Convención Ramsar.

Las siguientes instituciones tienen competencia en la implementación del Convenio Relativo a Los Humedales de Importancia Internacional. (Convención Ramsar): la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), el Museo Nacional de Historia Natural y el Ministerio de Relaciones Exteriores.

Convención sobre Diversidad Biológica. Las siguientes instituciones tienen competencia en la implementación de la Convención en Chile: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), la Subsecretaría de Pesca, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), Comisión Nacional de Diversidad Biológica y Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).

Convención CITES. Las instituciones con competencias en esta convención son el SAG y CONAF.

Como puede apreciarse existe una gran diversidad y número de instituciones sectoriales que intervienen en estos asuntos y los diferentes campos de intervención que atañen a cada institución. Esta situación se repite en la aplicación de muchas leyes.

En los aspectos de fiscalización

La fiscalización es un componente de gran relevancia en el cumplimiento de las leyes, aspecto que adolece de grandes deficiencias en su aplicación ya sea por aspectos de asignación presupuestaria como de personal. En la Tabla 7-25 se presentan las instituciones de fiscalización que tienen objetivos ambientales, las cuales abarcan distintos componentes del medio ambiente en el ejercicio de sus funciones fiscalizadoras (Tabla 7-26).

TABLA 7-25. INSTITUCIONES FISCALIZADORAS Y SUS OBJETIVOS AMBIENTALES.

OBJETIVOS AMBIENTALES DE LAS INSTITUCIONES FISCALIZADORAS		
INSTITUCIÓN	NORMA QUE ORIGINA LA INSTITUCIÓN	OBJETIVOS INSTITUCIONALES
Aduanas	DFL Nº 30 del 13/04/83	Vigilar el paso de mercancías por las costas, fronteras y aeropuertos de la República, que perjudiquen los componentes del ambiente y la salud humana.
CONAF	Ley 18.348 del 27/12/1984 DS 728 de 1970	Contribuir a la protección, conservación, incremento, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales del país, con el fin de lograr un rápido crecimiento y desarrollo de la actividad forestal productiva, en términos conciliables con la protección y conservación del bosque y su medio ambiente.
DGA	Ley 16.640 del 28/7/67	Resguardar y planificar el recurso agua. Velar por el cumplimiento del Código de Aguas.
DIRECTEMAR	DS Nº 1.340, DS Nº 1 Ministerio de Defensa ampliada y potenciada por el DL 2.222	Aplicar y fiscalizar el cumplimiento de la Ley de Navegación, de los convenios internacionales y de las normas legales y reglamentarias relacionadas con sus funciones. Preservar el medio ambiente acuático y la navegación de las aguas sometidas a su jurisdicción.

Municipalidades	Ley Orgánica de Municipalidades Nº 18.695 del 31/3/88	Satisfacer las necesidades de la comunidad y asegurar su participación en el proceso económico, cultural y social. Velar por el cumplimiento de la normativa ambiental vigente de acuerdo a la ley y reglamentos. Realizar actividades de prevención del deterioro ambiental y educativas.
SAG	Ley 18.775	Contribuir al desarrollo agropecuario del país mediante la protección y conservación de los recursos naturales renovables que inciden en la producción agropecuaria del país. Aplicar el cumplimiento de las normas legales y reglamentarias sobre prevención y erradicación de las plagas vegetales y enfermedades transmisibles de los animales. Promover las medidas tendientes a asegurar la conservación de los suelos y aguas que eviten la erosión de éstos, y mejoren su fertilidad y drenaje.
SERNAGEOMÍN	DL 3.525 26/11980	Fiscalizar los tranques de relaves que puedan causar algún daño en el ambiente. Desarrollar la investigación geológica aplicada aportando información técnica y científica asociada a eventos de la naturaleza que sirvan de base para la planificación del uso de áreas territoriales.
SERNAPESCA	DFL Nº 2.442 de 1978 y el DFL Nº 1 de 1992	Ejecutar la política pesquera nacional y fiscalizar su cumplimiento, en especial, velar por la debida aplicación de las normas legales y reglamentarias sobre pesca, caza marítima y demás formas de explotación de recursos hidrobiológicos.
Autoridad Sanitaria (Servicios de Salud)	DL Nº 2.763, de 1979	Proteger la salud humana de los daños potenciales existentes en el ambiente. Velar por el cumplimiento del Código Sanitario, sus reglamentos y decretos.
SISS	Ley Nº 18.902 del 27/01/90	Fiscalizar a las empresas prestadoras de servicios sanitarios. Interpretar y velar por el cumplimiento de las normas relativas a los servicios sanitarios. Proponer normas técnicas relativas al diseño, construcción y explotación de servicios sanitarios. Controlar las empresas que emiten residuos líquidos. Proponer normas técnicas relativas a la descarga de RILES. Aplicar las sanciones a los prestadores de servicios sanitarios.
Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad	Ley 15.840, Art. 16 (modificada por Art. 19 de la Ley 18.267, Art. 2 de la Ley 18.373, DFL 205 de 1976.	Coordinar las acciones que permitan una adecuada preservación del medio ambiente en todos aquellos aspectos que tengan relación con las obras viales. Asesorar al nivel directivo en materia ambiental, proponiendo la clasificación de los proyectos desde el punto de vista ambiental. Promover la adecuada coordinación entre las unidades de la Dirección de Vialidad, los bancos internacionales de crédito y otros organismos internos o ajenos al MOP, teniendo presente la legislación y normas vigentes sobre la materia. Proponer normas, procedimientos y metodologías para el estudio y mitigación de los impactos ambientales. Proponer y llevar a cabo acciones de supervisión, seguimiento y monitoreo de obras en construcción u operación en lo relativo a los aspectos ambientales, y proponer medidas específicas para el control de los impactos negativos asociados al proyecto.

TABLA 7-26. INSTITUCIONES Y AREA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL POR ORGANISMO

AREA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL POR ORGANISMO													
ORGANISMO	COMPONENTES DEL AMBIENTE									EMISIONES AL AMBIENTE			
	Airea	Aguas Superficiales	Aguas Subterráneas	Aguas Marítimas	Suelos	Flora	Fauna	Paisaje	Areas Silvestres	Emisiones AtmosFericas	RILES	Residuos Sólidos	Ruidos y Vibraciones
Aduanas						X	X					X	
CONAF						X	X	X	X				
DGA		X	X										
DIRECTEMAR		X		X					X		X		
Depto. Fisc. del MINTRATEL										X			
Municipalidades		X			X					X	X	X	X
SAG	X	X	X		X	X	X			X			
SERNAGEOMIN					X							X	
SERNAP		X		X			X						
Autoridad Sanitaria (Serv. Salud reg.)	X	X	X	X						X	X	X	X
SISS										X	X		
Depto. Vialidad del MOP						X		X					

Adicionalmente Carabineros de Chile también posee atribuciones fiscalizadoras en el ámbito forestal y de fauna.

Institucionalidad ambiental en el área de estudio

En la Tabla 2-27 se muestra una compilación de la institucionalidad que se vincula con la normativa asociada al resguardo de los sistemas relevantes en el sitio Geisers del Tatio, en los diferentes aspectos analizados previamente

TABLA 7-27. INSTITUCIONALIDAD VINCULADA A LOS SISTEMAS RELEVANTES.

SISTEMA	CÓDIGO	SERVICIOS/MINISTERIOS VINCULADOS	NÚMERO DE INSTITUCIONES	PROTECCIÓN INSTITUCIONAL
Humedales altoandinos	I	CONAMA SERNAPESCA SAG DGA SISS Autoridad Sanitaria (Servicio Salud) Instituto Nacional de Normalización Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Justicia Ministerio de Salud Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Relaciones Exteriores	14	Alta
Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	II	CONAMA SAG CONAF SERNAGEOMIN Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio de Bienes Nacionales Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Minería	11	Alta
Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	III	CONAMA SAG CONAF SERNAGEOMIN Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio de Bienes Nacionales Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Minería	11	Alta
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	IV	CONAMA SAG CONAF SERNAGEOMIN Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio de Bienes Nacionales Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Minería	11	Alta

Como puede apreciarse ambos sistemas poseen una alta injerencia de instituciones en aspectos normativos y de competencias legales, siendo el sistema vinculado con los cuerpos de agua el que posee una mayor protección.

Cartografía de la institucionalidad

El propósito de representar cartográficamente la institucionalidad ambiental con competencias en el área de estudio es establecer la protección ambiental de los distintos sistemas, la que se expresa, en la medida que se detectan diferencias entre los sistemas, que no es el caso para este estudio. Así en la Fig. 7-25 se muestra una carta de protección institucional considerando el **número total de instituciones vinculadas con cada sistema (N)**. Para una eventual construcción de esta carta con mayor desagregación (fuera de los objetivos de este estudio), se pueden considerar, además la **especificidad de la institución (E)** que tienen efecto sobre el sistema objetivo, la **presencia local (P),** referido a si la institución tiene presencia permanente en el lugar, por ejemplo a través de una oficina local (valor 3), o si su presencia es provincial (valor 2) y si sólo está presente a nivel regional (valor 1). Un cuarto parámetro podría ser la **capacidad fiscalizadora (F)**, entendida como la posibilidad concreta y material de ejercer una capacidad de fiscalización permanente en el cumplimiento de las normas jurídicas que aplican en el área de estudio. La caracterización y análisis de estos parámetros adicionales deberían ser hechos en un estudio monográfico específico y con paneles de expertos multisectoriales.

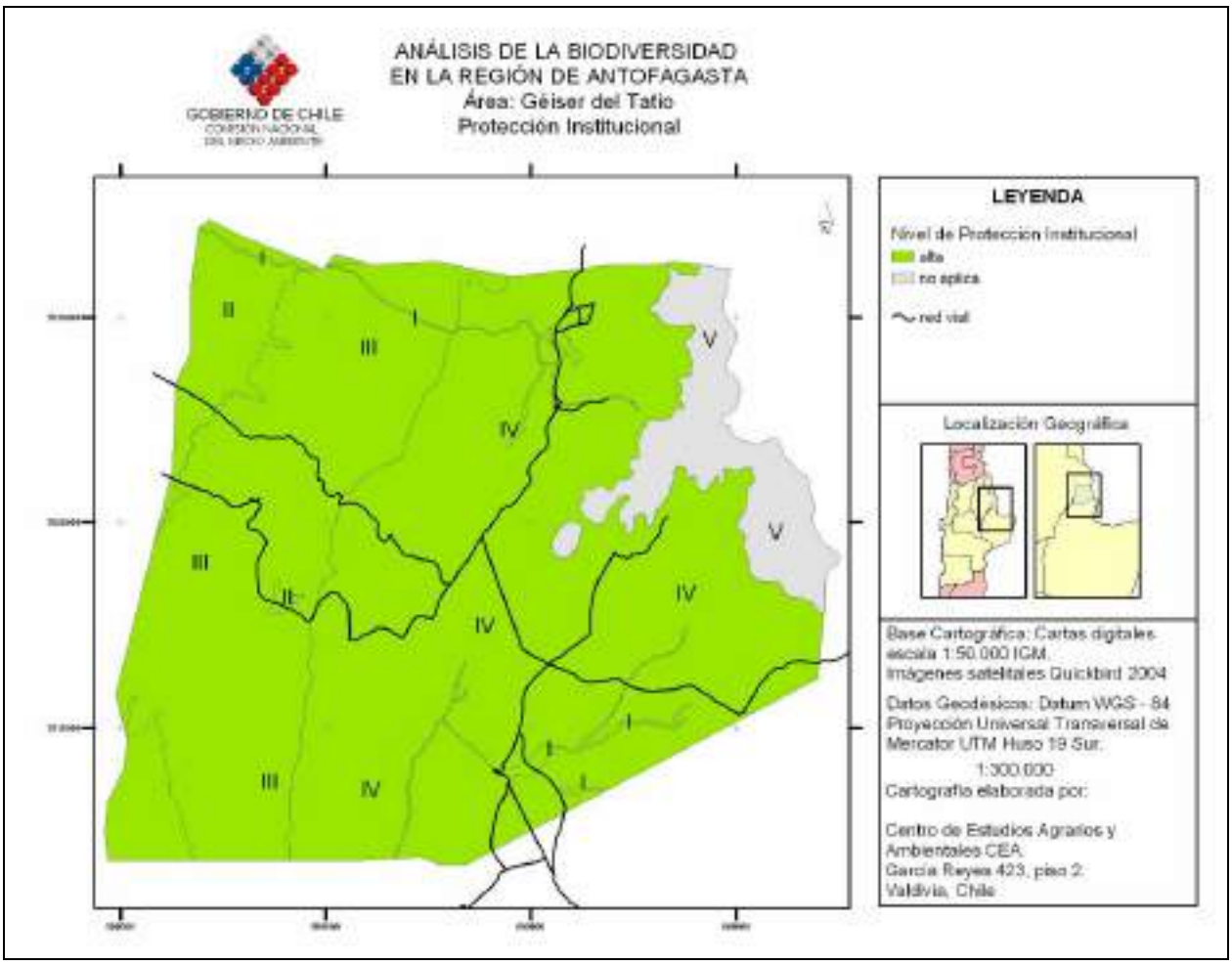


FIGURA 7-26. CARTA DE PROTECCIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA GEISERS DEL TATIO.

4. CONCLUSIONES

Existen 15 normas jurídicas que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos, ocho que tendrían influencia sobre la conservación del tolar de la estepa arbustiva prepuneña y el pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica, y 10 que aplican sobre componentes del pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica.

El sistema hídrico es el componente ambiental de mayor protección en relación a la cantidad de regulaciones que lo afectan. Algunas de éstas abordan el ambiente en su conjunto, otras se refieren a la calidad del agua y a la protección de acuíferos y algunas se orientan a la protección de especies asociadas a ese ambiente.

Los ambientes terrestres poseen pocas regulaciones que podrían aplicarse a la conservación de los ambientes en su dimensión ecosistémica, sino que más bien se orientan a especies (caza, extracción, comercio, clasificación) lo cual, si bien en la representación cartográfica se extrapola a todo el ambiente al cual se asocia esa especie, en la práctica estamos ciertos que no garantizarán su conservación.

No existe una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios. Dentro de este contexto, se aprecia una ausencia, en el Ordenamiento Jurídico, de manifestaciones concretas del Principio de Precaución, al que obliga la adhesión al Convenio sobre Diversidad Biológica y la Convención de Ramsar.

La existencia de muchos servicios y organismos estatales, con competencias sectoriales sobre la biodiversidad, y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales, ponen de manifiesto la superposición de funciones y pocas posibilidades de coordinación, aspectos que debieran subsanarse a futuro con la reciente creación del Ministerio de Medio Ambiente.

Existe una enorme dispersión dentro de las normas con contenido ambiental, como así mismo una gran diferencia de rango normativo, lo cual acusa la falta de una Política Nacional orientadora de la normativa de protección del patrimonio natural, y muy especialmente de la diversidad biológica. Luego, la elaboración de una Estrategia Nacional de protección y conservación de la biodiversidad debiera definirse dentro del marco de una Política Nacional de protección a la Naturaleza, que hoy no existe.

Potencialmente existirían las normas jurídicas suficientes para proteger y resguardar las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados.

El sistema vinculado con los cuerpos de agua es el que posee una mayor injerencia de instituciones en aspectos normativos y de competencias legales.

CAPÍTULO VIII
ZONIFICACIÓN

CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN

1. ASPECTOS GENERALES

De acuerdo con la información recolectada en las campañas de terreno, las características de las amenazas sobre los recursos naturales y la capacidad de protección territorial que otorga la normativa vigente en nuestro país, se construyó un modelo de zonificación que debería constituir la base territorial para que en una etapa siguiente se puedan delinear las actividades de manejo del área de interés a una escala más fina para el sector de Geisers del Tatio.

Esta zonificación es entendida como parte de un proceso de ordenamiento territorial que consiste en definir la superficie del área de interés en zonas con un manejo o destino homogéneo que en el futuro serán sometidas a determinadas normas de uso a fin de cumplir los objetivos planteados para el área.

Como resultado, el siguiente procedimiento establece los valores de importancia de las áreas con respecto al objetivo de conservación. De este modo, y de acuerdo a un valor de las variables de 1 a 3, se obtiene mediante un proceso *sumativo de overlay* las prioridades de conservación.

El trabajo de zonificación se ha desarrollado utilizando sistemas de información geográficos, los que permiten establecer un nexo entre la expresión *gráfica y alfanumérica* de la información, localizando y cualificando las áreas resultantes de los procesos de *overlay*, de manera de establecer prioridades de uso en cada área resultante. Se ha utilizado el software *ArcView 3.2a* y sus extensiones *Spatial Analyst 2.0a*, el programa *Model Builder 1.1* para la construcción y diseño de los procedimientos de cálculo.

2. UNIFORMIDAD DEL TERRITORIO

El territorio de análisis está comprendido básicamente por unidades de paisaje descriptoras de *biodiversidad, amenazas y protección legal.* Esta información fue generada de acuerdo a pasos anteriores que establecen rangos de tres variables para cada uno de los parámetros antes mencionados.

Sin embargo, la aplicación y utilización de la información territorial requiere de un correcto levantamiento de información de flora y fauna y el relevamiento espacial de los niveles de amenaza y protección legal. Estos pasos fueron explicados anteriormente en los capítulos respectivos.

El área Geiser del Tatio sometido a estudio corresponde a 83.952 ha, de ellas el 55% corresponde a pajonal de la estepa andina altiplánica, 29% al pajonal de la estepa andina subdesértica, solo un 1% de esta superficie corresponde a humedales altoandinos, aunque esta superficie alcanza las 1000 ha. A su vez, existen más de 6.600 ha de áreas sin vegetación (Tabla 8-1)).

TABLA 8-1. SUPERFICIES DE USO DEL SUELO EN EL SECTOR GEISERS DEL TATIO

USO DE SUELO	HA	%
Pajonal tolar de la estepa andina altiplánica	46.457,2	55%
Pajonal tolar de la estepa andina subdesértica	23.948,9	29%
Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	5.922,0	7%
Humedal altoandino	999,7	1%
Sin vegetación	6.623,8	8%
TOTAL DEL AREA	83.951,6	

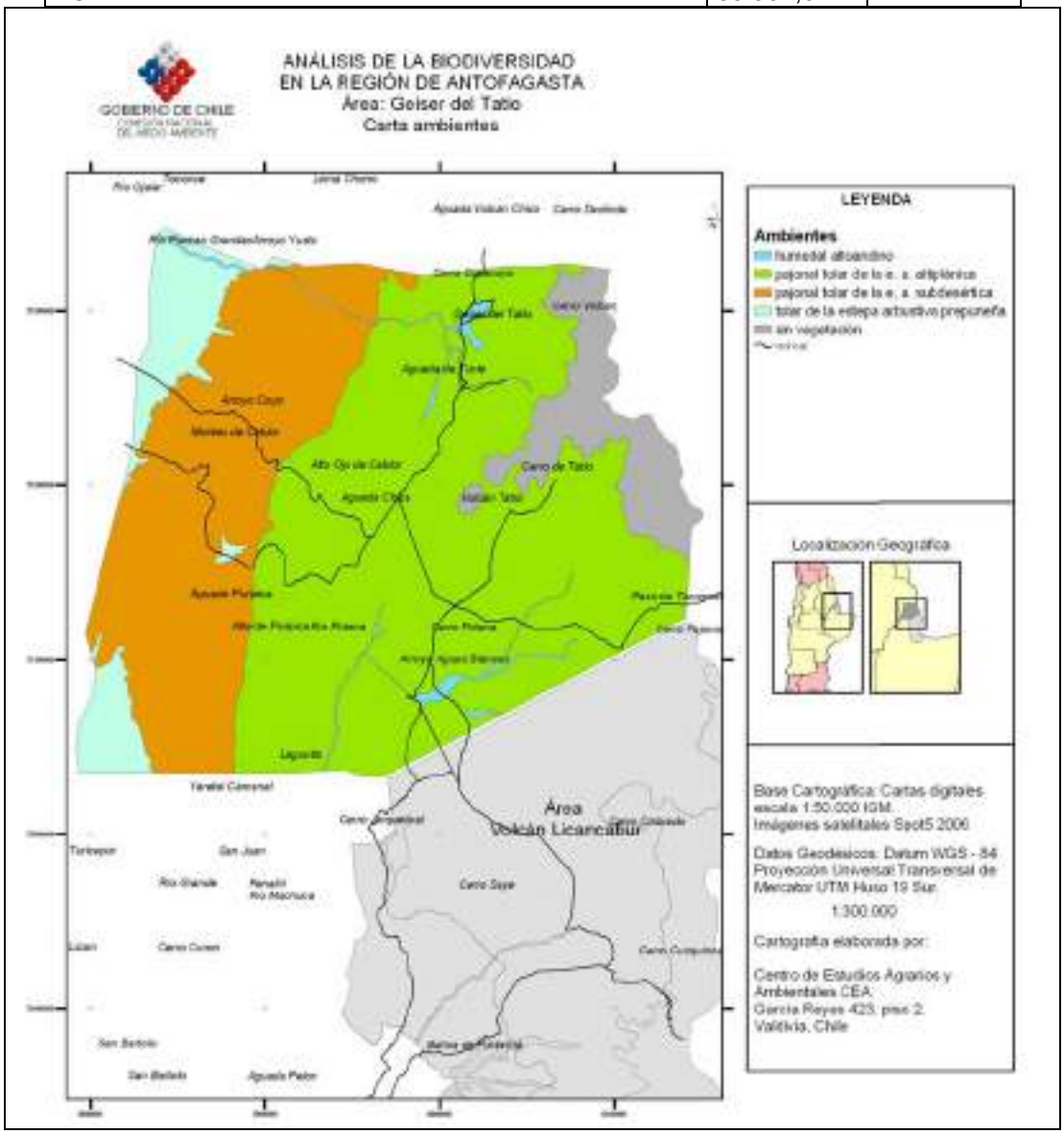


FIGURA 8-1. DISTRIBUCIÓN DE LAS FORMACIONES VEGETACIONALES EN GEISERS DEL TATIO.

Valor de Importancia del ambiente (Vimp)

Está determinado por la sumatoria de las riquezas de flora y fauna, número de especies endémicas y número de especies amenazadas de cada una de las áreas identificadas en el sitio Geisers del Tatio. De acuerdo a los valores resultantes, se determinó una jerarquía de las unidades cartográficas homogéneas como de alto valor, medio valor, bajo valor y sin información (n/a), cada variable fue explayada en los capítulos respectivos de flora y fauna. La expresión territorial de esta asignación se presenta en la siguiente figura.

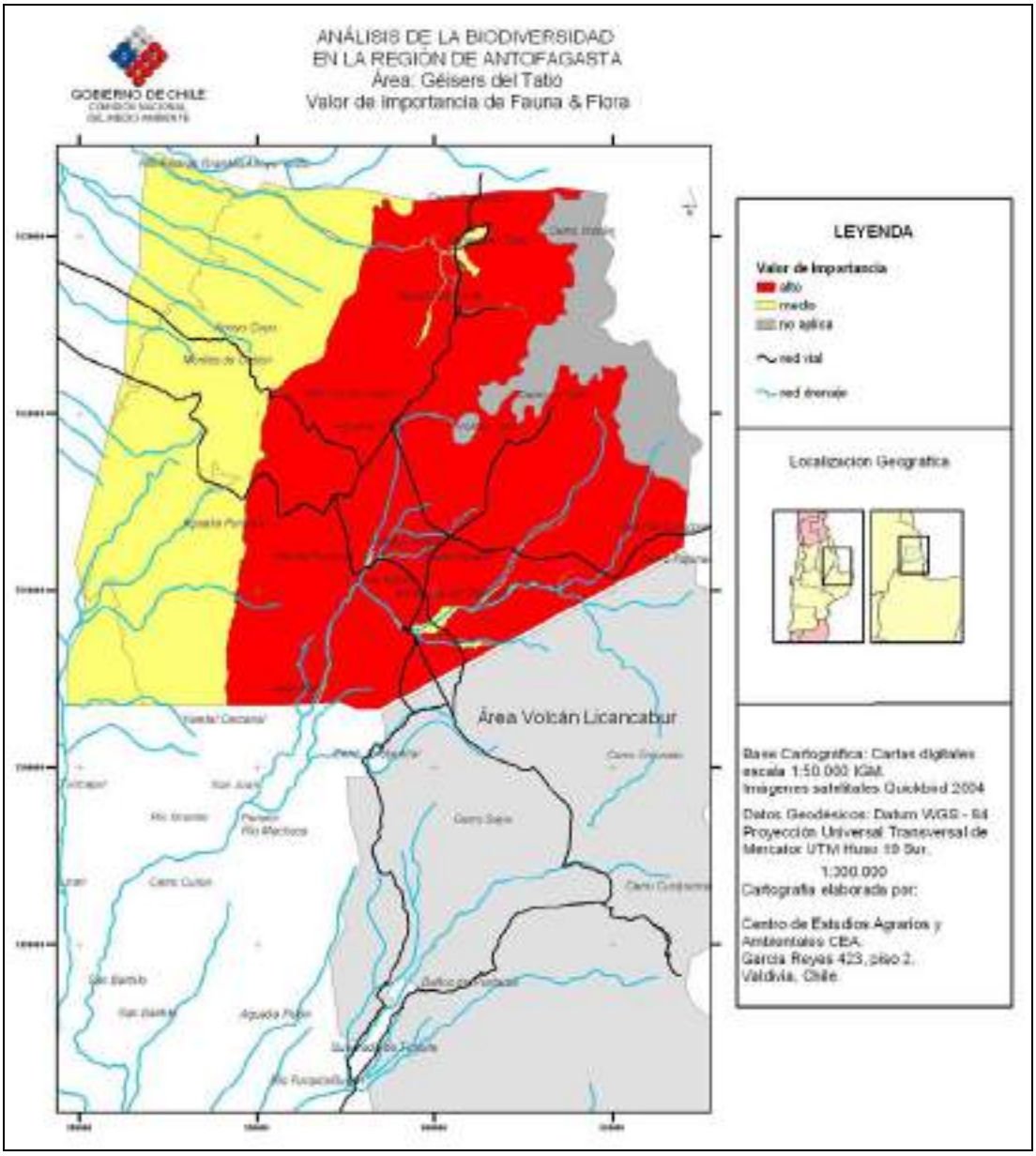


FIGURA 8-2. MAPA DE VALOR DE IMPORTANCIA DEL AMBIENTE.

Valor de Protección Jurídica (Vp)

Se expresaron territorialmente 20 normas existentes en Chile en relación a la protección ambiental del sitio de estudio. El resultado fue un mapa de ponderaciones donde en cada área se cruzaban las distintas normas. De este modo se determinaron las áreas de alta protección legal, media protección legal, baja protección legal y sin información.

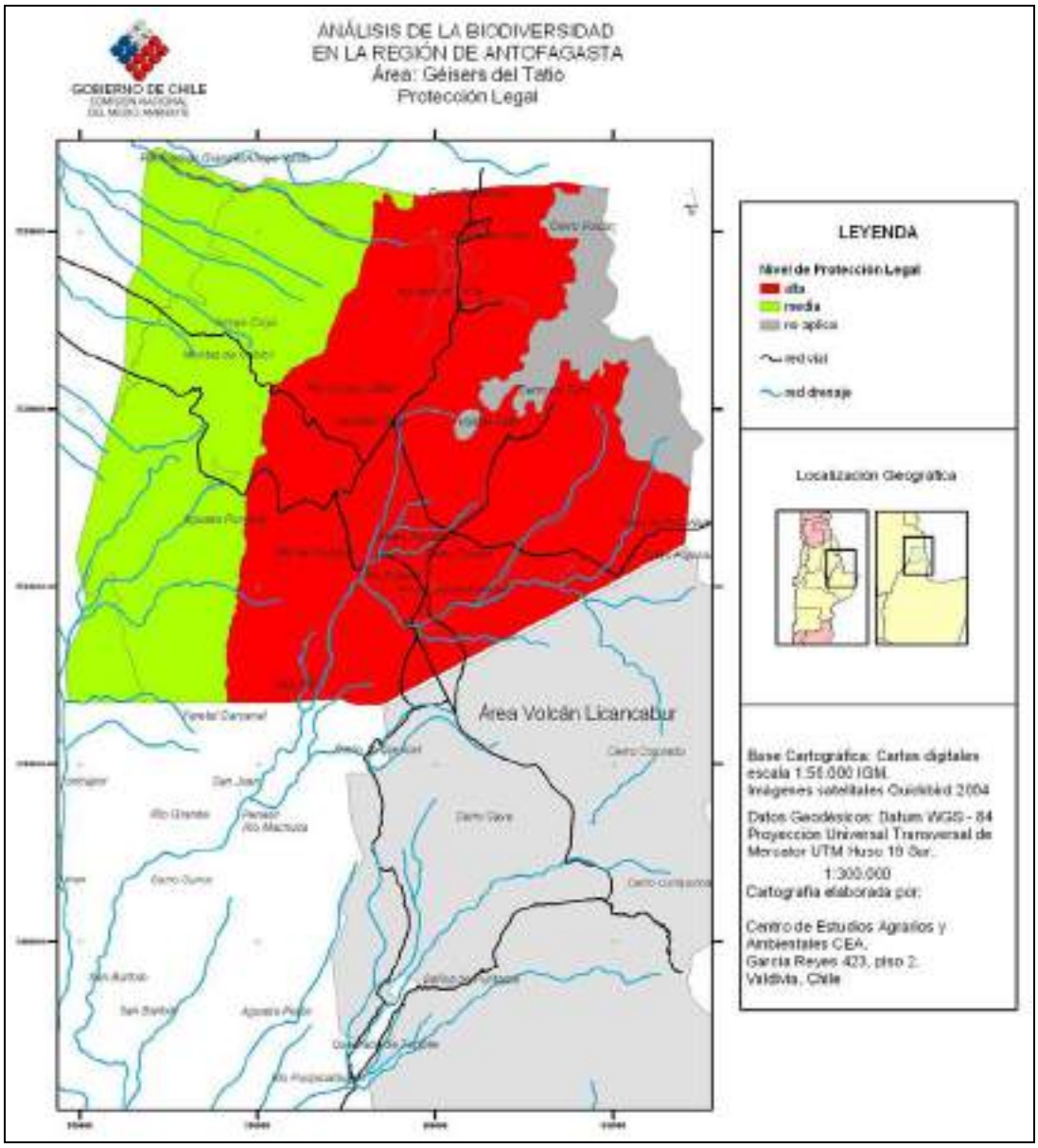


FIGURA 8- 3. MAPA DE PROTECCIÓN LEGAL.

Valor de Amenazas (Va)

El valor de amenazas se construyó en base a los usos actuales y potenciales registrados en el área de estudio, tanto mediante el relevamiento de la información como en las encuestas aplicadas. También se definieron tres niveles de amenaza; áreas de alta amenaza, media amenaza, baja amenaza y sin información.

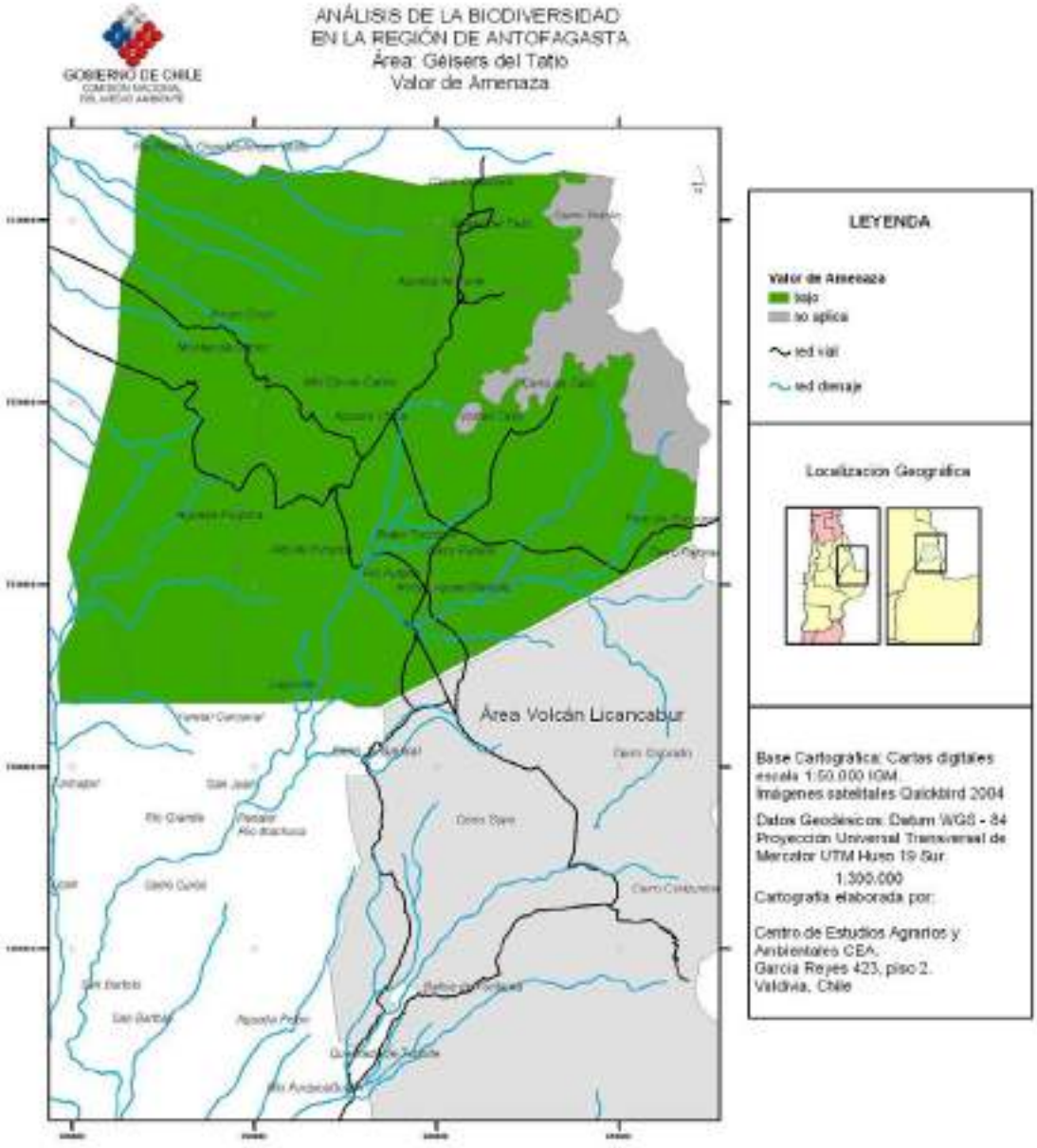


FIGURA 8- 4. MAPA DE AMENAZAS.

3. PLANIFICACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN

La forma de integrar la información recopilada se simplifica al conocer a priori las potencialidades de uso, expectativas y uso del espacio actual que posea el área de estudio. La idea de simplificar y sistematizar la información recopilada anteriormente, representa sólo el primer paso de la zonificación. Estas capas representan las secciones complementarias del objetivo final, el territorio ordenado de acuerdo a parámetros ambientales, sociales y económicos, los cuales presentan énfasis evaluables en distintos escenarios.

Para integrar los tres parámetros presentados anteriormente se desarrolló un modelo de Overlay Aritmético entre las distintas variables. Para ello, las variables de estos factores (bajo, medio y alto) fueron sumativas, mediante la asignación de valores 1, 2 y 3 respectivamente arrojando áreas que obtienen como resultado un valor numérico de acuerdo a la sumatoria del proceso de overlay. La valoración se obtendrá en formato GRID de 5 x 5 m. Esta valorización del overlay se realiza utilizando el Módulo ModelBuilder de ArcView generando un algoritmo que traduce los formatos de la información geográfica y realiza los procesos de acuerdo al siguiente diagrama de proceso-resultado.

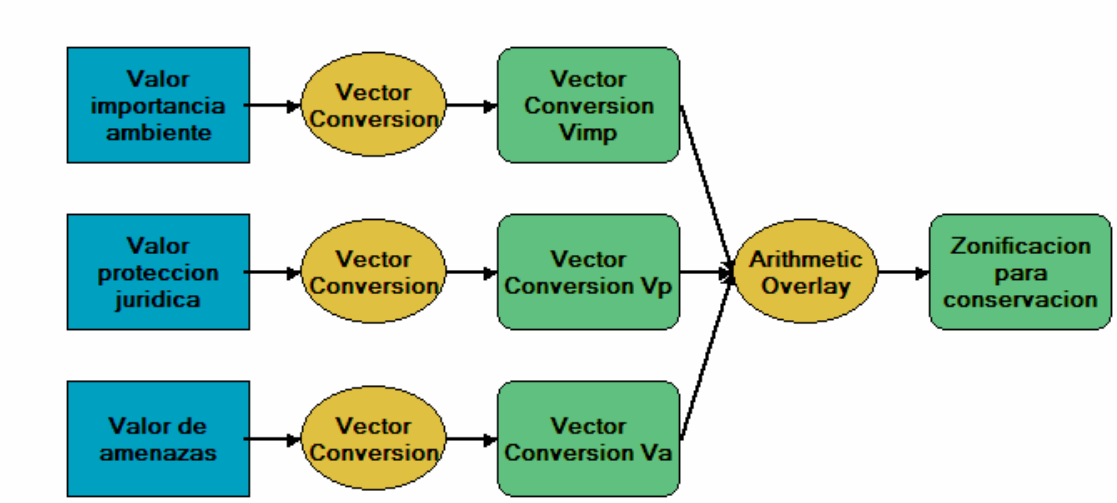


FIGURA 8-5. ALGORITMO DEL PROCEDIMIENTO DE OVERLAY.

Para generar las capas los valores numéricos se debe establecer el valor numérico de cada variable en cada cobertura, antes de proceder al modelo de overlay. Para ello, se utiliza una tabla de asignación que distribuye la sumatoria según el procedimiento gráfico detallado en el algoritmo de la Fig. 8-5. Esta tabla es presentada en la Fig. 8-6.

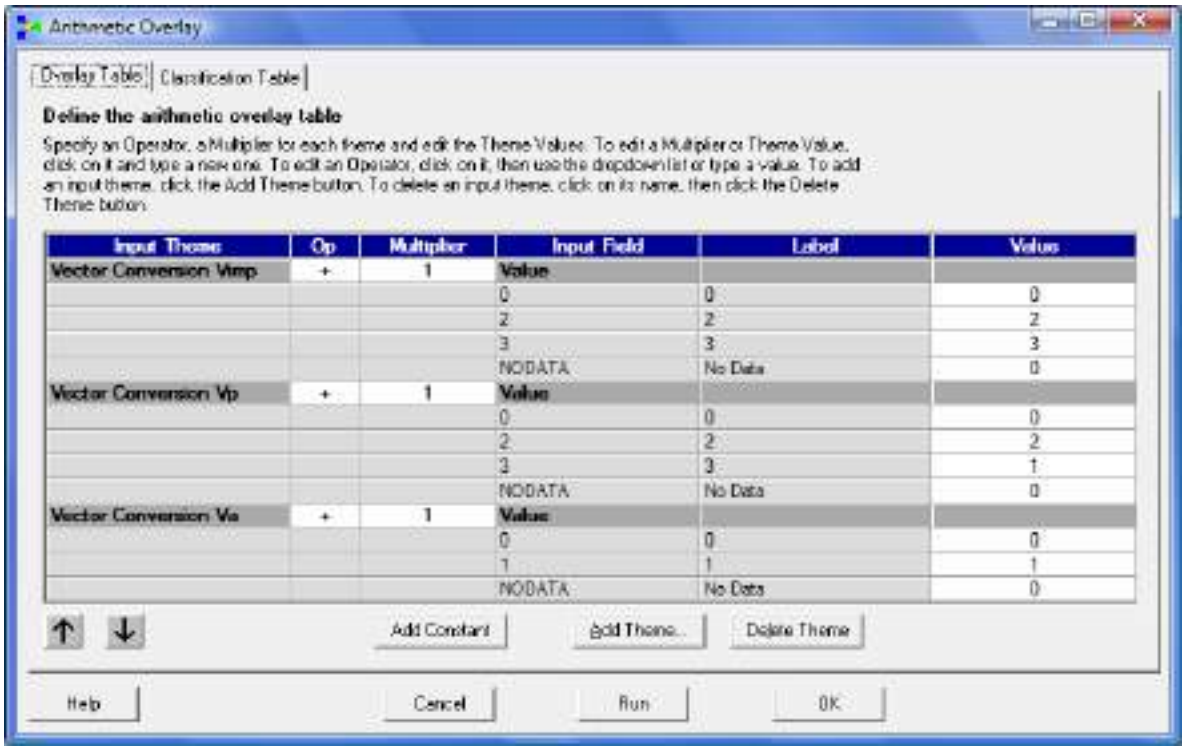


FIGURA 8-6. ASIGNACIÓN DE VALORES POR CATEGORÍA EN EL PROCEDIMIENTO DE OVERLAY.

4. RESULTADOS

Según el procedimiento, se obtiene una capa en formato GRID con los puntajes por área obtenidas del overlay de todas las variables consideradas. Con el énfasis en la conservación y uso sustentable de los recursos del sitio Geisers del Tatio, los resultados de mayor puntaje corresponden a aquellos con mayor prioridad de conservación, tal como se presenta en la Fig. 8-7.

Se observa que prácticamente toda el área de estudio posee alto nivel de prioridad para la conservación de sus recursos, a excepción de los humedales altoandinos que poseen prioridad media, dada la normativa legal existente en su protección. El resto del área no involucrada posee los menores puntajes.

Los altos valores obtenidos en el área de estudio en general se dan principalmente por los bajos valores de protección (a excepción de los humedales) y altos valores de importancia de los ambientes, los que están determinados por la alta riqueza de especies y presencia de endemismos.

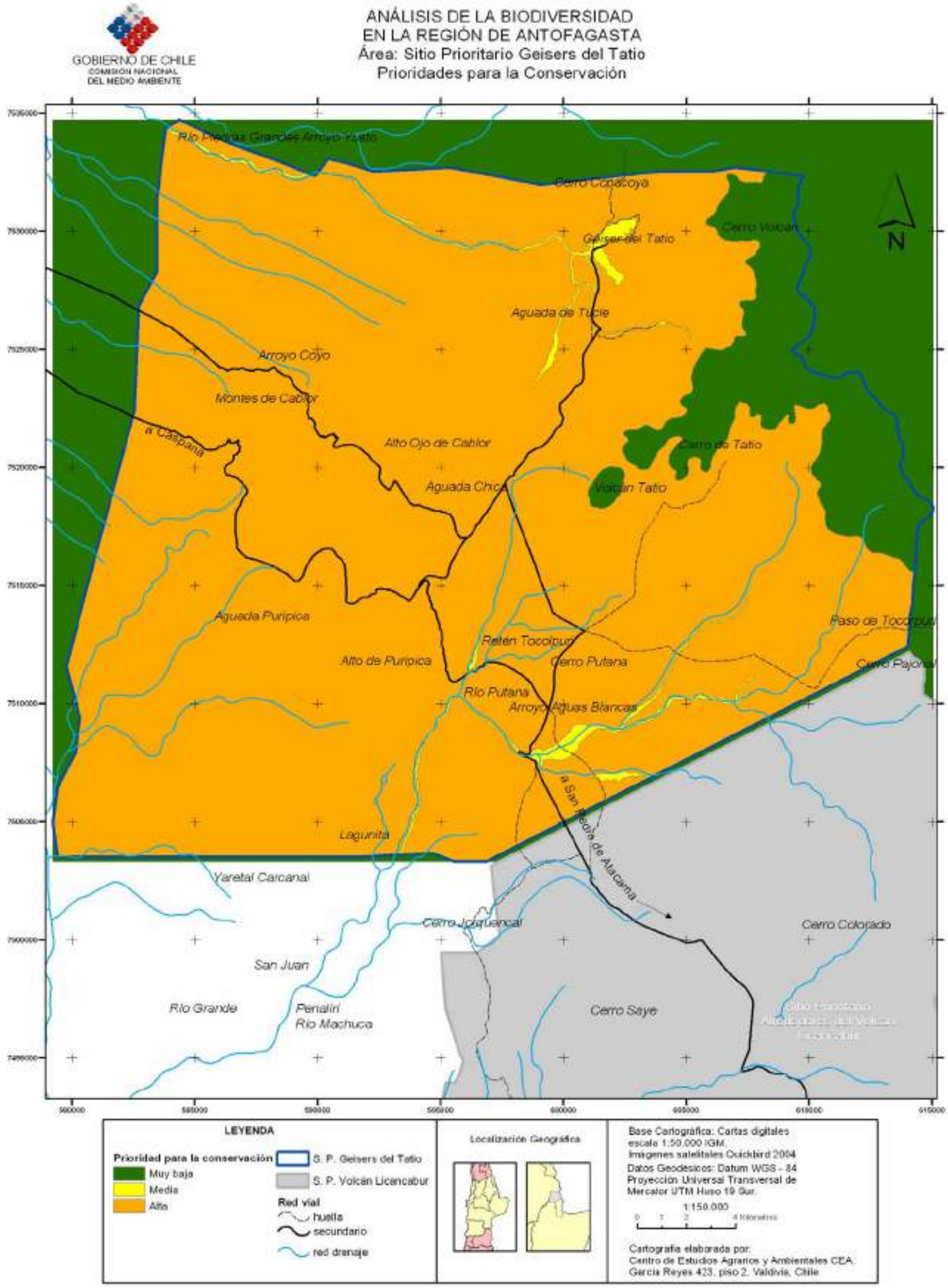


FIGURA 8-7. RESULTADO DEL PROCEDIMIENTO DE ZONIFICACIÓN.

CAPÍTULO IX
PROGRAMAS DE MANEJO

CAPÍTULO IX PROGRAMAS DE MANEJO

1. INTRODUCCIÓN

Los programas de manejo son los elementos de acción donde se definen los lineamientos, directrices, actividades, normas y requerimientos de cada componente de manejo del área objetivo. Estos programas definen las actividades, infraestructura y normas a ser implementadas en cada una de las zonas definidas en el proceso previo de zonificación (Oltremari & Thelen 2003). Los programas de manejo aquí presentados, contienen las actividades a realizar al interior del área de conservación aunque en algunos casos su influencia se extiende más allá de sus límites. Los programas de manejo deben estar en concordancia con los objetivos estratégicos definidos para el área de conservación, los que en este caso se han definido preliminarmente como sigue:

Proteger los ecosistemas representativos y objetos de conservación de presiones antrópicas generadoras de perturbaciones.

Investigar tópicos prioritarios vinculados con área de conservación.

Sensibilizar, educar y concientizar a la población local, visitantes y actores clave sobre la importancia de los ecosistemas existentes en el área prioritaria de conservación.

Promover el manejo sustentable de los recursos existentes en el área prioritaria de conservación.

Recrear a los visitantes en las áreas adecuadas y establecidas para ello en el área prioritaria de conservación.

Debido a la estrecha relación espacial y ecológica de las tres áreas de estudio del sector andino, se desarrollarán los programas de manejo de modo integrado, indicando las especificidades cuando corresponda. A continuación se presentan los programas de manejo propuestos, con una breve descripción, sus objetivos y principales actividades.

2. PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE MANEJO

2.1. Programa de protección de ecosistemas representativos

Este programa comprende las actividades necesarias para la conservación de los ambientes de mayor valoración, de las prioridades ecológicas y de las especies focales de las tres áreas de estudio y considera los siguientes objetivos y actividades particulares para el sitio prioritario Geisers del Tatio:

a) Objetivos

- Garantizar la integridad del pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica.

- Garantizar la integridad de los humedales asociados al áreas de estudio, especialmente los humedales altoandinos.

b) Actividades

- Estudiar la factibilidad de otorgar protección legal específica a estos ambientes, evaluando la posibilidad de crear un área silvestre protegida desde Linzor por el norte y hasta la altura del paso Jama por el sur.
- Evaluar la factibilidad de focalizar humedales ribereños como Santuarios de Naturaleza.

2.2. Programa de investigación

El Programa de investigación complementará la información existente en este estudio y llenará los vacíos de antecedentes, de manera de establecer el conocimiento suficiente para entender y manejar las áreas de estudio. Este programa de investigación cruza transversalmente varios de los programas propuestos, ya que establece el conocimiento base para los programas de protección e interpretación del patrimonio.

a) Objetivo

- Desarrollar información de áreas no relevadas o abordadas en el estudio de análisis de la biodiversidad de la Región de Antofagasta.
- Generar conocimiento para los programas de protección e interpretación del patrimonio.

b) Actividades (tópicos de investigación)

- Aumentar los registros de plantas en áreas pobres en registros, para determinar la representatividad de los ambientes (e.g., Linzor, norte del Tatio).
- Estudiar en el Tatio la extracción de llareta en alta magnitud. Existen reducidas poblaciones, por lo que se debe establecer la dinámica de ellas y cuantificar su recuperación.
- Establecer la factibilidad de reintroducir llaretas en los lugares en que fue exterminada, apoyado por cultivos *in vitro*.
- Revisión en terreno de especies citadas en la literatura y no encontradas en las expediciones de la última década, especialmente mamíferos, anfibios y reptiles. Determinar si las especies raras sólo lo son por el esfuerzo de muestreo aplicado.
- Estudiar los anfibios presentes para establecer la filogenia y así verificar su situación de especies plenas.
- Estudiar la dieta del suri, ya que sus poblaciones están, en apariencia, recuperándose en las últimas décadas.
- Análisis biogeográfico integrado de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Modelamiento de especiación (flora y fauna) de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Determinar el efecto de la diagonal árida sobre las plantas de la zona andina de la provincia de El Loa.

- Revisar y determinar los estados de conservación de plantas y vertebrados de la zona andina de la provincia de El Loa.

2.3. Programa de interpretación ambiental

La educación ambiental posibilita las vías de comprensión de los procesos y componentes de la naturaleza, así como de los problemas multidimensionales causados por el ser humano. Ayuda a fortalecer una ética ambiental que permita modificar las actitudes que no contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas socioeconómicos y a la responsabilidad para con las generaciones futuras. Las tres áreas de estudio presentan enormes e importantes recursos educativos e interpretativos para los visitantes. Por otro lado la interpretación es el arte de explicar el lugar del hombre en su medio, con el fin de incrementar la conciencia del visitante acerca de la importancia de esa interacción, y despertar en él un deseo de contribuir a la conservación de su ambiente (Aldridge 1973).

Edwards (1976) indica que la interpretación posee cuatro características que hacen de ella una disciplina especial: es comunicación atractiva, ofrece una información concisa, es entregada en presencia del objeto en cuestión y su objetivo es la revelación de un significado. Peart (1977) agrega que la interpretación es un proceso de comunicación diseñado para revelar al público significados e interrelaciones de nuestro patrimonio natural y cultural, a través de su participación en experiencias de primera mano con un objeto, artefacto, paisaje o sitio. Desde otro ángulo Rideout-Civitarese et al. (1997) definen la interpretación como una actividad de comunicación diseñada para mejorar la calidad de la experiencia recreativa del visitante, y para inspirar, de una forma agradable, un mayor aprecio por el recurso. Finalmente Morales (2000) sintetiza que la interpretación del patrimonio es el arte de revelar *in situ* el significado del legado natural, cultural o histórico, al público que visita esos lugares en su tiempo libre.

a) Objetivos

- Fomentar una ética de conservación hacia el patrimonio natural y cultural en los habitantes y visitantes de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Desarrollar un programa interpretativo del patrimonio de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Ayudar al público objetivo a comprender y valorar el patrimonio natural y cultural de la zona andina de la provincia de El Loa.

b) Actividades

- Evaluar la zona andina de la provincia de El Loa para su uso interpretativo.
- Rescate de conocimiento local, especialmente de la etnobotánica, así como del conocimiento y uso de la fauna nativa del lugar. Recuperar los nombres en kunza de la biodiversidad.
- Establecer un programa de capacitación continua sobre biodiversidad a las comunidades indígenas involucradas en la administración de sitios.
- Desarrollar un programa de interpretación del patrimonio focalizado en áreas claves (e.g., géiseres del Tatio).

2.4. Programa de monitoreo de la biodiversidad

Frente a la incertidumbre generada por el desconocimiento y la escasa capacidad predictiva sobre la respuesta de los ecosistemas a nuestras acciones de manejo, surgen los siguientes conceptos: (a) manejo de ecosistemas, integra las visiones económicas, sociales y ecológicas involucradas en la toma de decisiones por parte de los distintos componentes de la sociedad frente a un problema ambiental, y (b) monitoreo, como una de las herramientas de mayor proyección en el ámbito de la ecología aplicada, presentándose como una nueva forma de detectar a tiempo cambios no deseados en los ecosistemas (Rochelle 1994, Hellawell 1995, Gil 2002).

Monitoreo es el reconocimiento intermitente (regular o irregular) realizado para asegurar el grado de cumplimiento con un estándar determinado o el grado de variación de una norma definida, y asume que ya poseemos una idea, aunque sea vaga, de los resultados a obtener, siendo su principal propósito el fijar límites y decidir qué acciones deben efectuarse al comprobar que se han traspasado estos límites (Spellerberg 1994, Goldsmith 1995, Hellawell 1995).

El monitoreo biológico y ecológico tiene un importante rol en el manejo tendiente a la conservación de las poblaciones de plantas y animales. Si no monitoreamos los cambios

en las comunidades, los cambios en el estatus de las especies, el efecto de la pérdida de hábitat, tendremos escasa información en la cual basar buenas prácticas conservacionistas.

Lo aquí propuesto es un esquema de monitoreo ya que la implementación de un programa de monitoreo debe hacerse en el contexto de un programa de manejo, el que tiene tres objetivos principales: monitorear el cumplimiento del programa, es decir verificar el progreso; indicar si el manejo está alcanzando la productividad y/o los resultados esperados; y recopilar y proporcionar nueva información continuamente para actualizar y revisar el plan, y decidir sobre las futuras acciones (Gil 2002).

a) Objetivos

- Monitoreo de especies de vertebrados focales
- Monitoreo de los usos ilegales de plantas y animales
- Monitorear los resguardos de eventuales usos de recursos genéticos no autorizados en desmedro de las comunidades locales y el país en general.

b) Actividades

- Monitorear suris, vicuñas y los tres flamencos. Para el suri y vicuña se deberán hacer censos identificándolos en clases de edad y sexo georeferenciando los registros, integrando la información en un SIG. Los flamencos podrán ser censados de manera mensual. En cada caso se deben determinar parámetros de abundancia y densidad (individuos/km^2).
- Monitorear la caza ilegal para conocer y sistematizar la información sobre caza de fauna silvestre en las tres áreas. Se privilegiarán los indicios de cacería, informantes claves y eventuales decomisos. Se registrarán las especies objetivo, el número de indicios mensuales y las zonas de ocurrencia por área.

2.5. Programa de monitoreo socio ambiental

La implementación de un monitoreo en el contexto de un programa de manejo tiene tres objetivos principales: verificar el progreso del programa; indicar si la implementación está alcanzando los resultados esperados; recopilar y proporcionar nueva información para actualizar, revisar los programas y decidir sobre las futuras acciones. Es necesario, previo a su instauración, tener claridad en al menos cuatro puntos básicos: propósito, método, análisis e interpretación del programa de monitoreo (National Research Council 1986, Horton et al. 1993, Usher 1995, Gil 2002). Al proporcionar una retroalimentación en el tiempo, un sistema de monitoreo permite mejorar la implementación de las actividades en curso o hacer ajustes en los planes y diseños de investigación, para decidir si la actividad debe continuar como se ha planificado, si deben hacerse cambios importantes en las metas o en los planes, o si debe concluirse (Murphy & Noon 1991, Horton et al. 1993). Hecho de manera correcta, un programa de monitoreo proporciona índices continuos de calidad que pueden señalar degradación o recuperación de un sistema (National Research Council 1986).

La incorporación de la dimensión social en los programas de monitoreo obedece a la necesidad de generar información confiable y objetiva acerca de los posibles impactos que la implementación de iniciativas en el área de estudio puedan generar en el aspecto social, para lo cual se deben desarrollar actividades de monitoreo en la comunidad que permitan realizar un seguimiento constante, desarrollando indicadores sociales que posibiliten medir cambios en estos aspectos (e.g., acceso a recreación, acceso a la información y el conocimiento a través de los programas de educación e interpretación ambiental, cambios actitudinales hacia el medio ambiente, valoración del patrimonio). En el diseño del programa de monitoreo socio-ambiental se deben considerar tres aspectos principales: (a) Monitoreo del estado de conservación del patrimonio natural y cultural. (b) Monitoreo de impactos sociales de la implementación de las iniciativas en el área de estudio y de las medidas de conservación adoptadas. (c) Seguimiento o control de gestión, que considera la evaluación de los principales avances de la ejecución de los programas de manejo, con instrumentos *ad hoc* para cada uno de los aspectos a considerar, así como la sistematización de los aprendizajes.

a) Objetivos

- Seleccionar y aplicar indicadores ambientales para la zona andina de la provincia de El Loa
- Desarrollar indicadores de impactos sociales de la implementación de iniciativas en la zona andina de la provincia de El Loa
- Evaluar la gestión de los programas de manejo, adecuando sus actividades según el resultado del monitoreo.

b) Actividades

- Elaborar una matriz lógica de actividades y resultados
- Elaborar y aplicar un plan de monitoreo
- Análisis periódico de los resultados

3. HORIZONTE TEMPORAL Y NIVEL DE URGENCIA

Se entrega en la siguiente Tabla las sugerencias de temporalidad, horizonte de tiempo que es factible ejecutar las actividades y el nivel de urgencia, o prioridad de la actividad (clases: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo).

PROGRAMA	ACTIVIDAD	Horizonte de tiempo para su aplicación	Nivel de urgencia
Protección de ecosistemas representativos	Estudiar la factibilidad de otorgar protección legal específica a estos ambientes, evaluando la posibilidad de crear un área silvestre protegida desde Linzor por el norte y hasta la altura del paso Jama por el sur.	1 año	muy alto
	Evaluar la factibilidad de focalizar humedales ribereños como Santuarios de Naturaleza.	6 meses	alto
Investigación	Aumentar los registros de plantas en áreas pobres en registros, para determinar la representatividad de los ambientes (e.g., Linzor, norte del Tatio).	4 meses	medio
	Estudiar en el Tatio la extracción de llareta en alta magnitud. Existen reducidas poblaciones, por lo que se debe establecer la dinámica de ellas y cuantificar su recuperación.	1 mes	muy alto
	Establecer la factibilidad de reintroducir llaretas en los lugares en que fue exterminada, apoyado por cultivos *in vitro*.	2 año	bajo
	Revisión en terreno de especies citadas en la literatura y no encontradas en las expediciones de la última década, especialmente mamíferos, anfibios y reptiles. Determinar si las especies raras sólo lo son por el esfuerzo de muestreo aplicado.	1 año	alto
	Estudiar los anfibios presentes para establecer la filogenia y así verificar su situación de especies plenas.	1 año	medio
	Estudiar la dieta del suri, ya que sus poblaciones están, en apariencia, recuperándose en las últimas décadas. Análisis biogeográfico integrado de la zona andina de la provincia de El Loa.	1 año	alto
	Modelamiento de especiación de plantas y animales de la zona andina de la provincia de El Loa.	1 año	medio
	Determinar el efecto de la diagonal árida sobre las plantas de la zona andina de la provincia de El Loa.	1 año	bajo
	Revisar y determinar los estados de		

	conservación de plantas y vertebrados de la zona andina de la provincia de El Loa.	3 meses	muy alto
PROGRAMA	ACTIVIDAD	Horizonte de tiempo para su aplicación	Nivel de urgencia
Interpretación ambiental	Evaluar la zona andina de la provincia de El Loa para su uso interpretativo.	6 meses	alto
	Rescate de conocimiento local, especialmente de la etnobotánica, así como del conocimiento y uso de la fauna nativa del lugar. Recuperar los nombres en kunza de la biodiversidad.	1 año	muy alto
	Establecer un programa de capacitación continua sobre biodiversidad a las comunidades indígenas involucradas en la administración de sitios.	6 meses	muy alto
	Desarrollar un programa de interpretación del patrimonio focalizado en áreas claves (e.g., géiseres del Tatio).	6 meses	muy alto
Monitoreo de la biodiversidad	Monitorear suris, vicuñas y los tres flamencos. Para el suri y vicuña se deberán hacer censos identificándolos en clases de edad y sexo georeferenciando los registros, integrando la información en un SIG. Los flamencos podrán ser censados de manera mensual. En cada caso se deben determinar parámetros de abundancia y densidad (individuos/km^2).	continuo	muy alto
	Monitorear la caza ilegal para conocer y sistematizar la información sobre caza de fauna silvestre en las tres áreas. Se privilegiarán los indicios de cacería, informantes claves y eventuales decomisos. Se registrarán las especies objetivo, el número de indicios mensuales y las zonas de ocurrencia por área.	continuo	medio
Monitoreo socio ambiental	Elaborar una matriz lógica de actividades y resultados	6 meses	alto
	Elaborar y aplicar un plan de monitoreo	6 meses	alto
	Análisis periódico de los resultados	continuo	alto

CAPÍTULO X
ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

CAPÍTULO X ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos específicos del estudio en ejecución, es diseñar material de difusión de la información obtenida de los sitios prioritarios, con el propósito de dar a conocer y relevar los objetos que presenten características singulares respecto a su categoría de conservación, taxonomía, atractivo turístico, belleza escénica, geología, valor cultural y arqueológico, entre otros. En base a estos objetos singulares, se han desarrollado seis productos, que contribuyen a la divulgación amplia de los aspectos naturales del sitio Geisers del Tatio como sitio prioritario para su conservación en el marco de la Estrategia Regional de Conservación de la Biodiversidad de la Región de Antofagasta. Se pretende así, motivar el conocimiento y la puesta en valor de este territorio, especialmente los que se relacionan con los componentes de biodiversidad del sitio, las particularidades de su emplazamiento y los procesos geológicos que determinan su condición actual.

Se ha focalizado como público objetivo de esta estrategia de difusión los establecimientos educacionales de la comuna de Calama en particular y las escuelas de la región en general, con especial énfasis en aquellas escuelas certificadas ambientalmente o en proceso de serlo, sin perjuicio de otros establecimientos u actores que quisieran participar de este programa de difusión.

2. PRODUCTOS CONTENIDOS EN LA ESTRATEGIA

2.1. Portal web

La página web cuenta con un portal de inicio en donde se entrega información general para las cinco áreas estudiadas, pudiendo ser desplegada desde la barra de navegación ubicada en la parte superior de la página (desde donde se podrá tener acceso a la información generalizada para los cinco sitios) encontrándose los siguientes vínculos:

- "inicio" (lleva al inicio de la pagina),
- "patrimonio cultural" (donde es posible apreciar de forma sintética el patrimonio cultural de los sitios),
- "patrimonio natural" (abarca la flora y fauna en forma de lista general de especies presentes en cada uno de los sitios),
- "videos" (donde es posible observar los videos generados para cada sitio),
- "galería" (muestra una galería de selección fotográfica para cada sitio),
- "links" (muestra un compilado de direcciones web relacionadas con la biodiversidad y con los sitios bajo estudio).

Los botones al lado izquierdo de la página, llevan a cada uno de los sitios. Al pinchar se desplegará otra corrida de botones que permiten tener acceso inmediato a los temas en específico para cada sitio. Dichos botones se repiten para cada uno de los sitios.

Los botones son los siguientes:

- **Mapa del sitio**: direcciona a un mapa referencial para cada zona (Turistel) en donde es posible hacer "clik" en el sitio específico para ver con mejor detalle a través de un enlace con Google-Earth, desplegando una imagen híbrida de fotos satelitales con mapas camineros.
- **Generalidades del sitio**: direcciona a aspectos que muestran a nivel macro el área a visitar, tales como la ubicación, clima, geomorfología, entre otros.
- **Patrimonio cultural**: muestra en específico el patrimonio cultural para cada sitio
- **Ecosistemas**: muestra los distintos ecosistemas presentes en cada sitio.
- **Flora**: muestra una lista detallada de las especies de flora presentes en el sitio enlazando con imágenes de la galería fotográfica
- **Fauna**: muestra una lista detallada de las especies de fauna presentes en el sitio enlazando con imágenes de la galería fotográfica
- **Educación ambiental**: enlaza con los materiales desarrollados para la educación ambiental (e.g., cartillas, diaporamas)

2.2. Archivo fotográfico digital

Compuesto de 933 imágenes (221 para los Geisers del Tatio, 162 Laguna Lejía, 181 Oasis de Calama, 147 Valle de Quillagua, 222 en el Alrededores del Volcán Licancabur). El álbum está divido en cuatro secciones Flora, Fauna, Paisaje y Misceláneos, con imágenes de la flora y fauna más característica del área de estudio, paisajes y lugares de interés. Las imágenes están en formato jpg y se entregan en el CD adjunto al presente informe.

2.3. Diaporama sobre flora

A partir de la flora vascular registrada fotográficamente en los Alrededores del Volcán Licancabur y los Geisers del Tatio, se confeccionó un Diaporama de Imágenes que contiene los rasgos fisonómicos y reproductivos más conspicuos de 102 especies descritas para éstas áreas. El álbum fotográfico detalla información como el nombre científico, nombre vulgar (cuando corresponda), el ambiente al que pertenecen y singularidades asociadas a su origen fitogeográfico. Se incluyeron además, a modo de introducción, aspectos ecológicos generales de cada uno de los ambientes presentes e información relevante desde el punto de vista del valor de importancia de la biodiversidad contenida en el lugar, así como un mapa de acceso y ubicación del sector.

2.4. Videos promocionales

Los videos promocionales están diseñados para ser utilizados en la difusión de los sitios estudiados, los cuales contienen vistas del área, tomas de fauna y flora con nombres comunes y científicos para su identificación, así como también se identifican los distintos ambientes que aparecen en las imágenes. Se compaña de música de los grupos Inti Illimani y Altiplano. Los videos se entregan en dos formatos (AVI, en alta definición y formato Quicktime para su reproducción en web). La duración de los videos son las siguientes: Laguna Lejía: 6,59 minutos, Geisers del Tatio 9,03 minutos, Volcán Licancabur 8,21 minutos, Oasis de Calama 6,10 minutos y Valle de Quillgua 8,07 minutos.

2.5. Cartillas educativas

Son tres cartillas editadas como una serie patrimonial. Cada una consta de al menos ocho páginas y se presentan en un formato de 21 x 25 cm. Reúnen la información obtenida de las prospecciones de biodiversidad realizadas en el área de estudio, información secundaria y aspectos relevantes acerca de la flora, fauna, el origen y la relación de la población originaria con su territorio.

Las cartillas están dirigidas a todo público, pudiendo ser orientadas a grupos objetivos determinados dependiendo de los objetivos de difusión que se quiera abordar. En principio se presentan como material de apoyo al docente asociado a la propuesta educativa que se acompaña a este informe. Igualmente pueden ser utilizadas por personas que quieran conocer elementos de la fauna y flora nativa y aprender a identificar algunas de sus especies. La versión de formato pdf de cada cartilla se entregan en el CD adjunto al presente informe.

- *Fauna de los Geisers del Tatio.* Describe las especies de vertebrados encontradas durante las prospecciones de biodiversidad en los cuatro ambientes identificados, los humedales altoandinos, el tolar de la estepa arbustiva prepuneña, el pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Entrega una

descripción de sus características principales, su nombre vulgar y científico de modo que se las pueda reconocer en terreno. Además exhibe las especies con problemas de conservación y los endemismo.

- *Vegetación de los Geisers del Tatio*. Describe el ambiente desértico y las particularidades de la vegetación adaptada a estas condiciones. Se presentan una descripción de las especies en los cuatro ambientes relevantes, usos actuales y ancestrales y las que presentan algún grado de amenaza a su conservación.

- *Nuestros antepasados y su entorno.* Describe la relación de los habitantes prehispánicos con su entorno, el uso de los pisos altitudinales de vegetación, la domesticación de especies y los sitios ceremoniales de altura.

3. PROPUESTA EDUCATIVA

3.1. Introducción

Según los datos del MINEDUC, la población total de estudiantes de la Comuna de Calama, en el año 2005, era de 41.441 alumnos y alumnas, distribuidos de la siguiente manera, según nivel de educación y dependencia, como se muestra en la siguiente Tabla.

Nivel educacional	Municipal	Particular pagado	Particular subvencionado	Total
Educación Parvularia	1.666	642	1.501	3.809
Educación Especial	190		376	566
Educación Básica niños	14.732	816	8.889	24.437
Educación Media niños	7.900	294	2.815	11.009
Educación Básica adultos	93			93
Educación Media adultos	1.527			1.527
Totales	26.108	1.752	13.581	41.441

Una de las formas de poner en valor los recursos patrimoniales, tanto naturales como culturales es a través de actividades educativas que incorporen elementos propios del entorno de los estudiantes vinculados a los objetivos educativos propuestos en el currículo escolar. Esto permite, además de dar a conocer los recursos naturales y patrimoniales, generar en los alumnos actitudes positivas hacia su entorno, en la medida que se apropian de su identidad y aumentan la valoración de éste. Para abordar este objetivo se propone desarrollar en las escuelas una estrategia de difusión que incluya al menos una unidad didáctica para cada curso nivel, tanto en enseñanza básica como media, que contenga temas referidos a la flora, fauna,

geomorfología y patrimonio cultural de la región; estos temas estarán vinculados a los contenidos curriculares dispuestos por el Ministerio de Educación.

Esta propuesta educativa, pretende entregar sugerencias para trabajar en dos ámbitos: (a) Educación Formal (especialmente en Educación Básica y Media de niños) y (b) Educación No Formal (con grupos organizados que deseen realizar los planes y proyectos propuestos).

3.2. Educación formal

Para abordar la propuesta educativa en la educación formal se propone la utilización de los materiales de difusión ya descritos, los que servirán de material complementario y de consulta, además de la elaboración de los siguientes materiales, para ser utilizados por los docentes y alumnos:

Fichas de Trabajo de Aula para el docente

Este material servirá para que los docentes puedan tener una sugerencia concreta con la cual trabajar en el aula. Cada ficha debe incluir:

- Objetivos Fundamentales a trabajar
- Sector de aprendizaje.
- Curso.
- Contenidos, aprendizaje esperado e indicadores
- Sugerencia metodológica (que incluye actividades, materiales, tiempo y tipo de evaluación).
- Relación con otros subsectores.

Las fichas de trabajo de aula, deben ser sugerencias prácticas y sencillas. Idealmente, se debe trabajar cada Indicador en 1 o 2 clases. De manera de no interrumpir el resto de contenidos que deben ser trabajados por el curso. Evidentemente la idea de las fichas, es que cada temática de los Indicadores tenga directa relación con los antecedentes de la comuna de Calama y el sitio alrededores Geisers del Tatio. En el Anexo 10-1 se incluyen 2 fichas tipo.

Fichas de trabajo para los alumnos

Es el complemento de la ficha de trabajo de aula del docente.

Estas fichas son el material concreto con el cual los alumnos desarrollaran sus actividades de aprendizaje. En la ficha, se debe indicar claramente:

- Curso al que está dirigida la actividad.
- Subsector a trabajar.
- Contenidos, aprendizaje esperado e indicador
- Pauta de evaluación de la actividad

Las instrucciones deben ser claras. Todas las fichas de trabajo pueden ser reunidas en una cartilla. En el Anexo 10-2 se incluyen dos fichas tipo a modo de ejemplo.

Material para trabajo en el aula

Este material complementario, sirve para realizar el trabajo por parte del docente al momento de entregar los contenidos; o por parte de los alumnos, al desarrollar su trabajo.

Como también, podría constituir material de difusión del proyecto.

Éstos pueden ser: láminas, mapas, planos, moldes, cuestionarios, pautas de cotejo, dibujos, fotografías, presentaciones de power point, mini videos, grabaciones de sonidos, afiches, página web, software educativo, etc.

Jornada de capacitación de los docentes

Para dar a conocer el material (fichas de trabajo de aula del docente, fichas de trabajo de los alumnos y material para el trabajo de aula) y entregar las instrucciones de cómo se utilizan, se debe desarrollar una jornada, donde se instruya a los docentes. En esta jornada se debe tener todos los materiales indicados. Esta actividad, también serviría para conocer experiencias similares realizadas, que puedan servir de motivación y mejoramiento del mismo material. Además de responder a las dudas de los docentes sobre el trabajo a realizar.

Temas a trabajar por curso y subsector

Para facilitar el trabajo de desarrollo de fichas del docente y fichas del alumno, se han seleccionado los aprendizajes esperados, contenidos e indicadores sobre los cuales se debe realizar las fichas. De acuerdo al trabajo desarrollado en el proyecto. Los contenidos seleccionados, se extrajeron del software “Programas de Estudio. Educación Básica y Media. Formación General” (Ministerio de Educación de Chile). Si bien cada uno de estos aprendizajes, contenidos o indicadores, tiene relación con un sólo tema; al momento de desarrollar las actividades de aprendizajes, se están trabajando otras áreas del conocimiento; por lo que por ejemplo: una actividad de naturaleza, implica redactar un texto y dibujar alguna especie, por lo tanto los aprendizajes de Lenguaje y Educación Artística, también se desarrollan. En el Anexo 10-3, se entrega la selección realizada.

3.3. Educación no formal

En el trabajo de educación no formal, se deberá utilizar el material elaborado para el trabajo en escuelas, liceos y colegios. Eso sí, trabajado con dinámicas especiales, propias de la educación no formal. De igual manera, este tipo de material, podría ser utilizado en el trabajo de adultos, tanto en la educación formal, como en actividades de educación no formal. A continuación, se sugieren

Actividades semanales:

La idea es trabajar con grupos organizados, como: clubes, centros juveniles, grupos scouts, grupos de iglesia, etc.; cualquier organización de niños, jóvenes que estén interesados en tratar el tema del conocimiento ambiental y cultural de su comuna. Para ello, cualquier docente capacitado en las jornadas indicadas en el ítem educación formal, podría servir de monitor de

las actividades. El material, sería el mismo indicado anteriormente. Las reuniones y/o sesiones de trabajo, se podrían coordinar semanalmente. Por ejemplo el día sábado o domingo, con una duración de 3 horas. Estas jornadas, deben ser planificadas de tal manera, que se intercalen los contenidos a trabajar, con actividades recreativas.

Actividades en Campamento o Jornada semanal:

También, se puede dar la situación que se reúnan todos los contenidos a trabajar y se realicen campamentos recreativos o jornadas semanales, donde el programa se base en la entrega de estos contenidos. Es decir, en unos 5 días continuos. Estos campamento o jornadas, deben ser planificadas de tal manera, que se intercalen los contenidos a trabajar, con actividades recreativas.

CAPÍTULO XI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES SITIO GEISERS DEL TATIO

La gran particularidad y relevancia de la diversidad biológica en la zona andina del norte de nuestro país es que ha evolucionado bajo los efectos de drásticos cambios geomorfológicos. Estos cambios han condicionado otras severas alteraciones entre los que se encuentran la aridez extrema y la fragmentación de las poblaciones, por el alzamiento de las cordilleras. Ello ha provocado la consecuente adaptación de todas las formas de vida para ocupar con distinto éxito cada uno de los hábitats que se fueron generando. Sin embargo existen también otros factores determinantes en la presencia de las especies. Éstos son (a) los regímenes de precipitaciones y una disponibilidad de agua escasa, estacional y cíclica en el corto, mediano y largo plazo (invierno altiplánico y oscilación del Sur o ENSO); (b) su inclusión en sistemas hidrológicos en su mayoría endorreicos, con fuertes variaciones en la superficie de los humedales (e.g., lagunas, salares, bofedales) que concentran gran parte de la biodiversidad; y (c) los gradientes de altitud con sus variaciones térmicas asociadas, lo que influye especialmente en las comunidades vegetacionales. Como consecuencia de los factores mencionados el área presenta en la actualidad una alta diversidad de ecosistemas así como también altos niveles de endemismos.

En la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismo de flora, una asociada a la costa y otra a la cordillera de los Andes. Dentro de esta última, y al norte de la comuna de San Pedro de Atacama, los antecedentes indican que el nivel de endemismo es de 13,9% para Chile (especies que no están presentes en otro país) y de 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile).

En términos de su biodiversidad en el sitio Geisers del Tatio se presentan cuatro comunidades vegetales diferentes, *Parastrephia quadrangularis-Festuca orthophylla*, *Fabiana densa-Baccharis boliviensis*, *Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides* y *Oxyochloe andina*, correspondiendo las tres primeras a típicas formaciones esteparias y la última, de humedales (bofedal). La riqueza total de plantas nativas es de 89 especies. La diversidad entre las comunidades vegetales es muy heterogénea lo que determina una alta riqueza ecológica lo que es destacable tanto para la vegetación como para la fauna. Tres especies *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche argentea* y *Azorella compacta*, están clasificadas en la categoría de Vulnerable. En cuanto a los endemismos se destaca la presencia de seis plantas endémicas registradas: *Junellia tridactyla*, *Adesmia atacamensis* (aramelilla), *Calceolaria stellariifolia* (capachito), *Opuntia conoidea*, *Trichocereus atacamensis* (cardón gigante) y *Werneria glaberrima* (poposa), con un 6,6% de endemismos en plantas.

Con respecto a la fauna, reconocemos tres zonas de análisis para vertebrados: (a) humedales, incluyendo el vado y humedales del río Putana (b) los géiseres del Tatio y (d) la estepa de tolar y pajonal. En este sitio se presenta la segunda mayor diversidad de mamíferos de todos los sitos estudiados con 12 especies, registrándose a la fecha 51 especies de vertebrados nativos. Los ambientes con mayor diversidad de vertebrados son los humedales con 30 especies, destacándose las aves como el grupo más numeroso, para los mamíferos y reptiles son el pajonal y tolar.

En los diferentes ambientes representativos del sitio Geisers del Tatio, se encontraron dos especies endémicas, los reptiles (lagartija de Bárbara) *Liolaemus barbarae,* y (lagartija de Hajek) *Liolaemus hajeki,* endemismos local y regional, respectivamente. Analizando el total de vertebrados registrados en todos los ambientes se obtiene que el porcentaje de endemismos es de 3,9%,

Adicionalmente 13 especies de fauna se encuentran en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza, los mamíferos (vicuña) *Vicugna vicugna* En Peligro a nivel nacional y (zorro culpeo) *Lycalopex culpaeus* Insuficientemente conocido, el anfibio (sapo espinoso) *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable. En cuanto a las aves, una está en la categoría en Peligro, (suri) *Pterocnemia pennata*, y siete en categoría Vulnerable (perdiz de la puna) *Tinamotis pentlandii*, (guayata) *Chloephaga melanoptera*, (gaviota andina) *Larus serranus*, (flamenco chileno) *Phoenicopterus chilensis*, (flamenco andino) *P. andinus*, *Vultur* (condór) *gryphus* y (tagua andina) *Fulica gigantea*.

El paisaje en el sitio presenta en general una calidad media, sobresaliendo los paisajes de calidad alta como los asociados a cursos de agua y con presencia de vida silvestre. Estos paisajes, únicos y acotados a un espacio geográfico definido y de poca extensión, concentran múltiples elementos propios de los ecosistemas altiplánicos. La calidad predominante del área está dada principalmente porque sus paisajes son mayoritariamente panorámicos y con especiales singularidades, como cuerpos de agua y vegetación de textura gruesa a media, alto contraste cromático y brillo, y parajes panorámicos de quebradas y planicies. La capacidad de uso, en base a la fragilidad y calidad del paisaje, se orienta hacia el turismo de bajo impacto y a la conservación, en ese sentido los componentes naturales especialmente asociados a la geomorfología, geología, la presencia de vegetación, bofedales, cursos de agua y vida silvestre refuerzan esta vocación de atractivo para el desarrollo del ecoturismo controlado.

Con respecto a los usos y amenazas que se identifican sobre el sitio Geisers del Tatio éstos son de nivel bajo y muy bajo en todos los ambientes, ponderándose unas pocas amenazas de nivel medio en los humedales altoandinos. Sin embargo, el nivel de amenaza podría incrementarse especialmente si llegara a aumentar el flujo turístico y de visitantes hacia el sitio, y a aumentar la explotación de minerales y las demandas de uso de aguas que pudieran afectar el volumen y la calidad de las aguas de los humedales, con lo cual los componentes del ecosistema que presentarían algún grado de vulnerabilidad son los anfibios, las aves acuáticas y los artiodáctilos.

Las perturbaciones actuales que se perfilan con algún riesgo son la caza ilegal y el pastoreo de ganado doméstico (camélidos), lo que afectarían principalmente a la fauna de artiodáctilos y las vizcachas. Por otro lado, las funciones y servicios ecosistémicos más sensibles a los impactos ambientales son la calidad del paisaje y el uso recreacional y turístico. Esto requerirá, ante un eventual aumento de la demanda de visita al área, la implementación de herramientas de gestión adecuadas de modo que se garantice su conservación.

En el sitio Geisers del Tatio los ambientes relevantes, sobre los cuales debe focalizarse la conservación de la biodiversidad y la integridad ecosistémica son (a) el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica y (b) los humedales altoandinos, estos últimos concentran además la categoría de prioridad ecológica, lo que incluye el río y bofedal del Putana y los géiseres propiamente tales. A nivel más fino, los esfuerzos de conservación deberían focalizarse sobre 14 especies focales, seis de flora: *Azorella compacta* (yareta), *Lobivia formosa*, *Opuntia conoidea*, *Trichocereus atacamensis* (cardón gigante), *Adesmia atacamensis* (tano – tano),

Junellia tridactila y ocho de fauna: *Lagidium viscacia* (vizcacha), *Vicugna vicugna* (vicuña), *Tinamotis pentlandii* (perdiz de la puna), *Fulica gigantea* (tagua andina), *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno), *Phoenicoparrus* spp (parinas), *Pterocnemia pennata* (suri) y *Liolaemus barbarae* (lagartija de Bárbara).

Respecto a la protección legal, si se analizan los diversos componentes del ecosistema es posible constatar que existen 15 normas jurídicas que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos, ocho que tendrían influencia sobre la conservación del tolar de la estepa arbustiva prepuneña y el pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica, y 10 que aplican sobre componentes del pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Se considera así, que la protección es alta en los humedales ribereños y bofedales y media en los ambientes de pajonal/tolar. Con respecto a las regulaciones que afectan el sistema hídrico, algunas abordan el ambiente en su conjunto, otras se refieren a la calidad del agua y a la protección de acuíferos y algunas se orientan a la protección de especies asociadas a ese ambiente. En cuanto al ambiente terrestre las regulaciones que podrían aplicarse a su conservación en su dimensión ecosistémica son pocas, y más bien se orientan sólo a algunas especies (caza, extracción, comercio, clasificación).

Así, potencialmente existirían regulaciones suficientes que permiten un grado de resguardo de las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados. Sin embargo, existen varias limitantes a ello ya que en su mayoría las regulaciones abordan sólo componentes del ecosistema pero no su dimensión integral. Otra de las grandes limitantes al resguardo de la integridad ecológica de los sistemas naturales está en la inexistencia de una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios; la ausencia de manifestaciones reales del Principio de Precaución, ya que, si bien el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental posee una orientación precautoria, en la práctica no se ejerce; la existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales.

2. RECOMENDACIONES FINALES

De acuerdo a todos los antecedentes anteriormente expuestos en los diferentes capítulos, el sitio prioritario Geisers del Tatio posee los atributos necesarios para su incorporación al sistema nacional de áreas silvestres protegidas, o bajo alguna otra categoría de protección que faculte la ley actual, para lo cual se propone su fusión con el sitio Alrededores del Volcán Licancabur, ya que ambas unidades concentran la mayor diversidad de especies y ecológica de la zona andina de la Región de Antofagasta. Un aspecto ventajoso en función de ello es que la propiedad de la tierra es mayoritariamente fiscal. Los usos ancestrales de la población local podrán mantenerse cautelando, mediante regulaciones adecuadas, la integridad ecológica de los ecosistemas y la biodiversidad que albergan.

Adicionalmente, se recomienda iniciar gestiones para incorporar los acuíferos que alimentan vegas y bofedales bajo la protección de la normativa del Art. 63º del Código de Aguas que faculta la declaración de zonas de protección de acuíferos. Esto se sustenta en que existe una población atacameña vinculada ancestralmente con estos territorios.

Se recomienda también la declaración del cardón como monumento natural, aun cuando su distribución en este sitio es restringida, esto se sustenta en que es una especie en categoría Vulnerable, tiene un lentísimo crecimiento y requiere condiciones particulares para su propagación, aspectos que dificultan su recuperación natural, sobre todo teniendo en cuenta que, a pesar de su categoría, es posible que persista una presión actual de uso sobre ella.

LITERATURA CITADA Y CONSULTADA

ABELLO R, F BERNALDEZ & E GALIANO (1986) Consensus and contrast in landscape preference. Environment and Behavior 18 (2):155-178.

ALBINO A (1996) The South Amertican fósil Squamata (Reptilia: Lepidosauria). Munchner Geowiss. Abh. (A) 30: 185-202.

ALDRIDGE D (1973) Mejora de la Interpretación de los Parques y la Comunicación con el Público. UICN (ed), Segunda Conferencia Mundial sobre Parques Nacionales; Yellowstone Grand Teton, EE.UU., 18-27 septiembre de 1972. Informe 25.

ALDUNATE C, J ARMESTO, V CASTRO & C VILLAGRÁN (1981) Estudio etnobotánico de una comunidad en una comunidad precordillerana de Antofagasta, Toconce. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (38) 183 –223. Santiago, Chile.

ALVA LM (2003) Expedición a la cordillera de los Andes: consideraciones sobre el hierro y estudio del yacimiento ferrífero el Laco, Chile. Instituto de Geofísica, UNAM Cd. Universitaria, Del. Coyoacán Cuaderno 14. México, D. F. 54 pp.

AMADO N & W SIELFELD (1994) Registro de Garcita Azulada *Butorides striatus* Ciconiiformes: Ardeidae en el río Loa. Boletín Chileno de Ornitología 1:27-28.

AMADO N, J HERREROS & W SIELFELD (1991) Registros de pato silbón (*Dendrocygna viudata*) en la I y II Región de Chile. Boletín Informativo UNORCH 12: 11-13.

ARAYA B & G MILLIE (1996) Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 406 pp.

ARAYA B & G MILLIE (2000) Guía de campo de las aves de Chile. Ninth Ed. Editorial Universitaria. Santiago, 406 pp.

ARAYA B & M BERNAL (1995) Aves. En: Diversidad biológica de Chile. Eds. Simonetti, Arroyo, Spotorno & Lozada. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Santiago, Chile.

ARAYA B, BERNAL M, SCHLATTER RP & M SALABERRY 1995. Lista Patrón de las aves chilenas. Ed. Universitaria, 35 pp.

ARROYO MTK, C CASTOR, C MARTICORENA, M MUÑOZ, L CAVIERES, O MATTHEI, FA SQUEO, M GROSJEAN & R RODRÍGUEZ (1998) The flora of Llullaillaco National Park located in the transitional winter-summer rainfall area of the northern Chilean Andes. Gayana Bot. 55(2): 93-110.

ARROYO MTK, C VILLAGRÁN, C MARTICORENA & JJ ARMESTO (1982) Flora y relaciones biogeográficas de los Andes del norte de Chile (18-19°S). En: Veloso A & E Bustos (eds.), El Hombre y ecosistemas de montaña. Programa MAB-6 Vol. 1. 71-92.

ARROYO MTK, F SQUEO, JJ ARMESTO & C VILLAGRÁN (1988) Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: results of a natural experiment. Annals of the Missouri Botanical Garden 75(1): 55-78.

ARROYO MTK, F SQUEO, H VEIT, L CAVIERES, P LEON & E BELMONTE (1997) Flora and vegetation of northern chilean Andes. Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos, pp. 167-178. Universidad de Chile, Santiago, CL.

AVISE JC (2000) Phylogeography: the history and formation of species. Harvard University Press, London. 464 pp.

BARRERA-CATAÑO JI, C VALDÉS-LÓPEZ (2007) Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Universitas Scientiarum. Edición especial II, 12: 11-24.

BECERRRA P & L FAÚNDEZ (2001) Vegetación del desierto interior de Quillagua, Región de Antofagasta (II), Chile. Chloris Chilensis 4(2).

BEHN F, JOHNSON AW & MILLIE G (1957) Expedició ornitológica al norte de Chile (enero - febrero 1957). Boletín Sociedad Biología de Concepción 32: 95-131.

BENAVIDES AG, A VELOSO, P JIMÉNEZ & MA MENDEZ (2005) Assimilation efficiency in *Bufo spinulosus* tapdoles (Anura: Bufonidae): effects of temperatura, diet quality and geographic origin. Revista Chilena de Historia Natural 78: 295-302.

BENAVIDES E, JC ORTIZ & JR FORMAS (2002) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica. 58(2):210-220.

BENOIT IL ed (1989) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. CONAF, Santiago de Chile. 157 pp.
BIBBY C, JN D BURGESS & DA HILL (1992) Bird census techniques. Academic Press, London.
BOLOS M (1992) Manual de ciencia del paisaje. Teoría métodos y aplicaciones Colección de Geografía. Ediciones Masson S.A. Barcelona. 273 pp.
BÖRGEL R (1983) Geomorfología. Colección Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar.182 pp.
BRAUN-BLANQUET J (1964) Pflanzensoziologie-Grundzuge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien. 865 pp.
BROWN FE & JE SALDIVIA (2000) Informe nacional sobre la gestión del agua. http:/Eclac.cl/DNRI/Proyectos/SAMTAC/InCh01100.pfd.
BROWN S & AE LUGO (1994) Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. Restoration Ecology 2 (2): 97-111.
BRUFORD MW, DG BRADLEY & G LUIKART (2003) DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. Nature Genetics Reviews 4: 900-910.
BRUGGEN J (1950) Fundamentos de la geologia de Chile. Instituto Geográfico Militar. Chile.
CABRERA AL & A WILLINK (1973) Biogeografía de América Latina. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Depto. de Asuntos Científicos, Secretaría General de la OEA. Serie de Biología, Monografía N° 13. 120 pp.
CANTO J, R FARIÑA, J YÁÑEZ & D FRASSINETTI (2008) Paleoecología y paleoambientes de los mamíferos fósiles de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 299-304. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
CARO MT & D O'DOHERTY (1999) On the use of surrogate species in conservation biology. Conservation Biology 13:805-814.
CASERTANO L & BAROZZI R (1961) Informe sobre el sistema volcánico del Lascar. Universidad de Chile, Faculdad de Cencias Fisico y Materiali, Instituto de Geologica, Publicaciones, 23, 304–315.
CASTILLO M (1994) Régimen jurídico de protección del medio ambiente. Aspectos generales y penales. Segunda edición. Ediciones Bloc, Santiago.329 pp.
CASTRO V (1997) Huacca Muchay. Evangelización y religión andina en Charcas, Atacama La Baja. Tesis para optar al grado de Magister en Historia, mención Etnohistoria. Departamento de Ciencias Históricas, Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad de Chile. Santiago.
CASTRO V (2002) Ayquina y Toconce: paisajes culturales del norte árido de Chile. En Paisajes Culturales en los Andes, pp. 209-222. Representación de la UNESCO en Perú, Lima.
CASTRO V, C ALDUNATE & V VARELA (2004) Ocupación humana del paisaje desértico de Atacama, Región de Antofagasta ARQ .57, p.14-17. ISSN 0717-6996.
CAVIEDES CN & JA IRIARTE (1989) Migration and distribution of rodents in central Chile since the Pleistocene: the palaeogeographic evidence. Journal of Biogeography 16: 181-187. MARQUET PA (1989) Paleobiogeography of South American cricetid rodents: a critique to Caviedes & Iriarte. Revista Chilena de Historia Natural 62: 193-197.
CAVIERES L, MTK ARROYO, P POSADAS, C MARTICORENA, O MATTHEI, R RODRIGUEZ, F SQUEO & G ARANCIO (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301-1311.
CEA (2003) Vocalizaciones de aves rapaces. Proyecto CHI/01/G09 GEF/PPS/PNUD. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales. CEA Ediciones, Valdivia. (Cassette).
CEA (2008) Estudio línea de base Oasis de Calama. Informe final. Ministerio de Bienes Nacioales, Doc. Tecnico (en elaboración).
CEI JM (1962) Batracios de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cviii + 128 pp.
CLAYTON JD & CM CLAPPERTON (1995) The last glacial cycle and paleolake synchrony in the southern Bolivia altiplano: Cerro Azanaques Case Study. Bulletin Ins.T. Fr. de Etudes Andines 24(3): 563-571.
CODY ML (1985) Habitat selection in birds. Academic Press, Orlando
COFRÉ H & P MARQUET (1999) Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: an assessment. Biological Conservation, 88:53-68.

COMITÉ NACIONAL DE HUMEDALES DE CHILE (2000). Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile. 63 pp.
CONAMA (1992) Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile.
CONAMA (1993) Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile. Suplemento No.1.
CONAMA (1994) Ley de Bases del Medio Ambiente. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Chile. 44 pp.
CONAMA (1994) Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2º edición. Santiago de Chile. 128 pp.
CONAMA (1996a) Flora, competencias ambientales. Documento Nº4, Serie Jurídica.
CONAMA (1996b) Áreas protegidas, competencias ambientales. Documento Nº6, Serie Jurídica.
CONAMA (1996c) Aire, flora, fauna, áreas silvestres protegidas, procedimientos administrativos ambientales. Documento Nº13, Serie Jurídica.
CONAMA (1996d) Diversidad biológica, identificación y diagnóstico preliminar del ordenamiento jurídico aplicable a la protección de la diversidad biológica. Documento Nº16, Serie Jurídica.
CONAMA (1997a) Áreas silvestres protegidas, legislación punitiva y sancionatoria ambiental. Documento Nº27, Serie Jurídica.
CONAMA (1997b) Áreas silvestres protegidas, legislación sancionatoria ambiental. Documento Nº28, Serie Jurídica.
CONAMA Chile (1998) Documento de Discusión: Gestión Integrada del Recurso Agua www.conama.cl/cds/cat_10acta.
CONESA V (1995) Guía Metodológica para el Desarrollo de la Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones MundiPrensa. 2º Edición. Madrid, España. 390 pp.
CONTRERAS L & J TORRES-MURA (2008) Biogeografía de mamíferos terrestres de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 305-314. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
CORTÉS A, E MIRANDA, M ROSENMANN & JR RAU (2000) Thermal biology of the fossorial rodent Ctenomys fulvus from the Atacama desert, northern Chile. Journal of Thermal Biology 25: 425-430.
CORTÉS A, JR RAU, E MIRANDA & JE JIMENEZ (2002) Hábitos alimenticios de Lagidium viscacia y Abrocoma cinerea: roedores sintópicos en ambientes altoandinos del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 75: 583-593.
CUEVAS CC & JR FORMAS (2002) *Telmatobius philippii*, una nueva especie de rana acuática de Ollagüe norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 75: 245-258.
DAVIS TD ed (1994) The Ramsar Convention Manual. Ramsar Convention Bureau, Gland Switzerland. 207 pp.
DAYTON PK (1971) Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. Ecocolical Monography 41:351-389.
DAZA R (2005) Programa monitoreo Parque Nacional Sajama, SERNAP Programa BIAP. 79 pp
DAZA VON BOECK R (2005) Programa de Monitoreo de la Conservación Parque Nacional Sajama. SERNAP Programa BIAP. Bolivia. 78 pp.
DEMETRIO L (1993) Algunos comentarios sobre la presencia de golondrinas en Calama. Boletín Informativo UNORCH 15: 17.
DERUELLE B (1979) Petrologie d'un volcanisme de marge active: Atacama et Andes Meridionales. PhD Thesis, Université de Paris.
DERUELLE B (1985) Le Volcan Lascar: géologie et pétrologie. Actas 4° Congreso Geológico Chileno 4, Antofagasta, Chile, 120–137.
DGA (1999) Política Nacional de Recursos hídricos. Disponible en www.dga.cl
DGA (2002) Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos. www.dga.cl/secuencias/servicios/derech_criterios.htm.
DGA (2004) Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca río Loa. Diciembre de 2004. Elaborado por CADE - IDEPE.

DGA (2005) Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Loa. Informe técnico realizado por: Departamento de Administración de Recursos Hídricos S.D.T. Nº 192 Santiago, enero del 2005.
DI CASTRI F (1968) Esquisse écologique du Chili. Biologie de la Amérique Australe 4 :7-52.
DI CASTRI F (2003) Globalización y biodiversidad. En: E Figueroa & J Simonetti eds Globalización y biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena: 285-323. Editorial Universitaria. 327 pp.
DI CASTRI F & E HAJEK (1976): Bioclimatología de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile.
DÍAZ N (1983) Bibliografía sobre anuros chilenos 1962-1982. Resúmenes y comentarios. Medio Ambiente (Chile) 6: 80-98.
DÍAZ-PAÉZ E & J ORTIZ (2003) Evaluación del Estado de conservación de los anfibios en Chile. Revista Chilena de Historia Natural 76: 509-525.
DONOSO-BARROS R (1961) Three new lizards of the genus Liolaemus from the highest Andes of Chile and Argentina. Coepia 1961 (4): 387-391.
DONOSO-BARROS R (1966) Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cxliv + 458 pp.
DONOSO-BARROS R (1970) Catálogo herpetológico chileno. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 31: 49-124.
DUELLMAN WE (1993) Amphibian species of the world: additions and corrections. The University of Kansas, Museum of Natural History, Special Publications, Lawrence, Kansas. iii + 372 pp.
DUGAN PJ ed (1990) Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. IUCN The World Conservation Union, Gland, Switzerland. 96 pp.
DUGAN PJ & TA JONES (1993) Ecological change in wetlands: A global view. En: Waterfowl and Wetland Conservation in the 1990s - A global perspective, eds M Moser RC Prentice & J van Vessem. IWRB Special Publication No 26, Slimbridge UK: 34-38.
ECONAT Consultores (2005) Análisis general del impacto económico de norma secundaria de calidad de aguas del río Loa en el sector silvoagropecuario. Informe Final.
EDWARDS RY (1976) Interpretation: What Should it Be? Journal of Interpretation 1(1).
EGLI G (1998) Voces de la Fauna Chilena. (Compact Disc).
ELGUETA E (2006) Estudio de flora y fauna vertebrada terrestre del oasis de El Loa. Proyecto Educativo Manuel Montt y Centro Recreativo Pukará Country Club. 16 pp.
ELLENBERG H & D MUELLER-DOMBOIS (1966) A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. Ber. Geob. Inst. ETH Stiftung Rubel, Zurich 37: 56-73.
ERDRA (2000). Estrategia Regional de Desarrollo de la Región de Antofagasta. Gobierno de Chile. Región de Antofagasta 2000-2006.
ESCRIBANO M, M DE FRUTOS, E IGLESIAS, C MATAIX & I TORRECILLA (1991) El Paisaje. Unidades temáticas ambientales de la Secretaría del Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Ministerio de Obras Publicas y Transportes de España. 177 pp.
EUROCHILE- CORFO (sin fechar) Estudio de Capacidad de Carga Turística de San Pedro de Atacama, un proyecto que avanza en la constitución del primer destino en Chile con un sistema de gestión sustentable del turismo. (Documento disponible en la Red, versión PDF.
FARINA A (1998) Principles and methods in landscapes ecology. Chapmen & Hall, London. 235 pp.
FEITO R & MH GALLARDO (1982) Sperm morphology of the Chilean species of Ctenomys (Rodentia, Octodontidae). Journal of Mammalogy, 63: 658-661.
FERNÁNDEZ P (1998) Insitucionalidad ambiental en Chile. Rev de Derecho 9, suplemento especial: 35-42.
FIGUEROA E, C BRAVO & R ÁLVAREZ (2003) Biodiversidad y turismo: oportunidades para el desarrollo económico y la conservación en Chile. En: E Figueroa & J Simonetti eds Globalización y biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena: 23-49. Editorial Universitaria. 327 pp.
FINES KD (1968) Landscape evaluation: A research project in east Sussex. Regional studies (2): 41-55.
FJELDSA J (1985) Origin, evolution, and status of the avifauna of Andean wetlands. Ornithological Monographs 36: 85-112.

FLANAGAN JNM, I FRANKE & L SALINAS (2005). Aves y endemismo en los bosques relictos de la vertiente occidental andina del norte del Perú y sur del Ecuador. *Rev. peru biol.*12(2): 239-248.
FLORES L (1997) Marco jurídico aplicable a las Áreas Silvestres Protegidas. Santiago, Chile.
FORMAN RTT & M GODRON (1986) Landscape Ecology, John Wiley, New York. 619 pp.
FORMAN RTT (1995) Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge U.K.
FORMAS JR, CC CUEVAS & JJ NÚÑEZ (2006) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica 62: 173–183.
FORMAS JR. E BENAVIDES & C CUEVAS (2003) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Río Vilama, northern Chile, and the redescription of *T. halli* Noble. HerpetologicA 59 (2): 253-270.
FORMAS R (1995) Anfibios. En: Simonetti J, M T K Arroyo, A. Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad biológica de Chile. Imprenta Talleres de Artegrama Ltda. Santiago de Chile. 364 pp.
FORMAS R. I NORTHLAND, J CAPETILLO, J NÚÑEZ, C CUEVAS & L BRIEVA (1999) *Telmatobius dankoi,* una nueva especie de rana acuática del norte de Chile (Leptodactylidae). Rev. Chil. Hist. Nat. 72: 427- 445.
FULLER M & MOSHER (1987) Raptor survey techniques. En: BA Giron Pendleton, BA Millsap, KW Cline & DM Bird (eds). Raptor Management Techniques Manual: 37–65. National Wildlife Federation, Washintong, D.C. EE.UU. 276 pp.
GAJARDO R (1994) La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 pp.
GALLARDO E (1985) Legislación sobre protección de la flora arbórea y arbustiva nativa chilena. En: Benoit IL (ed) Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Primera Parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 157 pp.
GALLARDO E (1989) Legislación sobre protección de la flora arbórea y arbustiva nativa chilena. En: I Benoit (ed): 51-64. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (primera parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago de Chile, Chile, 157 pp.
GALLARDO E (1989) Marco jurídico del bosque nativo y su manejo. Exposición efectuada en las jornadas sobre el bosque nativo y su manejo durante el 17 y 18 de noviembre en Concepción. Concepción, Chile. 14 pp.
GARDEWEG M, R SPARKS & S MATTHEWS (1997) (1998) Evolution of Lascar Volcano, Northern Chile. Journal of the Geological Society. Vol 155: 89-104.
GARDEWEG M, R SPARKS & S MATTHEWS (1997) La evolución del volcán lascar y su relación con el clima del Pleistoceno superior-holoceno de los andes centrales. Actas del VII congreso geológico chileno, sesión temática 2: 327-331.
GIL C (2002) Monitoreo ambiental, una herramienta invaluable en el manejo de ecosistemas. Gestión Ambiental 8: 29-44 (2002)
GILPIN ME & ME SOULÉ (1986) Minimum viable populations: Processes of species extinctions. En Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity, M.E. Soulé (ed.), pp. 19-23. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
GLADE A (Ed) (1993) Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago Chile.
GODOY R, C RAMÍREZ, H FIGUEROA & E HAUENSTEIN (1981) Estudios ecosociológicos en Pteridófitos de comunidades boscosas valdivianas, Chile. Bosque 4(1): 12-24.
GOLDSMITH FB (Ed) (1995) Monitoring for conservation and ecology. Chapman & Hall, London.
GOLTE J (2001) Migración andina y cultura peruana en Historia de la cultura peruana. Fondo Editorial del Congreso del Perú. Tomo II. Lima
GONZÁLEZ A (2000) Evaluación del recurso vegetacional en la cuenca del río Budi, situación actual y propuestas de manejo. Tesis Licenciatura en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco. 110 pp.

GRANIZO T, ME MOLINA, E SECAIRA, B HERRERA, S BENÍTEZ, O MALDONADO, M LIBBY, P ARROYO, S ÍSOLA & M CASTRO (2006) Manual de planificación para la conservación de áreas, PCA. The Nature Conservancy y USAID. Impresora Flores, Quito, Ecuador. 204 pp.

GRIGERA (2002) III Taller Criterios para la evaluación del estado de conservación de la fauna silvestre. Gestión Ambiental 8: 71-72.

GROSJEAN M (1994) Paleohydrology of the Laguna Lejía and climatic implications for late-glacial times. Palaeoecology 109: 89-100.

GROSJEAN M (1995) Late Quaternary Geology and Hydrology of Laguna Lejía (Northchilean Altiplano) and Paleoclimatic Implications. In A. Saez (ed) Cenozoic and Quaternary lacustrine systems in northern Chile (Central Andes, Arc and Fore-Arc zones) p. 63-68. IGCP324. GLOPALS-IAS, Antofagasta 1995.

GROSJEAN M & L NÚÑEZ (1994) Lateglacial, Early and Midldle Holocene Environmentens, human occupation, and resourse use in the Atacama (Northern Chile). Geoarchaeology: An International Journal Vol. 9. No. 4, 271-286.

GROSJEAN M, GEYH M.A, MESSERLI B & SCHOTTERER U (1995) Late-glacial and early Holocene lake sediments, groundwater formation and climate in the Atacama Altiplano 22-24°S. Journal of Paleolimnology 14/3, 241-252.

GROSSMAN DH, P BOURGERON, WDN BUSCH, D CLELAND, W PLATTS, GC RAY, CR ROBERTS & G ROLOFF (1999) Principles for ecological classification. In: NC Johnson, AJ Malk, RC Szaro & WT Sexton Common Reference for Ecosystem Manegement 2: 353-393. Elsevier Science, Oxford, UK.

GROVES CR (2003) Drafting a Conservation Blueprint: A Practitioner´s Guide to Planning for Biodiversity. Washington DC: Island Press y The Nature Conservancy.

GUEST JE (1969) Upper Tertiary ignimbrites in the Andean cordillera of part of the Antofagasta province of northern Chile. Geol. Soc. Am. Bull. v80:337-362.

GUTIÉRREZ J, F LÓPEZ-CORREA & P MARQUET (1998) Vegetation in an altitudinal gradient along the Rio Loa in the Atacama Desert of northern Chile. Journal of Arid Environment 40: 383-399.

HAUENSTEIN E, C RAMÍREZ, M LATSAGUE & D CONTRERAS (1988) Origen fitogeográfico y espectro biológico como medida del grado de intervención antrópica en comunidades vegetales. Medio Ambiente 9(1): 140-142.

HELAWELL J (1995) Development of a rationale for monitoring. En: Goldsmith FB (ed) Monitoring for conservation and ecology: 1-14. Chapmam & Hall, London.

HELLMAYR CE (1932) The birds of Chile. Pub. 308. Field Museum of Natural History. Zoological Serie 19. Chicago.

HERMOSILLA J (2004) Tratados Internacionales vigentes en Chile en materia de protección a la Biodiversidad y su relación con la legislación interna. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Escuela de Derecho Universidad Austral De Chile.

HESS GR & TJ KING (2002) Planning open spaces wildlife. I Selecting focal species using a Delphi survey approach. Landscape and urban Planning 58: 25-40

HICKMAN GC (1985) Surface-mound formation by the Tuci-tuco, Ctenomys fulvus (Rodentia: Ctenomyidae), with comments on earth-pushing in other fossorial mammals. Journal of Zoology (London) 205: 385-390.

HOFFMANN A (1989) Cactáceas en la flora silvestre de Chile. 1ª ed. Fundación Claudio Gay, Santiago. 272 pp.

HOFFMANN A, MK ARROYO, F LIBERONA, M MUÑOZ & J WATSON (1998) Plantas altoandinas en la flora silvestre de Chile. 1ª ed. Fundación Claudio Gay, Santiago. 281 pp.

HOLDRIDGE (1967) Determination of world plan formation from simple climatic data. Science 105: 367-368.

HORTON PB, AA MCCONNEY, M GALLO, AL WOODS, GJ SENN, & D HAMELIN (1993) An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. Science Education, 77(1), 95-111.

HOWELL SNG & S WEBB (1995) Noteworthy bird observations from Chile. Bull. Brit. Orn. Cl. 115: 57-66.

HÜCKINGHAUS F (1961) Vergleinchende Untersuchungen ber die Formenmannigfaltigkeit der Unterfamilie Caviinae Murray 1886. (Ergebnisse der Südamerikaexpedition Herre/Röhrs 1956- 1957). Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie 166: 1-98.
HUGHES RA (1970) Notes on the birds of the Mollendo district, southern Peru. Ibis 112: 229-241.
HUMPRIES CJ, PH WILLIAMS & RI VANE-WRIGHT (1995) Measuring biodiversiti value for conservation. Annual Review of Ecology and Systematics 26: 93-111.
HUNTER ML (2004) A mesofilter conservation strategy to complement fine and coarse Filtres. Conservation Biology 19(4): 1025-1029.
IBARRA-VIDAL H (1989) Impacto de las actividades humanas sobre la herpetofauna en Chile. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Chile) 3: 33-39.
IMILAN W (2007) Socaireños en movimiento: Atacameños y Calama. Estudios atacameños: Antropología y arqueología surandinas nº 33. Pp. 105- 123
JARAMILLO A (2005) Aves de Chile. Guía de Campo de las aves de Chile. Lynx ediciones, Barcelona. 239 pp.
JENSEN A (1992) Las cuencas aluvio lacustres Oligoceno-Neogenas de la región del Ante-Arco de Chile septentrional entre los 19º y 23º Sur. Ph D. Thesis Universidad de Barcelona.
JEREZ V (2000) Diversidad y patrones de distribución geográfica de insectos coleópteros en ecosistemas desérticos de la región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 79-92.
JIMÉNEZ J (1996) The extirpation and current status of wild chinchillas Chinchilla lanigera and C. brevicaudata. Biological Conservation, 77: 1-6.
JOHNSON AW, RA HUGHES, JD GOODALL, WR MILLIE & G MOFFETT (1972) Supplement to the birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Perú. Platt Establecimientos Gráficos S. A. Buenos Aires.
JOHNSON WA (1965) The Birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Peru. Volume 1. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires
KEITER R (1998) Ecosystems and the law: toward an integrated approach. Ecological Applications 8(2): 332-341.
KING C (1993) La expresión territorial planimétrica de la legislación ambiental: Ley de Bosques y Reglamento del Decreto Ley 701. Seminario de título para optar al Diplomado en Análisis y Gestión del Ambiente. Escuela de Graduados Universidad de Concepción. 60 pgs.
KLOHN W (1972) Hidrografía de las zonas desérticas de Chile. Ed. por Jean Burz. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Chile.
KOFORD CB (1968) Peruvian desert mice water independence, competition, and breeding cycle near the Equator. Science 160: 552-553.
KRAMER KM, JA MONJEAU, EC BIRNEY y RS SIKES. 1999. Phyllotis xanthopygus. Mammalian Species 617:1-7.
KREBS C (1985) Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2 Edición. Editorial Interamericana. 753 pp.
LAHSEN A (1982) Upper Cenozoic volcanism and tectonism in the Andean of northern Chile. Earth Science Reviews, Vol. 18, p. 285-302.
LATORRE C, JL BETANCOURT, KA RYLANDER, J QUADE & O MATTHEI (2003) A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23ºS) over the last 13500 years. Palaeo 194: 223-246.
LINHART SB & FF KNOWLTON (1975) Determining the relative abundance of coyotes by scent station lines. Wildlife Society Bulletin 3:119-124.
LÓPEZ M (1991) Alimentación de flamencos altiplánicos, con énfasis en *Phoenicoparrus andinus* (Philippi) en Salar de Carcote, Chile. En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 84-89.
LUEBERT F (2004) Apuntes sobre la vegetación de bosque y matorral del desierto precordillerano de Tarapacá (Chile). Chloris Chilensis 7(1). URL: www.chlorischile.cl (Julio-2005)
LUEBERT F & R GAJARDO (1999) Adiciones y notas a la flora del parque nacional Llullaillaco (Región de Antofagasta, Chile). Noticiero Mensual Museo Nacional de Historia Natural 339: 3-6.

LUEBERT F & R GAJARDO (2000) Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile. Lazaroa 21: 111-130
LUEBERT F & R GAJARDO (2005) Vegetación altoandina de Parinacota (norte de Chile) y una sinopsis de la vegetación de la Puna meridional. Phytocoenologia 35(1): 79-128.
LYNCH JD (1975) A new Chilean frog of the extrandean assemblage of *Telmatobius* (Amphibia-Leptodactylidae). Bull South Acad Sci 74: 160-161.
MAGURRAN AE (1998) Ecological diversity and its measurament. Princeton University Press, New Jersey. 179.
MALDONADO V & CM CHACÓN (2001) Trabajando en marcos jurídicos apropiados para la conservación privada: la experiencia en Chile y Costa Rica. Alianza Regional para Políticas de Conservación en América Latina y el Caribe, 38 p.
MARÍN M (2003) Un nuevo registro de benteveo *Pitangus sulphuratus* para Chile. Cotinga 19: 82-83.
MARÍN M (2004) Lista comentada de las aves de Chile. Lynx Edicions, Barcelona. 141 pp.
MARÍN M, LF KIFF & LG PEÑA (1989) Notes on Chilean birds, with descriptions of two new subspecies. Bull. Brit. Orn. Cl. 109: 66-82.
MARQUET PA (1989) Paleobiogeography of South American cricetid rodents: a critique to Caviedes & Iriarte. Revista Chilena de Historia Natural 62: 193-197.
MARQUET P (1994). Diversity of small mammals in the Pacific coastal desert of Peru and Chile and adjacent Andean area: biogeography and community structure. Australian Journal of Zoology 42:527-542.
MARQUET P, F BOZINOVIC, GA BRADSHAW, C CORNELIUS, H GONZÁLEZ, JR GUTIÉRREZ, ER HAYEK, JA LAGOR, F LÓPEZ-CORTEZ, L NÚÑEZ, EF ROSELLO, C SANTORO, H SAMANIEGO, VG STANDEN, JC TORRES-MURA & FM JAKSIC (1998) Los ecosistemas del desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 593-617.
MÁRQUEZ C, I SÁNCHEZ & J RAU (2004) Técnicas de Observación y Estimación de Abundancia de Aves Rapaces. En: Muñoz-Pedreros A, Rau J & Yáñez J (eds). Aves Rapaces de Chile. CEA Ediciones, Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, Valdivia, Chile. 387 pp.
MARTICORENA A (2005) Malvaceae. Cap. 35, pp. 22-105. En: Marticorena C & R Rodríguez. eds Flora de Chile. Vol. 2(3). Plumbaginaceae - Malvaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 128 pp.
MARTICORENA C & M QUEZADA (1985) Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Bot. 42(1-2): 1-155.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (1995) Flora de Chile. Vol. 1. Pteridophyta-Gymnospermae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 351 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2001) Flora de Chile. Vol. 2(1) .Winteraceae-Ranunculaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 99 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2003) Flora de Chile. Vol. 2(2). Berberidaceae-Betulaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 93 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2005) Flora de Chile. Vol. 2(3). Plumbaginaceae - Malvaceae. Editorial Universidad de Concepción, Chile. 128 pp.
MARTICORENA C, O MATTHEI, R RODRÍGUEZ, MK ARROYO, M MUÑOZ, F SQUEO & G ARANCIO (1998) Catálogo de la flora vascular de la segunda región (Región de Antofagasta), Chile. Gayana Bot. 55(1): 23-83.
MARTICORENA A, V PARDO & A PENALOZA (2004) Adiciones y notas a la flora del Parque Nacional Llullaillaco, II Region, Chile. Gayana Bot. 61(2):49-54.
MARTÍNEZ JL (1998) Pueblos del chañar y el : los atacameños en el siglo XVII. Santiago, Chile: DIBAM. Universidad de Chile.
MARTÍNEZ-PARDO R & R MARTÍNEZ-GUZMÁN (1997) Neogene Southest paleogeography, the opening of the Drake passaje and the Humboldt Current history: The Chilean micropaleontologycal perspective. Actas VIII Congreso Geológico Chileno, Universidad Católica del Norte 1: 525-529.
MATTHEI O (1995) Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabeta Impresores, Santiago, Chile. 545 pp.
MAZAR BARNETT J & G KIRWAN eds (1999a) Neotropical notebook. Cotinga 11: 96-105.

MAZAR BARNETT J & G KIRWAN eds (1999b) Neotropical notebook. Cotinga 12: 79-88.
MCALEECE (1997) Biodiversity Profesional Beta Program. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science.
MEFFE GK & CR CARROLL (1994) Genetics: conservation of diversity within species. In: GK Meffe & CR Carroll eds. Principles of conservation biology: 143-178. Sinauer Associates Inc. Sunderland, MA.
MESERVE PL & DA KELT (1990) The role of aridity and isolation on central Chilean small mammals: a reply to Caviedes & Iriarte (1989). Journal of Biogeography 17: 681-684.
MESSERLI B, GROSJEAN M & VUILLE M (1997) Water Availability, Protected Areas, and Natural Resources in the Andean Desert Altiplano. Mountain Research and Development 17/3, 229-238.
MESSERLI B, M GROSJEAN, G BONANI, A BURGI, MA GEYH, K GRAF, K RAMSEYER, H ROMERO, USCHOTTERER, H SCHREIER & M VUILLE (1993) Climate Change and Natural Resource Dynamics of the Atacama Altiplano during the Last 18,000 Years: A Preliminary Synthesis. Mountain Geoecology of the Andes: Resource Management and Sustainable Development. Mountain Research and Development13(2): 117-127.
MIDEPLAN (1994) Métodos y Técnicas de Planificación Regional. Ministerio de Planificación y Cooperación. Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD). 1ª Edición. Editores Asociados Ltda. Chile. 155 pp.
MINISTERIO DE AGRICULTURA (s/f) Ley 19.473 y Reglamento de la Ley de caza.
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE (1992) Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: contenidos y metodologías. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), Madrid, España. 809 pp.
MONTENEGRO G, ME ALJARO & J KUMMEROW (1979) Growth dynamics of chilean matorral shrubs. Botanical Gazette 140:114-119.
MONTENEGRO S, D HERVE & V DURÁN (2001) Los tratados ambientales: principios y aplicación en Chile. 1a. ed. Edición Marie Claude Plumer.Santiago de Chile. CONAMA.
MONTTI S & H HENRIQUEZ (1970) Interpretación hidrogeológica de la génesis de salares y lagunas del altiplano chileno. Segundo congreso geológico chileno. Instituto de investigaciones Geológicas. Santiago, Chile. 13 pp.
MOONEY HA & J KUMMEROW (1971) The comparative water economy of representative evergreen sclerophyll and drought deciduous shrubs of Chile. Botanical Gazzete 132: 245-252.
MOP (2007) Declaración de impacto ambiental proyecto conservación y mejoramiento conexión vial San Pedro – El Tatio (rutas B-245-235) región de Antofagasta.
MOPT (1994) Guía para la Elaboración de Estudio del Medio Físico. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Madrid, España. 809 pp
MORALES H (1997) Pastores transhumantes al fin del mundo. Un enfoque cultural de la tecnología en una comunidad andina de pastores. Tesis de Grado de Antropología Social. Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile, Santiago.
MORALES J (2000) Claves para la interpretacion del patrimonio: un valioso apoyo a la gestión. Gestión Ambiental 6: 1-10.
MORENO C (2001) Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA. Volúmen 1. Zaragoza, España. 84 pp.
MORENO S & J GARCIA-ABAD (1996) Cartografía de la calidad visual del paisaje; reflexiones teóricas y ejemplo de aplicación. Serie Geográfica; el paisaje en el mapa, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares 6: 115-129.
MORENO, R.A. & H. IBARRA-VIDAL. 2004. Additions to the herpetological catalogue of the Museo del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. Gayana, 68(1), 93-97
MUELLER-DOMBOIS D & E ELLENBERG (1974 Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York. 547 pp.
MUÑOZ C (1966) Sinopsis de la flora chilena. 2a ed. Universidad de Chile, Santiago. 500 pp.
MUÑOZ J (2003) Perspectivas para el desarrollo de las aguas subterráneas en Chile. Taller Nacional-Chile hacia un plan nacional de gestión integrada de los recursos hídricos. CEPAL/SAMTAC-

GWP/Comisión Nacional de Riego- Dirección General de Aguas de Chile/Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile/AIDIS. Santiago de Chile. 16 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A (1992) Ecología de la asociación de micromamíferos presentes en un agroecosistema forestal de Chile Central. Revista Chilena Historia Natural.65: 417-428.
MUÑOZ-PEDREROS A (2004) La evaluación de paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77 (1): 139-156.
MUÑOZ-PEDREROS A & E PALMA (2008) Marsupiales de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez (eds) Mamíferos de Chile, segunda edición. CEA Ediciones. 573 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & J YÁÑEZ (eds) (2000) Mamíferos de Chile. CEA Editorial. Valdivia. 417 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & J YÁÑEZ (eds) (2008) Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Segunda Edición corregida y ampliada (en prensa).
MUÑOZ-PEDREROS A & P MÖLLER (eds) (1997) Conservación de Humedales. Taller Bases para la Conservación de Humedales. CEA Ediciones/Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Valdivia. 118 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A, A BADILLA & H RIVAS (1993) Evaluación del paisaje en un humedal del sur de Chile: El caso de Valdivia (X Región). Revista Chilena de Historia Natural 66: 403-417.
MUÑOZ-PEDREROS A, C GODOY & L OLIVARES (1993b) Santuario Carlos Anwandter: proposiciones para su manejo. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Concepción) 7: 33-47.
MUÑOZ-PEDREROS A, J MONCADA & A LARRAIN (2000) Variación de la percepción del recurso paisaje en el sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 681-690.
MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU & J YÁÑEZ (EDS) (2004) Aves Rapaces de Chile Ediciones. 387 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU, V QUINTANA, M VALDEBENITO & D MARTÍNEZ (1995) Densidad de pumas (Felis concolor) en un ecosistema forestal del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 68(4): 501-509.
MURPHY DD & BD NOON (1991) Coping with uncertainty in wildlife biology. J. Wildl. Manage. 55:773-782.
MURRA J (1972) El "control vertical" de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. En Visita a la provincia de León de Huanuco (1562), J. Murra (Ed.), pp. 429-476. Universidad Hermilio Valdizán, Huanuco.
NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1986) Ecological knowledge and environmental problem solving: concepts and case studies. Committee on the Application of Ecological Theory to Environmental Problems; Commission on Life Sciences; National Academy Press, Washington D.C.
NAVARRO G (1993) Vegetación de Bolivia: El altiplano meridional. Rivasgodaya 7: 69-98
NAVARRO G & S RIVAS-MARTÍNEZ (2005) Datos sobre la fitosociología del norte de Chile: la vegetación en un transecto desde San Pedro de Atacama al volcán Licancabur (Antofagasta, II Región). Chloris Chilensis Año 8 Nº 2. URL: http://www.chlorischile.cl
NAVAS ME (1973, 1976, 1979) Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Tres tomos. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
NIEMEYER H & P CERECEDA (1984) Hidrografía. Geografía de Chile. Tomo VIII. Instituto Geográfico Militar. Chile.
NOSS RF (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology 4:355-364.
NOWAK RM (1999) Walker's mammals of the world. Sixth edition. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 1936 pp.
NÚÑEZ H (1992) Geographical data of Chilean lizard and snakes in the Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. Smithsonian Herpetological Information Service 91. 29 pp.
NÚÑEZ H & A VELOSO (2001) Distribución geográfica de las especies de lagartos de la Región de Antofagasta, Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 109-120.
NÚÑEZ H & F JAKSIC (1992) Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 43: 63-91.
NÚÑEZ H & JL YÁÑEZ (1983) *Ctenoblepharis adituvelatus* new species, a lizard from northern Chile (Reptilia: Iguanidae). Copeia 1983: 454-457.

NÚÑEZ H & JL YÁÑEZ (1983-84) *Ctenoblepharis erroneus* Nov. sp. de Iguanidae para la zona norte de Chile (Reptilia: Iguanidae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 40: 91-95.
NÚÑEZ H & SF FOX (1989) *Liolaemus puritamensis*, a new species of iguanid lizard previously confused with *Liolaemus multiformis* (Squamata: Iguanidae). Copeia 1989: 456-460.
NÚÑEZ H, D PINCHEIRA-DONOSO & C GARIN (2004) *Liolaemus hajeki*, nueva especie de lagartija de Chile (Squamata, Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 53: 85-97.
NÚÑEZ H, J NAVARRO & A VELOSO (2000) *Liolaemus foxi*, una nueva especie de lagarto para el Norte de Chile (Squamata: Reptolia: Sauria) Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 17: 257-268.
NÚÑEZ H, J NAVARRO & J LOYOLA (1991) *Liolaemus_maldonadae* y *Liolaemus cristiani*, dos especies nuevas de lagartijas para Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 42: 79-88.
NÚÑEZ H, J NAVARRO, C GARIN, D PINCHEIRA-DONOSO & V MERIGGIO (2003) *Phrynosaura manueli* y *Phrynosaura torresi*, nuevas especies de lagartijas para el norte de Chile (Squamata: Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 52: 67-88. .
NÚÑEZ H, J NAVARRO, J SUFAN & JL GALAZ (1998) Distribución geográfica de *Phrynosaura* (Reptilia: Tropiduridae). Noticiario Mensual Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 334: 11-14.
NÚÑEZ H, JA SCHULTE & C GARIN (2001) *Liolaemus josephorum*, nueva especie de lagartija para el norte de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 91-107.
NÚÑEZ H, MA LABRA & J YÁÑEZ (1982) Hábitos alimentarios de dos poblaciones andinas de *Bufo spinulosus* Wiegmann, 1835 (Anura: Bufonidae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 39: 81-91.
NÚÑEZ H, V MALDONADO & R PÉREZ (1997) Reunión de trabajo con especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 329: 12-19.
NÚÑEZ L & T DILLEHAY (1979) Movilidad giratoria , armonía social y desarrollo en los Andes meridionales: patrones de tráfico e interacciones económicas. Antofagasta , Chile: Universidad del Norte.
OLTREMARI J & K TELEN (1999) Manual para la formulación de Planes de Manejo en áreas silvestres protegidas privadas. Producto final del estudio “Análisis y Diseño Metodológico para la Elaboración de Planes de Manejo en Áreas Silvestres Protegidas Privadas”. Informe Final, Tomo II. CONAMA. Santiago.
ORTIZ JC & P MARQUET (1987) Una nueva especie de lagarto altoandino: *Liolaemus islugensis* (Reptilia-Iguanidae). Gayana: Zoología (Chile) 51: 59-63.
ORTIZ JC (1994) Una nueva especie de lagarto altoandino del género *Liolaemus* (Sauria, Tropiduridae). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile) 65: 191-195.
ORTIZ S (1986) Legislación vigente en el ámbito del manejo de cuencas hidrográficas. Corporación Nacional Forestal Octava Región, Concepción, Chile. 35 pp.
ORTIZ S (1990) La actividad forestal y su regulación ambiental. Seminario CORMA sobre "Legislación forestal y su dimensión en el derecho ambiental". Concepción, Chile, noviembre 1990.
OSGOOD WH (1943) The mammals of Chile. Field Museum of Natural History, Zoological Series 30: 1-268.
OYARZO H & H CORREA (1991) Comunidad avial asociada a la laguna del Negro Francisco (II Región, Atacama). En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 122-131.
PARADA M (1991) Flamencos en el norte de Chile, distribución, abundancia y fluctuaciones estacionales del número. En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 52-66.
PATTERSON B & R PASCUAL (1972) The fossil mammal of South America.In: A Keast, F Erk & B Glass, Evolution, Mammals and Southern Continents: 247-310. State University of New York Press, Albany.
PEART B (1977) Definition of Interpretation. Paper at: Association of Interpreters Naturalists Workshop, Texas A & M University, April 1977. USA.

PELLET P, E UGARTE, E OSORIO & F HERRERA (2005) Conservación de la biodiversidad en Chile, ¿legalmente suficiente? La necesidad de cartografiar la ley antes de decidir. Revista Chilena de Historia Natural 78: 125-141.
PEÑA L (1968) Aves observadas y colectadas en la cordillera de Antofagasta. Noticiario Mensual del Museo de Historia Natural 13(145): 8-11.
PEÑA LG (1961) Results of research in the Antofagasta ranges of Chile and Bolivia. Postilla 49: 3-42.
PHILIPPI RA (1964) Catálogo de las aves de Chile con su distribución geográfica. Investigaciones Zoológicas Chilenas 11: 1-179.
PHILIPPI RA (1967) Tres especies de aves capturadas por primera vez en Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 29: 121-124.
PHILIPPI RA, AW JOHNSON & JD GOODALL (1944) Expedición ornitológica al norte de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 22:65-120.
PICHLER & ZEIL (1972) Paleozoic and Mesozoic ignimbriles of Northern Chile. N. Jb. Miner. Abh.,116, 196-207
PIELOU EC (1984) Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc. New York, 165 pp.
PINCHEIRA-DONOSO & H NÚÑEZ (2005) Las especies chilenas del género Liolaemus Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae) Taxonomía, sistemática y evolución. Museo Nacional de historia Natural, Chile. Publicación Ocasional 59: 1-486.
PINE RH, SD MILLER & ML SCHAMBERGER (1979) Contributions to the mammalogy of Chile. Mammalia 43: 339-376.
POIANI KA & BD RICHTER (2000) Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad. Documentos de Trabajo para la Ciencia de la Conservación Nº 1. Herdnon, VA: The Nature Conservancy.
QUINTANILLA V (1977) Zonación altitudinal de la vegetación en el norte árido chileno, a la latitud del trópico de Capricornio. Revista de Geografía Norte Grande 5: 17-39
QUINTANILLA V (1988) Fitogeografía y cartografía de la vegetación de Chile árido. Contribuciones Científicas y Tecnológicas, Área Geociencias 82: 1-28.
RAMÍREZ C & M GARDEWEG (1982) Hoja Toconao, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 54, 122 pp.
RAMIREZ C & R WESTERMEIER (1976) Estudio de la vegetación espontánea del Jardín Botánico de la Universidad Austral de Chile (Valdivia), como ejemplo de tabulación fitosociológica. Agro Sur 4(2): 93-105.
RAMIREZ C (1988) Formas de vida, fitoclimas y formaciones vegetales. El Arbol...Nuestro Amigo, Temuco 4: 33-37.
RAMÍREZ G & D PINCHEIRA-DONOSO (2005) Fauna del altiplano y desierto de Atacama. Vertebrados de la provincia de El Loa. Phrynosaura Ediciones. Calama, Chile. 395 pp.
RAU J, C ZULETA, A GANTZ, F SAIZ, A CORTES, L YATES, A SPOTORNO & E COUVE (1998) Biodiversidad de artrópodos y vertebrados terrestres del Norte Grande de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 527-554.
RAU JR, M DELIBES & J F BELTRÁN (1987) Estudio comparado de la dieta de los zorros mediterráneos (Carnivora, Canidae). Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (Chile) 18: 163-168.
RECA A, C UBEDA, D GRIGERA, M BECACECCI, C BERTONATTI, J BIANCHINI, M BOLKOVIC, N BONINO, C BORGHI, E CABEZAS, C CAMPAGNA, H CASTELLO, M COZZUOL, E CRESPO, J CRESPO (1994) Conservación de la fauna de tetrápodos. Un índice para su evaluación. Mastozoología Neotropical 1 (1):17-28.
REDFORD KH & JF EISENBERG (1992) Mammals of the Neotropics. Volume 2, the southern cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, ix + 430 pp.
REIG OA (1981) Teoría del origen y desarrollo de la fauna de mamíferos de América del Sur. Monographiae Naturae 1: 1-162.
REIG OA (1986) Diversity pattern and differentiation of high Andean rodents. In: Vuillemier F & M Monasterio (eds) High altitude tropical biogeography: 404-439. Oxford University Press, New York, New York.

REIG OA (1987) An assessment of the systematics and evolution of the Akodontini, with the description of new fossil species of Akodon (Cricetidae: Sigmodontinae). Pp. 347-399 en Patterson, B. D. & R. M. Timm (Eds.) Studies in neotropical mammalogy: essays in honor of Philip Hershkovitz. Fieldiana: Zoology, New Series 39. vii + 506 pp.

REISE D & W VENEGAS (1987) Catalogue of records, localities and biotopes from research work on small mammals in Chile and Argentina. Gayana, Zool. 51:103-130.

RIDEOUT-CIVITARESE S, MH LEGG & DM ZUEFLE (1997) More thoughts on the differences betwen environmental interpretation and environmental education. Legacy 8(6): 10,28-29.

RIDES (2003) Contribución de los Estudios de Biodiversidad en la Evaluacion Integrada del Salar de Atacama, 79 pp.

RIDGELY RS & G TUDOR (1994) The birds of South America. Vol II the suboscine passerines. University of Texas Press, Austin. USA.

RIEU M (1975) Les formations sédimentaires de la pampa del Tamarugal et le río Loa. (Ct norte Grande)) du Chili). Cah. ORSTOM, sér. Géol. 7(2) : 145-164.

RISACHER F, H ALONSO & C SALAZAR (1999) Geoquímica de aguas en cuencas cerradas. I, II y III Regiones de Chile. Ministerio de Obras Publicas, Universidad Católica del Norte, Institut de Recherche pour le Développement (Ex Orstom), Dirección General de Aguas. S.I.T. N 51. 89 pp.

ROCHELLE JA (1994) Maintenance of late sucessional ecosystem values in the pacific northwest: evolving methodologies to guide habitat planning and policy making. En VA Sample (ed) Remote sensing and GIS in ecosystem management: 43-47 Island Press, Washington D.C.

ROMERO H (1985) Geografía de climas en geografía de Chile. Ediciones Instituto Geográfico Militar (IGM). Tmo XI. 243 pp.

ROZZI R, JJ ARMESTO, A CORREA, JC TORRES-MURA & M SALLABERRY (1996) Avifauna de bosques primarios templados en islas deshabitadas del Archipiélago de Chiloé, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 69: 125-139.

SALABERRY M, J AGUIRRE & J YÁÑEZ (1992) Adiciones a la lista de aves de Chile: descripción de nuevas especies para el país y otros datos ornitológicos. Noticiero Mensual del Museo de Historia Natural 321: 3-10.

SCHAT H & M SCHOLTEN (1986) Effects of salinity on growth, survival and life of four short-lived pioneers from brackish dune slacks. Acta Oecologica. 7:221-231.

SCHLATTER R & W SIELFELD (2006) Avifauna y mamíferos acuáticos de humedales de Chile. En I Vila, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez eds Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile: 141-187. Editorial Universitária, Santiago de Chile. 188 pp.

SCHLATTER R, J SALAZAR, A VILLA & J MEZA (1991) Demography of black-necked swans, *Cygnus melancoryphus* in three chilean wetland areas. Wildfowl Suppl. 1: 88-94.

SCHMIDT-NIELSEN K (1979) Animal physiology adaptation and environment. Cambridge University Press. Cambridge.

SERNATUR (2004) Actualización plan maestro turístico" Dirección Regional de Turismo. II Región de Antofagasta. I Etapa. Diagnóstico de la situación actual de la actividad turística. Elaborado por la Universidad Andrés Bello.

SGA-GND (2007) Estudio de impacto ambiental para la perforación geotérmica profunda el Tatio Fase I.

SHUMWAY S & M BERTNESS (1992) Salt stress limitation of seedling recruitment in a saltmarsh plant community. Oecologia 92: 490-497.

SIELFELD W & N AMADO (1994) Nuevos antecedentes sobre la presencia de la tagüita purpúrea (*Porphyrula martinico* Linnaeus, 1776) Gruiforme, Rallidae, en la primera región de Tarapacá, Chile. Boletín Chileno de Ornitología 1:24.

SIELFERLD W, N AMADO, J HERRERO, R PEREDO & A REBOLLEDO (1996) La avifauna del salar de Huasco: primera región, Chile. Boletín Chileno de Ornitología 3: 17-24.

SIMONETTI (1995) Diversidad Biológica: algo más que nombres, algo más que números. En Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad Biologica de Chile. CONICYT

SIMONETTI J & A VELOSO (2003) Contribución de los estudios de biodiversidad en la evaluacion integrada del Salar de Atacama. Programa de Estudios Interdisciplinarios en Biodiversidad/RIDES.

SIMONETTI JZ, & A SPOTORNO (1980) Posición taxonómica de *Phyllotis micropus* (Rodentia: Cricetidae).An. Mus. Hist. Nat. Valparaiso 13 285–297.
SOULÉ ME & KA KOHM (1989) Research Prirorities for Conservation Biology. Island Press. Washington, D. C.
SOUSA W (1984) The role of disturbance in natural comunities. Annual Review of Ecology and Systematics 15: 353-391.
SPELLERBERG IF (1994) Monitoring ecological change. Cambridge University Press, Cambridge.
SPOTORNO AE (1986) Systematics and evolutionary relationships of Andean phyllotine and akodontine rodents. Tesis Doctoral, University of California, Berkeley, California. 219 pp.
SPOTORNO AE & A VELOSO (1990) Flora and fauna of the altiplano. En: R Fernández (ed) Strategies in human adaptation to a rigorous environment: the Aymara: 19-32. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 265 pp.
SPOTORNO AE, LI WALKER & JC MARÍN (2008) Origen, evolución y domesticación de los mamíferos chilenos. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 269-284. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
SPOTORNO A, C ZULETA, A GANTZ, F SAIZ, J RAU, M ROSSEMAN, A CORTES, J RUIZ, L YATES, E COUVE & J MARIN (1998) Sistemática y adaptación de mamíferos, aves e insectos fitófagos en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 71: 501-526.
SPOTORNO A, L WALTER, SV FLORES, M YEVENES, JC MARIN & C ZULETA (2001) Evolución de los filotinos (Rodentia, Muridae) en los Andes del Sur. Revista Chilena de Historia Natural. (47) 1:
SPOTORNO AE, JP VALLADARES, JC MARÍN & H ZEBALLOS (2004b) Molecular diversity among domestic guinea-pigs (*Cavia porcellus*) and their close phylogenetic relationship with the Andean wild species *Cavia tschudii*. Revista Chilena de Historia Natural 77: 243-250.
SPOTORNO AE, JP VALLADARES, JC. MARIN, RE PALMA & C ZULETA (2004) Molecular divergence and phylogenetic relationships of chinchillids (rodentia: chinchillidae). Journal of Mammalogy 85: 384–388.
SQUEO FA, LA CAVIERES, G ARANCIO, JE NOVOA, O MATTHEI, C MARTICORENA, R RODRIGUEZ, MTK ARROYO & M MUÑOZ (1998) Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 571-591.
STATTERSFIELD AJ, ML CROSBY, AJ LONG, & DC WEGE (1998) Endemic bird areas of the world: priorities for biodiversity conservation. Bird Life Conservation Series N.º 7. Cambridge: Bird Life International.
STEPPAN S (1998) Phylogenetic relationships and species limits within Phyllotis (Rodentia: Sigmodontinae): concordance between mtDNA sequence and morphology. Journal of Mamalogy.
STEUBING L, R GODOY & M ALBERDI (2001) Métodos de Ecología Vegetal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 345 pp.
STORK NE & MJ SAMWAYS (1995) Inventorying and Monitoring. En Global Biodiversity Assessment (ed. Heywood, V.H.), pp. 453-544, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
TEILLIER S (2000) Flora del salar de Ascotán, Región de Antofagasta (II Región), Chile. Chloris Chilensis Año 3 N° 1. URL: http://www.chlorischile.cl
TEILLIER S & P BECERRA (2003) Flora y vegetación del salar de Ascotán, Andes del Norte de Chile. Gayana Bot. 60(2): 114-122.
TEILLIER S (2004) La vegetación de la cuenca media-alta del río Loa (3100-4150 msnm). Región de Antofagasta (II), Chile. Chloris Chilensis Año 7 N° 2. URL: http://www.chlorischile.cl
TORRES-MURA JC, M LEMUS & C GARIN (2003) Registro del turpial norteño, *Icterus galbula* (Aves: Icteridae) em Calama, II región, Chile. Noticiero Mensual del Museo de Historia Natural 351: 9-12.
TREVIZAN J, L BARRIOS, C FONFACH & R ROJAS (2001) Caracterización y delimitación del Oasis de Calama, Provincia de El Loa, Región de Antofagasta. JJ Consultores Asociados. 57 pp.
UICN (2007) IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org
UNEP (1992) Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. Nairobi, Kenia.

USHER M (1995) Scientific requirements of a monitoring program. En FB Goldsmith (ed) Monitoring for conservation and ecology: 15-32. Chapman & Hall, London.
VALENZUELA R (1994) Diagnóstico preliminar del ordenamiento jurídico vigente, en lo que se refiere a la protección de la diversidad biológica. Contrato N° 01-0007-001 preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 47 pp.
VALLADARES J, R ETHERIDGE, J SCHULTE, G MANRIQUEZ & A SPOTORNO (2002) Nueva especie de lagartija del norte de Chile, Liolaemus molinai (Reptilia: Liolaeminae). Revista Chilena de Hitoria Natural. 75:473-489.
VAN ANDEL J & JP VAN DEN VERGH (1987) Disturbance of grasslands. Outline of the theme. In: J Van Andel, JP Bakker & RW Snaydon (eds) Disturbance in grasslands, causes, effects and processes. Geobotany 10, Junk, Dordrecht, 3-13.
VELLARD J (1951) Estudios sobre batracios andinos. I- El grupo *Telmatobius* y formas afines (Estudios sobre batracios andinos). Mem Mus Hist Nat Jav Prado 1: 1-90.
VELOSO A (2006) Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. Pp. 103-140 En: Vila I, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez (Eds) (2006) Macrofitas y Vertebrados de los sistemas limnicos de Chile.
VELOSO A & J NAVARRO (1988) Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Boll. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino 6: 481-539.
VELOSO A & L TRUEB (1976) Description of a new species of Telmatobiine frog, *Telmatobius* (Amphibia: Leptodactylidae), from the Andes of northern Chile. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 62: 1-10.
VELOSO A, JC ORTIZ, J NAVARRO, H NÚÑEZ, P ESPEJO & MA LABRA (1995) Reptiles. Pp. 326-335 en Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (Eds.) Diversidad biológica de Chile. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Santiago. xii + 364 pp.
VELOSO A, M SALLABERRY, J NAVARRO, P ITURRA, J VALENCIA, M PENNA & N DÍAZ (1982) Contribución al conocimiento de la herpetofauna del extremo norte de Chile. Pp. 135-268 en Veloso, A. & E. Bustos-Obregón (Eds.) El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, Lat. 18° 28'S). Volumen I, Proyecto MAB-6, UNEP-UNESCO 1105-77-01, ROSTLAC, Montevideo.
VIDAL M (2004) Reptiles terrestres de Chile. Guías de Identificación y Biodiversidad Fauna Chilena. Apuntes de Zoología, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. 15 pp.
VILLAGRÁN C & V CASTRO (1999) Etnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas en el Loa Superior, Andes de Antofagasta, Norte de Chile. Chungará 29 (2): 275-304.
VILLAGRÁN C, J ARMESTO & MTK ARROYO (1981) Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro Leon in northern Chile. Vegetatio 48: 3-16.
VILLAGRÁN C, MTK ARROYO & C MARTICORENA (1983) Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 56(2): 137-157.
VILLAGRÁN C,MTK ARROYO & J ARMESTO (1982) La vegetación de un transecto altitudinal de los Andes del norte de Chile (18-19º S). En: El ambiente natural y las poblaciones humanas de Los Andes del Norte Grande de Chile (Arica, lat. 18º28' S) (Veloso, A. y E. Bustos, eds.), Vol. 1, pp. 13-70. UNESCO, Montevideo, UY.
VUILLEUMIER F (1997) An overview of field guides to neotropical birds with remarks on their role in the development of neotropical ornithology. Ornitología Neotropical 8: 195-236.
WALKER LI, M ROJAS, S FLORES, AE SPOTORNO & G MANRÍQUEZ (1999) Genomic compatibility between two phyllotine rodent species evaluated through their hybrids. Hereditas 131: 227-238.
WHITTAKER RH (1972) Evolution and measurement of species diversity. Taxon 21 (2/3): 213-251.
WHITTAKER RH (1975) Communities and Ecosystems, segunda edición. Nueva York: Macmillan.
WIKUM D & GF SHANHOLTZER (1978) Application of the Braun-Blanquet cover – abundance scale for vegetation analysis in land development studies. Environmental Management 2(4): 323-329
WING E. 1986. Domestication of Andean Mammals. Pp: 246-264, en: Vuilleumier, F. & M. Monasterio (Eds). High Altitude Tropical Biogeography. Oxford University Press. 649 pp.

YÁÑEZ J & A MUÑOZ-PEDREROS (2008) Mamíferos vivientes de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez (eds) Mamíferos de Chile, segunda edición. CEA Ediciones. 573 pp.
YÁÑEZ JL & H NÚÑEZ (1983) *Liolaemus fabiani*, a new species of lizard from northern Chile (Reptilia: Iguanidae). Copeia 1983: 788-790.
ZINZMEISTER W (1978) Effect of the west Antarctic ice sheet on shallow-water marine fauna of Chile. Antarctic Journal 13: 25-26. ARAYA B & G MILLIE (1996) Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 406 pp.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXOS CAPÍTULO IV

ANEXO 4-1. INVENTARIO FLORÍSTICO DE CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

ESPECIES	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS DE CALAMA	VOLCAN LICANCABUR	LAGUNA LEJÍA	GEISERS EL TATIO
Algae					
Chara sp.	X	X			
Cladophora sp.	X	X			
Nostoc sp		X			
Spirogyra sp.	X	X			
Stygeoclonium sp.	X	X			
Pteridophyta (Filicopsida)					
Azolla filiculoides Lam.	X	X			X
Notholaena nivea (Poiret) Desv.			X		
Pinophyta (Gnetopsida)					
Ephedra breana Phil.			X		X
Ephedra multiflora Phil. ex Stapf			X		X
Ephedra rupestris Benth.					X
Angiospermae (Magnoliophyta)					
Dicotyledoneae (Magnoliopsida)					
Acacia macracantha Humb. & Bonpl.ex Willd.	X	X			
Acantholippia punensis Botta			X		
Adesmia aphylla Clos			X		
Adesmia atacamensis Phil.			X		X
Adesmia echinus K. Presl			X		
Adesmia kingii Phil.			X		
Adesmia melanthes Phil.			X		
Adesmia polyphylla Phil.			X		X
Adesmia sp.			X		
Adesmia spinosissima Meyen ex Vogel					X
Adesmia subterranea Clos			X	X	
Ambrosia artemisioides Meyen et Walp.			X		
Arenaria rivularis Phil.				X	X
Astragalus sp			X		X
Atriplex atacamensis Phil.	X	X			
Atriplex imbricata (Moq.) Dietr.			X		
Atriplex semibaccata R. Br.		X			
Azorella compacta Phil.					X
Azorella cryptantha (Clos) Reiche			X		
Baccharis boliviensis (Wedd.) Cabr.			X		X
Baccharis incarum Wedd.			X		X
Baccharis juncea (Cass.) Desf.	X	X			X

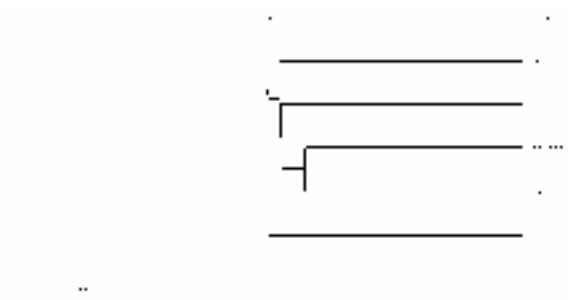
Baccharis petiolata DC.	X	X	X		
Belloa virescens (Wedd.) Cabrera					X
Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze		X			
Cajophora superba Phil.					X
Calandrinia occulta Phil.				X	
Calandrinia salsoloides (Barnéoud) Carolin ex Hershk.	X		X		
Calceolaria stellariifolia Phil.				X	X
Chaetanthera dioica (Remy) B.L. Rob.			X		X
Chaetanthera revoluta (Phil.) Cabr.			X	X	X
Chenopodium petiolare H.B.K.			X		
Chenopodium sp.		X			
Chuquiraga atacamensis O.K.			X		X
*Cistanthe salsoloides (*Barnéoud) Carolin ex Hershk.		X			
Cotula mexicana (DC.) Cabr.					X
Cumulopuntia hystrix F.Ritter			X		
Diplostephium meyenii Wedd.			X		X
Erigeron andicola DC.			X		X
Erigeron senecioides Weed.		X			
Fabiana densa Remy var. ramulosa			X		X
Fabiana denudata Miers			X		X
Fabiana squamata Phil.			X		
Geoffroea decorticans (Guillies ex Hook. & Arn.) Burkart	X				
Gnaphalium sp.			X		X
Haplopappus rigidus Phil.			X		
Heliotropium curassavicum L.	X	X			
Hoffmanseggia sp.			X		
Hypochaeris taraxacoides (Walp.) Benth. et Hooker					X
Junellia minima (Meyen) Mold.					X
Junellia seriphioides (Gill. et Hook.) Mold.			X		X
Junellia tridactyla (Phil.) Mold.				X	X
Krameria lappacea (Dombey) Burdet & B.B. Simpson			X		
Lampaya sp.			X		
Lenzia chamaepitys Phil.				X	X
Lilaeopsis macloviana (Gand.) A.W. Hill					X
Limosella australis R. Br.			X		
Lobivia formosa (Pfeiff.) Dodds					X
Lucilia sp					X
Lupinus oreophilus Phil.			X		
Lycium humile Phil.					X
Lycopersicon chilense Dunal			X		
Lythrum sp		X			
Malesherbia sp.	X				

Medicago sativa L.	X	X			
Menonvillea sp.			X	X	
Mimulus glabratus H.B.K. var. *glabratus*					X
Moschopsis monocephala (Phil.) Reiche			X	X	
Mulinum crassifolium Phil.			X	X	X
Mutisia lanigera Wedd.					X
Myriophyllum quitense H.B.K.					X
Neuontobothrys linifolius (Phil.) O.E. Schulz			X		
Nototriche argentea A.W. Hill					X
Nototriche auricoma (Phil.) A.W. Hill			X	X	
Nototriche cfr. *pulvinata*			X		
Nototriche sp.				X	
Nototriche sp.1				X	
Opuntia conoidea (Back.) A. Hoffmann			X		X
Opuntia ignescens Vaupel			X		X
Opuntia sp					X
Oreocereus leucotrichus (R.Phil.) Wagenkn.					X
Oxalis erythrorrhiza Gill. ex H. et A.				X	
Oxalis pycnophylla Wedd.					X
Parastrephia lucida (Meyen) Cabr.					X
Parastrephia phylicaeformis (Meyen) Cabr.			X		X
Parastrephia quadrangularis (Meyen) Cabr.			X		X
Parastrephia teretiuscula (O.K.) Cabr.			X		
Perezia atacamensis (Phil.) Reiche			X	X	X
Perezia pygmaea Wedd.			X		X
Polyachyrus carduoides Phil.			X		
Prosopis alba Griseb.	X	X			
Prosopis chilensis Stuntz	X	X			
Prosopis tamarugo Phil.	X				
Pycnophyllum bryoides (Phil.) Rohrb.			X	X	X
Pycnophyllum macropetalum Mattf.			X	X	X
Pycnophyllum molle Remy					X
Reicheella andicola (Phil.) Pax					X
Satureja parvifolia (Phil.) Epling					X
Schinus molle L.		X			
Senecio adenophyllus Meyen ex Walp.			X		
Senecio atacamensis Phil.			X		
Senecio cfr. *algens*			X		
Senecio cfr. *socompae*			X		
Senecio graveolens Wedd.			X		
Senecio puchii Phil.			X	X	X
Senecio rosmarinus Phil. var. *rosmarinus*			X		X
Senecio sp		X			
Sisymbrium amplexicaule A. Gray			X		
Sisymbrium sp					X
Solanum furcatum Dunal ex Poir. var.			X		

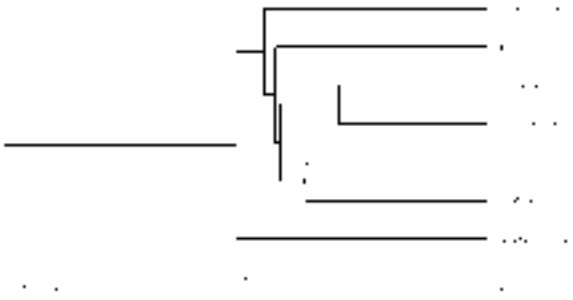
furcatum					
Solanum sp.		X			
Tagetes multiflora H.B.K.			X		X
Tarasa operculata (Cav.) Kapov.			X		
Tephrocactus atacamensis (Phil.) F. Ritter			X		
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) H.Rob. & Cuatrec.	X	X			X
Tiquilia sp.			X		
Trichocereus atacamensis (Phil.) Backeb			X		X
Trichocline caulescens Phil.			X		
Urbania pappigera Phil.			X	X	X
Urtica trichantha (Wedd.) Acev. ex L.E. Navas					X
Valeriana nivalis Wedd.			X		
Valeriana urbanii Phil.					X
Werneria aretioides Wedd.			X		
Werneria denticulata Blake			X		X
Werneria glaberrima Phil.					X
Werneria incisa Phil.				X	
Werneria pinnatifida J. Rémy					X
Werneria poposa Phil.			X		
Monocotyledoneae (Liliopsida)					
Aristida adscensionis L.			X		X
Aristida asplundii Henrard.			X		
Arundo donax	X				
Carex gayana Desv.					X
Carex maritima Gunn. var. Misera				X	
Cortaderia atacamensis (Phil.) Pilger		X	X		X
Cyperus sp					X
Deyeuxia antoniana (Griseb.) Parodi				X	X
Deyeuxia breviaristata Wedd.					X
Deyeuxia cabrerae (Parodi) Parodi				X	X
Deyeuxia chrysantha J. Presl					X
Deyeuxia crispa Rugolo et Villav.			X		
Deyeuxia curvula Wedd.					X
Deyeuxia deserticola Phil.			X		
Deyeuxia eminens J. Presl					X
Deyeuxia sp.			X		X
Deyeuxia velutina Nees et Meyen					X
Dielsiochloa floribunda (Pilger) Pilger			X		X
Distichlis humilis Phil.			X		
Distichlis spicata (L.) Greene	X	X			X
Festuca chrysophylla Phil.			X	X	X
Festuca deserticola Phil.					X
Festuca hypsophila Phil.					X
Festuca orthophylla Pilger			X		X
Festuca sp.			X	X	

Hordeum chilense Roem. & Schult.	X				
Hordeum sp.				X	
Juncus acutus L.		X			
Juncus articus Willd.		X			X
Juncus dombeyanus J.Gay ex Laharpe		X			
Lemna minor L.					X
Myriophyllum quitense H.B.K.		X			
Oxychloe andina Phil.					X
Phragmites australis (Cav.) Trin. Ex Steud.	X	X			
Poa sp.		X			
Polypogon australis Brongn.			X		X
Polypogon monspeliensis (L.) Desf.		X			
Potamogeton strictus Phil. ENDEMICA		X			
Puccinellia frigida (Phil.) I. M. Johnst.				X	
Puccinellia sp					X
Ruppia maritima L.	X	X			
Scirpus americanus Pers.	X	X			
Stipa bomanii Haum.			X		
Stipa chrysophylla Desv.			X		
Stipa frigida Phil.			X	X	
Stipa nardoides (Phil.) Hackel ex Hitchc.			X	X	X
Stipa speciosa Trin. et Rupr.			X		
Stipa venusta Phil.			X		X
Zameioscirpus atacamensis (Phil.) Dhooge & Goetgh.					X
Zea mays L.		X			
TOTAL ESPECIES	24	37	93	29	92

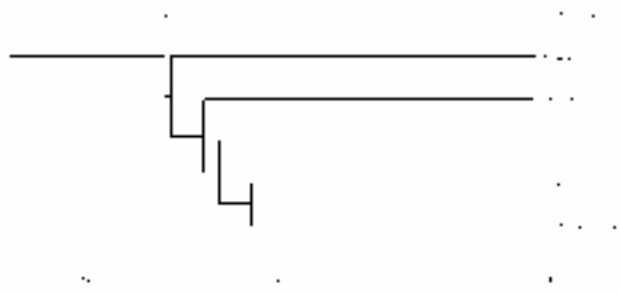
ANEXO 4-2. SIMILITUD ENTRE DIFERENTES ESTACIONES EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.



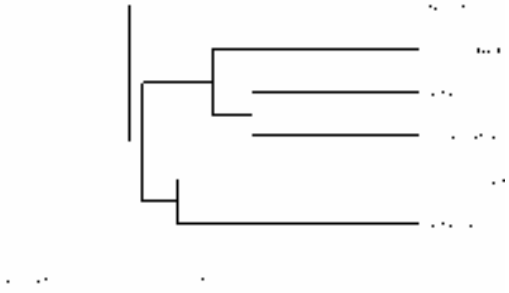
Valle de Quillagua



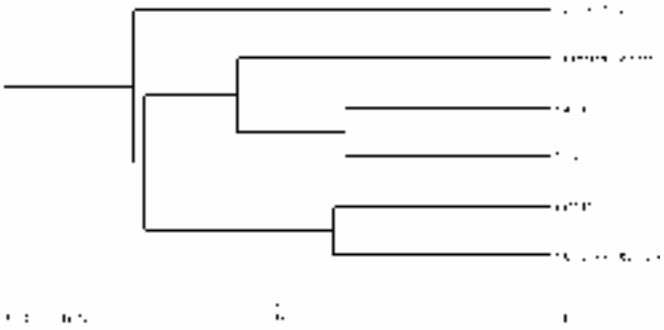
Oasis de Calama



Laguna Lejía



Alrededores Volcán Licancabur



Geisers del Tatio

Folio009717

ANEXO 4-3. MAMÍFEROS PRESENTES EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.
EC= ESTADO DE CONSERVACIÓN. 1= LEY DE CAZA, 2= GLADE (1993), 3= UICN (2007), 4= COFRÉ & MARQUET (1998).

	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa sub desértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
ÁREAS		Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur, Tatio	Licancabur, Tatio	Tatio	Tatio
MAMÍFEROS													
Myotis atacamensis	V[3]	x											
Chaetophractus nationi	P[1]									x	x		
Akodon albiventer									x	x	x		
Abrothrix olivaceus		x		x									
Abrocoma cinerea							x	x		x	x	x	x
Abrothrix andinus							x			x	x	x	
Eligmodontia puerulus	LR/Ic[3]									x	x		
Phyllotis rupestris				x						x	x		
Phyllotis magister	NP[4]			x			x	x	x	x	x	x	x
Auliscomis sublimis												x	x
Lagidium viscacia	P[1]						x			x	x		
Chinchilla brevicaudata							x						
Ctenomys fulvus	V[1]					x			x	x	x		
Ctenomys opimus										x	x		
Rattus norvergicus				x									
Rattus rattus		x	x	x	x								
Mus musculus		x	x	x	x								
Lycalopex culpaeus	I[1]			x		x		x	x	x	x	x	x
Lycalopex griseus				x									
Leopardus colocolo	P[1]							x	x				
Vicugna vicugna	P[1]						x			x	x	x	x
Lama glama							x					x	
Lama guanicoe									x				
Equus asinus									x			x	
Oryctolagus cuniculus				x	x								

Folio009718

ANEXO 4-4. AVES PRESENTES EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. EC= ESTADO DE CONSERVACIÓN. 1= LEY DE CAZA, 2= GLADE (1993), 3= UICN (2007).

ESPECIE	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
		Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur, Tatio	Licancabur, Tatio	Tatio	Tatio
Agriornis andicola	V[3]									x	x	x	
Agriornis montana				x	x								
Anas cyanoptera		x		x									
Anas flavirostris		x		x				x				x	
Anas georgica		x		x				x	x			x	
Anas puna												x	
Asthenes modesta							x			x	x	x	
Athene cunicularia				x									
Attagis gayi	R[1]					x							
Bolborhynchus aurifrons							x						
Bubo magellanicus				x	x								
Buteo polyosoma		x		x						x	x	x	
Calidris bairdii						x						x	
Calidris minutilla		x											
Carduelis atrata							x	x		x	x	x	
Charadrius alticola						x							
Chloephaga melanoptera	V[1]					x						x	
Chordeiles acutipennis		x		x									
Cinclodes atacamensis								x				x	
Cinclodes fuscus				x									
Circus cinereus				x	x								
Columba livia				x	x								
Conirostrum cinereum			X										
Conirostrum tamarugense			X										
Dendrocygna viduata				x									
Egretta caerulea				x									
Falco femoralis		x		x						x	x	x	
Falco peregrinus	V[1]			x	x								
Falco sparverius				x	x								
Fulica ardesiaca		x		x									

Fulica gigantea	V[1]											x	
Gallinago andina												x	
Geositta cunicularia						x							
Geositta punensis						x	x						
Geranoaetus melanoleucus				x	x								
Icterus galbula				x									
Larus modestus	V[1]	x											
Larus serranus	V[1]					x						x	
Leptasthenura aegithaloides				x				x				x	
Lessonia oreas								x				x	
Lophonetta specularioides						x						x	
Metriopelia melanoptera				x					x	x	x	x	
Metropelia aymara										x	x	x	x
Muscisaxicola flavinucha						x				x	x	x	
Muscisaxicola frontalis						x	x						
Muscisaxicola maclovianus		x	X										
Muscisaxicola maculirostris		x	X	x						x	x		
Muscisaxicola rufivertex				x		x	x		x	x	x	x	x
Nycticorax nycticorax				x									
Oreotrochilus estella							x						
Oreotrochilus sp.										x	x		
Pardillarus sanguinolentus		x		x									
Passer domesticus		x	X	x									
Petrochelidon pyrrhonota				x									
Steganopus tricolor				x		x							
Phalcoboenus megalopterus				x			x			x	x	x	
Phleocryptes melanops		x		x									
Phoenicoparrus andinus	V[1]					x						x	
Phoenicoparrus jamesi	V[2]					x							
Phoenicopterus chilensis	V[3]					x						x	
Phrygilus atriceps							x	x	x	x	x	x	
Phrygilus dorsalis										x	x	x	x
Phrygilus fruticeti				x				x					
Phrygilus gay				x									
Phrygilus plebejus						x	x	x		x	x		
Phrygilus unicolor							x			x	x		
Pterocnemia pennata	P[1]						x						x
Pygochelidon cyanoleuca		x		x				x				x	
Riparia riparia				x									

Sicalis auriventris						x	x	x	x	x	x		
Sicalis olivascens						x	x						
Sicalis uropygialis						x	x						
Tachuris rubrigastra		x		x									
Thinocorus orbignyianus												x	
Tinamotis pentlandii	V[1]									x	x		x
Tringa flavipes												x	
Troglodytes aedon		x	X	x	x			x					
Turdus chiguanco								x					
Tyrannus savana		x											
Tyrannus tyrannus				x									
Tyto alba				x	x								
Upucerthia dumetaria			X	x	x		x						
Upucerthia ruficaudus							x			x	x		
Vultur gryphus	V[1]									x	x	x	x
Zenaida auriculata			X	x	x								
Zenaida meloda				x									
Zonotrichia capensis		x	X	x	x			x					

ANEXO 4-5. HERPETOFAUNA PRESENTE EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. E= ESPECIE ENDÉMICA; EC= ESTADO DE CONSERVACIÓN. 1= LEY DE CAZA, 2= UICN (2007), 3= VELOSO (2006).

ESPECIE	E	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama	Humedales ripariano del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
ÁREAS			Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur Tatio	Licancabur Tatio	Tatio	Tatio
Liolaemus andinus								x		x	x	x	x	
Liolaemus erguetae											x	x		
Liolaemus barbarae	E										x	x		
Liolaemus constanzae		R[1]							x	x	x	x		
Liolaemus fabiani	E	R[1]								x				
Liolaemus hajeki	E													x
Liolaemus paulinae	E	R[1]			x									
Liolaemus puritamensis	E							X			x	x		
Microlophus theresioides	E	R[1]	x	X	x	x								
Phrinosaura audivelata	E	R[1]								x				
Phrynosaura torresi	E				x									
Phyllodactylus gerrhopygus					x									
Tachymenis peruviana										x	x	x		
Bufo spinulosus		V[1]							x				x	
Bufo atacamensis		V							x					
Telmatobius dankoi	E	I[3]			x									
Telmatobius vilamensis	E	DD[2]							x					

ANEXO 4-6. CATÁLOGO DE VERTEBRADOS PRESENTES EN EL ÁREA GEISERS DEL TATIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. O= ORIGEN, EC= ESTADO DE CONSERVACIÓN.

ORDEN	ESPECIE	NOMBRE COMUN	O	EC
MAMÍFEROS				
RODENTIA	*Abrothrix andinus*	Ratón andino	N	I
	Akodon albiventer	Ratoncito de vientre blanco	N	
	Phyllotis magister	Lauchón orejudo grande	N	
	Auliscomys sublimis	Ratón de la puna	N	
	Phyllotis rupestris	Lauchón orejudo	N	
	Lagidium viscacia	Viscacha	N	P
	Abrocoma cinerea	Ratón chinchilla de cola corta	N	I
CARNIVORA	*Lycalopex culpaeus*	Zorro culpeo	N	I
	Leopardus colocolo	Gato colocolo	N	
ARTIODACTYLA	*Vicugna vicugna*	Vicuña	N	P
	Lama glama	Llama	N	
PERISSODACTYLA	*Equus asinus*	Burro	I	
AVES				
RHEIFORMES	*Pterocnemia pennata*	Suri	N	P
ANSERIFORMES	*Anas flavirostris*	Pato jergón chico	N	
	Anas georgica	Pato jergón grande	N	
	Lophonetta specularioides	Pato juarjual	N	
	Anas puna	Pato puna	N	
	Chloephaga melanoptera	Piuquén	N	V
CHARADRIFORMES	*Larus serranus*	Gaviota andina	N	V
	Tringa flavipes	Pitotoy chico	N	
	Calidris bairdii	Playero de Baird	N	
	Thinocorus orbignyianus	Perdicita cojón	N	
	Gallinago andina	becacina de puna	N	
CICONIFORMES	*Phoenicopterus chilensis*	Flamenco chileno	N	V
	Phoenicoparrus andinus	Parina grande	N	V
COLUMBIFORMES	*Metriopelia melanoptera*	Tórtola cordillerana	N	
	Metriopelia aymara	Tortolita de la puna	N	
PSITACIFORMES	*Bolborhynchus aurifrons*	Perico cordillerano	N	
FALCONIFORMES	*Buteo polyosoma*	Aguilucho	N	
	Vultur gryphus	Cóndor	N	V
	Phalcoboenus megalopterus	Carancho cordillerano	N	
	Falco femoralis	Halcón perdiguero	N	
GRUIFORMES	*Fulica gigantea*	Tagua gigante	N	V
PASSERIFORMES	*Pygochelidon cyanoleuca*	Golondrina de dorso negro	N	
	Upucerthia ruficaudus	Bandurrilla de pico recto	N	
	Phrygilus atriceps	Cometocino del norte	N	
	Phrygilus dorsalis	Cometocino de dorso castaño	N	
	Phrygilus unicolor	Pajaro plomo	N	
	Carduelis atrata	Jilguero negro	N	
	Cinclodes atacamensis	Chuerrete de alas blancas	N	
	Asthenes modesta	Canastero chico	N	
	Leptasthenura aegithaloides	Tijeral	N	
	Muscisaxicola rufivertex	Dormilona de nuca rojiza	N	
	Muscisaxicola flavinucha	Dormilona fraile	N	
	Sicalis olivascens	Chirihue verdoso	N	
	Lessonia oreas	Colegial del norte	N	
	Agriornis albicauda	Mero de la puna	N	
REPTILES				
SQUAMATA	*Liolaemus andinus*	Lagartija andina	N	
	Liolaemus erquetae	Lagartija de Erqueta	N	
	Liolaemus hajeki	Lagartija de Hajek	N	
	Liolaemus barbarae	Lagartija de Bárbara	N	
ANFIBIOS				
ANURA	*Bufo spinolosus*	Sapo espinoso	N	V

Folio009723

ANEXOS CAPÍTULO VI

ANEXO 6-1. BASE DE DATOS TABULADOS PARA VALORES DE FRAGILIDAD DE PAISAJE. D= DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN; E= DIVERSIDAD DE ESTRATOS; A= ALTURA DE LA VEGETACIÓN; ES= ESTACIONALIDAD DE LA VEGETACIÓN; CV= CONTRASTE CROMÁTICO V/V; CS= CONTRASTE CROMÁTICO V/S; P=PENDIENTE Y H= VALOR HISTÓRICO Y CULTURAL; X=VALOR DE FRAGILIDAD, VFSUP=VALOR DE FRAGILIDAD SUBUNIDAD DE PAISAJE, VFUP= VALOR DE FRAGILIDAD UNIDAD DE PAISAJE, VFMUP= VALOR DE FRAGILIDAD MACROUNIDAD DE PAISAJE.

											VFSUP		VFUP		VFMUP
MUP	CODIGO UP	Foto	D	E	A	ES	CV	CS	P	H	X	DE	X	DE	X
Géiseres	GEI	1	2	3	3	1	3	3	2	3	3	0,8	3	0,0	3
		2	2	3	3	1	3	3	2	3	3	0,8			
		3	2	3	3	1	3	3	2	3	3	0,8			
Cuerpos de agua	LC	28	2	3	3	2	2	3	2	3	3	0,5	3	2,5	2
		29	2	3	3	2	2	3	2	3	3	0,5			
	RVDC	37	1	3	3	1	2	2	2	3	2	0,8	2		
		42	2	3	3	1	2	2	2	3	2	0,7			
	RVDCR	38	1	3	3	1	2	2	1	1	2	0,9	2	2,1	
		33	2	3	3	2	2	3	2	3	3	0,5			
		43	2	3	3	1	2	2	2	2	2	0,6			
Vegetación densa mixta	VDMC	26	1	2	3	1	2	3	1	3	2	0,9	2	2,3	2
		30	2	3	3	2	2	3	2	3	3	0,5			
		31	2	3	3	2	2	3	2	3	3	0,5			
Paja brava semi densa	VPBC	5	1	3	3	1	3	2	2	1	2	0,9	2	2,0	2
		6	1	3	3	1	3	2	2	1	2	0,9			
	VPBVC	7	1	3	3	1	3	1	1	1	2	1,0	2	1,8	
		8	1	3	3	1	3	1	1	1	2	1,0			
	VPBCR	34	2	3	3	1	2	2	2	2	2	0,6	2	2,0	
		35	2	3	3	1	2	2	2	2	2	0,6			
		16	1	3	3	1	3	1	2	1	2	1,0			
Paja brava rala	VRPBC	4	2	2	3	1	2	3	2	1	2	0,8	2	2,1	2
		36	2	3	3	1	2	2	2	2	2	0,6			
		15	1	3	3	1	3	3	2	1	2	1,0			
	VRPBCR	14	2	3	3	1	2	2	2	1	2	0,8	2	2,0	
	VMRPBC	13	1	3	3	1	2	3	3	2	2	0,9	2	2,3	
		40	2	3	3	1	3	2	3	1	2	0,9			
	VMPBCR	11	2	2	3	1	1	2	2	1	2	0,7	2	1,9	
		12	2	3	3	1	2	3	3	2	2	0,7			
		39	2	3	3	1	1	2	2	1	2	0,8			
		17	3	3	3	1	1	1	1	1	2	1,0			
Sin vegetación	SVC	20	3	3	3	1	3	2	2	1	2	0,9	2	1,9	2
		18	2	3	3	1	3	2	3	2	2	0,7			
		23	3	0	0	0	0	0	2	1	1	1,2			
		46	3	3	3	1	2	3	1	2	2	0,9			
		45	3	3	3	1	2	3	1	2	2	0,9			
	SVCR	19	3	0	0	0	0	0	1	1	1	1,1	2	1,4	
		22	3	3	3	1	1	1	1	1	2	1,0			
		25	3	0	0	0	0	0	1	1	1	1,1			
		44	3	3	3	1	3	2	2	1	2	0,9			
		32	2	3	3	1	3	2	3	3	3	0,8			
	SVLC	21	2	3	3	1	3	3	2	1	2	0,9	2	2,3	
Panorámica valle	PV	9	2	3	3	1	3	2	3	1	2	0,9	2	6,8	2
		10	2	3	3	1	3	2	3	1	2	0,9			
		24	2	3	3	1	3	2	3	1	2	0,9			
Camino	CSVCRC	41	2	3	3	1	1	1	2	3	2	0,9	2	2,0	2
Obstrucción visual	OVR	27	3	3	3	1	3	2	2	2	3	0,8	2	2,5	2

Folio009724

ANEXO 6-2. BASE DE DATOS TABULADOS PARA LOS VALORES DE CALIDAD VISUAL DE LAS UP REGISTRADAS EN EL ÁREA, SEGÚN EL MÉTODO DE MUÑOZ-PEDREROS ET AL. (1993). N= NÚMERO IDENTIFICADOR DE LAS IMÁGENES O PAISAJES, G1= EVALUACIÓN DEL GRUPO DE EXIGENTES, G2= EVALUACIÓN DEL GRUPO TRANSFORMADOR DEL PAISAJE, G3= EVALUACIÓN DEL GRUPO CONTROL, X1, X2, X3= VALOR PROMEDIO QUE CADA GRUPO EVALUADOR LE ASIGNO A CADA PAISAJE, X4= VALOR PROMEDIO DE LA UP, DE= DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

UP	N	PANEL DE EVALUADORES																			
		G1 expetos						G2 modificadores					G3 exigientes								
		cgo	rz	cg	gr			ssm	mc	rg			jv	jh	pc	cd					
		5	6	7	8	X1	DE	9	10	11	X2	DE	12	13	14	15	X3	DE	X4	DE
Géiseres	1	22	15	16	23	19	4,1	17	23	25	22	4,2	16	16	13	14	15	1,5	18	4,2
Géiseres	2	22	15	15	16	17	3,4	17	27	29	24	6,4	19	22	18	17	19	2,2	20	4,7
Géiseres	3	23	14	15	16	17	4,1	17	27	28	24	6,1	22	21	15	15	18	3,8	19	5,0
Laguna, ladera, cerro con clastos grandes agrupados, cordillera segundo plano	28	10	12	22	23	17	6,7	23	22	23	23	0,6	26	23	24	23	24	1,4	21	5,0
Laguna, ladera, cerros con clastos grandes y pequeños homogeneos	29	24	18	23	21	22	2,6	23	12	14	16	5,9	24	20	25	22	23	2,2	21	4,2
Río, vegetación densa mixta, ondulado, clastos grandes agrupados, construcciones,	37	18	17	14	21	18	2,9	16	11	10	12	3,2	15	22	13	17	17	3,9	16	3,7
Río, vegetación muy rala de paja brava, ladera, clastos grandes agrupados, cordillera	42	23	20	15	16	19	3,7	17	12	12	14	2,9	23	23	22	24	23	0,8	19	4,5
Río, vegetación densa mixta, plano, clastos grandes agrupados, cerros segundo plano	38	17	12	13	15	14	2,2	16	10	11	12	3,2	16	18	15	15	16	1,4	14	2,5
Río, vegetación densa mixta, ladera, clastos medianos agrupados, cerros	33	13	18	22	23	19	4,5	22	23	25	23	1,5	24	25	24	24	24	0,5	22	3,5
Río, vegetación muy rala mixta, ladera, clastos grandes agrupados, cerros segundo plano	43	20	12	15	12	15	3,8	15	12	10	12	2,5	15	19	19	20	18	2,2	15	3,6
Vegetación densa mixta, plano, cordillera segundo plano	26	23	18	23	23	22	2,5	22	23	23	23	0,6	25	21	20	20	22	2,4	22	1,9
Vegetación densa mixta, plano, cuerpos de agua, vicuñas, cordillera segundo plano	30	24	18	19	23	21	2,9	24	26	25	25	1	23	24	24	24	24	0,5	23	2,4
Vegetación densa mixta, plano, cuerpos de agua, cordillera segundo plano	31	23	17	20	23	21	2,9	23	22	17	21	3,2	23	24	24	23	24	0,6	22	2,5
Vegetación semidensa de paja brava, plana y ladera, cordillera segundo plano	5	18	11	13	14	14	2,9	14	23	22	20	4,9	13	11	17	18	15	3,3	16	4,1
Vegetación semidensa de paja brava, plana y ladera, cordillera segundo plano	6	21	12	19	14	17	4,2	14	22	22	19	4,6	15	13	20	20	17	3,6	17	3,8
Vegetación semidensa de paja brava, plana y ondulada, vicuñas cordillera segundo plano	7	23	13	23	16	19	5,1	15	29	29	24	8,1	18	16	16	16	17	1,0	19	5,6
Vegetación semidensa de paja brava, plana y ondulada, vicuñas cordillera segundo plano	8	23	13	23	14	18	5,5	15	29	29	24	8,1	20	16	17	16	17	1,9	20	5,7
Vegetación semidensa de paja brava, plano, cerros segundo plano	34	13	17	15	18	16	2,2	14	22	22	19	4,6	15	16	16	17	16	0,8	17	2,9
Vegetación semidensa de paja brava, plano, cerros segundo plano	35	22	18	16	16	18	2,8	15	20	20	18	2,9	20	23	21	22	22	1,3	19	2,7
Vegetación semidensa de paja brava, ladera, clastos grandes homogeneos	16	12	11	14	15	13	1,8	11	13	15	13	2	26	19	18	19	21	3,7	16	4,5
Vegetación rala de paja brava, plano y ondulado, cordillera segundo plano	4	16	13	17	18	16	2,2	14	20	23	19	4,6	17	12	16	16	15	2,2	17	3,1
Vegetación rala, plano, clastos en hileras, cordillera segundo plano	36	22	17	16	16	18	2,9	16	22	21	20	3,2	17	22	20	20	20	2,1	19	2,6
Vegetación rala de paja brava, plana, clastos grandes homogeneos, cordillera segundo plano	15	23	15	17	17	18	3,5	15	14	15	15	0,6	25	21	18	19	21	3,1	18	3,5
Vegetación rala de paja brava, plana, clastos grandes agrupados, cerros segundo plano	14	13	12	17	9	13	3,3	12	14	17	14	2,5	18	17	18	17	18	0,6	15	3,0
Vegetación muy rala de paja brava, ladera, clastos grandes agrupadoss, cerros y cordillera	13	13	11	18	13	14	3	13	23	23	20	5,8	14	15	13	15	14	1,0	16	4,0

Vegetación muy rala de paja brava, plano, clastos grandes agrupados, cordillera segundo plano	40	13	12	12	14	13	1	13	15	14	14	1	21	16	16	17	18	2,4	15	2,6
Vegetación muy rala de paja brava, plano, clastos medianos homogeneos, cerros segundo plano	11	12	13	12	17	14	2,4	13	15	20	16	3,6	15	15	13	14	14	1,0	14	2,3
Vegetación muy rala de paja brava, ladera, clastos grandes agrupadoss, cerros segundo plano	12	12	12	13	10	12	1,3	13	15	19	16	3,1	12	14	14	15	14	1,3	14	2,3
Vegetación muy rala mixta,plano, clastos medianos agrupados, cerros segundo plano	39	15	12	10	11	12	2,2	13	14	13	13	0,6	13	17	15	16	15	1,7	14	2,1
Vegetación muy rala de paja brava, plana, clastos pequeños homogeneos	17	12	11	11	9	11	1,3	11	10	11	11	0,6	12	18	16	16	16	2,5	12	2,8
Sin vegetación, plano, clastos grandes homogeneos, cordillera	20	15	14	10	14	13	2,2	16	14	15	15	1	10	16	16	15	14	2,9	14	2,1
Sin vegetación, plano, clastos grandes homogeneos, cordillera	18	17	14	12	13	14	2,2	16	15	15	15	0,6	18	19	16	16	17	1,5	16	2,0
Sin vegetación, plano, cordillera segundo plano	23	15	15	10	14	14	2,4	15	21	23	20	4,2	15	12	14	15	14	1,4	15	3,6
Sin vegetación, plano, clastos medianos homogeneos, cordillera segundo plano	46	12	13	9	15	12	2,5	14	14	14	14	0	21	22	11	17	18	5,0	15	3,9
Sin vegetación, plano, clastos medianos homogeneos, cerro y cordillera segundo plano	45	12	13	10	20	14	4,3	14	14	16	15	1,2	16	23	11	19	17	5,1	15	4,0
Sin vegetación, plano, clastos medianos homogeneos, cerros segundo plano	19	12	11	10	9	11	1,3	11	10	10	10	0,6	11	12	13	14	13	1,3	11	1,4
Sin vegetación, plano, cerros segundo plano	22	11	13	9	10	11	1,7	11	10	7	9,3	2,1	18	12	13	14	14	2,6	12	2,9
Sin vegetación, plano, cerros segundo plano	25	11	11	7	9	9,5	1,9	11	10	9	10	1	20	16	10	15	15	4,1	12	3,7
Sin vegetación, plano, clastos medianos homogeneos	44	9	9	7	9	8,5	1	10	10	15	12	2,9	9	9	11	14	11	2,4	10	2,3
Sin vegetación, ladera y plano, clastos medianos agrupados, cerros segundo plano	32	16	18	13	8	14	4,3	20	10	15	15	5	27	18	21	21	22	3,8	17	5,4
Sin vegetación, ladera, clastos medianos homogeneos, cordillera	21	16	16	18	17	17	1	16	10	18	15	4,2	15	23	16	15	17	3,9	16	3,0
Panorámica valle, clastos grandes agrupados	9	23	11	20	16	18	5,2	14	21	25	20	5,6	11	19	19	18	17	3,9	18	4,5
Panorámica valle, clastos grandes agrupados	10	16	12	20	14	16	3,4	14	21	25	20	5,6	23	19	21	20	21	1,7	19	4,1
Panorámica valle, clastos grandes agrupados	24	16	15	22	17	18	3,1	14	21	18	18	3,5	15	22	14	19	18	3,7	18	3,0
Camino, sin vegetación, plano y ladera, clastos pequeños agrupados, cerros y cordillera	41	17	11	8	12	12	3,7	13	15	14	14	1	14	17	19	17	17	2,1	14	3,2
Obstrucción visual, ladera, clastos pequeños agrupados, ruinas	27	10	12	15	16	13	2,8	11	9	8	9,3	1,5	20	15	8	14	14	4,9	13	3,8

ANEXO 6-3. FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LOS EVALUADORES DE PAISAJE.

(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 6-4. PLANILLA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL PAISAJE.

(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXOS CAPÍTULO VII

ANEXO 7-1. Encuesta General. Caracterización Socioeconómica-Cultural

(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 7-2. Entrevista General. Actores Relevantes

(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXOS CAPÍTULO X

ANEXO 10-1. DOS EJEMPLOS DE FICHAS DE TRABAJO DE AULA PARA EL DOCENTE.

Ficha de Actividad “LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS”
1. Objetivo Fundamental Verticales Conocer las características principales de los pueblos originarios de Chile.
2. Sector de Aprendizaje Comprensión del Medio Natural, Social y Cultural
3. Curso 4º básico
4. Aprendizaje esperado Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.
5. Indicador Comparan diferentes formas de vida de algunos pueblos originarios.
6. Sugerencia metodológica Actividades - El docente preguntará a los alumnos que pueblos originarios de Chile conocen y con que características los relacionan. - El docente afirmará o corregirá la información entregada. - El docente preguntará a los alumnos, que conocen del pueblo “atacameño”. - Observarán imágenes sobre la cultura “atacameña” (restos arqueológicos, manifestaciones culturales actuales, etc). Y se comentará lo observado. - Los alumnos colorearán imágenes de objetos y ceremonias propias del pueblo atacameño. - Los alumnos consultarán en sus casas, a sus vecinos o en software educativos, información sobre las imágenes coloreadas. La siguiente clase se comentará los resultados de la tarea.
7. Materiales - Pizarra y plumón. - Presentación en power point sobre el pueblo o los pueblos “atacameños”. - Cartilla de trabajo de los alumnos - Texto con información sobre características de los pueblos atacameños - Software sobre culturas indígenas nortinas.
8. Tiempo 90 minutos (2 horas pedagógicas)
9. Tipo de Evaluación - Se evaluará la participación de los alumnos, tanto en el aporte de ideas como en la información entregada. - Se evaluará el trabajo realizado en la cartilla (realización del trabajo, orden y calidad de la información).
10. Relación con otros subsectores - Artes: colorear imágenes - Lenguaje: entrevistas y escritura de información obtenida.

Ficha de Actividad: “LA ENERGÍA DEL FONDO DE LA TIERRA”
1. Objetivo Fundamental Describir e interpretar procesos de transformación y transferencia de energía en situaciones cotidianas y experimentales.
2. Sector de Aprendizaje Estudio y Comprensión de la Naturaleza
3. Curso 6º básico
Contenido: Tipos de energía. Transformación y transferencia de energía en situaciones experimentales y cotidianas.
5. Aprendizaje esperado Conocen tipos de energía. Interpretan situaciones cotidianas y experimentales en términos de transformaciones y transferencias de energía.
6. Sugerencia metodológica Actividades - Los alumnos comentarán lo que conocen de los geisers el Tatio. - Revisaran imágenes de video, donde se observa el fenómeno de los geisers. - Tratarán de dar una explicación “científica” del fenómeno, tratando de explicar porqué ocurre. - El profesor entregará un documento donde se detalla el fenómeno que permite que existan los geisers, y como esto puede aprovecharse energéticamente. Este documento, será leído por parejas. - Los alumnos realizarán un dibujo esquemático, donde detallan el fenómeno de los geisers y sus posibles usos energéticos.
7. Materiales - Pizarra y plumón. - Video de los geisers del Tatio. - Cartilla de trabajo de los alumnos. - Computadores e impresora. - Texto o software con información sobre geiser el Tatio.
8. Tiempo 90 minutos (2 horas pedagógicas)
9. Tipo de Evaluación - Se evaluará el trabajo de búsqueda de información (pertinencia, claridad y trabajo en equipo). - Se evaluará el dibujo realizado en la cartilla (realización del trabajo, orden y calidad de la información).
10. Relación con otros subsectores - Tecnología: Conocer nuevas formas de energía.

ANEXO 10-2. DOS EJEMPLOS DE FICHA DE ACTIVIDAD DE CARTILLA DE ALUMNOS.

Ficha de Actividad “LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS”
Curso: 4º básico
Subsector: Comprensión del Medio Natural, Social y Cultural
Aprendizaje esperado: Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.

A trabajar…

En esta ficha, tienes 4 imágenes que representan aspectos culturales de los pueblos atacameños.

Consulta con tus familiares, personas mayores o busca en algún libro o CD… y averigua a que corresponde cada imagen

_____ _____ _____ _____

_____ _____ _____ _____

Evaluación:

Responde brevemente:

1. ¿A quién consulté por las imágenes?

2. ¿Hice mi tarea con suficiente anticipación?

Ficha de Actividad "LA ENERGÍA DEL FONDO DE LA TIERRA"
Curso: 6º básico
Subsector: Estudio y Comprensión de la Naturaleza
Aprendizaje esperado: • Conocen tipos de energía. • Interpretan situaciones cotidianas y experimentales en términos de transformaciones y transferencias de energía**.**

Tareas…

1. Ya has podido ver qué ocurre en los géiseres del Tatio.

Ahora, queremos que escribas una explicación de por qué te imaginas que ocurre ese fenómeno, para eso, te pedimos que seas lo mas claro posible y utilices algunos conceptos que hayas aprendido en esta asignatura…

_____

_____

_____

2. Realiza un dibujo, donde muestres como se producen las "fumarolas" del géiser, y como la energía que existe en él, puede ser utilizada.

Evaluación:

Responde brevemente:

1. ¿Observé atentamente el video y realicé la Tarea 1 tratando de explicar claramente lo que se me pedía?
2. Luego de leer el documento ¿Desarrollé mi dibujo de la mejor manera?
3. ¿Fui ordenado al realizar mis tareas?

ANEXO 10-3. SUGERENCIA DE APRENDIZAJES ESPERADOS, CONTENIDOS E INDICADORES A TRABAJAR

A continuación, se entregan Aprendizajes Esperados, Contenidos e Indicadores, según corresponda, sobre los cuales se debe realizar las Fichas. Los contenidos seleccionados, se extrajeron del software "Programas de Estudio. Educación Básica y Media. Formación General" (Ministerio de Educación de Chile). Se han ordenado por Curso y Subsectores.

1º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Identifican y caracterizan sus grupos de pertenencia a nivel familiar, escolar, local y nacional	- Describen sus grupos de pertenencia: familia, escuela, vecindario o localidad y país. - Describen algunas tradiciones regionales o nacionales: mitos, leyendas, celebraciones y comidas.
Describen algunas plantas y animales de su entorno y reconocen la importancia de su cuidado	- Observan plantas y animales de su entorno más cercano. - Identifican plantas y animales de su entorno. - Relatan como es el lugar donde viven los animales y plantas observadas. - Dan ejemplos de cómo cuidar plantas y animales.
Establecen relaciones entre el pasado y el presente y proyectan acciones a desarrollar en el futuro	- Distinguen situaciones, hechos, objetos y costumbres del pasado y del presente. - Establecen semejanzas y diferencias entre las situaciones, hechos, objetos y costumbres del pasado y del presente.

2º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Identifican diferentes actividades laborales y valoran la importancia del trabajo para el desarrollo de la vida en sociedad.	• Nombran profesiones y oficios que se realizan en la región donde viven. • Describen la función que cumplen trabajadores que se desempeñan en diferentes actividades laborales.
Comprenden la importancia del uso de instrumentos para percibir características no observables a simple vista en organismos de su entorno.	• Comparan observaciones realizadas con lupa y sin ella. • Describen rasgos de organismos del entorno, a partir de observaciones realizadas con instrumentos.
Manifiestan curiosidad para ampliar su conocimiento del entorno.	• Formulan preguntas para profundizar el conocimiento del entorno. • Buscan y comparan información para aclarar sus interrogantes.
Caracterizan diferentes paisajes, agudizando su capacidad de observación.	• Reconocen diferentes elementos del paisaje, tales como cordillera, cerro, valle, nubes, viento, agua, animales, plantas, construcciones, caminos, campos cultivados. • Distinguen elementos naturales y elementos culturales de los paisajes.
Caracterizan flora y fauna típica de Chile y señalan las medidas adoptadas para su protección.	• Reconocen flora y fauna típica de Chile. • Describen características de algunas plantas y animales de Chile. • Señalan algunas especies de plantas y animales que están en peligro de extinción en nuestro país. • Identifican instituciones, locales y nacionales, que protegen a la flora y fauna. • Dan ejemplos de medidas adoptadas para la protección de la flora y fauna.

Reconocen diferentes formas en que animales y plantas se relacionan con su hábitat.	• Definen, con sus propias palabras, el concepto de "hábitat" como el lugar donde los organismos viven y encuentran lo que necesitan para vivir: refugio, aire, agua, alimento y espacio. • Describen distintas formas de interacción de animales y plantas con su hábitat: de alimentación, de defensa y de refugio.
Describen diferentes maneras en que el ser humano se relaciona con su medio ambiente y reconocen la importancia de su cuidado	• Reconocen la necesidad que tiene el ser humano de interactuar con el medio ambiente. • Describen situaciones que muestran cómo los seres humanos interactúan con su medio ambiente. • Dan ejemplos de conductas de las personas que contribuyen al cuidado del medio ambiente. • Relacionan el cuidado del medio ambiente con la salud de las personas.

3º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Describen interacciones entre plantas, animales y el medio.	• Describen experiencias que muestran que las plantas fabrican su propio alimento. • Distinguen entre organismos productores y organismos consumidores. • Identifican animales carnívoros, herbívoros y omnívoros.
Comprenden el concepto de recurso natural como todo elemento que el ser humano obtiene de la naturaleza para satisfacer sus necesidades.	• Identifican recursos naturales. • Dan razones que muestran la importancia de cuidar los recursos naturales. • Identifican los principales recursos naturales que se explotan en Chile, y los localizan en el mapa. • Nombran y describen actividades productivas relacionadas con la obtención de recursos naturales

3º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Aprendizaje esperado	Indicadores
Reconocen propiedades estéticas de diversos materiales en elementos naturales, objetos y obras de arte, por ejemplo: piedra, cuero, huesos, madera, arcilla, fibras, textiles, metal, papel, cartón, vidrio, plástico, otros.	• Identifican diversos materiales en el entorno natural y cultural.
Exploran manifestaciones musicales folclóricas mediante la ejecución grupal vocal e instrumental de danzas y canciones.	• Ejecutan danzas folclóricas, incorporando elementos del entorno cultural.
Reconocen y exploran diversas formas de interacción de las manifestaciones artísticas entre sí y con el entorno social y cultural. Emplean combinaciones de medios artísticos para expresarse.	• Relacionan diferentes manifestaciones artísticas en cuanto a: medios, temáticas, formas, personajes, ideas o sentimientos expresados. • Expresan sentimientos, emociones e ideas combinando diferentes medios de expresión artística.
Recrean en trabajos de grupo manifestaciones lúdicas del folclor por medio de la música y la expresión corporal, con movimiento corporal, expresión verbal y cantada, apropiados a cada caso.	• Practican, conocen y valoran distintas manifestaciones lúdicas del folclor (danzas imitativas, juegos, rondas y otros). • Ejecutan cantos tradicionales con acompañamiento instrumental.

4º BÁSICO. LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

Aprendizaje esperado	Indicadores
Escuchan comprensivamente cuentos, fábulas, leyendas poemas y noticias; captando la información explícita e implícita que contienen.	• Reconocen información explícita sobre personajes, acciones o lugares de las narraciones escuchadas. • Demuestran la comprensión de lo escuchado a través de preguntas pertinentes, comentarios, opiniones y expresiones artísticas.
Relatan diversas narraciones en forma clara y coherente y recitan poemas con expresión de las emociones que contienen.	• Relatan cuentos, leyendas, fábulas, experiencias personales, hechos y películas, escuchados, vistos o leídos, utilizando oraciones completas y bien construidas. • Recitan poemas, de tres estrofas o más, dándoles la adecuada entonación a sus versos

4º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Caracterizan la diversidad geográfica en Chile en relación a su clima, flora y fauna.	• Localizan en el mapa de Chile: el norte, el centro y el sur del país. • Describen las principales características del norte, centro y sur del país, en relación a su clima. • Identifican la fauna y flora típica del norte, centro y sur de Chile.
Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.	• Nombran y ubican en el mapa pueblos originarios de Chile. • Comparan diferentes formas de vida de algunos pueblos originarios. • Señalan aportes de los pueblos originarios a la cultura nacional.
Caracterizan la diversidad de plantas y animales, los clasifican según criterios convencionales y reconocen la importancia de su cuidado.	• Describen la diversidad de plantas y animales existente en distintos hábitat. • Clasifican plantas usando categorías convencionales: con flores y sin flores. • Clasifican animales usando categorías convencionales, como vertebrados (mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces) e invertebrados (insectos y arañas). • Dan razones de la importancia de la preservación de la diversidad de organismos presentes en el planeta.
Identifican características de adaptación en plantas y animales.	• Relacionan características morfológicas de plantas con su hábitat. • Relacionan características morfológicas de animales con su hábitat. • Identifican mecanismos de adaptación relacionados con la defensa y la alimentación.

4º BÁSICO .EDUCACIÓN ARTISTICA

Aprendizaje esperado	Indicadores
Aprecian manifestaciones artísticas, identifican en ellas elementos que reflejan su diversidad (etnias, culturas, contextos geográficos y estilos) y emiten opiniones al respecto.	• Observan y analizan obras artísticas visuales provenientes de diferentes etnias, culturas y contextos geográficos, reconociendo en ellas semejanzas y/o diferencias en términos estéticos (formas, colores, materiales, temáticas). • Manifiestan sus opiniones acerca de obras artísticas visuales.
Aprecian y valoran las diversas funciones y posibilidades expresivas de las artes en la naturaleza y la sociedad, demostrando una capacidad reflexiva y crítica adecuada al nivel.	• Investigan, conocen y reflexionan acerca de las posibilidades expresivas de los distintos lenguajes artísticos. • Expresan sentimientos e ideas artísticos utilizando distintos materiales sonoros, visuales, plásticos, literarios y otros).

	• Conocen y valoran mediante la práctica grupal de cantos, música instrumental y danzas, distintas funciones de la música en diferentes sociedades.

5º BÁSICO. LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

Contenidos	Aprendizajes esperados
Lectura y audición de leyendas y cuentos tradicionales chilenos que representen la diversidad cultural del país.	• Valoran las leyendas y cuentos tradicionales como un medio de aproximación a la diversidad cultural del país.

5º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
Niveles de organización de los seres vivos: diferenciar especies vegetales y animales; apreciar diferencias entre especies animales y la especie humana; establecer relaciones entre especies y población; apreciar el papel que los procesos de mortalidad, natalidad y migratorios desempeñan en los cambios de magnitud de una población.	• Identifican, a partir de observación y consulta en fuentes diversas, diferentes plantas y animales. • Conocen y utilizan algunos descriptores para identificar y clasificar representantes de los reinos: animal, planta, fungi, protista y monera. • Conocen por qué los hongos (Fungi), los protozoos, las algas (Protista) y las bacterias (Monera) son seres vivos. • Usan claves dicotómicas para identificar animales vertebrados. • Demuestran que en todos los ambientes es posible encontrar diversidad de seres vivos.
Recursos naturales y conservación: conocimiento de especies animales y vegetales nativas y reconocimiento de la importancia comercial de algunas de ellas; señalar estrategias básicas de cuidado y conservación de Especies animales y vegetales; consecuencias positivas y negativas del uso y explotación de las especies sobre la calidad de vida de los habitantes en su región.	• Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí. • Identifican procesos de natalidad, mortalidad y migratorios como factores que determinan la magnitud de una población. • Determinan usos dados a las especies y poblaciones de la región y algunas consecuencias posibles de la sobre-explotación de especies para la calidad de vida de sus habitantes.

5º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSION DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
Tipos de mapas: reconocimiento de ejemplos y comprensión de la funcionalidad de mapas de tipo físico y político.	• Distinguen y confeccionan distintos tipos de mapas con simbología convencional. • Entienden la funcionalidad de los mapas físicos y políticos.
Pueblos precolombinos: localización y caracterización de sus formas de vida.	• Ubican espacial y temporalmente las culturas maya, azteca e inca. • Describen las principales características de la organización de la sociedad en las culturas maya, azteca e inca. • Valoran el desarrollo cultural americano antes de la llegada del europeo.
Relación sociedad-paisaje: valoración de los procesos de producción agropecuaria y forestal, urbanización, construcción de áreas verdes, erosión, contaminación y reservas naturales.	• Comparan las características del mundo rural y urbano. • Caracterizan los procesos de producción agropecuaria y forestal en Chile. • Identifican y valoran la importancia de las reservas naturales en América. • Distinguen factores naturales y humanos que inciden en el deterioro de la naturaleza.

	• Buscan información y comunican los resultados de su indagación en torno a temas medioambientales.

5º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
El arte indígena chileno: conocer y apreciar producción en escultura, alfarería, textiles: Las artes visuales como actividad humana fundamental en los pueblos indígenas. Aplicación de temáticas y técnicas del arte indígena en la creación personal y en la elaboración de proyectos artísticos integrados.	• Comprenden el arte y el quehacer artístico como una actividad humana fundamental tanto en el presente como en el pasado. • Reconocen y aplican elementos visuales y técnicas del arte indígena chileno en composiciones creativas. • Reconocen en imágenes y objetos concretos, las formas y colores característicos del arte de las culturas atacameña, diaguita y mapuche. • Aplican o adaptan creativamente temáticas y técnicas del arte indígena en la producción y/o decoración de objetos de uso cotidiano. • Reconocen en el arte del presente, huellas o influencias del pasado indígena chileno. • Elaboran proyectos grupales que consideran el uso de diferentes lenguajes artísticos en la expresión de creencias, mitos, ritos y costumbres del presente o del pasado.
Folclor regional: conocer, identificar y valorar las diversas manifestaciones de la expresión artística regional.	• Entienden y valoran el canto y la danza folclóricos como formas de expresión propias y representativas de las comunidades. • Cantan canciones pertenecientes a la tradición musical de su región, en forma afinada, con precisión rítmica y adecuada posición corporal, respiración, fraseo y dicción. • Escuchan variada música folclórica de su región, reconociendo auditivamente los instrumentos musicales utilizados y las diferentes modalidades de interpretación vocal e instrumental.

5º BÁSICO. EDUCACIÓN FÍSICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
Actividades de expresión rítmica-corporal: danzas folclóricas, bailes populares y danza.	• Asocia e interpreta con gracia y coordinadamente movimientos y ritmos mediante la práctica de danzas folclóricas nacionales, en parejas o en grupos.

6º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
	• Conocen tipos de energía. • Interpretan situaciones cotidianas y experimentales en términos de transformaciones y transferencias de energía.
	• Caracterizan un ecosistema como una unidad ecológica en que interactúan el biotopo y la biocenosis. • Reconocen que el flujo de materia y energía se produce en cadenas y tramas alimentarias.
	• Analizan críticamente información relativa al impacto ambiental que tiene en la sociedad actual la generación y el consumo de energía, y evalúan propuestas de solución. • Asumen una posición crítica y fundamentada acerca de los efectos de la acción humana sobre diferentes ecosistemas.

6º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
Las grandes unidades de relieve, clima y vegetación en las regiones geográficas naturales de Chile.	• Distinguen las regiones geográficas naturales de Chile y sus características en cuanto a relieve, clima y vegetación. • Valoran las regiones geográficas naturales como ecosistemas particulares.
Las regiones administrativas de Chile.	• Identifican las regiones administrativas del país.
La Guerra del Pacífico: Consecuencias para Chile, Perú y Bolivia. La vida cotidiana durante la guerra.	• Comprenden el factor económico como uno de los que originan la Guerra del Pacífico.
Recursos naturales y actividades económicas en el país y en la región. Actividades económicas principales del país por sector económico.	• Describen las principales actividades económicas del país, y su distribución geográfica.
Población económicamente activa de la región: trabajos representativos y sectores económicos.	• Caracterizan las regiones de Chile desde una perspectiva económica, distinguiendo población económicamente activa y pasiva, y sectores económicos.

6º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
Conocimiento de las principales características de las diversas manifestaciones artísticas del período colonial. Por ejemplo: formas, técnicas, colores, materiales, simbología y otros elementos de la arquitectura, imaginería, pintura, objetos y artesanía de la época.	• Reconocen elementos básicos de la arquitectura, imaginería, pintura, objetos y la representación de costumbres en el arte colonial.
Percepción, experiencia personal y registro del color en el entorno natural y cultural.	• Identifican y registran colores del entorno natural y cultural.
Sentido de la música en la cosmovisión de algunas etnias nacionales: aymará, mapuche, rapa-nui.	• Discriminan auditivamente características de timbre, rítmicas y melódicas de la música de las distintas etnias que habitan nuestro territorio.
La música de las diferentes zonas folclórico-musicales del país: especies cantadas y música de danzas; instrumentos y música instrumental.	• Establecen, en términos generales, diferencias musicales (rítmicas, melódicas, armónicas, de timbre y de interpretación) entre la música tradicional del norte, el centro y el sur del país.
Ejecución de un instrumento melódico.	• Ejecutan individual y/o grupalmente música instrumental de alguna región del país, utilizando el instrumento que estudian.
Baile de una danza tradicional del país	

7º BÁSICO. EDUCACIÓN MATEMATICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
Comparación de la escritura de los números en el sistema decimal con la de otros sistemas de numeración en cuanto al valor posicional y a la base (por ejemplo, egipcio, romano, maya).	• Conocen otros sistemas de numeración, sus usos en otras culturas, sus usos actuales.

7º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
Alimentación en el ser humano. Alimentación sana. Enfermedades asociadas a la alimentación. Salud dental.	• Aprecian la importancia para el ser humano de una alimentación sana en el mantenimiento de la salud.

7º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
La revolución agrícola y su influencia en las primeras Civilizaciones.	• Valoran el esfuerzo y las habilidades técnicas e inventivas del hombre y mujer prehistórico para adaptarse y transformar el medio, reconociendo la creación de herramientas y símbolos como aportes muy significativos del período.

7º BÁSICO. EDUCACIÓN TECNOLOGICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
	• Aplican los conocimientos sobre formas de energías no convencionales y usos eficientes de la energía y de los materiales en el diseño y construcción de un objeto tecnológico.

7º BÁSICO. ARTES VISUALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
Descubrimiento del entorno natural como referente de distintas áreas del diseño.	• Descubren formas, estructuras y colores del entorno natural y las asocian a diversas modalidades del diseño.
Percepción y registro de formas, estructuras y colores del entorno natural empleados en el ámbito del diseño.	• Reconocen el diseño en objetos y otros elementos del entorno cultural.
Aplicación de formas, estructuras y colores del entorno natural en la elaboración de diseños en el plano y/o el volumen.	• Emplean formas, estructuras y colores del entorno natural en la elaboración de diseños en el plano y el volumen.
Reconocimiento y registro de diseños que dan cuenta de nuestra identidad, en diferentes épocas, regiones y ámbitos socioculturales.	• Reconocen y caracterizan diseños representativos de diversas localidades y regiones de Chile.
Apreciación de manifestaciones del diseño en rituales, fiestas religiosas, carnavales, celebraciones, etc.	• Identifican áreas del diseño en festividades de diferentes épocas, regiones y ámbitos socioculturales. • Aprecian elementos utilizados en la celebración de festividades tales como: trajes típicos, adornos, objetos, etc.
Diseño y elaboración de máscaras, vestuario, objetos y otros elementos necesarios para la celebración de festividades propias del entorno cultural.	• Realizan diseños de elementos necesarios para la celebración de festividades.

1º MEDIO. HISTORIA Y CIENCIAS SOCIALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
Grandes unidades naturales que caracterizan la región.	• Identifica y localiza las grandes unidades naturales que caracterizan la región (Cordillera de Los Andes, Cordillera de la Costa, planicies litorales, depresión intermedia, valles fluviales, áreas desérticas, zonas de islas y fiordos).
Clima, relieve, vegetación y fauna de la región y su variación entre unidades naturales.	• Diferencia las grandes unidades naturales de la región en términos de relieve, clima, vegetación y fauna.

Causas y factores explicativos de las variaciones del clima entre unidades naturales (altitud, latitud, orografía, continentalidad).	• Caracteriza el clima de la región y explica su variación entre unidades naturales, considerando como factores explicativos la latitud, la altitud, la orografía, la continentalidad.
El paisaje natural y su transformación por la acción humana.	• Aprecia el papel de la sociedad en la creación del paisaje. • Valora la preocupación por los efectos ambientales de la acción humana.
Problemas ambientales.	• Discute la existencia de problemas ambientales en su región, distinguiendo sus causas, las distintas posiciones en juego y las alternativas para enfrentarlos.
Recursos naturales de la región.	• Conoce la existencia y distribución de los recursos naturales de la región; identifica aquellos que sirven de sustento a las actividades productivas más destacadas: suelos, aguas, vegetación, recursos mineros, pesqueros, etc.; y los diferencia en recursos renovables y no renovables.
Población regional: volumen, densidad, distribución por sexo y edad, condición urbano-rural.	• Describe la población regional en términos de su volumen, densidad, distribución por sexo y edad, y condición urbano-rural.
Dinámica demográfica: natalidad, mortalidad, migraciones.	• Reconoce la natalidad, la mortalidad y las migraciones como los grandes factores de cambio demográfico.
Caracterización de la población en términos socioeconómicos.	• Conoce la distribución de la población regional por sectores económicos. • Opina sobre la desigualdad socio-económica de la población, y valora la equidad social.
Diversidad cultural en la región.	• Reconoce similitudes y diferencias entre grupos sociales y culturales en la región. • Comprende el significado de los conceptos cultura, costumbre y diversidad cultural, y los aplica al análisis de la realidad regional. • Valora su propia identidad e historia local.

1º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
Influencia humana en el ecosistema.	• Los diversos aspectos de la relación humana con el ambiente, que satisfacen necesidades orgánicas, tecnológicas y estéticas; • El valor de la responsabilidad y preocupación individual y colectiva por el ambiente.

1º MEDIO. QUÍMICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
Mineralogía: cristales, minerales metálicos y no metálicos; minerales primarios y secundarios; distribución geográfica de los minerales en Chile.	• Identifiquen, a lo menos, cinco minerales metálicos y cinco no metálicos producidos en Chile. • Distingan entre minerales primarios y secundarios.

1º MEDIO. EDUCACIÓN FÍSICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
Formas y técnicas de exploración básicas de al menos un entorno natural, tal como: espacio abierto dentro del establecimiento educacional, espacio natural cercano a éste, zona precordillerana, zona desértica, terreno costero, etc.	1. Demuestren sensibilidad y valoración de los recursos naturales desde puntos de vista diversos: deportivo, estético, lúdico, descanso, salud, diversión, económico, etc. 2. Dominen las técnicas que les permitan relacionarse debidamente con el entorno natural, por ejemplo, manejo de desechos, manejo del fuego, cuidado de especies naturales, purificación del agua para consumo humano, etc.

	3. Exploren en forma segura, reconozcan especies de flora y fauna del lugar, y respeten la realidad sociocultural de los lugares visitados.
Técnicas de seguridad en al menos un espacio físico natural, tal como: espacio abierto dentro del establecimiento educacional, espacio natural cercano a éste, zona precordillerana, zona desértica, terreno costero, etc.	4. Se desenvuelvan con seguridad y confianza en los medios físicos naturales, previniendo riesgos derivados de las condiciones climáticas o de higiene. 5. Muestren capacidad para relacionarse positivamente y trabajar con compañeros en el logro de objetivos comunes durante situaciones adversas y de incertidumbre generadas en ambientes físicos naturales.
Técnicas de campamento en un terreno geográfico natural, tal como: espacios abiertos dentro del establecimiento educacional, espacios naturales cercanos a éste, zonas precordilleranas, zonas desérticas, terrenos costeros, etc.	6. Apliquen técnicas básicas que se relacionan con la selección, armado y cuidado de un campamento. 7. Conozcan los elementos básicos para cuidar y dar buen uso a los recursos naturales existentes en lugares seleccionados para el armado de un campamento. 8. Seleccionen el lugar de campamento considerando criterios de seguridad pertinentes.

2º MEDIO. HISTORIA Y CIENCIAS SOCIALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
América Precolombina. Las grandes civilizaciones precolombinas. Los pueblos pre-hispánicos en el actual territorio chileno.	• Reconoce que el continente americano estaba poblado en el siglo XV por una multiplicidad de grupos humanos, distinguiendo a mayas, aztecas e incas, y los pueblos indígenas en el actual territorio de Chile. • Aplica el concepto antropológico de cultura para caracterizar los pueblos indígenas de América.
La conquista española. Principales características y propósitos de la empresa de conquista de los españoles en América y sus efectos para los pueblos indígenas. La conquista de Chile: la ocupación del territorio.	• Reconoce los efectos que tuvo la conquista española en los pueblos indígenas y distingue las distintas políticas que la Corona y la Iglesia mantuvieron en su relación con ellos.
Relaciones entre españoles e indígenas: trabajo obligatorio, mestizaje, evangelización, sincretismo cultural y resistencia mapuche.	• Entiende que la historia de los pueblos indígenas no termina con la llegada de los europeos y visualiza las dificultades que tienen actualmente estos pueblos para insertarse en las naciones-estados latinoamericanos. • Vincula la situación actual de los grupos indígenas en Chile con la relación entre españoles e indígenas iniciada en la Colonia, y comprende que este es un proceso que afecta diferentes pueblos indígenas del continente. • Describe las características principales de la empresa de conquista en América, con énfasis en la conquista del territorio de Chile. • Caracteriza la sociedad colonial, en términos de sus instituciones políticas, las actividades económicas preponderantes, la vida cotidiana en la ciudad y fuera de ella. • Reconoce que la identidad cultural latinoamericana se construyó en el encuentro entre españoles e indígenas.

2º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
Biodiversidad y factores que la afectan.	• la biodiversidad como el número de especies (riqueza específica) en un cierto hábitat, producto de la interacción entre genoma, especie y ecosistema; que el cuidado de la biodiversidad demanda el estudio de múltiples factores que la determinan;
Recursos naturales.	• que las perturbaciones introducidas por la actividad humana pueden resultar en destrucción de hábitats naturales o su conversión a actividades incompatibles con la conservación de la biodiversidad;
Preservación, conservación y protección	• el concepto de desarrollo sustentable como la forma de explotar los excedentes biológicos sin agotar el capital, asegurando que las generaciones futuras tengan las mismas oportunidades de beneficiarse que las actuales; • cómo evaluar éticamente la conveniencia de perturbar ecosistemas frágiles y aquilatar los costos biológicos del desarrollo, apreciando que el ser humano no es el dueño final de la biodiversidad, sino que debe legarla a futuras generaciones.

4º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
Ecología y sociedad	• La estructura y composición de especies de los ecosistemas presentan un equilibrio en el tiempo, que puede perdurar por años sin grandes variaciones, a menos que se altere por factores externos o ruidos, principalmente actividad humana (ej. Sobreexplotación de especies y contaminación), con consecuencias a veces catastróficas. • El desarrollo tecnológico ha traído consigo un uso creciente, actualmente de gran magnitud, de recursos naturales no renovables, tales como petróleo (carbono fósil) y minerales, generando grandes fuentes de contaminación. • La velocidad de recuperación de un sistema ecológico dañado es mayor mientras mayor sea su diversidad específica. Por esto los daños por intervención humana pueden ser dramáticos si atentan contra la diversidad específica, especialmente en los biomas menos diversos y de hábitat extremos (desérticos, polares o de grandes alturas). La intervención humana en un ecosistema debe ser cuidadosamente estudiada para no ocasionar daños irreversibles y los gobiernos han adquirido la obligación de velar por el cuidado de sus comunidades biológicas.

INFORME DE FINAL

Estudio “Diagnóstico y Conservación de los Anfibios Altoandinos, Región de Antofagasta”

CODIGO BIP 40020692-0

14 de abril de 2023

Control del documento			
Versión	**Fecha**	**Elaborado por**	**Aprobado por**
0	14/04/2023	Gabriel Lobos Paola Sáez Nicolás Rebolledo Luis Valladares Claudio Azat Pablo Fibla	Marco A. Méndez
1	16/06/2023	Gabriel Lobos Paola Sáez Nicolás Rebolledo Luis Valladares Claudio Azat Pablo Fibla	Marco A. Méndez
2	05/07/2023	Gabriel Lobos Paola Sáez Nicolás Rebolledo Luis Valladares Claudio Azat Pablo Fibla	Marco A. Méndez

Folio009743

Tabla de contenido

1. Introducción ***9***

2. Objetivos ***10***

2.1 Objetivo general **10**

2.2 Objetivos específicos **10**

3. Material y Métodos ***11***

3.1. Catastro/Diagnóstico de la condición de las poblaciones **11**

3.1.1 Áreas de estudio y diseño de muestreo 11
3.1.2 Búsqueda de ejemplares 13
3.1.3 Densidad poblacional y Biometría 13
3.1.4 Características del microhábitat 14
3.1.5 Análisis de imágenes satelitales 14
3.1.6 Dieta 16
3.1.7 Especies codistribuidas 17
3.1.8 Actividad reproductiva 17
3.1.9 Evaluación de presencia de enfermedades emergentes infecciosas (EEI) 18
3.1.10 Amenazas 20
3.1.11 Reconocimiento/Identificación de especies 20
3.1.12 Medidas de Bioseguridad 20
3.1.13 Permisos de captura 21

3.2 Medidas de conservación *in situ* **21**

3.2.1 Medidas de educación ambiental (EA) 21
3.2.2 Medidas de protección (P) 22
3.2.3 Medidas de restauración (R) 22

3.3 Cartera de proyectos **22**

4. RESULTADOS ***23***

4.1 Catastro/Diagnóstico de la condición de las poblaciones **23**

4.1.1 Puquios, localidad tipo de *Telmatobius fronteriensis* 23
4.1.2 Amincha, localidad tipo de *Telmatobius philippii* 33
4.1.3 Salar de Carcote, localidad de *Telmatobius* cf. *philippii* 43
4.1.4 Salar de Ascotán, localidad de *Telmatobius* cf. *philippii* 52
4.1.5 Las Cascadas y Ojo de Opache, localidades de *Telmatobius dankoi* 65
4.1.6 Vilama, localidad de *Telmatobius vilamensis* 76
4.1.7 Campañas de prospecciones nuevas localidades 81
4.1.8 Análisis de imágenes satelitales 96
4.1.9 Reconocimiento/Identificación de especies 112
4.1.10 Diagnóstico de la condición actual de las poblaciones 116

4.2 Medidas de conservación *in situ* **118**

4.2.1 Áreas y especies priorizadas 118
4.2.2 Medidas de conservación *in situ* 118
4.2.3 Mejoramiento de hábitat y limpieza de canal en Las Cascadas 120

Folio009744

4.2.4 Desarrollo de actividades para estudiantes de escuelas locales - Ollagüe 130
4.2.5 Vigilancia/Monitoreo vertiente 7 salar de Ascotán y Carcote 131
4.2.6 Sensibilización con actores locales 140
4.2.7 Instalación de señalética 142
4.2.8 Informe Técnico Justificatorio 147

4.3 Cartera de proyectos 148

5. Discusión 149

6. Referencias 152

7. Tabla carpeta de anexos 156

Folio009745

Índice de Tablas

Tabla 1. Calendario de muestreo de las campañas realizadas. 12
Tabla 2. Acciones realizadas para el estudio de anfibios altoandinos de la Región de Antofagasta. EEI = Enfermedades Emergentes Infecciosas. * El análisis de dieta mediante contenido estomacal se realizó únicamente en sitios donde se capturó un número mayor a 10 ejemplares. 12
Tabla 3. Imágenes multiespectrales utilizadas para el área de estudio 14
Tabla 4. Densidad (individuos/m^2) y abundancia absoluta para Telmatobius fronteriensis en la localidad de Puquios..... 24
Tabla 5. Longitud Hocico Cloaca (LHC), peso corporal e Índice de Condición Corporal (ICC) por sexos, para individuos adultos de Telmatobius fronteriensis en la localidad de Puquios. 24
Tabla 6. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad de Puquios. 25
Tabla 7. Temperaturas del agua (ºC) registradas cada 1 hora (ciclo de 24 horas), localidad de Puquios. Promedios y valores mínimos y máximos. 26
Tabla 8. Número de presas (Ni), índice de importancia relativa (IRI), IRI estandarizado (IRIst), número de presas en el ambiente (Ei), y porcentaje del total de presas en el ambiente (%Ei) para Telmatobius fronteriensis. Se entrega información por campaña. En negritas se destacan los principales ítems de acuerdo al IRI. 28
Tabla 9. Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv) en individuos muestreados de Telmatobius fronteriensis, en la localidad de Puquios. 31
Tabla 10. Densidad (individuos/m^2) y abundancia absoluta para Telmatobius philippii en la localidad de Amicha..... 33
Tabla 11.Longitud Hocico Cloaca (LHC), peso corporal e Índice de Condición Corporal (ICC) por sexos, para individuos adultos de Telmatobius philippii en la localidad de Amincha. 34
Tabla 12. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad de Amincha. 35
Tabla 13. Temperaturas del medio acuático (ºC) registradas cada 1 hora, localidad de Amincha. Promedios y valores mínimos y máximos. Enero y febrero de 2022 no presenta registro. 35
Tabla 14. Número de presas (Ni), índice de importancia relativa (IRI), IRI estandarizado (IRIst), número de presas en el ambiente (Ei), y porcentaje del total de presas en el ambiente (%Ei) para Telmatobius philippii de Amincha. Se entrega información por campaña. En negritas se destacan los principales ítems de acuerdo al IRI. 38
Tabla 15. Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv)en individuos muestreados de Telmatobius philippii, en la localidad de Amincha. 41
Tabla 16. Densidad (individuos/m^2) y abundancia absoluta para Telmatobius cf. philippii en la localidad del Salar de Carcote. 43
Tabla 17. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad Salar de Carcote. 45
Tabla 18. Temperaturas del medio acuático (ºC) registradas cada 1 hora (ciclo de 24 horas), localidad de Salar de Carcote. Promedios y valores mínimos y máximos. 46
Tabla 19. Número de presas (Ni), índice de importancia relativa (IRI), IRI estandarizado (IRIst), número de presas en el ambiente (Ei), y porcentaje del total de presas en el ambiente (%Ei). Se entrega información por campaña. En negritas se destacan los principales ítems de acuerdo al IRI. 47
Tabla 20. Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv)en individuos muestreados de Telmatobius cf. philippii, en la Vertiente 1 (V1) y Vertiente 2 (V2) del Salar de Carcote. 50
Tabla 21. Densidad (individuos/m^2) para Telmatobius cf. philippii en la localidad del Salar de Ascotán. 52
Tabla 22. Longitud Hocico Cloaca (LHC), peso corporal e índice de condición corporal (ICC) por sexos, para individuos adultos de Telmatobius cf. philippii en el Salar de Ascotán. 52
Tabla 23. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad Salar de Ascotán..... 55
Tabla 24. Temperaturas del medio acuático (ºC) registradas cada 1 hora (ciclo de 24 horas), localidad de Salar de Carcote. Promedios y valores mínimos y máximos. 56
Tabla 25. Número de presas (Ni), porcentaje del total de presas (%N), volumen de las presas en mm^3 (Vi), porcentaje del total del volumen (%V), número de animales que consumieron la presas (Oi), porcentaje de ocurrencia de la presa (%FO), índice de importancia relativa (IRI), IRI estandarizado (IRIst), número de presas en el ambiente (Ei), y porcentaje del total de presas en el ambiente (%Ei). 57

Folio009746

Tabla 26. Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv) en individuos muestreados de Telmatobius cf. philippii, en la Vertiente 7 (V7) y Vertiente 11 (V11) del Salar de Ascotán. 59
Tabla 27. Densidad (individuos/m^2) para Telmatobius dankoi en las localidades de Las Cascadas y Ojo de Opache. 66
Tabla 28. Longitud Hocico Cloaca y peso corporal masa por sexos, para individuos adultos de Telmatobius dankoi. LC: Las Cascadas, OO: Ojo de Opache. 66
Tabla 29. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidades de Las Cascadas (LC) y Ojo de Opache (OO). 67
Tabla 30. Temperaturas del agua (ºC) registradas cada 1 hora (ciclo de 24 horas), localidad de Las Cascadas y Ojo de Opache. Promedios y valores mínimos y máximos. 68
Tabla 31. Número de individuos (Ni) en el ambiente y % N porcentaje de cada categoría en relación al total de individuos. 72
Tabla 32.Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv) en individuos muestreados de Telmatobius dankoi, en la localidad de Las Cascadas 73
Tabla 33. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad de Vilama. 77
Tabla 34. Invertebrados acuáticos de la localidad de Vilama. Ni, número de individuos en el ambiente y %N, porcentaje de cada categoría en relación al total de individuos. 78
Tabla 35. Localidades prospectadas para Telmatobius en el sector noroeste de la Región de Antofagasta. 81
Tabla 36. Densidad (individuos m^2) para Telmatobius halli en la localidad de Volcán Miño, río Loa. 87
Tabla 37. Longitud Hocico Cloaca (LHC) y peso corporal masa por sexos, para individuos adultos de Telmatobius halli. 87
Tabla 38. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad de Volcán Miño. 89
Tabla 39. Longitud Hocico Cloaca (LHC) y peso corporal para larvas de Telmatobius halli 89
Tabla 40. Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv) en individuos muestreados de Telmatobius halli, en la localidad del Volcán Miño. 90
Tabla 41. Localidades prospectadas para Telmatobius en el sector noreste de la Región de Antofagasta. 91
Tabla 42. Localidades prospectadas para Telmatobius en el sector Reserva Nacional Los Flamencos, Estero de Vilama y Río Loa. 94
Tabla 43. Métricas de ajuste de los modelos de clasificación supervisada 96
Tabla 44. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2005 y 2021 en el sitio de Puquios. 96
Tabla 45. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2005 y 2021 en el sitio de Amincha. 98
Tabla 46. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2005 y 2021 en el Salar de Carcote. 101
Tabla 47. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2006 y 2021 en Salar de Ascotán. 104
Tabla 48. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2004 y 2021 en el sitio Las Cascadas. 106
Tabla 49. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2004 y 2021 en el sitio Ojo de Opache. 108
Tabla 50. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2004 y 2019 en el sitio Vilama. 109
Tabla 51. Muestras genéticas obtenidas para este estudio. En negrita se indican los animales genotipados. 112
Tabla 52. Diagnóstico de la condición actual de las poblaciones de Telmatobius en la región de Antofagasta. 117
Tabla 53. Medidas de conservación desarrolladas por sitio y especie. EA = Educación Ambiental, P = Protección, R = Restauración. ITJ = Informe Técnico Justificatorio. 119
Tabla 54. Monitoreo 1 de las pozas artificiales. 125
Tabla 55. Monitoreo 2 de las pozas artificiales. 127
Tabla 56. Registros de hábitat en Vertiente 7 Ascotán. Sitio 1 = surgencia; Sitio 2 = zona de ecotono entre vegetación terrestre y salar; y Sitio 3 = ambiente de salar sin plantas terrestres. M1 septiembre de 2022, M2 noviembre de 2022 y M3 enero de 2023. 136
Tabla 57. Actividades de sensibilización con actores locales. 140

Folio009747

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Actividades de muestreo para colecta de anfibios Sector Ojo de Opache. 13
Fotografía 2. Estudio de dieta por medio de técnica del "stomach flushing" en un individuo de Telmatobius philippii. 17
Fotografía 3. Muestreo de enfermedades infecciosas en una larva de Telmatobius. 19
Fotografía 4. Telmatobius fronteriensis. 23
Fotografía 5. Localidad de Puquios, campaña de verano 2022. 26
Fotografía 6. Ejemplar de Rhinella spinulosa, observado en Puquios. 29
Fotografía 7. Amenazas detectadas para la localidad de Puquios. Superior izq.: animales pastando; Inferior izq.: camino. Superior der.: explotación azufre. Inferior der.: piscina. 32
Fotografía 8. Telmatobius philippii. 33
Fotografía 9. Amincha, localidad tipo de Telmatobius philippii, campaña de verano 2022 34
Fotografía 10. Amenazas detectadas para la localidad de Amincha: canalización del arroyo en su tramo inferior. 42
Fotografía 11. Larva de Telmatobius cf philippii desde Salar de Carcote. 44
Fotografía 12. Imagen aérea de la vertiente 2 del salar de Carcote, donde se puede observar evidencia de uso recreacional y hábitat restringido para Telmatobius. 51
Fotografía 13. Piscina termal en vertiente 2 del salar de Carcote, en el fondo se observa el hábitat remanente para Telmatobius. 51
Fotografía 14. Telmatobius cf philippii, Salar de Ascotán. 53
Fotografía 15. Vertiente 7, Salar de Ascotán. 54
Fotografía 16. Amenazas identificadas para Salar de Ascotán. 60
Fotografía 17. Salar de Ascotán V7, agosto 2022. Plantas acuáticas expuestas y de color ceniciento. 62
Fotografía 18. Salar de Ascotán V7, agosto 2022. Laguna seca y evidencia del drenaje que aún persiste desde algunas recargas menores. 63
Fotografía 19. Salar de Ascotán. Canal seco en nacimiento de vertiente, sitio donde se medía el canal en estación de aforo. 64
Fotografía 20. Pesaje de un ejemplar de Telmatobius dankoi en el sector Las Cascadas. 65
Fotografía 21. Condición del sector Las Cascadas en mayo de 2022, cubierto por una densa vegetación. 70
Fotografía 22. Ambiente en sector Ojo de Opache, campaña de verano 2022. 71
Fotografía 23. Basilichthys cf semotilus, pejerrey del norte de Ojo de Opache. 73
Fotografía 24. Amenazas detectadas para la localidad de Las Cascadas y Ojos de Opache. Superior izq.: bajo caudal en Las Cascadas; Superior der.: alta cobertura de vegetación en Las Cascadas. Inferior izq.: construcción cercano a la vertiente de Las Cascadas. Inferior der.: Alta cobertura de vegetación en Ojo de Opache. 75
Fotografía 25. Estero Vilama: izquierda: marzo de 2022 (verano); derecha: mayo de 2022 (otoño). 78
Fotografía 26. Amenazas detectadas para la localidad de Vilama. Canalización del río, formación de piscinas de contención artificiales, aluvión alteró la estructura del hábitat para Telmatobius 80
Fotografía 27. Estero lateral a Río Loa, Volcán Miño octubre de 2021. 83
Fotografía 28. Sector Alto Loa, octubre de 2021. 84
Fotografía 29. Quebrada Conacona (sin agua), octubre de 2021. 85
Fotografía 30. Laguna cercana a Ujina, octubre de 2021. 86
Fotografía 31. Humedal de Coska, octubre de 2021. 87
Fotografía 32. Telmatobius halli, Volcán Miño, octubre de 2021. 88
Fotografía 33. Telmatobius halli, (larva) Volcán Miño, octubre de 2021 88
Fotografía 34. Localidad de Río Salado, enero de 2022. 92
Fotografía 35. Localidad de Río Grande, enero de 2022. 92
Fotografía 36. Localidad de Toconce, enero de 2022. 93
Fotografía 37. Localidad de Tocorpuri, enero de 2022. 93
Fotografía 38. Arroyo Las Cascadas antes de la intervención. 121
Fotografía 39. Nacimiento de la Vertiente (poza 1) antes de intervención, septiembre de 2022. 122
Fotografía 40. Vertiente (poza 1) con remoción de vegetación, septiembre de 2022. 122

Folio009748

Fotografía 41. Poza 2.1 y refugios, septiembre de 2022. 123
Fotografía 42. Poza 2.3 y refugios, septiembre de 2022. 123
Fotografía 43. Refugios en poza 3 (natural) sector antes de aforo, septiembre de 2022. 124
Fotografía 44. Refugios en vertiente (poza 1), septiembre de 2022. 124
Fotografía 45. Desarrollo de algas en poza 1, octubre 2022. 126
Fotografía 46. Limpieza de algas en poza 2.1, octubre de 2022. 126
Fotografía 47. Macho recapturado, con desarrollo de parches nupciales en los dedos. 127
Fotografía 48. Poza 2-3, enero de 2023. 128
Fotografía 49. Poza 2-1, enero de 2023. 129
Fotografía 50. Video como parte de la charla. 130
Fotografía 51. Entrega de material de difusión. 131
Fotografía 52. Salar de Ascotán, vertiente 7, monitoreo 8 de septiembre de 2022. 132
Fotografía 53. Salar de Ascotán, vertiente 7, monitoreo 8 de septiembre de 2022 133
Fotografía 54. Salar de Carcote, monitoreo 9 de septiembre de 2022. 133
Fotografía 55. Salar de Carcote, monitoreo 9 de septiembre de 2022. 134
Fotografía 56. Salar de Ascotán, vertiente 7 monitoreo 2, noviembre de 2022. 135
Fotografía 57. Refugios de Telmatobius colmatados de lodo y escasa presencia de agua superficial, noviembre de 2022. 135
Fotografía 58. Telmatobius cf philippii (fotografiado bajo el agua), noviembre de 2022. 136
Fotografía 59. Canal de alimentación y sitio de aforo (minera el Abra) totalmente seco en visita de enero de 2023. 137
Fotografía 60. Vista de la zona de refugios de anuros casi sin agua, enero de 2023. 138
Fotografía 61. Monitoreo Salar de Cárcote, día 9 de septiembre de 2022. 138
Fotografía 62. Monitoreo Salar de Cárcote, día 9 de septiembre de 2022. 139
Fotografía 63. Monitoreo 2 Salar de Cárcote, noviembre de 2022. 139
Fotografía 64. Entrega de material de difusión en Retén de Ollagüe. 141
Fotografía 65. Entrega de material de difusión en control fronterizo SAG. 141
Fotografía 66. Letreros instalados frente al Centro de Biodiversidad y Conservación El Loa. 143
Fotografía 67. Letreros instalados frente al Centro de Biodiversidad y Conservación El Loa. 143
Fotografía 68. Letreros instalados frente a la Escuela E-26, San Pedro de Atacama. 144
Fotografía 69. Letreros instalados frente a la Escuela E-26, San Pedro de Atacama. 144
Fotografía 70. Letreros instalados en el Salar de Carcote, comuna de Ollagüe. 145
Fotografía 71. Letreros instalados en el Salar de Carcote, comuna de Ollagüe. 145
Fotografía 72. Letreros instalados en el Salar de Carcote, comuna de Ollagüe. 146
Fotografía 73. Mural de la rana de Vilama elaborado en la comuna de San Pedro de Atacama. 146

Folio009749

Índice de Figuras

Figura 1. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua, para un ciclo de 24 horas en Puquios mensualmente desde septiembre de 2021 a mayo 2022. 27
Figura 2. Peso y longitud total de larvas por época de muestreo, localidad Puquios. 31
Figura 3. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua ºC de la localidad de Amincha entre los meses de septiembre 2021 a mayo 2022. 36
Figura 4. Peso y longitud total de larvas por época de muestreo, localidad Amincha. 41
Figura 5. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua ºC, para un periodo de un día para cada campaña de monitoreo (invierno en inicio de septiembre de 2021, primavera en inicios de diciembre 2021 y verano a principio de marzo de 2022). 46
Figura 6. Actividad relativa (%) de T. cf. philippi en el salar de Carcote por campaña (invierno en inicio de septiembre de 2021, primavera en inicios de diciembre 2021 y verano a principio de marzo de 2022). 48
Figura 7. Peso y longitud total de larvas por época de muestreo, localidad Carcote. 50
Figura 8. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua y ambiental (ºC), para un ciclo de 24 horas de cada mes (invierno en inicio de septiembre de 2021, primavera fines de noviembre 2021, verano a inicios de marzo de 2022 y otoño a inicios de mayo de 2022) para la vertiente 7 del salar de Ascotán 56
Figura 9. Peso y longitud total de larvas por época de muestreo, localidad Salar de Ascotán. 59
Figura 10. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua y ambiental (ºC), para un ciclo de 24 horas en Las Cascadas (invierno en inicio de septiembre de 2021, primavera fines de noviembre 2021, verano a inicios de marzo de 2022 y otoño a inicios de mayo de 2022). 69
Figura 11. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua y ambiental (ºC), para un ciclo de 24 horas en Ojo de Opache (invierno en inicio de septiembre de 2021, primavera fines de noviembre 2021, verano a inicios de marzo de 2022 y otoño a inicios de mayo de 2022). 69
Figura 12. Sitios evaluados por campaña de prospección (campaña 1) en búsqueda de Telmatobius en las comunas de la Región de Antofagasta. Comuna de Pica pertenece a la región limítrofe de Tarapacá. 82
Figura 13. Peso y Longitud total de larvas, localidad Miño. 90
Figura 14. Sitios evaluados por campaña de prospección (campañas 2, 3 y 4) en búsqueda de Telmatobius en las comunas de la Región de Antofagasta. 95
Figura 15. Clasificación de cobertura de suelo en el sitio de Puquios, para el año 2005 (a) y 2021 (b). 97
Figura 16. Cambios en la cobertura de suelo en el sitio de Puquios, entre los años 2005 y 2021. 98
Figura 17. Clasificación de cobertura de suelo en el sitio de Amincha, para el año 2005 (a) y 2021 (b). 99
Figura 18. Cambios en la cobertura de suelo en el sitio de Amincha, entre los años 2005 y 2021. 100
Figura 19. Clasificación de cobertura de suelo en el Salar de Cárcote, vertientes 1 y 2, para el año 2005 (a) y 2021 (b). 102
Figura 20. Cambios en la cobertura de suelo en el Salar de Cárcote, vertientes 1 y 2, entre los años 2005 y 2021. 103
Figura 21. Clasificación de cobertura de suelo en el Salar de Ascotán, vertiente 7, para el año 2006 (a) y 2021 (b). 104
Figura 22. Cambios en la cobertura de suelo en el Salar de Ascotán, vertiente 7, entre los años 2006 y 2021. 105
Figura 23. Clasificación de cobertura de suelo en el sitio Las Cascadas, para el año 2004 (a) y 2021 (b). 106
Figura 24. Cambios en la cobertura de suelo en el sitio Las Cascadas, entre los años 2004 y 2021. 107
Figura 25. Clasificación de cobertura de suelo en el sitio Ojo de Opache, para el año 2004 (a) y 2021 (b). 108
Figura 26. Cambios en la cobertura de suelo en el sitio Ojo de Opache, entre los años 2004 y 2021. 109
Figura 27. Clasificación de cobertura de suelo en el sitio de Vilama, para el año 2004 (a) y 2019 (b). 110
Figura 28. Cambios en la cobertura de suelo en el sitio de Vilama, entre los años 2004 y 2019. 111
Figura 29. Reconstrucción filogenética para las especies de Telmatobius presentes en Chile obtenida con Inferencia Bayesiana. Se muestran los valores soporte de IB, ML (SH-aLRT y ultrafast bootstrap) y MP, respectivamente. Las muestras analizadas en este estudio se muestran en negrita. 115

Folio009750

1. Introducción

En Chile se reconocen nueve especies de ranas acuáticas del Género *Telmatobius*, siendo siete de ellas endémicas. La distribución de estas especies se extiende entre los 17º y 22º de latitud sur, en un rango altitudinal que va entre los 1.800 y 4.500 m.s.n.m., aproximadamente. Políticamente, esta distribución abarca las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, siendo esta última región la que congrega el mayor número de taxa, con cinco especies descritas: *Telmatobius halli* Noble, 1938; *Telmatobius dankoi* Formas, Northland, Capetillo, Núñez, Cuevas & Brieva, 1999; *Telmatobius philippii* Cuevas & Formas, 2002; *Telmatobius fronteriensis* Benavides, Ortiz & Formas, 2002; y *Telmatobius vilamensis* Formas, Benavides & Cuevas, 2003.

Todas las especies de *Telmatobius* que habitan la Región de Antofagasta se encuentran bajo alguna categoría de amenaza (En Peligro y En Peligro Crítico), tanto por los criterios de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), como por el Reglamento de Clasificación de Especies del Ministerio del Medio Ambiente de Chile; y ninguna de ellas se encuentra presente en un área protegida, ya sea del Estado (SNASPE), privada u otra categoría (ej. sitio Ramsar).

El desarrollo de proyectos de ciencia básica, financiados por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), como los proyectos FONDECYT REGULAR "*Patterns and processes of speciation in Telmatobius in the Southern Altiplano: evaluating the importance of historical and ecological factors*" (FONDECYT 1110188, 2011-2014), y el proyecto "*Integrative taxonomy, systematics and hydrographic history of the genus Telmatobius (Anura: Telmatobiidae): disentangling their hidden biodiversity and diversification history*" (FONDECYT 1140540, 2014-2018), han contribuido a la sistemática y taxonomía del grupo *Telmatobius*, y a la vez han revelado la necesidad de desarrollar investigación en otros ámbitos, principalmente en el área de la ecología y conservación, dirigidas a generar acciones específicas y urgentes que aseguren su protección. Aunque han existido algunas iniciativas en el área de la conservación, como el Fondo de Protección Ambiental "*Conservación en Telmatobius dankoi, la rana en Peligro del río Loa*" (2015), y el proyecto "*Acciones de Conservación y Educación Ambiental en Telmatobius dankoi, la rana en Peligro del Loa*", financiado por Codelco (2019-2020); hasta la fecha se carece de un plan de conservación específico para estas especies de anfibios. Si bien, estas iniciativas han representado un aporte al conocimiento de aspectos biológicos, y han contribuido a la educación ambiental, éstas se han concentrado en una única especie (*T. dankoi*).

Este estudio tiene por objetivo generar un diagnóstico del estado actual de las poblaciones de las especies de *Telmatobius* que habitan en la Región de Antofagasta. Este conocimiento permitirá desarrollar acciones de conservación concretas que contribuyan a controlar, mitigar o erradicar las principales amenazas para las especies de *Telmatobius*.

Folio009751

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diagnosticar el estado de las poblaciones de anfibios altoandinos de la Región de Antofagasta, y determinar y aplicar medidas piloto de conservación *in situ*, para la conservación de sus poblaciones, hábitats y la mantención de los servicios ecosistémicos asociados.

2.2 Objetivos específicos

I. Recopilar, sistematizar y analizar la información existente sobre las poblaciones de anfibios del género *Telmatobius* del altoandino, proveniente de proyectos que hayan sido ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en el área de estudio, monitoreos realizados por la autoridad, privados, universidades, centros de investigación, entre otros.
II. Generar un diagnóstico del estado de condición de las poblaciones del género *Telmatobius* de la región de Antofagasta y sus hábitats.
III. Diseñar y ejecutar un plan piloto de conservación *in situ*.
IV. Elaborar una cartera de proyectos que permita abordar iniciativas de inversión en ámbitos de educación ambiental y turismo sustentable.
V. Difundir a la comunidad y autoridades, los resultados del estudio.

Folio009752

3. Material y Métodos

3.1. Catastro/Diagnóstico de la condición de las poblaciones

El diagnóstico de la condición de las poblaciones de *Telmatobius* tiene por objetivo entregar antecedentes biológicos, ecológicos, de salud y genéticos para las poblaciones de *Telmatobius* presentes en la región de Antofagasta, a través de la realización de un catastro (o monitoreos), y prospecciones para la identificación de nuevas localidades con presencia de poblaciones de este grupo de anfibios en la región.

3.1.1 Áreas de estudio y diseño de muestreo

El estudio se basó en dos estrategias de muestreo. La primera estrategia consideró la realización de monitoreos estacionales en las localidades con poblaciones conocidas de las especies, estás son: Las Cascadas, Ojo de Opache, Vilama (un muestreo en la localidad tipo y un segundo muestreo a aproximadamente 2 km aguas arriba del punto anterior), Salar de Ascotán (vertientes 7 y 11), Salar de Carcote (vertientes 1 y 2), Amincha y Puquios. En segundo lugar, se realizaron prospecciones generales orientadas a la búsqueda de posibles nuevas localidades con presencia de *Telmatobius*. Los sectores explorados fueron los siguientes: i) Alto Loa, Miño; ii) sector noreste regional: Caspana, Río Grande, Tatio, iii) Salar de Atacama (Tara, Aguas Calientes, Salar de Pujsa), y iv) Río Loa aguas abajo de Calama, Río Salado, Vilama. La elección de estos sitios obedeció a que, en general, estos sistemas han sido poco explorados por especialistas de anfibios

Para los monitoreos se consideró la realización de cuatro campañas de seis días cada una, con la participación de al menos tres profesionales; y en el caso de las prospecciones generales se consideró la realización de cuatro campañas de tres días cada una, con al menos dos profesionales. Las fechas en que se desarrollaron los estudios, se indican en la **Tabla 1**, y en la **Tabla 2** se resumen todas las acciones realizadas. Cabe señalar que los estudios de marcaje/recaptura, abundancia, dieta y calidad del aguas se consideraron sólo para los sitios de monitoreo. En el caso del estudio genético y de presencia de enfermedades emergentes infecciosas (EEI), se consideró tanto para los sitios de monitoreo como para otros sitios con presencia de *Telmatobius*.

Tabla 1. Calendario de muestreo de las campañas realizadas.

Tipo de muestreo	Campaña	Fecha
Monitoreo	Invierno	10-15 de septiembre de 2021
	Primavera	28 de noviembre - 3 de diciembre de 2021
	Verano	07-11 de marzo de 2022
	Otoño	02-07 de mayo de 2022
Prospección general	1	29 de octubre - 1 de noviembre 2021
	2	12-14 de enero de 2022
	3 y 4*	23-26 de mayo de 2022

* Campañas realizadas en una misma salida a terreno

*Tabla 2. Acciones realizadas para el estudio de anfibios altoandinos de la Región de Antofagasta. EEI = Enfermedades Emergentes Infecciosas. * El análisis de dieta mediante contenido estomacal se realizó únicamente en sitios donde se capturó un número mayor a 10 ejemplares.*

Tipo de muestreo	Marcaje recaptura	Abundancia	Genética	EEI	Dieta*	Calidad agua	Cartografía (SIG)
Monitoreos							
Las Cascadas	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
Ojo de Opache	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
Río Vilama	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
Salar de Ascotán	Si	Si	Si	Si	No	No	Si
Salar de Carcote	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Quebrada Amincha	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Puquios	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Prospecciones generales							
Alto Loa	No	Si	Si	Si	No	Si	Si
Río Grande, Caspana	No	No	No	No	No	No	No
Salar de Atacama	No	No	No	No	No	No	No
Río Loa	No	No	No	No	No	No	No
Cuenca Río Vilama	No	No	No	No	No	No	No

3.1.2 Búsqueda de ejemplares

Considerando que las localidades típicas son de una pequeña extensión, se optó por la realización de un transecto de 100 m de largo y 1 m de ancho a cada lado del transecto. Los transectos fueron recorridos a pie y en ellos se realizó la captura manual y con uso de chinguillos (dipnets) (**Fotografía 1**). Para los sitios de prospección general, los transectos se establecieron en lugares con distintas condiciones ambientales (cuando existían), esto con el objetivo de realizar un muestreo estratificado (pozones, rápidos, sistemas lénticos o lóticos). Todos los transectos fueron georreferenciados por medio de navegadores satelitales.

Fotografía 1. Actividades de muestreo para colecta de anfibios Sector Ojo de Opache.

3.1.3 Densidad poblacional y Biometría

Para el monitoreo de las poblaciones foco, los animales capturados fueron marcados con un nanochip de 8,4 mm y 0,02 gramos (Biomark®). Lo anterior, debido a que se recomienda que el peso del chip no supere el 5% del peso del animal. Para estimar los tamaños poblacionales se utilizó un modelo de tipo abierto de Jolly-Seber (Jolly 1965). La información generada permitirá evaluar la tendencia poblacional por medio de modelos lineales generalizados. Los análisis serán ejecutados con el modulo CAPTURE (Rivest & Baillargeon 2019) disponible en el Software R. A todos los individuos capturados se les registró el sexo, peso corporal, estado de desarrollo y longitud hocico cloaca (LHC). Se evaluó un índice de condición corporal (ICC), el que consideró el índice residual entre la regresión lineal del logaritmo del peso corporal y el logaritmo de la LHC. En el caso del Salar de Ascotán, sólo se marcaron animales de la vertiente 11 (V11), pues Lobos *et al*., (2018) realizaron un estudio en profundidad respecto a la vertiente 7, usada como referencia para la evaluación de la V11.

Folio009755

3.1.4 Características del microhábitat

En cada uno de los transectos de los sitios de estudio, se evaluaron parámetros como temperatura del agua y oxígeno disuelto (medidor portátil para oxígeno disuelto Hanna Instruments HI 9146), pH, conductividad, dureza del agua y sólidos disueltos totales (medidor portátil Ph/Ec/TSD meter, Hanna Instruments HI 991301). Otras mediciones consideraron la profundidad del cuerpo de agua y el caudal (por medio del uso de un caudalímetro), y las dimensiones de las oquedades (refugios) que se generan en las orillas (ancho y largo), por medio de huinchas de medir. Para caracterizar el ambiente terrestre, se caracterizaron las unidades de vegetación (vega, suelo desnudo, matorral, otros), cobertura de rocas, tipo de sustrato (visual), nivel freático (piezómetro), y se estimó la cobertura de vegetación ripariana y macrófitas por medio de parcelas de muestreos. La riqueza y abundancia de la vegetación acuática fue registrada mediante un recorrido pedestre de aproximadamente 100 m de ribera. En ella, se establecieron parcelas de 1 m^2, ya que dicha superficie cumple con el área mínima de muestreo para este tipo plantas. En cada parcela (10) se registró la totalidad de especies de la vegetación de borde y ripariana (riqueza) y se estimó la abundancia de cada una de ellas expresada en porcentaje del área cubierta.

A un nivel más macro, para cada uno de los sitios de monitoreo de *Telmatobius* se obtuvieron imágenes satelitales de alta resolución, para evaluar la cobertura vegetacional (NDVI) y cuerpo de agua (NDWI).

3.1.5 Análisis de imágenes satelitales

Para cada uno de los sitios de monitoreo de *Telmatobius* se obtuvieron imágenes satelitales de alta resolución, para evaluar la cobertura vegetacional (NDVI) y cuerpo de agua (NDWI). Para ello, se adquirieron imágenes satelitales de alta resolución en dos periodos de tiempo (más antiguo y más reciente, según disponibilidad), de manera de poder evaluar los cambios en la cobertura vegetacional y del cuerpo de agua de cada localidad.

Las imágenes satelitales fueron adquiridas a través de la empresa TerraAnálisis, previamente corregidas y ortorectificadas. Las mismas, corresponden a imágenes Quickbird de 60 cm de resolución, para las fechas más antiguas disponibles, y de los satélites Pléiades, de 50 cm de resolución, para las fechas más recientes. Estas fueron entregadas con 4 bandas multiespectrales (Red, Green, Blue y NIR), a 50 cm de resolución. Las fechas seleccionadas para cada imagen corresponden a la más antigua y más nueva disponibles y que mantuvieran la estacionalidad, es decir, de la misma época del año, para evitar diferencias en la humedad y vigor vegetacional producto de cada estación. A continuación, se muestran las fechas de las imágenes para cada sitio:

Tabla 3. Imágenes multiespectrales utilizadas para el área de estudio

Localidad	Fecha	
	Imágenes QuickBird	**Imágenes Pléiades**
Salar De Ascotán Vertiente 7	03 de abril 2006	13 y 14 de marzo 2021
Ojo de Opache y Las Cascadas	21 de febrero 2004	16 de febrero 2021
Puquios	11 de junio 2005	26 de junio 2021
Salar de Cárcote	11 de junio 2005	26 de junio 2021
Vilama	02 de octubre 2004	24 de octubre 2019
Amincha	11 de junio 2005	26 de junio 2021

Folio009756

Para la caracterización del área de estudio en cada año, se calcularon los principales índices vegetacionales, como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI), el Índice de Hoja Verde (GLI), y el Índice de Clorofila Verde (GCI), de acuerdo con las siguientes fórmulas.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Ecuación 1. NDVI

Donde,
NDVI : Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.
NIR : Banda del infrarrojo cercano.
Red : Banda del rojo.

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$$

Ecuación 2. NDWI

Donde,
NDVI : Índice de Agua de Diferencia Normalizada.
NIR : Banda del infrarrojo cercano.
Green : Banda del verde.

$$GLI = \frac{(Green - Red) + (Green - Blue)}{(2 * Green) + Red + Blue}$$

Ecuación 3. GLI

Donde,
GLI : Índice de Hoja Verde (por sus siglas en inglés, *Green Leaf Index*).
Green : Banda del verde.
Red : Banda del rojo.
Blue : Banda del azul.

$$GCI = \frac{NIR}{Green} - 1$$

Ecuación 4. GCI

Donde,
GCI : Índice de Clorofila Verde.
NIR : Banda del infrarrojo cercano.
Green : Banda del verde.

Clasificación Supervisada

Para determinar las coberturas de uso de suelo, se realizó una clasificación supervisada mediante el algoritmo *Random Forest*, con una partición de los datos de un 70% para entrenamiento y un 30% para validación, la cual se realizó mediante las métricas 'Exactitud global', 'y 'Kappa'. Se generaron puntos de muestreo mediante fotointerpretación para cada sitio y cada fecha, los que fueron utilizados como áreas de entrenamiento para todas las categorías de uso de suelo identificadas. Para actuar como predictores del modelo, se seleccionaron las bandas Azul, Verde, Roja, NIR, y los índices NDVI, NDWI, GLI y GCI. Adicionalmente, a partir del

DEM “NASA SRTM Digital Elevation 30m”, se calcularon las variables topográficas ‘altitud’ (elevation), 'pendiente’ (slope), y 'orientación’ (aspect).

Análisis Multitemporal

Finalmente, para evaluar el cambio de cobertura de suelo en el período estudiado, se realizó un análisis de detección de cambios sobre las imágenes clasificadas de uso de suelo entre ambos años, para cada uno de los sitios de estudio.

3.1.6 Dieta

El análisis de dieta se realizó mediante la obtención de contenidos estomacales. Para ello, se utilizó la técnica del "stomach flushing" (Solé *et al*., 2005) (**Fotografía 2**). Los contenidos recolectados fueron almacenados en microtubos de 1,7 ml con alcohol al 50% para su posterior análisis. Para evaluar la oferta ambiental de presas, en cada uno de los sitios de captura se obtuvo muestras de macroinvertebrados, por medio de una red Surber, en el caso de especies acuáticas (muestreando una superficie de 0,09 m^2 con tres replicas). La identificación de presas se realizó bajo lupa estereoscópica. Cada presa fue medida en relación con su largo y ancho (mm), para obtener su volumen (mm^3), de acuerdo con la ecuación del volumen para una esfera (Barreto-Lima 2009). De este modo, se obtuvo el porcentaje de contribución de cada ítem en relación con el volumen total de presas. Otros cálculos incluyeron la frecuencia de ocurrencia (proporción de ranas que contienen el ítem alimentario), y el porcentaje numérico (proporción de la presa en el total de presas). Con la información anterior, se evaluó un índice de importancia relativa de presas (IRI) (Pinkas *et al*., 1971). Para determinar si la alimentación de las ranas es selectiva o generalista, se utilizó una prueba modificada de Chi cuadrado (Jaksic 1979).

El análisis de contenido estomacal, no fue realizado en las poblaciones de Ojo de Opache, Las Cascadas y Vilama, por el alto grado de amenaza de esas poblaciones, ni tampoco en la vertiente 7 del Salar de Ascotán debido a que se cuenta con información publicada de detalle para este sitio (Lobos *et al*., 2018).

Fotografía 2. Estudio de dieta por medio de técnica del "stomach flushing" en un individuo de Telmatobius philippii.

3.1.7 Especies codistribuidas

En cada sitio de estudio se consideró el inventario de la batracofauna presente. La lista de especies fue caracterizada de acuerdo con sus estados de conservación (Reglamento de Conservación de Especies del Ministerio del Medio Ambiente), y criterios establecidos por la UICN. Además, se evaluó el carácter endémico, nacional o introducido de las especies. Por otra parte, se estimó la riqueza y abundancia de peces introducidos en cada una de las estaciones de muestreo. Para ello, se realizaron transectos de 100 m de largo y 4 m de ancho (400 m^2), a través de zonas riparianas homólogas, donde se realizaron prospecciones para peces por medio de un equipo de pesca eléctrica (equipo SAMUS 725 MD).

3.1.8 Actividad reproductiva

Con el objetivo de registrar la actividad reproductiva asociada a los cantos (vocalizaciones reproductivas), en las campañas de monitoreo, se utilizó un equipo de grabación (SongMeter SM2+ WildlifeAcoustics, Inc.), el que fue programado para realizar grabaciones con intervalos de 10 minutos, cada una hora por 24 horas. Este equipo permite además registrar las temperaturas ambientales al momento de los registros auditivos. La actividad acústica fue expresada en porcentaje, considerando la cantidad del tiempo ocupado por los registros obtenidos en cada lapsus de grabación. Este estudio se realizó en dos poblaciones foco: i) Las Cascadas, debido principalmente a la necesidad urgente de desarrollar conocimiento en este ámbito para *T. dankoi* en su hábitat natural; y ii) en Carcote (vertiente 1), debido a que las condiciones de hábitat son diferentes a *T. dankoi*, permitiendo realizar comparaciones en distintos ecosistemas, y por tratarse de una de las localidades donde la información es escasa.

Folio009759

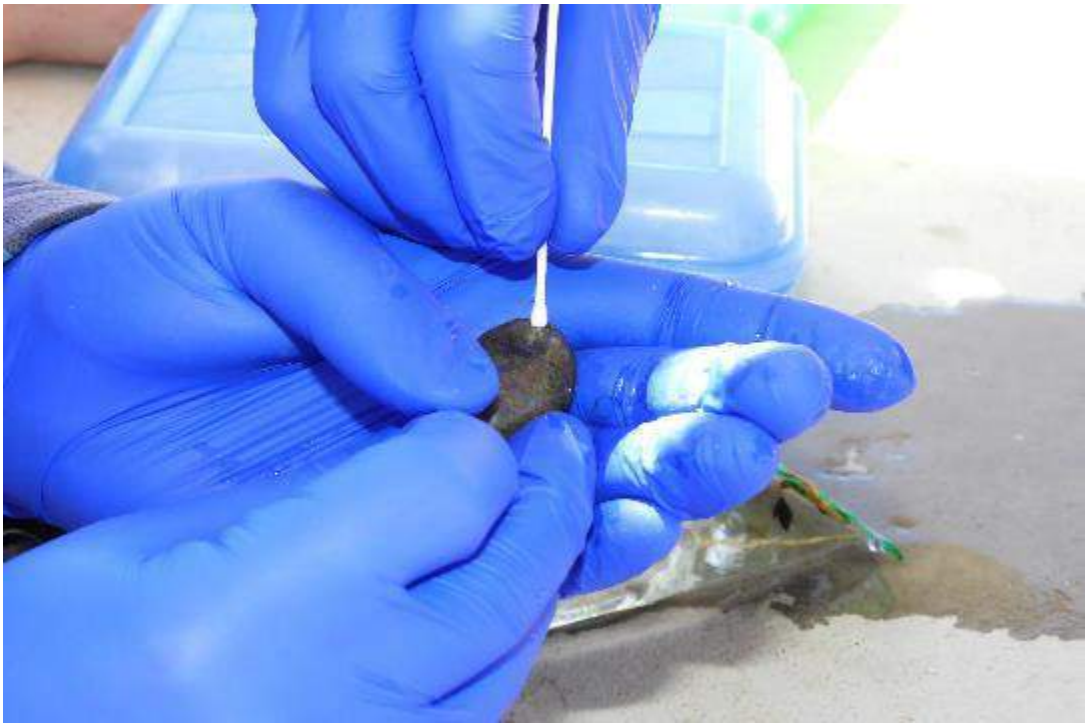
3.1.9 Evaluación de presencia de enfermedades emergentes infecciosas (EEI)

Las EEI son cada vez más reconocidas como una amenaza a la biodiversidad (Smith *et al*., 2009; Scheele *et al*., 2019). Esto resulta particularmente cierto para el grupo de los anfibios. Dos EEIs son consideradas de importancia en conservación: la quitridiomicosis, causada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), y la infección por *Ranavirus* (Rv; Berger *et al*., 1998; Gray *et al*., 2009). La enfermedad por Rv ha sido asociada con eventos de mortalidad masiva de anfibios en varias regiones del mundo, y declinaciones poblacionales en el Reino Unido (Teacher *et al*., 2010) y España (Price *et al*., 2014). Pero es la pandemia por quitridiomicosis la que representa una mayor preocupación de conservación. Los impactos por Bd han sido catalogados como la peor pérdida de biodiversidad a causa de una EEI conocida por la ciencia (Scheele *et al*., 2019). Así, se ha estimado que más de 500 especies han declinado por Bd, y otras 90 se han extinguido presumiblemente a causa de esta enfermedad (Scheele *et al*., 2019). La región más afectada por Bd es Centro y Sudamérica, y dentro de los grupos taxonómicos más impactados a nivel global se encuentra el género *Telmatobius* (Scheele *et al*., 2019). Ambas enfermedades tienen una amplia distribución mundial. La infección por Bd tiene una amplia distribución en Chile, incluido el altiplano (Solís *et al*., 2015; Bacigalupe *et al*., 2019; Alvarado-Rybak *et al*., 2021), en cambio la infección por Rv solo ha sido registrada en Chile central (Soto-Azat *et al.,*2016). Warne *et al*., (2016) encontró evidencia de la infección por Rv en anfibios del género *Telmatobius* en Perú. Por lo tanto, nuevas investigaciones son necesarias para monitorear la presencia y potenciales impactos de ambas enfermedades en el norte de Chile.

Tamaño de la muestra. En cada sitio se capturó entre 22 y 57 individuos por especie, para los análisis de Bd y Rv, respectivamente. El modelo estadístico utilizado para generar este tamaño muestral fue calculado basado en una sensibilidad de la prueba de 100%, para una enfermedad de baja prevalencia esperada (4% para Rv y 13% para Bd; Soto-Azat *et al*., 2016) e intervalos de confianza de 95%, entregando de esta forma una probabilidad de detección del 100%. En los sitios donde no se lograron los tamaños muestreales esperados, se realizó el análisis con los totales obtenidos.

Captura y muestreo de animales. Se privilegió la captura de animales adultos. Cuando no encontraron ejemplares adultos, el muestreo se completó con postmetamórficos y larvas. Los animales fueron capturados en jornadas diurnas con el uso de trajes de agua y redes en los cursos de agua. Se obtuvo dos muestras no invasivas de cada individuo adulto (una para Bd y otra para Rv). Para la detección de Bd, la toma de muestras se realizó utilizando hisopos previamente esterilizados, frotando firmemente cinco veces sobre el abdomen ventral y la pelvis, cada miembro posterior ventral (fémur y tibia), y la superficie plantar de cada pata trasera, para completar un total de 35 pasadas. Para la detección de Rv de cada individuo se tomó un frotis con tórula estéril en la boca, pasándolo 10 veces con movimiento rotatorio. En caso del muestreo de larvas, la muestra para ambos patógenos fue una tórula bucal pasada sobre las partes bucales por 10 veces (**Fotografía 3**). Una vez obtenidas las muestras, fueron almacenadas a 5ºC en terreno, y posteriormente a -80ºC, una vez llegadas al laboratorio y hasta su análisis.

Folio009760



Fotografía 3. Muestreo de enfermedades infecciosas en una larva de Telmatobius.

Análisis de laboratorio. **Bd**: Los hisopos muestreados fueron introducidos individualmente en un tubo estéril de 1,5 mL con 60 µL de PrepMan Ultra Sample Reagent™ (Thermofisher), y entre 30 y 40 mg de perlas de zirconio/sílice de 0,5 mm de diámetro. Para cada muestra, se extrajo el ADN siguiendo el protocolo de Boyle *et al*., (2004). El ADN extraído fue diluído (1:10) en agua doblemente destilada y fue analizado con un ensayo cuantitativo de qPCR Taqman® (Thermofisher), con primers específicos para la región ITS-1/5.8S del DNA ribosomal de *Batrachochytrium dendrobatidis*. Además, se utilizó suero de albúmina bovina (BSA), incluido en la mezcla, para minimizar la inhibición de la PCR (Garland *et al*., 2010). Para cada muestra, los ensayos de diagnóstico se realizaron en duplicado y los estándares de concentración conocida de zoosporas fueron incluidos dentro de cada placa de PCR, al igual que los controles negativos. El resultado se considerará positivo cuando: (1) la amplificación (es decir, una sigmoide) ocurra en los dos ensayos de PCR replicados; (2) los valores superiores a 0,1 equivalentes genómicos (GE) se obtengan de ambas reacciones replicadas; y (3) el promedio GE de ambas réplicas sean mayores que su desviación estándar. El DNA extraído de cualquier muestra positiva fue analizado nuevamente por duplicado y sólo se determinará como positivo si el DNA del hongo es claramente amplificado en pocillos duplicados por segunda vez (Soto-Azat *et al*., 2013).

Rv: Se extrajo el DNA desde los hisopos utilizando un kit de purificación Wizard Genomic® (Promega) siguiendo las instrucciones del manufacturador. Se utilizaron los partidores MCP-F y MCP-R para amplificar una región de 530 pares de bases de la proteína mayor de la cápside (MCP) en reacciones de PCR de 25 µl, siguiendo el protocolo de Greer *et al*., (2005). Posteriormente las extracciones de DNA fueron sometidas a condiciones de termociclado de 94ºC por 5 min, 94ºC por 30 s, 55ºC por 30 s y 60ºC por 30 s, por 30 ciclos seguidos de una extensión de 2 min a 72ºC. Todos los ensayos de PCR de las muestras de interés fueron corridos en duplicado con un control positivo (DNA de FV3) y uno negativo (agua). Los productos de PCR

Folio009761

fueron visualizados a través de electroforesis en gel de agarosa al 2%. Las muestras fueron consideradas positivas cuando las bandas coincidan con las bandas del control positivo.

3.1.10 Amenazas

En relación con las amenazas, en cada población (localidad) se revisaron las amenazas vigentes de acuerdo con la información previa.

3.1.11 Reconocimiento/Identificación de especies

El reconocimiento a nivel de especie de los ejemplares capturados se realizó en base a las descripciones originales de *Telmatobius* presentes en Chile (ej. Noble 1938; Formas *et al*.,1999; Cuevas & Formas 2002; Benavides *et al*., 2002; Formas *et al*., 2003), y siguiendo la clave propuesta por Formas *et al*., (2003). Adicionalmente, se utilizó una aproximación filogenética molecular. Lo anterior aplica especialmente en el caso del hallazgo de nuevas localidades con presencia de *Telmatobius* donde no existan estudios que la adscriban a una especie, así como en las localidades de Carcote y Miño donde recientemente se han propuesto hipótesis excluyente sobre la verdadera localidad tipo de *T. halli* (Cuevas et al., 2020, von Tschirnhaus y Correa 2021).

Obtención de muestras genéticas. Como fuente de DNA se utilizaron muestras de células de mucosa bucal obtenidas con tórulas (FLOQSwabs™, Copan), siguiendo la metodología desarrollada por Gallardo *et al*., (2012); y/o un trozo de membrana interdigital (individuos juveniles y/o adultos); en el caso de las larvas se utilizó un trozo de cola (3 mm^3 aprox.). Las muestras de tejido se conservaron en etanol absoluto para biología molecular, o en solución de estabilización y protección de ácidos nucleicos (RNAlater™, Invitrogen), hasta su análisis en el laboratorio. En el caso de los tejidos, el DNA total fue aislado utilizando el método de extracción mediante sales (modificado de Jowet 1986); mientras que las muestras obtenidas con tórulas fueron aisladas con el kit comercial ReliaPrep™ gDNA Tissue Mini System (Promega), siguiendo las instrucciones del fabricante. La verificación de la extracción y la calidad del DNA se realizó mediante electroforesis en gel de agarosa (1%) con tinción GelRed® (Biotium, Inc.) visualizado con luz UV. La cuantificación del DNA se realizó en un equipo de espectrofotometría NanoDrop Lite® (Thermo Scientific).

Análisis filogenéticos. Para establecer la posición filogenética de las muestras recolectadas se realizaron análisis de Máxima Parsimonia, Máxima Verosimilitud e Inferencia Bayesiana, utilizando los marcadores mitocondriales 16S y citocromo b (Cytb), siguiendo a Sáez *et al*., (2014). Para la construcción de la matriz de datos se utilizó secuencias disponibles en la base de datos GenBank (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/). Para enraizar el árbol filogenético, se utilizó a *Telmatobius bolivianus* como grupo externo.

3.1.12 Medidas de Bioseguridad

En cada sitio de muestreo (monitoreo y prospección general), se utilizó un protocolo estricto de desinfección y bioseguridad entre sitios e individuos estudiados, siguiendo a Soto-Azat *et al*., (2013). La implementación de este protocolo permite reducir al máximo la posibilidad de falsos positivos en el análisis de EEI, así como también evitar la dispersión de patógenos (Bd, Rv) y otras plagas (ej. Didymo). Cada individuo fue manipulado con el uso de guantes de nitrilo estériles. Entre sitios de estudio, todo material reutilizado, tal como: botas, trajes de agua, baldes, redes, y cualquier otro equipamiento fue limpiado y desinfectado con Virkon™ (desinfectante que

Folio009762

oxida los enlaces químicos de azufre en proteínas y enzimas, interrumpiendo la función de la membrana celular, utilizado para el control efectivo de virus, bacterias, hongos, entre otros). Posteriormente el material fue secado, antes de ser usado en un nuevo sitio.

3.1.13 Permisos de captura

Por medio de la Resolución Exenta Nº3290/2021, Nº1921/22 y Nº3427/2021 (Anexo A1), el Servicio Agrícola y Ganadero autorizó la captura de anfibios del género *Telmatobius*, en la Región de Antofagasta, con fines de investigación. Dichas autorizaciones se realizaron sobre la aprobación de la metodología de captura y muestreo por parte del Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales (CICUA) de la Universidad de Chile (Certificado Nº: 21468 – FCS – UCH) (Anexo A1). Por su parte, el permiso de pesca con fines de investigación por parte de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, fue aprobado mediante la Resolución Exenta Nº E-2021-502 (Anexo A1).

3.2 Medidas de conservación *in situ*

En la etapa inicial del estudio se analizó un conjunto de acciones que se agrupan en tres tipos de medidas de conservación: i) educación ambiental, ii) protección y, iii) restauración. Estas acciones fueron analizadas en conjunto con la contraparte técnica de manera de ejecutar al menos una medida de conservación *in situ* para cada población o especie en función de los requerimientos particulares de cada taxa y de la factibilidad de realización en el contexto del presente proyecto. Las acciones ejecutadas en el marco del presente estudio que se detallan a continuación fueron.

3.2.1 Medidas de educación ambiental (EA)

Como medidas de educación ambiental se consideró las siguientes actividades:

a) Instalación de señalética y elaboración y difusión de afiches. Tanto las señaléticas como los afiches se elaboraron de manera de relevar cada una de las especies en las distintas localidades, mostrando una ilustración (fotografía) de cada especie nativa, sus características biológicas, principales amenazas, valor ambiental (ecosistémico), así como el valor del ecosistema en el que habita. La señalética fue instalada en zonas donde tuvieran alcance al público (ver resultados Objetivo específico 5). Los afiches fueron distribuidos durante las actividades de divulgación del proyecto. (ver Objetivo específico 5).

b) Visitas a terreno con actores locales como medio de sensibilización. Los actores incluyeron autoridades, representantes de la comunidad, pueblos indígenas, funcionarios públicos, sector privado, ONGs, entre otros. En las reuniones se expuso la situación de cada especie de *Telmatobius* a las comunidades locales, mostrando las diversas amenazas que enfrentan y proporcionando elementos que generen conciencia de la fragilidad de las poblaciones y los ecosistemas de estudio.

c) Desarrollo de actividades para estudiantes de escuelas locales. Las actividades consideraron una charla informativa sobre el proyecto y la importancia de los anfibios; y la entrega material de difusión (ver Objetivo específico 5).

Folio009763

3.2.2 Medidas de protección (P)

Como medidas de protección se consideró las siguientes actividades:

a) Elaboración de un informe técnico justificatorio (ITJ) para la creación de un área protegida oficial (en alguna de las categorías definidas en el proyecto de ley del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas), para uno o más sitios con presencia de poblaciones de *Telmatobius*.

b) Control de enfermedades (*Batrachochytrium dendrobatidis* [Bd] y Ranavirus [Rv]). Mediante el diagnóstico de presencia de estas enfermedades en las poblaciones naturales de *Telmatobius* (ver Material y Métodos, Evaluación de presencia de enfermedades emergentes infecciosas 3.1.9).

3.2.3 Medidas de restauración (R)

Como medidas de restauración se consideraron las siguientes actividades:

a) Generación de nuevos hábitats y refugios reproductivos. Se crearon pozas artificiales y naturales siguiendo las recomendaciones de Pérez (2005) para *Telmatobius*. Se creó un sistema de conectividad entre (todas o parte de) las pozas con el objetivo de asegurar la conectividad (total o parcial) entre las diferentes pozas.

b) Limpieza de canal. Consistió en la liberación de exceso de vegetación que entorpezca el flujo natural del caudal, y por ende de los anfibios.

3.3 Cartera de proyectos

En el informe de avance nº3 se presentó el proceso de levantamiento y análisis de la información recabada para el desarrollo de la cartera de proyectos. Como resultado, se generó una propuesta que se evaluó a través de una matriz de evaluación multicriterio de acuerdo a la metodología de la CEPAL (Pacheco y Contreras, 2008), y que fue discutida en conjunto con la contraparte técnica. A partir de lo anterior, se diseñó un proyecto siguiendo la metodología desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social, de manera que el proyecto sea factible de postular a fondos en el marco del Sistema Nacional de Inversiones (SNI).

4. RESULTADOS

4.1 Catastro/Diagnóstico de la condición de las poblaciones

Para estos estudios, se realizaron muestreos en las localidades tipo de las especies objetivos, las coordenadas geográficas expresadas en UTM (metros), datum WGS 84, se presentan en la documentación anexa al presente informe (Anexo A2).

4.1.1 Puquios, localidad tipo de *Telmatobius fronteriensis*

4.1.1.1 Densidad y biometría

Los datos de las densidades registradas para la especie *Telmatobius fronteriensis* (**Fotografía 3, Fotografía 4**), en las cuatro campañas de monitoreo realizadas, se señalan en la **Tabla 4**. Durante las campañas destacó la presencia de una cantidad importante de renacuajos (larvas), lo que concuerda con el largo tiempo de desarrollo de estas especies para alcanzar la metamorfosis, las que deben continuar desarrollándose durante el período invernal. Para otoño 2022 la proporción de larvas presentó una disminución. En cuanto a las densidades, se observó un incremento de individuos hacia la primavera.

Fotografía 4. Telmatobius fronteriensis.

Folio009765

Tabla 4. Densidad (individuos/m^2) y abundancia absoluta para Telmatobius fronteriensis en la localidad de Puquios.

Campaña	Adultos		Juveniles		Larvas		Total
	Densidad	Abundancia	Densidad	Abundancia	Densidad	Abundancia	Densidad/ Abundancia
Invierno 2021	0,2	20	0,02	2	0,16	16	0,38 N=38
Primavera 2021	0,31	31	0,01	1	0,35	34	0,66 N=66
Verano 2022	0,24	24	0,01	1	0,1	10	0,35 N=35
Otoño 2022	0,2	20	0,03	3	0,06	6	0,29 N=29

En relación a los datos biométricos, se observa un incremento del peso hacia la primavera, en especial en las hembras, las que presentaron un mayor índice corporal, al igual que en verano (**Tabla 5**). En cuanto al estudio poblacional de marcaje y recaptura en el Anexo A3 se presenta la cantidad de individuos marcados y recapturados por localidad. Se registró recapturas en la campaña de primavera 2021, con dos individuos marcados correspondientes a la campaña de invierno 2021 (R1); y en la campaña de otoño 2022, con seis individuos correspondientes a las tres campañas anteriores, con dos individuos de cada una (invierno, primavera 2021 y verano 2022). La baja tasa de recapturas sugiere que se trata de una población numerosa, con una alta abundancia de individuos.

Tabla 5. Longitud Hocico Cloaca (LHC), peso corporal e Índice de Condición Corporal (ICC) por sexos, para individuos adultos de Telmatobius fronteriensis en la localidad de Puquios.

Campaña	LHC (mm)		Peso corporal (gr)		ICC	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Invierno 2021	38,750 ± 0,957 N=4	40,917 ± 3,728 N=12	6,250 ± 0,645 N=4	7,667 ± 1,670 N=12	-0,036 ± 0,141	0,026 ± 0,118
Primavera 2021	42,333 ± 4,868 N=12	40,579 ± 4,426 N=19	11,063 ± 2,393 N=12	9,553 ± 2,361 N=19	0,039 ± 0,109	-0,040 ± 0,133
Verano 2022	43,125 ± 2,031 N=8	42,429 ± 2,878 N=7	9,656 ± 0,533 N=8	9,071 ± 2,384 N=7	0,026 ± 0,108	-0,029 ± 0,151
Otoño 2022	41,385 ± 1,850	43,000 ± 2,160	8,615 ± 1,193	10,286 ± 1,150	-0,034 ± 0,108	0,063 ± 0,111

4.1.1.2 Microhábitat

En relación a las variables del microhábitat, las aguas del estero Puquios presentaron una oxigenación media, el medio acuático es neutro, con una conductividad media (sales disueltas), aguas transparentes con baja carga de sólidos disueltos (**Tabla 6**), con un predominio de sustrato arenoso-pedregoso en el fondo del lecho. La temperatura del agua fue mayor que la del medio ambiente en invierno 2021, verano y otoño 2022 (**Tabla 6**). En cuanto a la cobertura de plantas acuáticas, se evidenció un aumento de la cobertura para verano y estuvo dada principalmente por las especies de los géneros *Chara* y *Juncus.* La fisionomía del estero corresponde a un curso

Folio009766

angosto y poco profundo, con una escorrentía media y un caudal promedio estimado de 63,8 a 92,56 L/s. El estero escurre por una planicie a unos 4.177 m.s.n.m., en un paisaje dominado por pajonales (**Fotografía 5**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), y desciende (escurre) hacia un salar ubicado en Bolivia.

Tabla 6. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad de Puquios.

Parámetros	Invierno 2021	Primavera 2021	Verano 2022	Otoño 2022
Oxígeno disuelto (mg/l)	4,87	4,41	4,53	4,22
pH	7,34	7,7	7,73	7,5
Conductividad eléctrica (*m*S/cm)	0,47	0,45	0,5	0,51
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	0,23	0,22	0,23	0,25
Turbidez (NTU)	0	0,69	0,21	0
Dureza agua (mg/l)	145	150	170	100
Sustrato	arenoso pedregoso	arenoso pedregoso	arenoso pedregoso	arenoso pedregoso
T agua (ºC)	19,6	21,7	21,4	20,3
T ambiental (ºC)	12	22,6	18,4	10,6
Cobertura vegetación acuática (%)	10% *Chara*, 5% *Juncus*	10% *Chara*, 5% *Juncus*	33,33% *Chara*, 5% *Juncus*	23,33 *Chara*, 5% *Juncus*
Vegetación terrestre	Pajonal claro de Festuca	Pajonal claro de Festuca	Pajonal claro de Festuca	Pajonal claro de Festuca
Humedad relativa (%)	40	6,8	43,9	20,6
Ancho promedio (m)	1,4	1,78	1,41	0,733
Profundidad promedio (m)	0,14	0,13	0,14	0,156
Velocidad promedio (m/s)	0,33	0,4	0,37	0,266
Caudal (L/s)	63,78	92,56	70,49	30,64

Las temperaturas del agua en las surgencias son muy estables (manifestaciones termales), con una baja variación diaria, en torno a 0,5º Celsius, incluso en la noche, donde la temperatura ambiental fácilmente puede bajar de 0º C. En **Tabla** 7**7** se presentan los promedios mensuales máximo y mínimo de la temperatura del agua, y en la **Figura** 1 se presenta el gráfico de fluctuación de temperatura en un período de 24 horas para cada mes de muestreo.

Fotografía 5. Localidad de Puquios, campaña de verano 2022.

Tabla 7. Temperaturas del agua (ºC) registradas cada 1 hora (ciclo de 24 horas), localidad de Puquios. Promedios y valores mínimos y máximos.

Meses	Temperatura promedio (ºC)	Valor mínimo de temperatura (ºC)	Valor máximo de temperatura (ºC)
Septiembre 2021	21,817	21,772	22,178
Octubre 2021	21,804	21,772	22,106
Noviembre 2021	21,826	21,700	22,298
Diciembre 2021	21,796	21,700	22,250
Enero 2022	21,796	21,772	21,819
Febrero 2022	21,794	21,772	21,819
Marzo 2022	21,787	21,772	21,795
Abril 2022	21,799	21,748	21,819
Mayo 2022	21,795	21,748	21,819

Folio009768

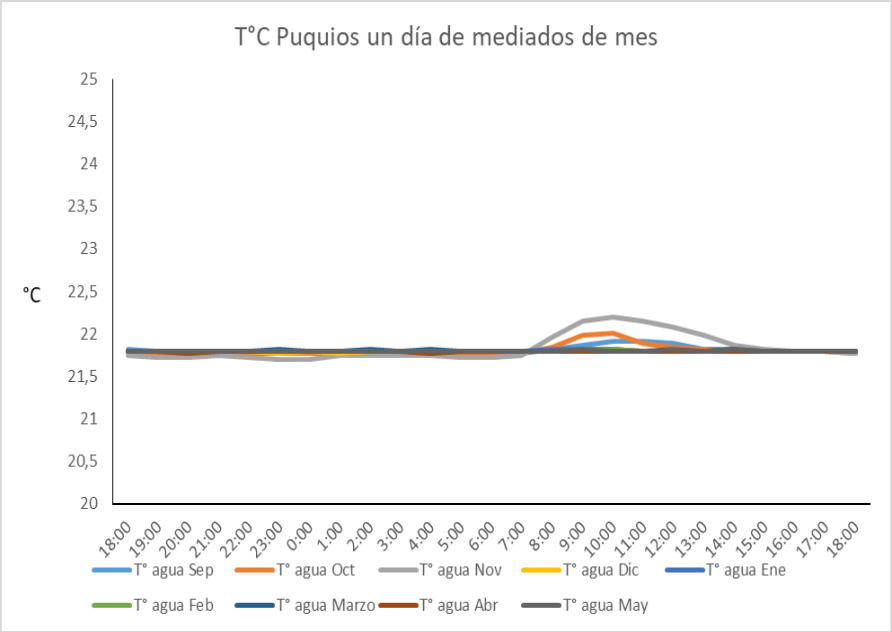


Figura 1. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua, para un ciclo de 24 horas en Puquios mensualmente desde septiembre de 2021 a mayo 2022.

4.1.1.3 Dieta

La dieta de *T. fronteriensis* se presenta en la **Tabla 8**. En invierno, la dieta estuvo compuesta por cinco ítems de presas de invertebrados. Ocho animales (de un total de 15), presentaron restos de vegetación acuática en sus estómagos, y cuatro animales presentaron restos de mudas (piel). En primavera, se registró seis ítems de presas invertebradas y todos los animales analizados presentaron presas en sus estómagos. Una situación similar se registró para verano, con el consumo de cuatro ítems, donde todos los individuos analizados presentaron contenido. En otoño, se registró siete ítems presas. El análisis de Chi cuadrado (X^2) para invierno, primavera y otoño fue significativo ($p<0.001$), sugiriendo que el consumo no se relaciona con la abundancia de presas en el ambiente; en este caso se observó selección de Chironomidae y ostrácodos. Mientras que, para verano, el análisis no fue significativo ($p>0.001$), indicando que el consumo se relacionó a la abundancia de presas en el ambiente. Hay que destacar que, para la campaña de invierno, el bajo número de presas (por ejemplo, en comparación a las ranas de Amincha, con 134 presas en igual número de animales), la alta presencia de estómagos con abundante contenido vegetal (principalmente algas filamentosas, 53% de los animales), y la presencia de restos de mudas de piel (27% de los animales), es reflejo de una condición desfavorable de alimentación, probablemente por las condiciones rigurosas de este ambiente en invierno.

Tabla 8. Número de presas (Ni), índice de importancia relativa (IRI), IRI estandarizado (IRIst), número de presas en el ambiente (Ei), y porcentaje del total de presas en el ambiente (%Ei) para Telmatobius fronteriensis. Se entrega información por campaña. En negritas se destacan los principales ítems de acuerdo al IRI.

Famlia	Invierno					Primavera					Verano					Otoño				
	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E
Amphipoda																				
Hyalellidae	2	165,82	4,45	19	32,76	17	4213,88	**47,21**	38,33	50,00	16	5307,82	**70,03**	19,67	33,15	3	883,48	12,14	15,00	23,32
Diptera																				
Chironomidae	15	2533,99	**67,95**	21	36,21	27	4064,45	**45,54**	23,00	30,00	23	2157,12	**28,46**	30,67	51,68	16	5799,79	**79,72**	12,00	18,66
Simulidae	1	46,44	1,25	5	8,62	1	14,72	0,16	2,67	3,48						1	166,97	2,30	4,33	6,73
Ephydridae						5	205,45	2,30								1	83,43	1,15		
Tabanidae																			0,33	0,51
Hemiptera																				
Aphididae						2	27,31	0,31	1,33	1,74						1	69,51	0,96		
Odonata																				
Aeschnidae	1	423,83	**11,36**											1	1,69				0,33	0,51
Coenagrionidae											1	91,25	1,20	0,67	1,13	1	229,62	3,16		
Trichoptera																				
Hydrobiosidae									0,67	0,87										
Ephemeroptera																				
Baetidae				3	5,17														4	6,22
Coleoptera																				
Elmidae				2	3,45				0,67	0,87	1	23,29	0,31	0,67	1,13				1	1,55
Podocopida																				
Cyprididae	12	715,63	**19,19**	8	13,79	7	399,09	4,47	4,67	6,09				0,33	0,56					
Trombidiformes																			1,67	2,60
Veneroida																				
Pisidiidae									0,33	0,43										
Annelida									3,00	3,91				0,33	0,56	1	42,08	0,58	15,33	23,83
Platyhelmintes									2,00	2,61									10,33	16,06
Total	31	3885,72	104,19	58	100	59	8924,90	100	76,67	100	41	7579,49	100	59,34	100	24	7274,88	100	64,32	100

Folio009770

4.1.1.4 Especies codistribuidas

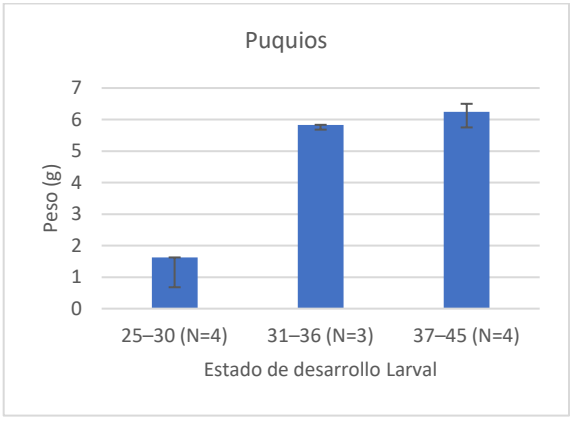
En el arroyo de la localidad de Puquios, no se ha registrado presencia de peces. Se registró la presencia de un ejemplar de *Rhinella spinulosa* en otoño de 2022 (**Fotografía 6**).

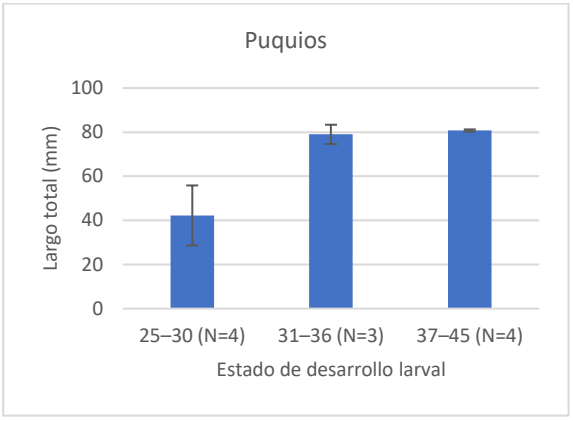
Fotografía 6. Ejemplar de Rhinella spinulosa, observado en Puquios.

4.1.1.5 Actividad reproductiva

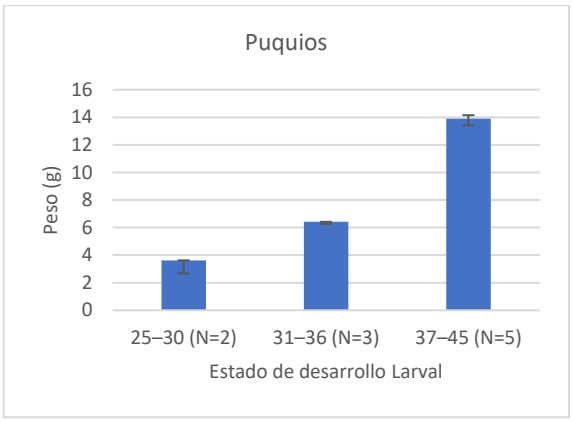
Para la localidad de Puquios, en las cuatro campañas de monitoreo se registró la presencia de larvas, con un total observado de 16, 35, 10 y 6 larvas por época, respectivamente. En la **Figura 2.** Peso y longitud total de larvas por época de muestreo, localidad Puquios.
, se presentan las variables biométricas de peso y longitud total registrado para larvas. Se observa que aquellos individuos con un desarrollo larval más avanzado (estado Gosner 37 a 39), en general, presentaron un mayor peso y longitud total que individuos de desarrollo intermedio, situación que fue más evidente en primavera 2021.

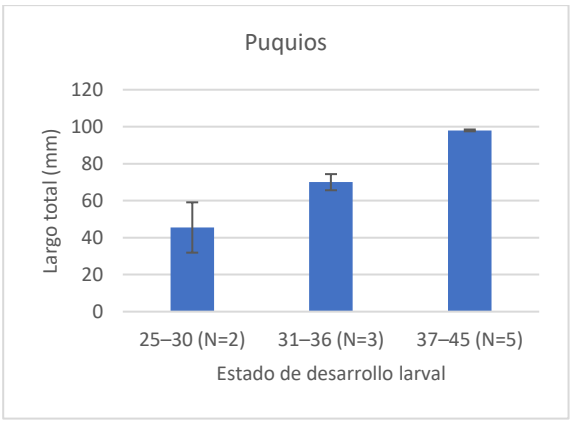
Invierno 2021



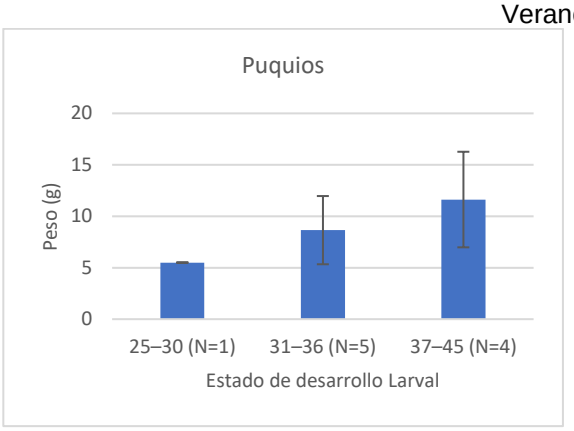


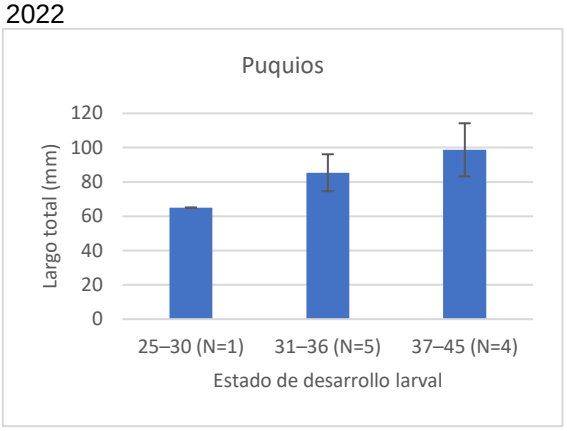
Primavera 2021





Verano 2022





Otoño 2022

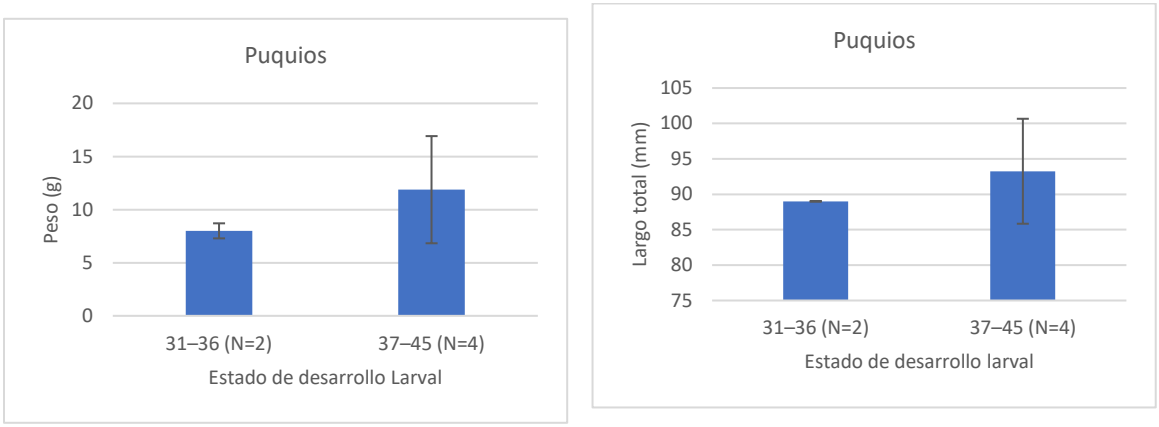


Figura 2. Peso y longitud total de larvas por época de muestreo, localidad Puquios.

4.1.1.6 Enfermedades emergentes

Se analizó un total de 32 muestras para Bd y Rv, resultando ambos análisis negativos en *Telmatobius fronteriensis* de la localidad de Puquios (**Tabla 9**).

Tabla 9. Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv) en individuos muestreados de Telmatobius fronteriensis, en la localidad de Puquios.

Especie	Presencia de *Bd*		Presencia de Rv	
	Positivos	Negativos	Positivos	Negativos
Telmatobius fronteriensis	0	32	0	32

4.1.1.7 Amenazas

El arroyo se localiza en una zona alejada de centros poblados. Actualmente el caserío de Puquios se encuentra semi abandonado, con presencia ocasional de lugareños que mantienen animales pastando en los alrededores (ganadería de pequeña escala). El sitio está a unos dos kilómetros del camino que conecta Ollagüe con el sector de Collahuasi. Se ha evidenciado el uso del camino como cruce fronterizo no habilitado. En el área, hay una explotación de azufre cercana al estero, la que aparentemente se encuentra fuera de operación. Adicionalmente hay una piscina con presencia de anfibios, con una entrada y salida de agua, que en caso de una disminución del caudal podrían quedar confinados (**Fotografía 7**). No se detectaron amenazas adicionales a las establecidas en el informe de la consultoría “Sistematización de información sobre las especies del género *Telmatobius*, *Orestias* y *Pseudorestias* en Chile” (Licitación ID 608897-24-LE19).

Fotografía 7. Amenazas detectadas para la localidad de Puquios. Superior izq.: animales pastando; Inferior izq.: camino. Superior der.: explotación azufre. Inferior der.: piscina.

Folio009774

4.1.2 Amincha, localidad tipo de *Telmatobius philippii*

4.1.2.1 Densidad y biometría

Los datos de las densidades registradas para *Telmatobius philippii* (**Fotografía 8**) en su localidad tipo, Amincha (**Fotografía 9**), para cada campaña de monitoreo se muestran en la **Tabla 10**. Durante las campañas destacó la presencia de una cantidad importante de larvas en el arroyo, lo que concuerda con el largo tiempo de desarrollo de las larvas de estas especies, las que deben continuar desarrollándose durante el período invernal. Los registros muestran un incremento en el número de animales hacia la primavera, y una mayor proporción de larvas en otoño; época en que se registraron las temperaturas acuáticas más bajas del monitoreo.

Fotografía 8. Telmatobius philippii.

Tabla 10. Densidad (individuos/m^2) y abundancia absoluta para Telmatobius philippii en la localidad de Amicha.

Campaña	Adultos		Juveniles		Larvas		Total
	Densidad	Abundancia	Densidad	Abundancia	Densidad	Abundancia	Densidad/ Abundancia
Invierno 2021	0,24	24	0	0	0,36	36	0,6 N=60
Primavera 2021	0,4	40	0	0	0,55	55	0,95 N=95
Verano 2022	0,37	37	0	0	0,38	38	0,75, N=75
Otoño 2022	0,08	8	0	0	0,45	45	0,53, N=53

Folio009775

Fotografía 9. Amincha, localidad tipo de Telmatobius philippii, campaña de verano 2022

En relación a los datos biométricos, estos se presentan en la **Tabla 11**, donde, en promedio, no se observa diferencias en talla y masa entre sexos; con una tendencia a presentar una menor condición corporal promedio en las hembras. Sin embargo, cabe destacar que en marzo de 2021 se capturó una hembra de gran tamaño, que sobrepasa el rango de tamaño de los machos.

Tabla 11.Longitud Hocico Cloaca (LHC), peso corporal e Índice de Condición Corporal (ICC) por sexos, para individuos adultos de Telmatobius philippii en la localidad de Amincha.

Campaña	LHC (mm)		Peso corporal (gr)		ICC	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Invierno 2021	51,125 ± 4,224, N=8	52,714 ± 2,928, N=7	12,313 ± 1,335, N=8	14,143 ± 2,116, N=7	-0,047 ± 0,106	0,054 ± 0,146
Primavera 2021	52,423 ± 8,105, N=26	51,214 ± 4,264, N=14	14,837 ± 6,078, N=26	14,464 ± 3,834, N=14	-0,015 ± 0,139	0,029 ± 0,154
Verano 2022	59,909 ± 9,638, N=11	49,889 ± 4,391, N=18	18,955 ± 9,435, N=11	14,736 ± 3,264, N=18	-0,085 ± 0,193	0,0519 ± 0,099
Otoño 2022	57,333 ± 1,155, N=3	50,800 ± 5,357, N=5	18,500 ± 0,866, N=3	14,500 ± 3,441, N=5	0,001 ± 0,045	0,0004 ± 0,084

En cuanto al estudio poblacional de marcaje y recaptura, en el Anexo A3 se presenta la cantidad de individuos marcados y recapturados por localidad. Se registró recapturas en las campañas de verano y otoño 2022, con un individuo en cada una, correspondiente a la época de invierno 2021 (R1). Lo anterior, denota una población numerosa.

Folio009776

4.1.2.2 Microhábitat

En relación a las variables del microhábitat, las aguas del estero de Amincha presentaron una oxigenación alta, el medio acuático es principalmente de tipo alcalino a neutro, con una conductividad media (sales disueltas), aguas transparentes con baja carga de sólidos disueltos, con un predominio de sustrato arenoso en el fondo del lecho, las temperaturas del agua y el medio ambiente fueron similares, salvo en otoño con una marcada diferencia u baja temperatura en el agua. En cuanto a la cobertura de planta acuáticas, esta fue alta y estuvo dada principalmente por el género *Ruppia.* La fisionomía del estero corresponde a un curso angosto y poco profundo, con una escorrentía media de 0,5 m/s y un caudal promedio estimado entre 56,01 a 72,98 L/s (**Tabla 12**). El estero escurre por una quebrada, a unos 3.988 msnm, en un paisaje dominado por pajonales y roqueríos.

Tabla 12. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad de Amincha.

Parámetros	Invierno 2021	Primavera 2021	Verano 2022	Otoño 2022
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,57	8,3	5,44	7,59
pH	8,12	8,32	7,67	7,55
Conductividad eléctrica (*m*S/cm)	0,22	0,22	0,23	0,23
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	0,11	0,11	0,11	0,11
Turbidez (NTU)	2,4	0,26	2,09	6,6
Dureza agua (mg/l)	265	98	115	78
Sustrato	arenoso	arenoso	arenoso	arenoso
T agua (ºC)	15,2	12,5	19,5	6,8
T ambiental (ºC)	14	15,6	20,7	12
Cobertura vegetación acuática (%)	60% *Ruppia*	60% *Ruppia*	70% *Ruppia*	50% Ruppia
Vegetación terrestre	Pajonal y matorral claro de *Festuca* y *Parastrephia*	Pajonal y matorral claro de *Festuca* y *Parastrephia*	Pajonal y matorral claro de *Festuca* y *Parastrephia*	Pajonal y matorral claro de *Festuca* y *Parastrephia*
Humedad relativa (%)	32,1	49,9	46,3	9,5
Ancho promedio (m)	1,13	1,07	0,93	0,51
Profundidad promedio (m)	0,097	0,12	0,11	0,12
Velocidad promedio (m/s)	0,6	0,56	0,53	0,73
Caudal (L/s)	65,54	72,98	56,01	45,83

Desde el punto de vista de la temperatura del agua, el estero Amincha presenta aguas frías (**Tabla 13**), y con una alta fluctuación diaria en función de las temperaturas ambientales (**Figura 3**); denotando que no tienen un carácter termal. Para los meses de enero y febrero el equipo (Hobo para registros horarios de la temperatura) fue movido producto de las crecidas del estero asociado al invierno altiplánico. Hacia el otoño, las temperaturas del medio acuático, estuvieron en algunos tramos de tiempo por debajo de los cero grados (mes de mayo).

Tabla 13. Temperaturas del medio acuático (ºC) registradas cada 1 hora, localidad de Amincha. Promedios y valores mínimos y máximos. Enero y febrero de 2022 no presenta registro.

Folio009777

Meses	Temperatura promedio (ºC)	Valor mínimo de temperatura (ºC)	Valor máximo de temperatura (ºC)
Septiembre 2021	7,78	0,69	19,58
Octubre 2021	8,43	0,33	20,87
Noviembre 2021	10,51	1,86	24,05
Diciembre 2021	11,29	3,06	24,63
Enero 2022	-	-	-
Febrero 2022	-	-	-
Marzo 2022	9,95	1,83	23,52
Abril 2022	6,48	0,02	17,84
Mayo 2022	4,54	-0,004	14,63

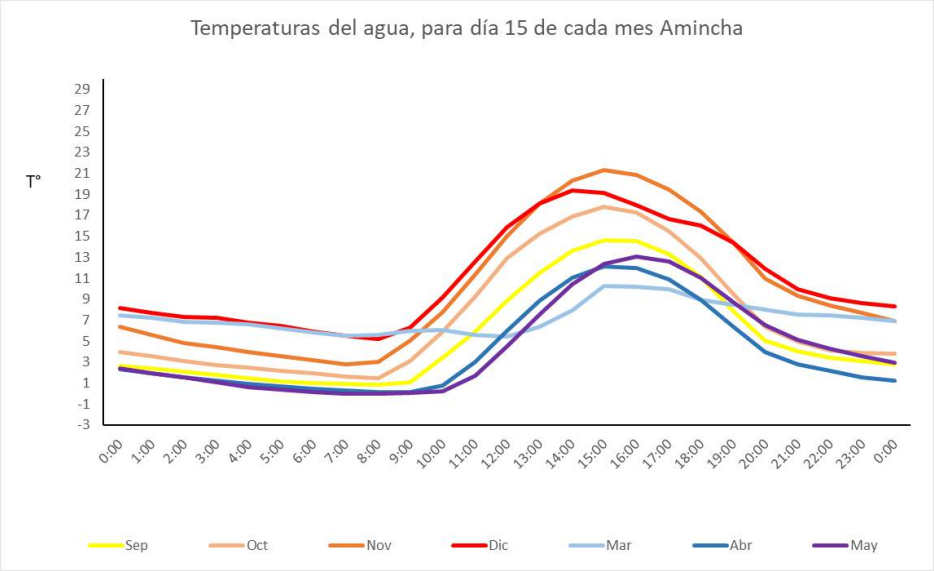


Figura 3. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua ºC de la localidad de Amincha entre los meses de septiembre 2021 a mayo 2022.

4.1.2.3 Dieta

La dieta de invierno de *T. philippii* (**Tabla 14**), estuvo compuesta por 10 ítems de presas correspondientes a invertebrados. Dos animales presentaron restos de vegetación acuática en sus estómagos. En el caso de la dieta de primavera, se registró un total ocho ítems de presas, mientras que en verano se registró un total de 17 presas, y en otoño de 2022 se registró 9 ítems. El análisis cuantitativo muestra que los principales ítems consumidos por este anfibio en invierno fueron larvas de dípteros (mosquitos de las familias Chironomidae y Simulidae) y efemerópteros; en primavera solo se mantuvo los efemerópteros y se incorporaron anfípodos y coleópteros acuáticos (Elmidae); mientras que en verano los principales ítems consumidos fueron crustáceos (Hyalellidae) y larvas de coleóperos acuáticos (Elmidae). El análisis de Chi cuadrado fue significativo ($p<0.001$) en las cuatro campañas, sugiriendo que el consumo no se relaciona con la abundancia de presas en el ambiente. En invierno se observó una fuerte elección de Chironomidae y baja selección de crustáceos de la familia Hyallidae. En primavera, seleccionó Hyallidae, Elmidae y efemerópteros, y no seleccionó Chironomidae. En verano, seleccionó

Folio009778

Hyallidae. Finalmente, en otoño se evidenció que los individuos seleccionaron sobre Chironomidae y Hyallidae.

Tabla 14. Número de presas (Ni), índice de importancia relativa (IRI), IRI estandarizado (IRIst), número de presas en el ambiente (Ei), y porcentaje del total de presas en el ambiente (%Ei) para Telmatobius philippii de Amincha. Se entrega información por campaña. En negritas se destacan los principales ítems de acuerdo al IRI.

Familia	Invierno					Primavera					Verano					Otoño				
	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E
Amphipoda																				
Hyalellidae	2	95,33	0,91	35	34,65	26	4538,48	**35,51**	9,00	8,82	46	2684,82	**53,81**	10,67	14,96	7	4086,02	**30,89**	5,56	8,33
Coleoptera																				
Elmidae	8	581,73	5,54	5	4,95	39	3884,22	**30,39**	16,67	16,34	28	652,37	13,07	21,67	30,38	3	517,53	3,91	6,67	9,80
Hydrophilidae						1	28,56	0,22			1	7,72	0,15							
Trichoptera																				
Hydrobiosidae	1					1	3,81	0,030	1,33	1,31	1	3,16	0,06	1,67	2,34				3,33	4,90
Diptera																				
Chironomidae	94	5621,84	**53,52**	6	5,94	20	971,64	7,60	34,33	33,66	16	426,23	8,54	15,00	21,03	8	3780,44	**28,58**	18,67	27,45
Simuliidae	22	1368,79	13,03	19	18,81	7	173,37	1,63	11,67	11,44	19	479,72	9,61	6,00	8,41	2	258,68	1,96	20,67	30,39
Empididae																2	350,96	2,65	1,33	1,96
Tabanidae	1	90,43	0,86						1	0,98	50	402,79	8,07						0,33	0,49
Odonata																				
Aeshnidae									1,5	1,47	1	16,68	0,33							
Coenagrionidae											5	58,60	1,17	0,67	0,94				1	1,47
Libellulidae											1	0,63	0,01							
Ephemeroptera																				
Baetidae	36	2613,59	**24,88**	31	30,69	49	3069,89	**24,02**	20	19,61	13	156,59	3,14	11,33	15,88	7	3676,18	**27,79**	2	2,94
Leptophlebidae	3	33,23	0,32																	
Hemiptera																				
Amphididae											2	11,37	0,23	0,33	0,46	2	362,85	2,74		
Corixiidae																1	47,54	0,36		
Plecoptera																				
Gripopterygidae									0,33	0,33						1	147,17	1,11	0,33	0,49
Podocopida																				
Cypridídae	6	88,53	0,84						1	0,98	2	5,41	0,11							
Araneae											4	17,51	0,35	1,67	2,34					
Trombidiformes				3	2,97	5	109,57	0,86	1,33	1,31	4	34,11	0,68	2,33	3,27				0,33	0,49
Collembola																				

Familia	Invierno					Primavera					Verano					Otoño				
	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E
Emtomobryidae	1	4,92	0,05																	
Veneroida																				
Pisidiidae									0,33	0,33	1	4,57	0,09							
Gastropoda	1	6,01	0,06																	
Platyhelminthes				2	1,98				2,5	2,45	2	27,3	0,55						5	7,35
Clitellata																			2,33	3,43
Total	175	10504,4	100,0	101	100,0	148	12779,5322	100,26	102	100,0	196	4989,6	100,00	71,333	100,0	33	13227,4	100,00	68	100,0

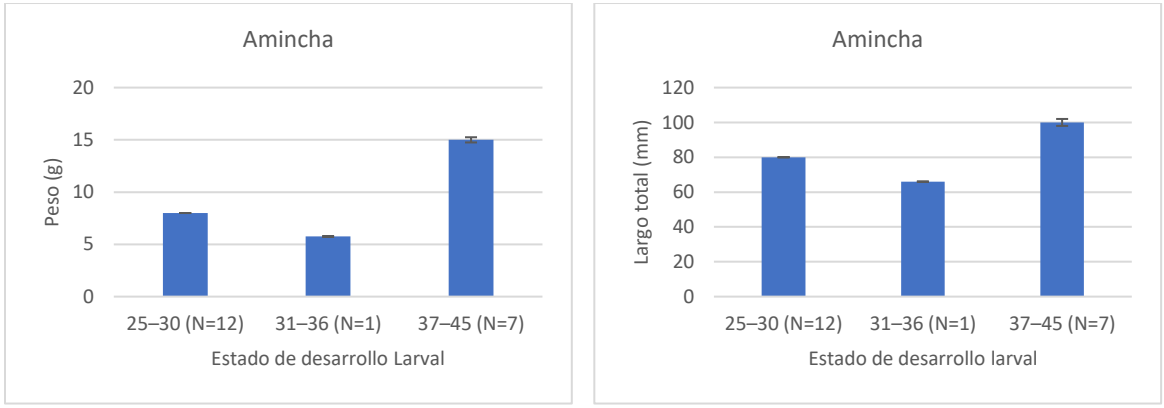
4.1.2.4 Especies codistribuidas

En el arroyo de la localidad de Amincha no se ha registrado presencia de peces ni otras especies de anfibios durante las campañas.

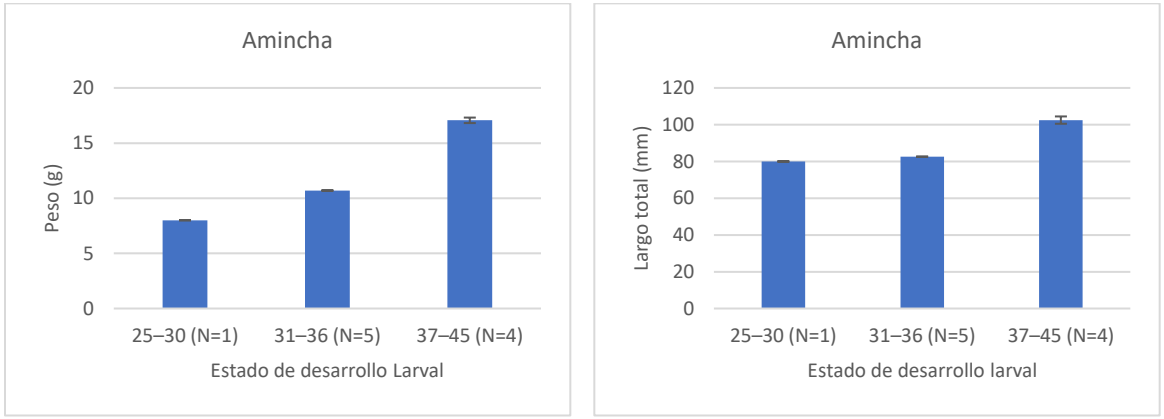
4.1.2.5 Actividad reproductiva

Los estados de desarrollo de las larvas colectadas en la localidad de Amincha, se asocian a tres grupos: estado Gosner 25-30, 31-36 y 37-45 (**Figura 4**). Los datos muestran una baja variación de los tamaños por clase entre época, solo el grupo entre estados Gosner 31 y 36 presentó una mayor variación asociada al número de larvas muestreadas. Para la campaña de verano solo se registró larvas en estadios más avanzados, desde 35 en adelante.

Invierno 2021



Primavera 2021



Folio009782

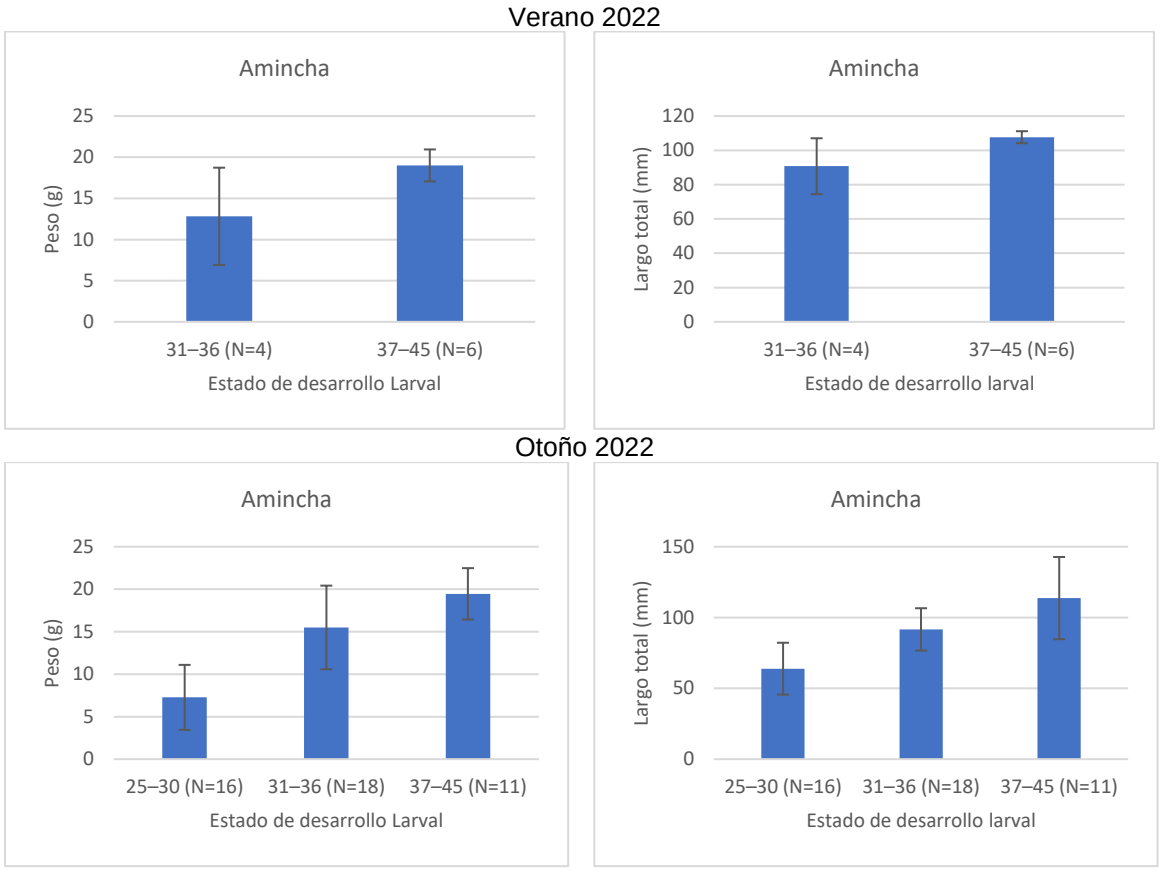


Figura 4. Peso y longitud total de larvas por época de muestreo, localidad Amincha.

4.1.2.6 Enfermedades emergentes

Se analizó un total de 19 muestras para Bd, y 30 muestras para Rv, resultando ambos análisis negativos en *Telmatobius philippii* de la localidad de Amincha (**Tabla 15**).

Tabla 15. Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv)en individuos muestreados de Telmatobius philippii, en la localidad de Amincha.

Especie	Presencia de *Bd*		Presencia de Rv	
	Positivos	Negativos	Positivos	Negativos
Telmatobius philippii	0	29	0	30

4.1.2.7 Amenazas

El arroyo se localiza en una zona de difícil acceso en su tramo superior (se debe acceder a pie). No se observó ninguna amenaza evidente, al menos a nivel local (no se observa, por ejemplo, ganado). En el tramo inferior, el curso de agua está completamente canalizado en una tubería, y parte del agua es utilizada en una pequeña parcelación agrícola (**Fotografía 10**). No

Folio009783

se detectaron amenazas adicionales a las establecidas en el informe de la consultoría "Sistematización de información sobre las especies del género *Telmatobius*, *Orestias* y *Pseudorestias* en Chile" (Licitación ID 608897-24-LE19).

Fotografía 10. Amenazas detectadas para la localidad de Amincha: canalización del arroyo en su tramo inferior.

.

Folio009784

4.1.3 Salar de Carcote, localidad de *Telmatobius* cf. *philippii*

4.1.3.1 Densidad y biometría

En este salar se prospectaron dos sitios, correspondientes a la vertiente 1 (V1) y la vertiente 2 (V2). En la V1 se ha detectado una baja presencia de individuos, mientras que, en la V2, en primavera se registró un incremento en la presencia de individuos adultos y en otoño un aumento de larvas. En ambos sitios, la distribución de los anuros fue restringida (no más de 80 metros lineales), lo que permite deducir que se trata de poblaciones pequeñas de estos anfibios. Los datos de densidad se indican en la **Tabla 16**. En la **Fotografía 11** se observa una larva capturada en este humedal.

Tabla 16. Densidad (individuos/m^2) y abundancia absoluta para Telmatobius cf. philippii en la localidad del Salar de Carcote.

Carcote	Campañas	Adultos		Juveniles		Larvas		Total
		Densidad	Abunda-ncia	Densidad	Abunda-ncia	Densidad	Abunda-ncia	Densidad / Abundancia
V1	Invierno 2021	0	-	0	-	0,01	1	0,01 N=1
V2	Invierno 2021	0	-	0	-	0,03	3	0,03 N=3
V1	Primavera 2021	0,01	1	0	-	0,01	1	0,02 N=2
V2	Primavera 2021	0,1	10	0,01	1	0,01	1	0,12 N=12
V1	Verano 2022	0	-	0	-	0,07	7	0,07 N=7
V2	Verano 2022	0,09	9	0		0,03	3	0,12 N=12
V1	Otoño 2022	0		0		0,01	1	0,01, N=1
V2	Otoño 2022	0,07	7	0		0,15	15	0,22, N=22

Folio009785

Fotografía 11. Larva de Telmatobius cf philippii desde Salar de Carcote.

En cuanto al estudio poblacional de marcaje y recaptura en el Anexo A3 se presenta la cantidad de individuos marcados y recapturados por localidad, en este caso, no se registró recapturas.

4.1.3.2 Microhábitat

En relación a las variables del microhábitat (**Tabla 17**), ambas vertientes tienen una longitud reducida, antes de desembocar sus aguas en el salar: 75 m de longitud para la V1, y 80 m para la V2. Las aguas de las dos vertientes del Salar de Carcote presentaron una oxigenación media, el medio acuático es ligeramente alcalino, con una conductividad media (sales disueltas), aguas transparentes con baja carga de sólidos disueltos, con un predominio de sustrato arenoso y fangoso en el fondo del lecho, la temperatura del agua fue mayor que la del medio ambiente al momento del muestreo de invierno (8 a 12°C sobre la temperatura ambiental), evidenciando el carácter termal de las mismas. En cuanto a la cobertura de plantas acuáticas, esta fue alta en la V1 (*Juncus* y *Stipa*), y baja en la V2, la que se encuentra intervenida con fines recreativos (*Juncus*, *Chara* y *Ruppia*). La fisionomía de los sitios de estudio, corresponden a pequeñas lagunas (vertientes), con surgencias de agua que escurren hacia el salar, dando forma a las típicas lagunas salinas de estos sistemas. En las surgencias, la velocidad del agua es baja 0 a 0,17 m^2/s, con un nivel freático cercano a la superficie, entre 7,3 y 30 cm de profundidad en primavera y entre 16 y 13 en verano y otoño. El salar se ubica a unos 3.712 m.s.n.m., en un paisaje dominado por pajonales y en la V2, pajonal y matorral bajo con cobertura muy clara.

Tabla 17. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad Salar de Carcote.

Parámetros	Invierno 2021		primavera 2021		verano 2022		Otoño 2022	
	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Oxígeno disuelto (mg/l)	5,38	5,70	5,04	5,67	4,84	5,01	5,05	4,43
pH	7,84	7,88	7,79	7,96	7,76	8,01	7,61	7,58
Conductividad eléctrica (*m*S/cm)	1,27	1,73	1,22	1,71	1,32	0,82	1,82	1,26
SDT (mg/l)	0,64	0,87	0,61	0,87	0,65	0,9	0,91	0,63
Turbidez (NTU)	1,37	0,83	4,95	4,45	4,6	7,29	0	2,36
Dureza agua (mg/l)	260,00	260,00	275	320	215	100	170	175
Sustrato	fangoso	arenoso	fangoso	arenoso fangoso	fangoso, bolones por piscina	arenoso fangoso	fangoso	fangoso pedregoso
T agua (ºC)	20,40	22,10	22	26	22,1	24	22,6	21,8
T ambiental (ºC)	8,30	14,80	21,3	27,5	23,5	25,4	20,5	17,5
Cobertura vegetación acuática (%)	75% *Juncus*, 20% *Stipa*	5% *Chara*, 30% *Ruppia*	75% *Juncus*, 20% *Stipa*	5% *Chara*, 30% *Ruppia*	75% Juncus	23,3 juncus y 20 Ruppia	56,66 *Juncus*	46,66% Ruppia y 40% Juncus
Vegetación terrestre	Pajonal y Matorral bajo de altitud muy claro	Pajonal y Matorral bajo de altitud muy claro	Pajonal y Matorral bajo de altitud muy claro	Pajonal y Matorral bajo de altitud muy claro	Pajonal y Matorral bajo de cobertura muy clara	Pajonal y Matorral bajo de cobertura muy clara	Pajonal y Matorral bajo de cobertura muy clara	Pajonal y Matorral bajo de cobertura muy clara
Humedad relativa (%)	24,10	30,00	11	23,7	32,5	27,5	16,4	68
Ancho promedio (m)	4,75	0,35	1,48	0,44	1,48	0,48	0,72	3,34
Profundidad promedio (m)	0,64	0,04	0,53	0,04	0,465	0,045	0,18	0,68
Velocidad promedio (m/s)	0,00	0,17	0	0,1	0	0,3	0,23	0
Nivel freático (cms)	ND	ND	7,3	30	13	16	30,66	0,00

ND = no se pudo estimar.

Folio009787

Desde el punto de vista de la temperatura del agua, la V1 presenta aguas de carácter termal (**Tabla 188**), lo que contrasta con el alto gradiente térmico de la temperatura ambiental (**Figura 5**).

Tabla 18. Temperaturas del medio acuático (ºC) registradas cada 1 hora (ciclo de 24 horas), localidad de Salar de Carcote. Promedios y valores mínimos y máximos.

Meses	Temperatura promedio (ºC)	Valor mínimo de temperatura (ºC)	Valor máximo de temperatura (ºC)
Septiembre 2021	21,39	21,34	21,46
Diciembre 2021	21,22	20,55	22,25
Marzo 2022	21,64	19,79	22,13
Mayo 2022	21,61	21,22	21,67

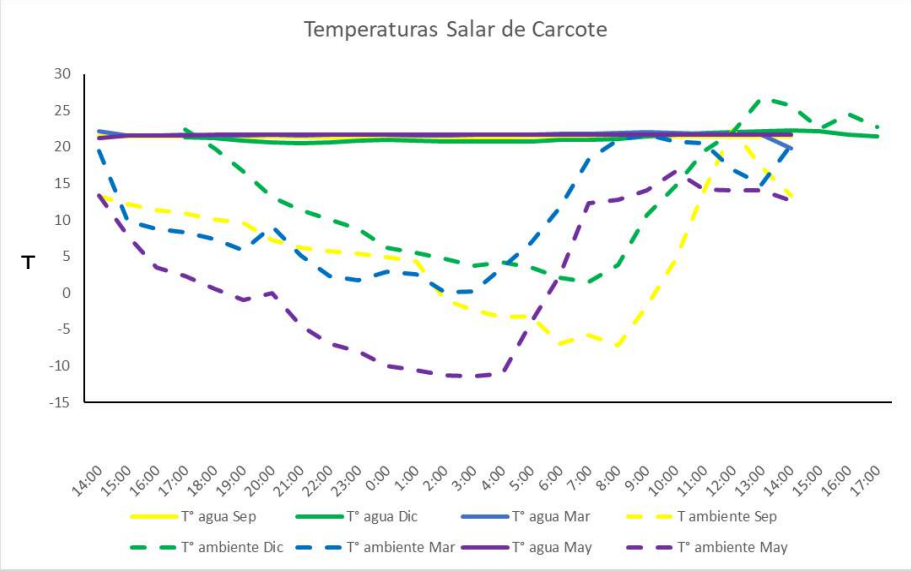


Figura 5. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua ºC, para un periodo de un día para cada campaña de monitoreo (invierno en inicio de septiembre de 2021, primavera en inicios de diciembre 2021 y verano a principio de marzo de 2022).

4.1.3.3 Dieta

En la campaña de invierno no hubo captura de adultos para esta estimación. En la campaña de primavera, se capturó 10 adultos en la vertiente dos, de ellos cinco animales presentaron contenidos estomacales. La **Tabla 19**, muestra que en invierno se consumió cuatro presas y que prácticamente el 96% de la dieta se sustentó en el consumo de caracoles (Molusca) pertenecientes a los géneros *Biomphalaria* y *Lymnaeidae*. En verano se registró el consumo de 9 presas, donde los principales ítems fueron Hyalella (Amphipoda), Hidrobiidae (Molusca) y Hydrophilidae (Coleoptera). Finalmente, en otoño se registró el consumo de tres presas: Aeschnidae (Odonata), Hidrobiidae y Citelata, con valores en torno al 30% de la dieta.

Folio009788

Tabla 19. Número de presas (Ni), índice de importancia relativa (IRI), IRI estandarizado (IRIst), número de presas en el ambiente (Ei), y porcentaje del total de presas en el ambiente (%Ei). Se entrega información por campaña. En negritas se destacan los principales ítems de acuerdo al IRI.

Taxon	Primavera					Verano					Otoño				
	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E
Coleoptera															
Elmidae				1	0,88										
Hydrophilidae						3	1,52	**24,44**						1	1,76
Odonata															
Gomphidae				2	1,76										
Anisoptera				1	0,88										
Aeschnidae									12	17,27	1	2,37	**35,58**	1	1,76
Coenagrionidae									6	8,63					
Diptera															
Chironomidae				2,5	2,2	1	0,16	2,58						3	5,29
Simuliidae						1	0,19	2,97	0,5	0,72					
Ephrydidae						2	0,33	5,26							
Tabanidae														0,33	0,58
Tricoptera					0										
Hidrobiosidae				1	0,88										
Mollusca															
Biomphalaria	5	1192,62	**10,16**	12	10,57										
Lymnaeidae	84	10133,95	**86,37**											17	30,00
Hidrobiidae						6	1,71	**27,43**			1	1,94	**29,04**	11,67	20,59
Amphipoda															
Hyalella	1	344,77	2,94	56	49,34	17	1,76	**28,26**	48,5	69,78				9	15,88
Lymnaea									2	2,88					
Ostracoda															
Eucypris				14	12,33	3	0,24	3,78							
Hirudinea				24	21,15				0,5	0,72					
Aranae	1	62,31	0,53			1	0,14	2,3							
Isopoda															
Detonidae						1	0,19	2,97							
Pulmonata															
Planorbidae														9,67	17,06
Podocopida															
Cyprididae														3,67	6,48
Clitelata											1	2,36	**35,38**	0,33	0,58
Total	91	11733,64		113,5	100	35	6,24	100	69,5	100	3	6,67	100	56,67	100

4.1.3.4 Especies codistribuidas

En ambas vertientes no hubo registro de peces introducidos. Si se registró presencia del pez endémico *Orestias gloriae*, y del anfibio nativo *Rhinella spinulosa*. La especie *O. gloriae* habita en tres sistemas lagunares del salar de Carcote, los que corresponden a pequeños sistemas endorreicos que mantienen confinadas a las poblaciones de este pez. *R. spinulosa* es una especie de anuro terrestre, que ocupa cuerpos de aguas para reproducirse; en la campaña de primavera se observaron 12 individuos adultos en la V2 (bajo el agua, en refugios).

Folio009789

4.1.3.5 Actividad reproductiva

Para la V1 fue posible registrar cantos mediante el equipo de grabación bioacústica. Éstos se grabaron en horas de la madrugada, similar a lo registrado por Lobos *et al*., 2018 en el salar de Ascotán y corresponden a uno o dos registros por hora, alcanzando una abundancia relativa máxima de 50% para el tramo entre 02:00 - 02:59 en la campaña de primavera 2021 (**Figura 6**).

Para las vertientes del salar de Carcote se registró una baja presencia de larvas, con un total de cuatro larvas en invierno, dos en primavera, 10 en verano y 15 en otoño. En general los estados de desarrollo identificados corresponden estados intermedios a avanzados. Se observó que para verano las larvas de estados más avanzados presentaron un mayor tamaño y peso, que las larvas menos desarrolladas. Las variables de peso y largo total se presentan en la **Figura 7**.

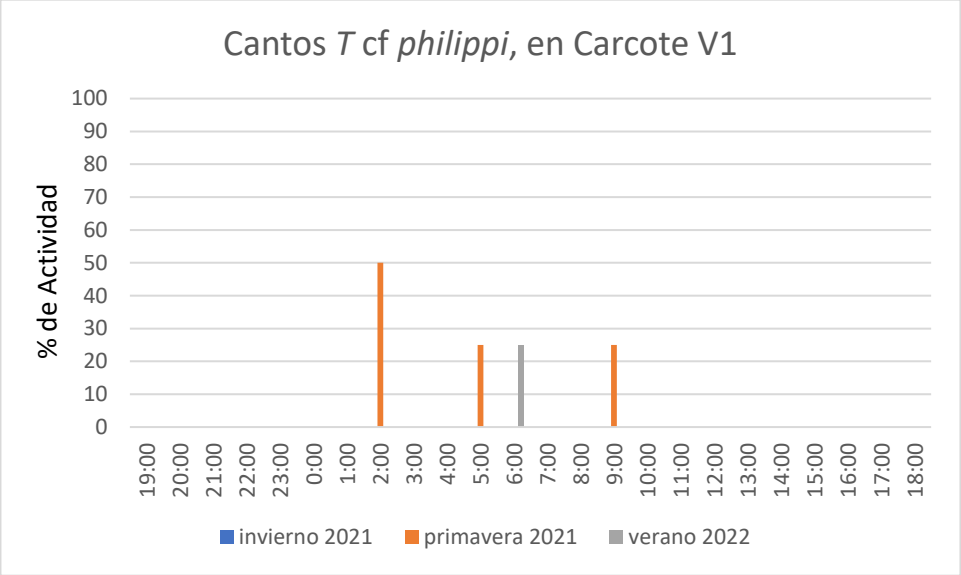
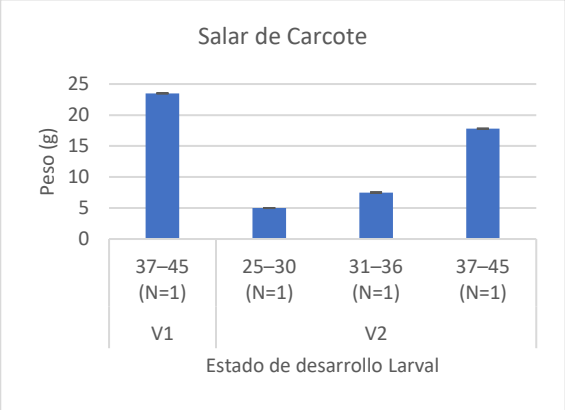
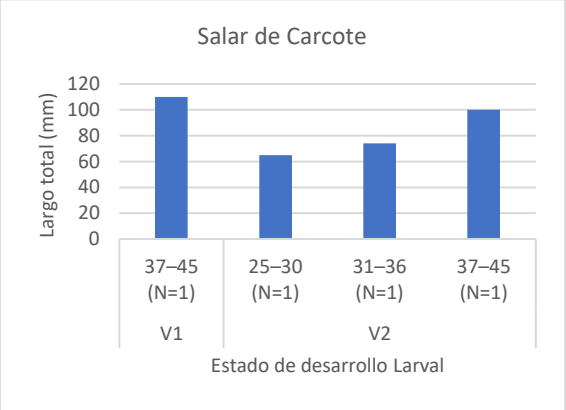


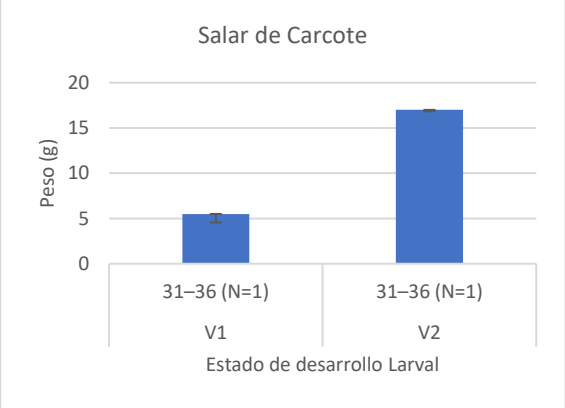
Figura 6. Actividad relativa (%) de T. cf. philippi en el salar de Carcote por campaña (invierno en inicio de septiembre de 2021, primavera en inicios de diciembre 2021 y verano a principio de marzo de 2022).

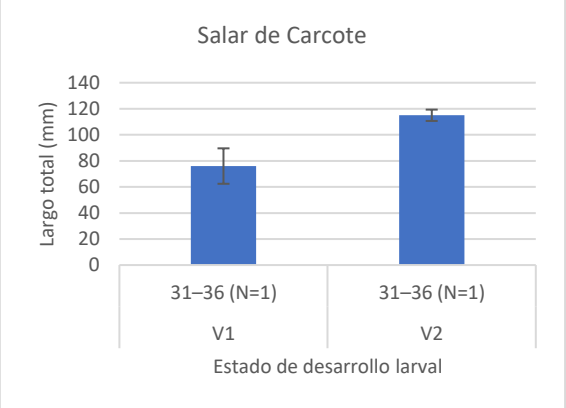
Invierno 2021



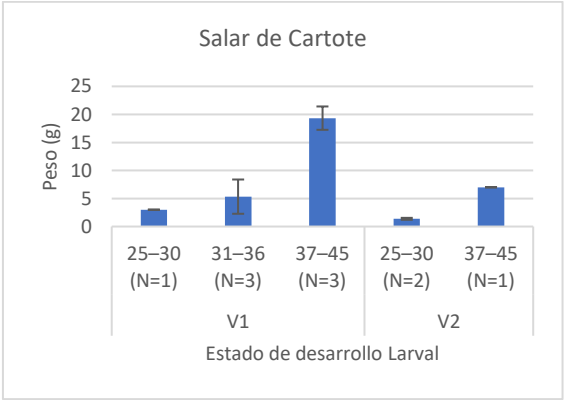


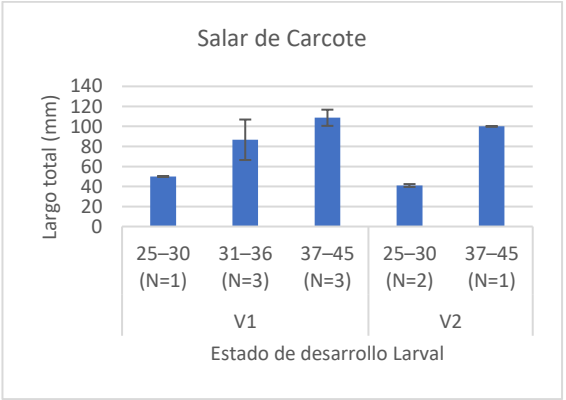
Primavera 2021





Verano 2022





Folio009791

Otoño 2022

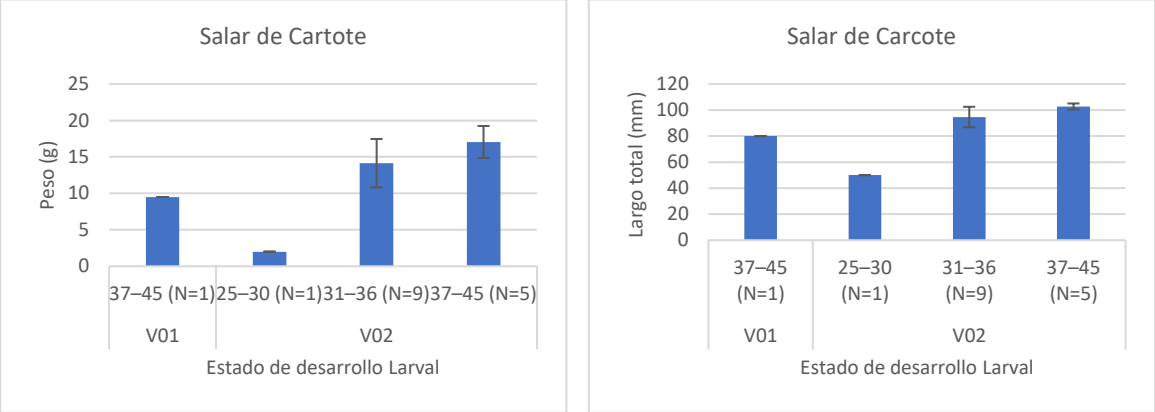


Figura 7. Peso y longitud total de larvas por época de muestreo, localidad Carcote.

4.1.3.6 Enfermedades emergentes

Se analizó un total de 53 muestras para Bd y Rv, resultando ambos análisis negativos en *Telmatobius* cf. *philippii* en localidad del Salar de Carcote (**Tabla 20**).

Tabla 20. Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv)en individuos muestreados de Telmatobius cf. philippii, en la Vertiente 1 (V1) y Vertiente 2 (V2) del Salar de Carcote.

Especie	Localidad	Presencia de *Bd*		Presencia de Rv	
		Positivos	Negativos	Positivos	Negativos
Telmatobius cf. philippii	V1	0	9	0	8
	V2	0	44	0	45

4.1.3.7 Amenazas

En ambas vertientes se evidencia el uso recreacional (piscina): la vertiente 1 presenta una estructura antigua, poco intervenida; mientras que la vertiente 2, presenta una piscina de mayor envergadura. La vertiente 2 presenta un mayor grado de intervención (piscina recreacional), por lo que la presencia de peces y anfibios se restringe a una pequeña área ubicada aguas abajo de la piscina artificial, y en la surgencia del agua, ubicada a la derecha de la piscina en la **Fotografía 12**. Cabe mencionar que no se han registrado anfibios dentro de la piscina artificial (**Fotografía 13**). No se detectaron amenazas adicionales a las establecidas en el informe de la consultoría “Sistematización de información sobre las especies del género *Telmatobius*, *Orestias* y *Pseudorestias* en Chile” (Licitación ID 608897-24-LE19).

Fotografía 12. Imagen aérea de la vertiente 2 del salar de Carcote, donde se puede observar evidencia de uso recreacional y hábitat restringido para Telmatobius.

Fotografía 13. Piscina termal en vertiente 2 del salar de Carcote, en el fondo se observa el hábitat remanente para Telmatobius.

Folio009793

4.1.4 Salar de Ascotán, localidad de *Telmatobius* cf. *philippii*

4.1.4.1 Densidad y biometría

En este salar se prospectaron dos sitios: la vertiente 7 (V7) y la vertiente 11 (V11). La V7 ha sido considerada como un sistema en buena condición ambiental (Lobos *et al*., 2018), mientras que la V11 fue desecada en el año 2005 por sobre extracción de aguas y actualmente es parte de un plan de rehabilitación por medio de una recarga artificial de aguas. La V11 presenta un bajo número de individuos en relación a la V7. En ambos sitios se ha detectado presencia de larvas en estados de Gosner avanzados; en concordancia con el largo desarrollo de las larvas de estas especies. Los datos de densidad se indican en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Densidad (individuos/m^2) para Telmatobius cf. philippii en la localidad del Salar de Ascotán.

Ascotán	Campañas	Adultos		Juveniles		Larvas		Total
		Densidad	Abundancia	Densidad	Abundancia	Densidad	Abundancia	Densidad/ Abundancia
V7	Invierno 2021	0,23	23	0,02	2	0,05	5	0,3 N=30
V11	Invierno 2021	0,02	2			0,02	2	0,04 N=4
V7	Primavera 2021	0,13	13			0,07	7	0,2 N=20
V11	Primavera 2021	0,06	6	0,01	1			0,07 N=7
V7	Verano 2022	0,44	44	0,07	7	0,18	18	0,69 N=69
V11	Verano 2022	0,06	6			0,01	1	0,07 N=7
V7	Otoño 2022	0,33	33	0,01	1	0,2	20	0,54, N=54
V11	Otoño 2022	0,07	7	0		0		0,07, N=7

En relación a los datos biométricos, estos se presentan en la **Tabla 22**. En el caso de la V11, los machos y hembras presentan valores mayores a los de V7, lo que revelaría la presencia de animales más longevos. En el caso de la V7, las hembras muestran una tendencia a ser más grandes que los machos, mostrando una mejor condición corporal en las campañas de invierno, primavera y otoño. En la **Fotografía 14** se presenta uno de los ejemplares capturados.

Tabla 22. Longitud Hocico Cloaca (LHC), peso corporal e índice de condición corporal (ICC) por sexos, para individuos adultos de Telmatobius cf. philippii en el Salar de Ascotán.

Campañas	LHC		Peso corporal		ICC	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Invierno 2021 V11	52,5±0,7 N=2	N=0	16,45±0,35, N=2	N=0	0,00012±0,00	N=0

Campañas	LHC		Peso corporal		ICC	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Invierno 2021 V7	52,8±0,7, N=11	49,08±2,6, N=12	15,93±3,71, N=11	12,5±1,9 N=12	0,030±0,151	-0,043±0,108
Primavera 2021 V11	58,75±2,5, N=4	54±8,48 N=2	24,19±4,83, N=4	19,5±1,41 N=2	0,002±0,161	0,057±0,376
Primavera 2021 V7	54,5±6,4 N=4	48,63±4,1 N=8	14,63±1,8, N=4	13,09±2,1 N=8	0,006±0,08	-0,003±0,149
Verano 2022 v11	64,0 ± 5,47, N=5	50,0 N=1	24,2 ± 3,96, N=5	17,0 N=1	0,011 ± 0,172	-0,056
Verano 2022 V7	50,25 ± 6,85, N=4	47,286 ± 5,057 N=7	14,62 ± 3,40, N=4	13,143 ± 2,268, N=7	0,007 ± 0,098	-2,638 ± 4,451
Otoño 2022 V11	60,600 ± 4,722 N=5	49,500 ± 0,707 N=2	24,756 ± 2,894 N=5	17,625 ± 0,884, N=2	0,011 ± 0,097	-0,028 ± 0,029
Otoño 2022 V7	53,188 ± 4,355, N=16	48,235 ± 0,000 N=17	15,703 ± 2,312 N=16	13,206 ± 0,000, N=17	0,026 ± 0,147	-0,025 ± 0,000

En cuanto al estudio poblacional de marcaje y recaptura en el Anexo A3 se presenta la cantidad de individuos marcados y recapturados por localidad. Sólo se registró recapturas en la campaña de otoño 2022 (monitoreo 4), con 3 individuos correspondientes a los monitoreos de primavera (un individuo) y verano (dos individuos).

Fotografía 14. Telmatobius cf philippii, Salar de Ascotán.

Folio009795

4.2.4.2 Microhábitat

En relación a las variables del microhábitat (**Tabla 23**), las aguas de la V7 del Salar de Ascotán presentaron una oxigenación media a alta, mientras que la V11 presentó altos valores de oxígenos disuelto, lo que da indicios de un proceso de eutroficación. En ambas vertientes el medio acuático es ligeramente alcalino (aunque más alto en la recarga artificial), con una conductividad media (sales disueltas), aguas transparentes en V7 y con alta turbidez en la V11. En relación al sustrato este fue de tipo arenoso-pedregoso en V7 y fangoso en V11, la temperatura del agua en invierno, fue mayor que la del medio ambiente al momento del muestreo (revelando el carácter termal de las mismas y en el caso de la V11 al efecto de la recarga artificial procedente en parte de pozos ubicados en un campo geotérmico). En cuanto a la cobertura de planta acuáticas, esta fue alta en ambas vertientes (géneros C*hara, Potamogeton, Sarcocornia*). La fisionomía de los sitios de estudio, corresponde a pequeñas lagunas (vertientes), con surgencias de agua que escurre hacia el salar, dando forma a las típicas lagunas salinas de estos sistemas (**Fotografía 15**). En el caso de la V11, un factor limitante es la falta de refugios (oquedades) en el cuerpo de agua, las que no han sido consideradas en el plan de recuperación de este sitio. Con el paso de las campañas de monitoreo, se evidenció la disminución de la profundidad del cuerpo de agua en la V7, junto con el aumento de la cobertura de vegetación acuática, quedando expuestas las oquedades a orillas de la vertiente. El salar se ubica a unos 3.730 m.s.n.m., en un paisaje dominado por estepas de altura.

Fotografía 15. Vertiente 7, Salar de Ascotán.

Desde el punto de vista de la temperatura del agua, la V7 muestra aguas de carácter termal (**Tabla 24**), lo que contrasta con la alta variación de la temperatura ambiental (**Figura 8**).

Tabla 23. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad Salar de Ascotán.

Parámetros	Invierno 2021		primavera 2021		verano 2022		Otoño 2022	
	V7	V11	V7	V11	V7	V11	V7	V11
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,70	8,63	7,2	11,18	9,6	18	5,05	19,88
pH	7,85	8,23	8,19	8,67	8,73	8,68	7,53	8,21
Conductividad eléctrica (*m*S/cm)	3,91	2,84	3,92	2,45	4,23	2,74	3,98	3,42
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	1,95	1,42	1,95	1,22	2,12	1,37	1,99	1,71
Turbidez (NTU)	1,29	6,21	4,28	3,3	21,3	1,92	1,08	2,4
Dureza agua (mg/l)	565	575	370	384	490	680	390	355
Sustrato	arenoso-bolones	fangoso	fangoso-bolones	fangoso	fangoso; bolones y material calcáreo	fangoso	fangoso pedregoso	fangoso
Temperatura agua (ºC)	16,60	18,50	19,3	25,9	23,5	23,5	19,2	23,2
Temperatura ambiental (ºC)	14,60	14,60	23,2	23,7	21,7	26,3	25,2	19,6
Cobertura vegetación acuática (%)	33% *Chara*, 20% *Patamogeton*, 20% *Sarcocornia*	100% Chara	33% *Chara*, 20% *Patamogeton*, 20% *Sarcocornia*	100% Chara	73,3% Chara 20% Patamogeton	90% Chara	90% Chara	93,3% Chara
Vegetación terrestre	pajonal muy claro asociado a vertiente	pajonal escaso asociado a vertiente	pajonal muy claro asociado a vertiente	pajonal escaso asociado a vertiente	pajonal muy claro asociado a vertiente	pajonal escaso asociado a vertiente	pajonal muy claro asociado a vertiente	pajonal escaso asociado a vertiente
Humedad relativa (%)	30,7	18,5	12,4	33	28	26,8	18,1	13
Ancho promedio (m)	0,42	0,15	0,09	0,11	0	0,27	0	5,01
Profundidad promedio (m)	0,56	0,32	0,01	0,05	0	0,07	0,207	0,255
Velocidad promedio (m/s)	0,20	0,90	0,2	0,4	0	0,5	0	0,1
Caudal (L/s)	ND	16,2*	ND	17,92*	ND	9,45*	ND	127,67

ND no se puede estimar para sistemas lagunares
* Caudal estimado en sección de aforo de la vertiente

Folio009797

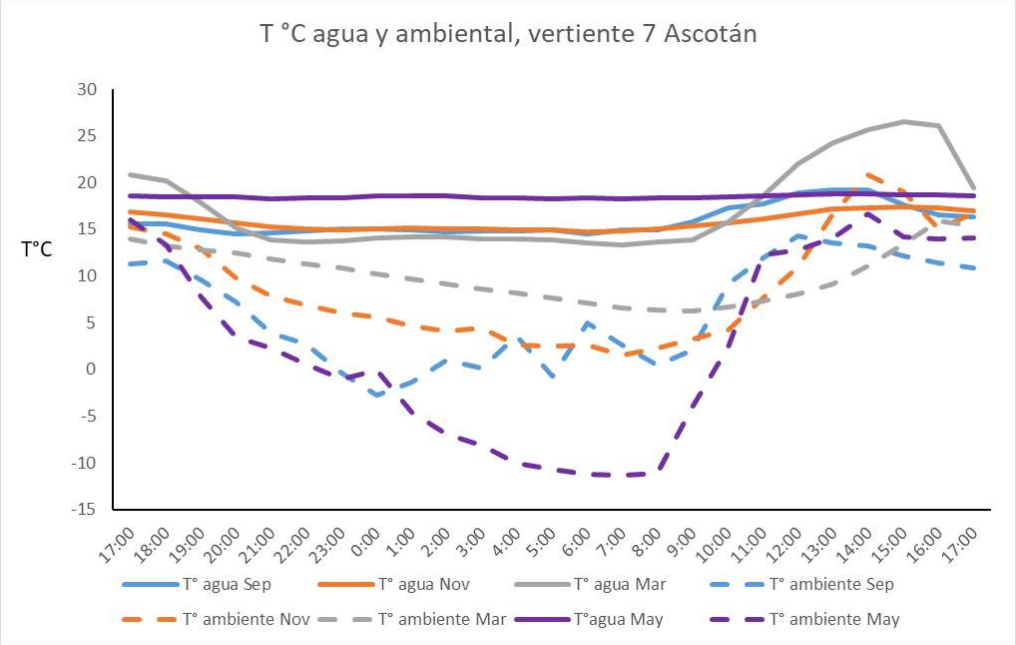


Figura 8. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua y ambiental (ºC), para un ciclo de 24 horas de cada mes (invierno en inicio de septiembre de 2021, primavera fines de noviembre 2021, verano a inicios de marzo de 2022 y otoño a inicios de mayo de 2022) para la vertiente 7 del salar de Ascotán

Tabla 24. Temperaturas del medio acuático (ºC) registradas cada 1 hora (ciclo de 24 horas), localidad de Salar de Carcote. Promedios y valores mínimos y máximos.

Meses	Temperatura promedio (ºC)	Valor mínimo de temperatura (ºC)	Valor máximo de temperatura (ºC)
Septiembre 2021	15,89	14,48	19,24
Noviembre 2021	15,80	14,76	17,39
Marzo 2022	17,30	13,31	26,48
Mayo 2022***	18,50	18,295	18,771

*** Tomada en otro sector, distinto a los meses anteriores por desecación de punto control

4.1.4.3 Dieta

En la V11 solo se capturó dos animales adultos en la campaña de invierno, con escaso contenido estomacal, en primavera se capturó a seis individuos, al igual que en verano; y siete animales en otoño (**Tabla 255**). En las cuatro campañas, la dieta se estructuró principalmente en base al consumo de caracoles del género *Physidae,* para verano hay una influencia importante por el consumo de un Arácnido registrado en un individuo, dato atípico, pues corresponde a una especie terrestre que es común encontrar en las orillas de las vertientes entre la vegetación. El análisis de la oferta ambiental, muestra que esta es baja y corresponde principalmente a caracoles que prosperan en este ambiente fuertemente perturbado.

Tabla 25. Número de presas (Ni), porcentaje del total de presas (%N), volumen de las presas en mm^3 (Vi), porcentaje del total del volumen (%V), número de animales que consumieron la presas (Oi), porcentaje de ocurrencia de la presa (%FO), índice de importancia relativa (IRI), IRI estandarizado (IRIst), número de presas en el ambiente (Ei), y porcentaje del total de presas en el ambiente (%Ei).

Familia	Invierno					Primavera					Verano					Otoño				
	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E	Ni	IRI	IRI st	Ei	%E
Amphipoda																				
Hyalellidae																1	103,45	0,83	1	1,75
Diptera																				
Chironomidae				1	3,57				0,33	1,27										
Athericidae				1	3,57				1	3,85										
Simuliidae											2	391,20	11,74							
Hemiptera																				
Corixidae											1	403,94	12,12	1,50	3,16	1	111,11	0,89	0,50	0,88
Odonata																				
Coenagrionidae				1	3,57															
Aeschnidae									0,67	2,58										
Coleoptera																				
Elmidae						1	533,18	5,33	0	1,27	1	195,60	5,87	3,00	6,32					
Hydrophilidae											1	528,94	15,87	2,00	4,21					
Araneae						1	1353,08	13,53												
Podocopida																				
Cyprididae									2,00	7,69				3,50	7,37				1,50	2,63
Basommatophora																				
Physidae	3	17457,26	**93,21**	19	67,86	7	7310,43	**73,10**	15,67	60,27	3	1211,8	**36,35**	20,50	43,16	26	12153	**97,63**	41,00	71,93
Lymnaeidae				1	3,57	1	803,32	**8,03**	1	3,85	1	601,85	**18,06**	16,00	33,68				5,00	8,77
Neotaenioglossa																				
Hydrobiidae	1	1271,37	6,79	5	17,86				5	19,23				1,00	2,11	1			8,00	14,04
Total	4	18728,63	100	28	100,00	10	10000,00	100,00	26	100,00	9	3333,3	100,00	47,50	100,0	29	12448	100,00	57,00	100,00

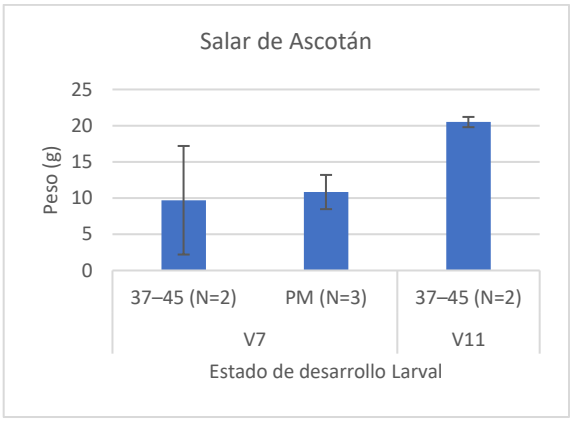
4.1.4.4 Especies codistribuidas

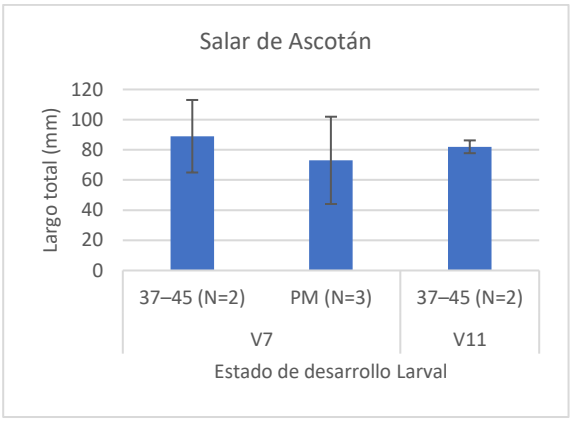
En ambas vertientes no hubo registro de peces introducidos. Se registró presencia del pez endémico *Orestias ascotanensis* en ambas vertientes.

4.1.4.5 Actividad reproductiva

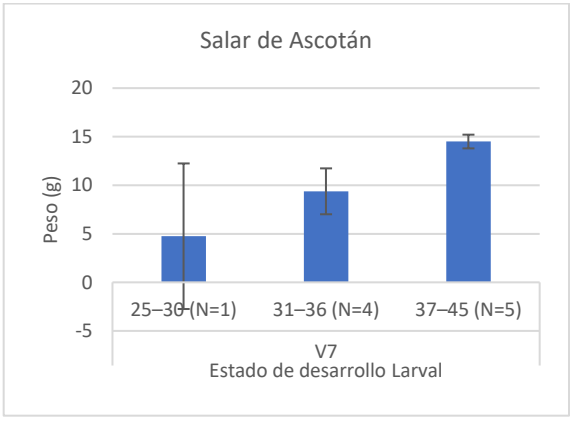
Para el salar de Ascotán, en todas las épocas de muestreo, fue posible registrar larvas, tanto en la V7 como en la V11. En general, en las cuatro épocas de muestreo se registró larvas en estado avanzado de desarrollo, estadio 37-45 o postmetamórficos. Para primavera y verano se pudo registrar individuos de desarrollo temprano e intermedio. Las variables biométricas de peso y largo total promedio se presentan en la **Figura 9**.

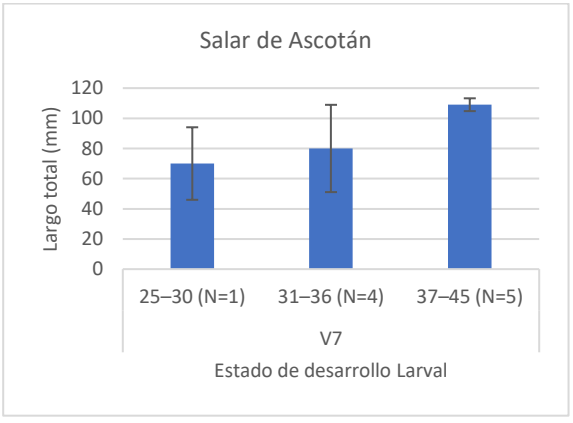
Invierno 2021





Primavera 2021





Folio009800

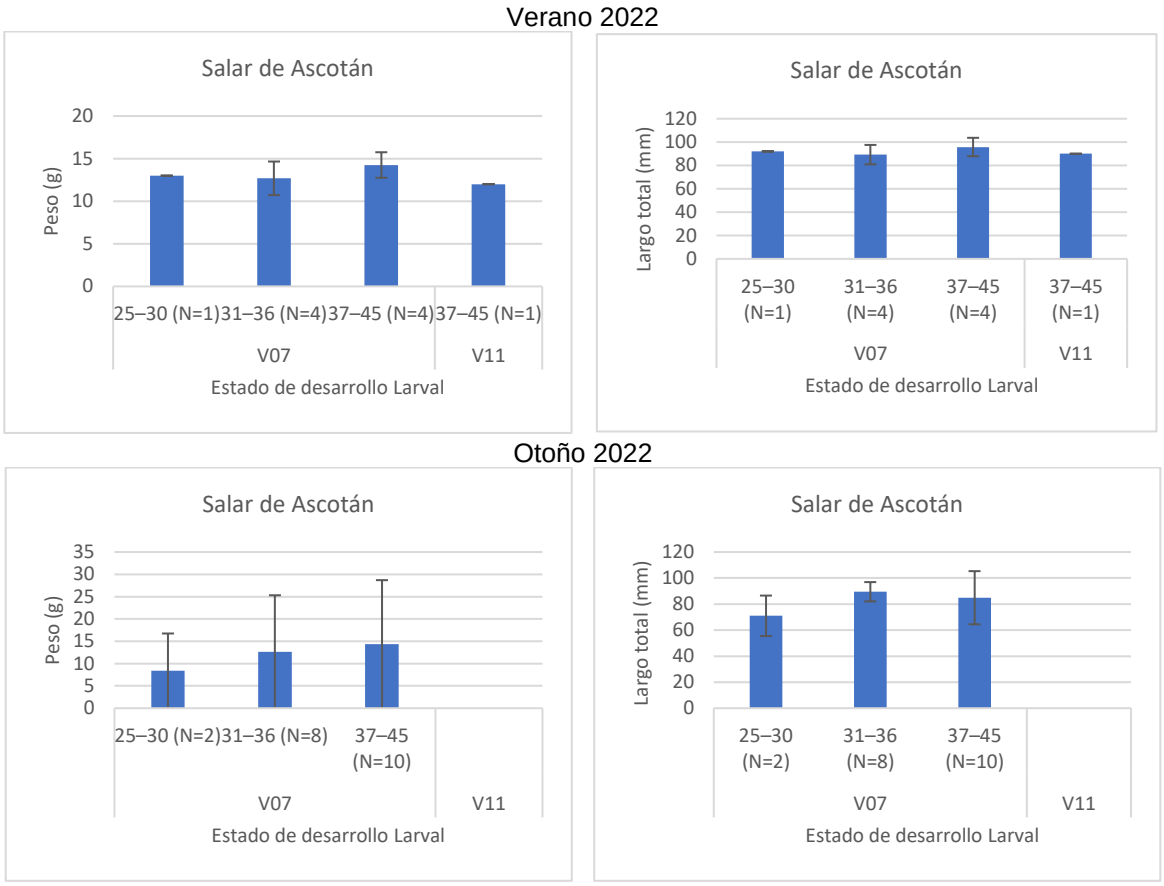


Figura 9. Peso y longitud total de larvas por época de muestreo, localidad Salar de Ascotán.

4.1.4.6 Enfermedades emergentes

Se analizó un total de 66 muestras para Bd y Rv, resultando ambos análisis negativos en *Telmatobius* cf. *philippii* de la localidad de Salar de Ascotán (**Tabla 26**).

Tabla 26. Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv) en individuos muestreados de Telmatobius cf. philippii, en la Vertiente 7 (V7) y Vertiente 11 (V11) del Salar de Ascotán.

Especie	Localidad	Presencia de *Bd*		Presencia de Rv	
		Positivos	Negativos	Positivos	Negativos
Telmatobius c.f. philippii	V7	0	41	0	41
	V11	0	25	0	25

4.1.4.7 Amenazas

La V11 sufrió un fuerte proceso de desecación en el año 2005, por sobre extracción de aguas. En aquella oportunidad, solo se observó un pozón con agua (actual zona de recarga artificial), y muchas ranas muertas en la zona de la vega que se encontraba sin agua (Lobos com. Pers.). Actualmente se mantiene un plan de recuperación, en base a recarga artificial de aguas, la que proviene de pozos de perforación localizados en la parte más alta de la cuenca; y a la restauración de la vegetación (**Fotografía 16**). En este sentido el sistema es altamente sensible y dependiente del volumen de la recarga artificial. El plan de recuperación de la vertiente no consideraba a los anfibios, pues la falta de refugios aparece como un factor limitante para el establecimiento de la especie. Debido a lo anterior Minera El Abra adoptó la toma de medidas tendientes a recuperar los refugios.

Fotografía 16. Amenazas identificadas para Salar de Ascotán.

En relación con las amenazas en la V7, el día jueves 11 de agosto de 2022 se pudo constatar un avanzado proceso de desecación de la laguna (**Fotografía 17, Fotografía 18**), lugar que los especialistas considerábamos como una de las más saludables de dicho salar. A lo largo de nuestras visitas a este sitio, y durante todas las campañas de terreno del presente estudio, hemos observado la fluctuación anual de los niveles de agua en la V7, y en este último tiempo una tendencia a la sequía. No obstante, el panorama actual es desolador, respecto al estado de esta vertiente. Así, por ejemplo, pudimos observar que el canal donde se había establecido como punto de medición del caudal, se encuentra totalmente seco (**Fotografía 19**), y las orillas con oquedades donde habita *Telmatobius* cf. *philippii* están fuera del agua, y en muchos casos secas. La columna de agua disminuyó considerablemente dejando al total descubierto a grandes masas de vegetación acuática (macrófitas), aparentemente muertas (**Fotografía 17**). También observamos peces saltando entre el barro para alcanzar los sectores con agua. Cabe hacer notar que las vertientes contiguas, como la V6 y V10 no evidencian este estado de deterioro.

Sobre antecedentes previos, cabe indicar que la vertiente 7 fue parte del manuscrito "Temporal Gap Between Knowledge and Conservation Needs in High Andean Anurans: The Case of the Ascotán Salt Flat Frog in Chile (Anura: Telmatobiidae: *Telmatobius*)", publicado en el año 2018 en la revista científica "South American Journal of Herpetology" por Lobos y colaboradores. Este estudio identificó que solo 6 de las 11 vertientes del margen Este del salar de Ascotán, son ocupadas por este anfibio, y lo más preocupante es que la vertiente 7 albergaba a la mitad de la población total de anfibios del salar (valor estimado para V7 de 32.542 individuos). Actualmente, se atribuye a la especie del Salar la denominación de *Telmatobius philippii* (reconocido por la UICN como En Peligro Crítico), aunque aún hay estudios pendientes en esta línea de investigación. Igualmente, de preocupante, es la presencia del pez endémico *Orestias ascotanensis* (En Peligro de Extinción de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Especies MMA); aún más dependiente del agua. Ambas especies viven asociadas a las vertientes, donde la conductividad (salinidad) es más baja, razón por lo que no están presente en la porción más lagunar de este sistema (lagunas salobres que se abren hacia el salar).

De acuerdo a todas nuestras visitas a este sector, hay dos hechos que nos han llamado la atención. Primero, la naciente de la vertiente está seca; ella generaba un canal de agua, donde hay infraestructura para medir caudales y que fue utilizadas por el equipo del presente estudio, sector que se encuentra totalmente seco. Actualmente, sólo se observa que se mantiene la recarga por una surgencia ubicada más hacia el centro de la laguna. Segundo, hemos observado actividad de maquinarias asociadas a la extracción de sales hacia el centro del Salar, de acuerdo a algunos testimonios que hemos podido recabar, se nos ha indicado que en varias ocasiones estas obras se aproximan a las vertientes, con el riesgo de generar vaciamiento de las lagunas. Es importante recalcar que este sitio tiene una alta importancia en términos de la biodiversidad regional, sin olvidar que además es un área de alta relevancia para la congregación de aves acuáticas y que forma parte del censo anual de flamencos y parinas que se realiza en la región. Estos hechos se expusieron mediante un reporte enviado a la SEREMI de Medio Ambiente de Antofagasta, desde donde, con fecha 30/08/2022, se comunicó a la Oficina Regional de Antofagasta de la Superintendencia del Medio Ambiente, quienes poseen la facultad de fiscalizar materias pertenecientes a una actividad con un instrumento de carácter ambiental aplicable, como lo es una RCA

En general, no se detectaron amenazas adicionales a las establecidas en el informe de la consultoría "Sistematización de información sobre las especies del género *Telmatobius*, *Orestias* y *Pseudorestias* en Chile" (Licitación ID 608897-24-LE19), excepto por la pérdida de hábitat mencionada más arriba.

Fotografía 17. Salar de Ascotán V7, agosto 2022. Plantas acuáticas expuestas y de color ceniciento.

Fotografía 18. Salar de Ascotán V7, agosto 2022. Laguna seca y evidencia del drenaje que aún persiste desde algunas recargas menores.

Fotografía 19. Salar de Ascotán. Canal seco en nacimiento de vertiente, sitio donde se medía el canal en estación de aforo

4.1.5 Las Cascadas y Ojo de Opache, localidades de *Telmatobius dankoi*

4.1.5.1 Densidad y biometría

La localidad de Las Cascadas, en la ciudad de Calama, es la tierra típica de *Telmatobius dankoi*. El arroyo donde habitaba esta especie fue desecado casi por completo desde 2019, situación que prácticamente ha llevado a la especie a la extinción en el medio natural. Por otra parte, Ojo de Opache corresponde a una vertiente cercana, que el año 2019 recibió un grupo de aproximadamente 60 ranas que fueron relocalizadas de emergencia en este sector debido a la situación antes descrita; razón por la que se incluye en el monitoreo de este estudio.

En la campaña de invierno, solo fue posible capturar tres individuos adultos en el sector de Las Cascadas, dos de ellos correspondieron a animales marcados. En primavera se colectó seis individuos en Las Cascadas, todas recapturas, y en verano se colectó 4 individuos, también todos marcados. En otoño se capturó a dos ejemplares que también estaban marcados (**Fotografía 20**). No hubo registros de larvas, lo que evidencia la falta de reproducción en ambos sitios. Los datos de densidad se indican en la **Tabla 27**. En Ojo de Opache no hubo registros de *T. dankoi*, en ningún estado de desarrollo.

Fotografía 20. Pesaje de un ejemplar de Telmatobius dankoi en el sector Las Cascadas.

Tabla 27. Densidad (individuos/m^2) para Telmatobius dankoi en las localidades de Las Cascadas y Ojo de Opache.

Localidad	Campañas	Densidad (individuos/m^2)			
		Adultos	Juveniles	Larvas	Total
Las Cascadas	Invierno 2021	0,03 N=3	0	0	0,03 N=3
Ojo de Opache	Invierno 2021	0	0	0	0
Las Cascadas	Primavera 2021	0,06 N=6	0	0	0,06 N=6
Ojo de Opache	Primavera 2021	0	0	0	0
Las Cascadas	Verano 2022	0,04 N=4	0	0	0,04 N=4
Ojo de Opache	Verano 2022	0	0	0	0
Las Cascadas	Otoño 2022	0,02, N=2	0	0	0,02, N=2
Ojo de Opache	Otoño 2022	0	0	0	0

En relación a los datos biométricos de los adultos de *T. dankoi* colectados en Las Cascadas, ellos se presentan en la **Tabla 288**. Hacia primavera y verano se registra un incremento de los pesos y condición corporal de los animales.

Tabla 28. Longitud Hocico Cloaca y peso corporal masa por sexos, para individuos adultos de Telmatobius dankoi. LC: Las Cascadas, OO: Ojo de Opache.

Campañas	LHC		Peso corporal		ICC	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Invierno 2021 LC	52±0, N=1	46±1,41, N=2	13,86±0, N=1	10,26±0,35, n=2	-0,005±0,04	0,01
Invierno 2021 OO		Sin capturas		Sin capturas		
Primavera 2021 LC	52±0, N=2	47,25±1,71, N=4	18,5±0, N=2	11,81±0,55, N=4	0,07±0	0,035±0,132
Primavera 2021 OO		Sin capturas		Sin capturas		
Verano 2022 LC		49,50 ± 1,291, N=4		13,25 ± 1,514, N=4		0,000 ± 0,118
Verano 2022 OO	Sin capturas	Sin capturas				
Otoño 2022 LC	52,0, N=1	48,0 N=1	17,0, N=1	12,5, N=1	0,001	0,001
Otoño 2022 OO	Sin capturas	Sin capturas				

En cuanto al estudio poblacional de marcaje y recaptura en el Anexo A3, se presenta la cantidad de individuos marcados y recapturados por localidad. Solo se registró individuos en las Cascadas, población que presentaba individuos marcados con anterioridad, asociados a los monitoreos posteriores al rescate de individuos. En la campaña de invierno 2020, se registró un

Folio009808

individuo nuevo y 2 recapturas de campañas anteriores, para las campañas posteriores (primavera, verano y otoño) no se registraron individuos nuevos, manteniendo el registro del ejemplar nuevo que fue marcado en invierno y otros marcados en campañas anteriores, con un máximo de 6 individuos registrados en primavera 2021.

4.2.5.2 Microhábitat

En relación a las variables del microhábitat (**Tabla 299**), las aguas del sector Las Cascadas presentaron un nivel muy bajo de oxígeno disuelto, un pH cercano a neutro, la conductividad fue muy alta, con una alta carga de sólidos disueltos, aguas duras, una ligera diferencia térmica entre el medio acuático y el terrestre, una cobertura de vegetación muy alta (del 100% en algunos tramos) y un bajo nivel de caudal (**Fotografía 21**); lo que ha sido consistente desde la desecación del arroyo (actualmente el agua circula por un arroyo de no más 100 m de largo , en relación a los 2 a 3 km de longitud original del cauce). En el caso del sector Ojo de Opache, las aguas son más oxigenadas, el pH tiende a ser más alcalino, la conductividad es menor que en Las Cascadas, pero igualmente alta. Ojo de Opache, presenta un caudal mayor, pero este ha ido disminuyendo desde las primeras visitas (Lobos com. Pers), evidenciando un proceso de sequía que afecta a todo el Oasis del Loa (área donde se insertan ambos sitios). También llama la atención que gran parte del curso de agua se encuentra con una cobertura muy alta de plantas acuáticas (**Fotografía 22**). Las Cascadas se localiza a 2.176 m.s.n.m., y Ojo de Opache a 1.955 m.s.n.m., en un paisaje fuertemente influenciado por perturbaciones antrópicas (tomas de terreno, avance del proceso de urbanización, extracción de aguas subterráneas para la minería).

Tabla 29. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidades de Las Cascadas (LC) y Ojo de Opache (OO).

Parámetros	Invierno 2021		Primavera 2021		verano 2022		Otoño 2022	
	LC	OO	LC	OO	LC	OO	LC	OO
Oxígeno disuelto (mg/l)	3,13	7,38	3,8	6,13	3,1	5,4	2,01	5,99
pH	7,11	8,08	7,16	7,89	7,12	8,01	6,94	7,94
Conductividad eléctrica (*m*S/cm)	8,04	7,59	8,36	7,48	8,77	7,08	9,1	7,37
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	4,03	3,80	4,19	3,74	4,38	3,55	4,55	3,7
Turbidez (NTU)	0,00	3,15	0,49	1,92	0,1	0,21	0,0	2,79
Dureza agua (mg/l)	510	505	580	570	545	555	560	565
Sustrato	arcilloso	fangoso-calcáreo	arcilloso	calcáreo arenoso	arcilloso	arenoso	fangoso-calcareo	fangoso-calcareo
Temperatura agua (ºC)	17,50	15,50	18,3	20	17,3	20,1	17	15,1
Temperatura ambiental (ºC)	26,90	23,40	28	29,3	23,7	26,7	24,1	19,7
Cobertura vegetación acuática (%)	90% *Juncus*	80% *Juncus* 10% algas	46,6% *Juncus*	70% *Juncus* 10% algas	50% *Juncus*	70% *Juncus* 10% algas	25% *Juncus* 5%algas	60% *Juncus* 10% algas
Vegetación terrestre	Matorral claro de	Matorral denso de	Matorral claro de	Matorral denso de	Matorral claro de	Matorral denso de	Matorral claro de	Matorral denso de

Parámetros	Invierno 2021		Primavera 2021		verano 2022		Otoño 2022	
	LC	OO	LC	OO	LC	OO	LC	OO
	Grama salada y brea	brea y cachiyuyo	Grama salada y brea	brea y cachiyuyo	Grama salada y brea	brea y cachiyuyo	Grama salada y brea	brea y cachiyuyo
Humedad relativa (%)	11,30	20,30	30	22	36,1	32	16,7	26,3
Ancho promedio (m)	0,54	2,07	0,51	2,8	0,66	2,67	0,55	2,067
Profundidad promedio (m)	0,11	0,24	0,08	0,20	0,08	0,23	0,12	0,245
Velocidad promedio (m/s)	0,20	0,10	0,1	0,23	0,2	0,33	0,133	0,067
Caudal (L/s)	7,68	48,91	4,27	130,6	11,00	204,44	8,56	33,76

Desde el punto de vista de la temperatura del agua, el arroyo de Las Cascadas muestra temperaturas del agua que varían poco en relación a la temperatura ambiental (**Tabla 30**, **Figura 10**). En el caso de Ojo de Opache, el arroyo muestra una mayor fluctuación diaria, pero en las horas de máximo calor, siendo más estables las temperaturas del agua durante la noche (**Figura 11**).

Tabla 30. Temperaturas del agua (ºC) registradas cada 1 hora (ciclo de 24 horas), localidad de Las Cascadas y Ojo de Opache. Promedios y valores mínimos y máximos.

Meses	Temperatura promedio (ºC)	Valor mínimo de temperatura (ºC)	Valor máximo de temperatura (ºC)
Las Cascadas septiembre 2021	16,34	15,70	17,92
Las Cascadas noviembre 2021	16,44	16,01	19,20
Las Cascadas diciembre 2021	16,42	15,676	17,605
Las Cascadas enero 2022	16,34	15,629	17,344
Las Cascadas febrero 2022	16,12	15,485	17,153
Las Cascadas marzo 2022	16,19	15,676	16,844
Las Cascadas abril 2022	15,76	15,199	16,344
Las Cascadas mayo 2022	15,63	15,366	16,344
Ojo de Opache septiembre 2021	16,54	14,60	19,22
Ojo de Opache noviembre 2021	17,09	15,29	19,46
Ojo de Opache diciembre 2021	17,22	14,67	19,72
Ojo de Opache enero 2022	17,34	15,41	19,79
Ojo de Opache febrero 2022	17,27	15,06	19,72
Ojo de Opache marzo 2022	17,49	16,03	19,51
Ojo de Opache abril 2022	16,48	13,28	20,20
Ojo de Opache mayo 2022	16,20	14,65	18,39

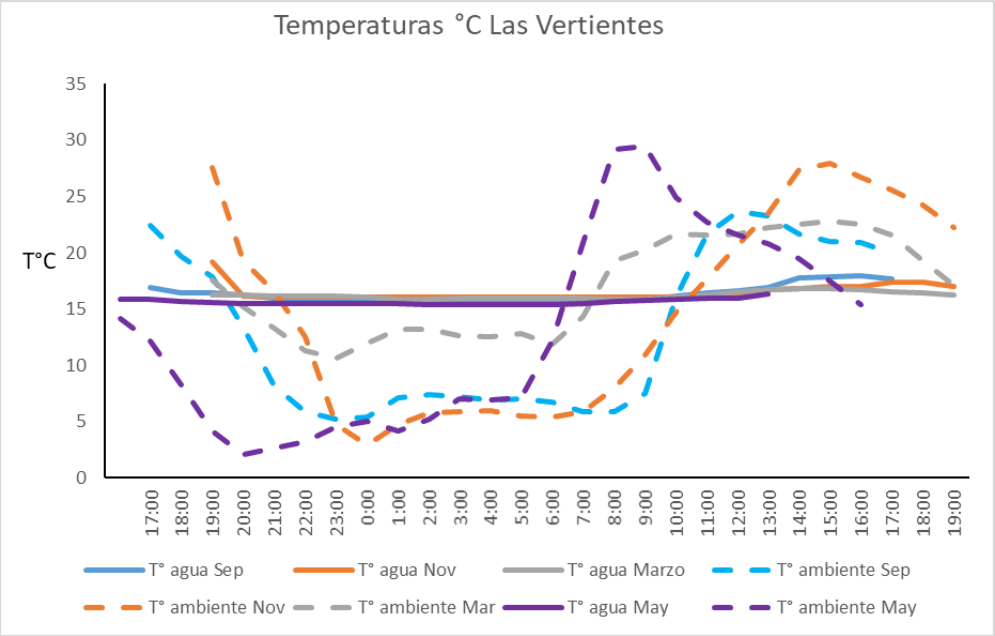


Figura 10. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua y ambiental (ºC), para un ciclo de 24 horas en Las Cascadas (invierno en inicio de septiembre de 2021, primavera fines de noviembre 2021, verano a inicios de marzo de 2022 y otoño a inicios de mayo de 2022).

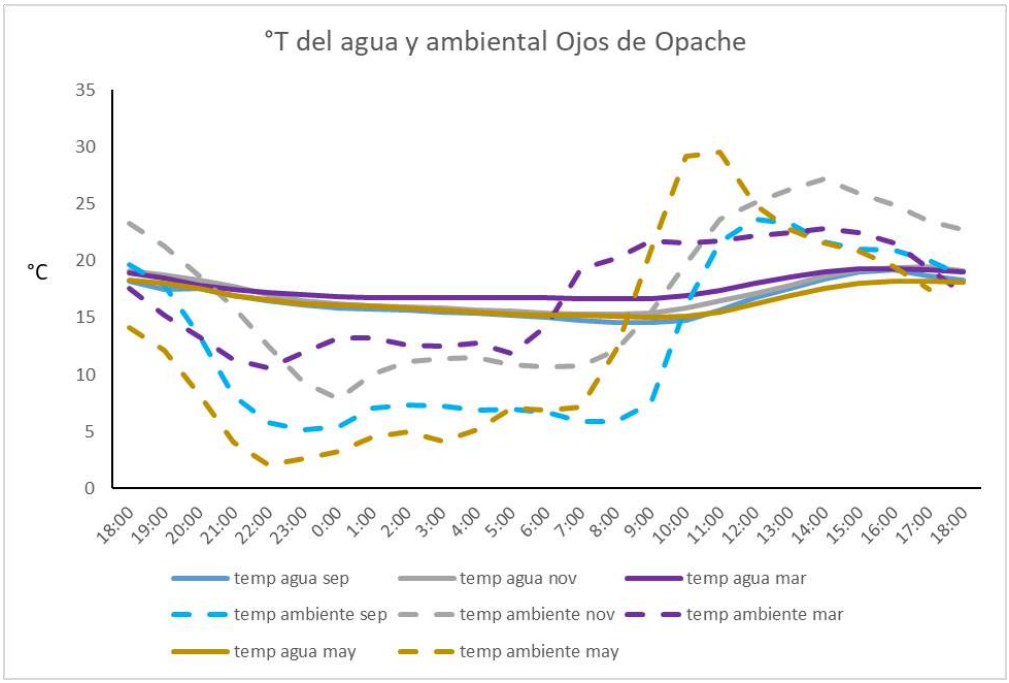


Figura 11. Fluctuación cada una hora de la temperatura del agua y ambiental (ºC), para un ciclo de 24 horas en Ojo de Opache (invierno en inicio de septiembre de 2021, primavera fines de noviembre 2021, verano a inicios de marzo de 2022 y otoño a inicios de mayo de 2022).

Fotografía 21. Condición del sector Las Cascadas en mayo de 2022, cubierto por una densa vegetación.

Fotografía 22. Ambiente en sector Ojo de Opache, campaña de verano 2022.

Folio009813

4.2.5.3 Dieta

En estos sitios no se consideró realizar un estudio dietario, debido a la condición de extrema amenaza de las poblaciones. Si se analizó la disponibilidad de recursos tróficos en el ambiente (**Tabla 31**). En general en Las Cascadas no se observa cambios en la comunidad de invertebrados (especies dominantes). En el caso de Ojo de Opache, en primavera hubo un aumento en el número de individuos de macroinvertebrados capturados, observándose una alta dinámica de cambio en la composición de especies entre temporadas.

Tabla 31. Número de individuos (Ni) en el ambiente y % N porcentaje de cada categoría en relación al total de individuos.

Taxon	Las Cascadas						Ojo de Opache							
	Invierno		Primavera		otoño		Invierno		Primavera		verano		otoño	
	Ni	%N	Ni	%N	Ni	%N	Ni	%N	Ni	%N	Ni	%N	Ni	%N
Collembola														
Entomobryda e														
Amphipoda			0,3	0,52										
Hyalella	16	**30,77**	12	**19,3**	17,5	**59,3**	2	7,69	43	**58,2**	**52**	**81,25**	11,33	**40,5**
Coleoptera														
Elmidae	6	**11,54**	24	**38**	3,5	11,9		0	4	5,5	8	12,5	6,33	**22,6**
Dytiscidae	2	3,85	2	3,13			4	**15,38**	0,5	0,68				
Diptera														
Chironomidae	2	3,85	0,3	0,52	6,0	**20,3**	8	**30,77**	3,5	4,8	2	3,12	7,33	**26,2**
Simulidae	20	**38,46**	16	**25**				0						
Tabanidae					0,5	1,7								
Odonata														
Aeschnidae	5	9,62	3	4,2	0,5	1,7	8	**30,77**	5	**6,9**			0,67	2,4
Mollusca														
Hidrobiidae	1	1,92	6	9,38			3	11,54	14	**19,2**			2,00	7,1
Pysidae									1	1,4			0,33	1,2
Lymnaea	0	0			1,0	3,4	1	3,85			2	3,12		
Hemiptera														
Aphididae					0,5	1,7								
Copepoda														
Eucypris									2,5	3,43				
Podocopida														
Cyprididae													0,33	1,2
Total	52	100	64	100	29,5	100,0	26	100	73	100	64	100	28,0	100

Folio009814

4.1.5.4 Especies codistribuidas

No se registraron peces introducidos en Las Cascadas. En Ojo de Opache se registró la presencia del pejerrey del norte *Basilichthys* cf *semotilus* (**Fotografía 23**). El pejerrey del norte, vive confinado en este sector, pues normalmente el agua del estero se infiltra sin alcanzar la cuenca del río San Salvador, en la actualidad el río San Salvador sirve para descargar las aguas servidas de la ciudad de Calama.

Fotografía 23. Basilichthys cf semotilus, pejerrey del norte de Ojo de Opache.

4.1.5.5 Actividad reproductiva

El equipo bioacústico instalado en Las Cascadas no tuvo registros en las campañas. No hubo registro de larvas en ambas localidades.

4.1.5.6 Enfermedades emergentes

No se detectó la presencia de Bd ni Rv en *Telmatobius dankoi* en la localidad de Las Cascadas (Tabla **32**). No hubo registros de individuos para la localidad de Ojo de Opache.

Tabla 32.Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv) en individuos muestreados de Telmatobius dankoi, en la localidad de Las Cascadas

Especie	Localidad	Presencia de *Bd*		Presencia de Rv	
		Positivos	Negativos	Positivos	Negativos
Telmatobius dankoi	Las Cascadas	0	14	0	14

4.1.5.7 Amenazas

Como se indicó con anterioridad, en junio de 2019 el arroyo de Las Cascadas se desecó casi por completo, con salvedad de un pozón en la cabecera del estero, el que albergó a algunos individuos que debieron ser rescatados. Desde entonces la situación del ambiente no ha cambiado. Actualmente el curso de agua es muy pequeño y con bajo caudal (no escurre más allá de unos 100 m), y las condiciones físicas son extremas (altos niveles de conductividad, baja oxigenación, cobertura de casi un 100% de plantas acuáticas en algunos sectores). Antes del 2019, cuando escurría agua, esta era canalizada para su uso en cultivos agrícolas y llenado de piscinas en un centro turístico ubicado en la zona. Cercano a la surgencia del estero en el sector de Las Cascadas, existen varios pozos de agua con derechos para la extracción de aguas de distintas mineras, que llevan el agua entubada decenas de kilómetros para su uso en el proceso de la extracción de cobre. Por otro lado, históricamente el agua del estero ha sido utilizada para cultivos agrícolas, situación que implica la canalización del agua y limpiezas de vegetación de los canales. En la última campaña de monitoreo se evidenció en las cercanías de la vertiente el despeje de la vegetación para la construcción de una cabaña, situación que evidencia aún mayor presión a los alrededores de la localidad. Para Ojo de Opache, si bien se encuentra resguardado al interior de una zona a cargo de Gendarmería, se evidencia que el aumento de la vegetación en el agua y orillas es un factor sensible a tener en cuenta pues limita las dimensiones del cuerpo de agua y asimismo dificulta las posibilidades de traslado de la fauna en su interior (**Fotografía 24**).

Para ambas localidades, no se detectaron amenazas adicionales a las establecidas en el informe de la consultoría “Sistematización de información sobre las especies del género *Telmatobius*, *Orestias* y *Pseudorestias* en Chile” (Licitación ID 608897-24-LE19).

Fotografía 24. Amenazas detectadas para la localidad de Las Cascadas y Ojos de Opache. Superior izq.: bajo caudal en Las Cascadas; Superior der.: alta cobertura de vegetación en Las Cascadas. Inferior izq.: construcción cercano a la vertiente de Las Cascadas. Inferior der.: Alta cobertura de vegetación en Ojo de Opache.

Folio009817

4.1.6 Vilama, localidad de *Telmatobius vilamensis*

4.1.6.1 Densidad y biometría

La localidad de Vilama fue afectada por un aluvión de grandes dimensiones en febrero de 2016, el que arrasó con la localidad tipo de *Telmatobius vilamensis*. Prospecciones realizadas entre el 2016 y el presente, no han vuelto a generar registros de la especie.

4.1.6.2 Microhábitat

En relación a las variables del microhábitat (**Tabla 33**), las aguas del estero Vilama presentaron un alto nivel de oxígeno disuelto, un pH moderadamente alcalino, la conductividad fue media, con aguas con una baja carga de sólidos disueltos (salvo el sitio 2 donde la turbidez fue alta por arrastre de sedimentos), las aguas fueron de una dureza media, con una alta diferencia térmica entre el medio acuático y el terrestre, con cobertura de vegetación acuática que ha ido aumentando a medida que pasa el tiempo (luego del aluvión), con variaciones entre 25 a 32% en la zona baja, compuesto principalmente por algas y presencia de un alto caudal (entre 122 a 952 L/s). Ambos sitios se ubican a unos 2.527 m.s.n.m., donde el estero circula por un cajón rocoso (**Fotografía 25**), salvo el sitio 2, que se localiza en un paisaje dominado por lomajes. Para la campaña de verano 2022 se evidencia un ligero cambio del sustrato producto del efecto de las precipitaciones de la época estival, con mayor presencia de elementos más gruesos (grava). Luego en otoño 2022 el sistema vuelve a ser intervenido, en el sitio 1, para la contención del agua, eliminando el carácter natural de la sucesión.

Tabla 33. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad de Vilama.

Parámetros	Invierno 2021		primavera 2021		verano 2022		otoño 2022	
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 1	Sitio 2
Oxígeno disuelto (mg/l)	7,51	7,74	6,9	6,39	5,58	5,34	6,72	5,7
pH	8,35	8,69	8,22	8,96	8,14	8,79	8,02	8,66
Conductividad eléctrica (*m*S/cm)	2,71	2,67	2,69	2,74	2,76	2,74	2,76	2,72
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	1,35	1,34	1,3	1,57	1,28	1,37	1,38	1,36
Turbidez (NTU)	3,98	6,22	1,38	2,65	0	0,47	1,4	2,54
Dureza agua (mg/l)	400	400	390	390	405	405	365	365
Sustrato	arenoso pedregoso	arenoso	arenoso	arenoso	arenoso y pedregoso	arenoso y gravoso	rocoso pedregoso	pedregoso arenoso
Temperatura agua (ºC)	18,7	21,8	21,7	20,7	20,4	22,5	16,5	20,6
Temperatura ambiental (ºC)	24,1	31	29,8	29,8	26,4	28,4	20,9	29,3
Cobertura vegetación acuática (%)	25	0	27,67	0	31,67	5	13,3	3,3
Vegetación terrestre	Matorral claro de brea y cachiyuyo	Matorral claro de brea y cachiyuyo	Matorral claro de brea y cachiyuyo	Matorral claro de brea y cachiyuyo	Matorral claro de brea y cachiyuyo	Matorral claro de brea y cachiyuyo	Matorral claro de brea y cachiyuyo	Matorral claro de brea y cachiyuyo
Humedad relativa (%)	26,7	5	18	7,4	40,6	22,7	14,2	9,6
Ancho promedio (m)	4,6	1,74	6,67	2,35	2,17	1,65	2,01	1,95
Profundidad promedio (m)	0,18	0,13	0,13	0,13	0,25	0,12	0,27	0,13
Velocidad promedio (m/s)	1,15	0,63	0,33	0,76	0,97	0,6	0,80	0,77
Caudal (L/s)	952,2	146,93	296,3	240,2	523,61	122,1	438,79	189,04

Fotografía 25. Estero Vilama: izquierda: marzo de 2022 (verano); derecha: mayo de 2022 (otoño).

4.1.6.3 Dieta

En el estero Vilama no se consideró realizar un estudio dietario, debido a la condición de extrema amenaza de la población. Si se analizó la disponibilidad de recursos tróficos en el ambiente (**Tabla 34**). En primavera se observa un incremento en el número de especies invertebradas acuáticas, aunque en ambas campañas predominaron larvas de dípteros en otoño 2022 no se obtuvo muestra dado la alta intervención del sistema.

Tabla 34. Invertebrados acuáticos de la localidad de Vilama. Ni, número de individuos en el ambiente y %N, porcentaje de cada categoría en relación al total de individuos.

Taxón	Invierno		Primavera		Verano	
	Ni	%N	Ni	%N	Ni	%N
Coleoptera						
Elmidae	6	6,82	1	2,5	3	**20,93**
Dysticidae			1	2,5		
Diptera						
Chironomidae	10	**11,36**	12	**30**	0,67	4,65
Simulidae	58	**65,91**	12	**30**	**7**	**48,84**
Tabanidae			1	2,5	0,33	2,33
Athericidae			1	2,5		
Ceratopogonidae	5	5,68				
Ephemeroptera						
Baetidae	8	9,09	3	7,5	0,33	2,33
Odonata						
Coenagrionidae			0,5	1,25		
Trichoptera						
Hydrobiosidae			0,5	1,25	2,33	16,28

Taxón	Invierno		Primavera		Verano	
	Ni	%N	Ni	%N	Ni	%N
Mollusca						
Hidrobiidae	1	1,14				
Physidae			4,5	11,25		
Ostracoda						
Eucypris			3,5	8,75		
Collembola						
Entomobrydae					1	2,33
Plecoptera					1	2,33
Total	88	100	40	100	14,33	100

4.1.6.4 Especies codistribuidas

No se registraron peces introducidos. Se ha registrado posturas, larvas y posmetamórficos del anfibio terrestre *Rhinella spinulosa* en el sector de muestreo histórico (sitio 1) del estero Vilama.

4.1.6.5 Actividad reproductiva

No hubo registro de larvas de *Telmatobius*.

4.1.6.6 Enfermedades emergentes

No hubo registro de individuos de *T. vilamensis*.

4.1.6.7 Amenazas

Como se indicó con anterioridad, en febrero de 2016, la localidad tipo de *Telmatobius vilamensis* fue arrasada por un aluvión de grandes proporciones. Se observó presencia de acumulación de rocas, lo que sugiere la construcción de diques en la zona. Asimismo, aguas debajo de los sitios de muestreo, toda el agua del estero es canalizada para proveer de agua a la ciudad de San Pedro de Atacama (**Fotografía 26**). A lo largo de este estudio, no ha habido nuevos registros de esta especie.

No se detectaron amenazas adicionales a las establecidas en el informe de la consultoría “Sistematización de información sobre las especies del género *Telmatobius*, *Orestias* y *Pseudorestias* en Chile” (Licitación ID 608897-24-LE19).

Fotografía 26. Amenazas detectadas para la localidad de Vilama. Canalización del río, formación de piscinas de contención artificiales, aluvión alteró la estructura del hábitat para Telmatobius

Folio009822

4.1.7 Campañas de prospecciones nuevas localidades

4.1.7.1 Sector Alto Loa – Volcán Miño

Durante los días 27 de octubre al 1 de noviembre de 2021, se realizó una prospección orientada a la identificación de nuevas localidades con presencia de *Telmatobius*, ubicadas hacia el sector noroeste de la región de Antofagasta. Las localidades prospectadas se indican en la **Tabla 35, Figura 12** y **Fotografía 27** a **Fotografía 31**. Las coordenadas geográficas y mapas se presentan en los documentos anexos al presente informe (Anexo A2 y Anexo A4, respectivamente). De todas las localidades prospectadas, solo se identificó presencia de *Telmatobius* en el sector del Volcán Miño, río Loa (**Fotografía 27**).

Tabla 35. Localidades prospectadas para Telmatobius en el sector noroeste de la Región de Antofagasta.

Localidades	Presencia/Ausencia
Volcán Miño, rio Loa	Presencia
Pampa Puno	Ausencia
Quebrada de Conacona	Ausencia
Laguna cercana a Ujina	Ausencia
Coska	Ausencia

Folio009823

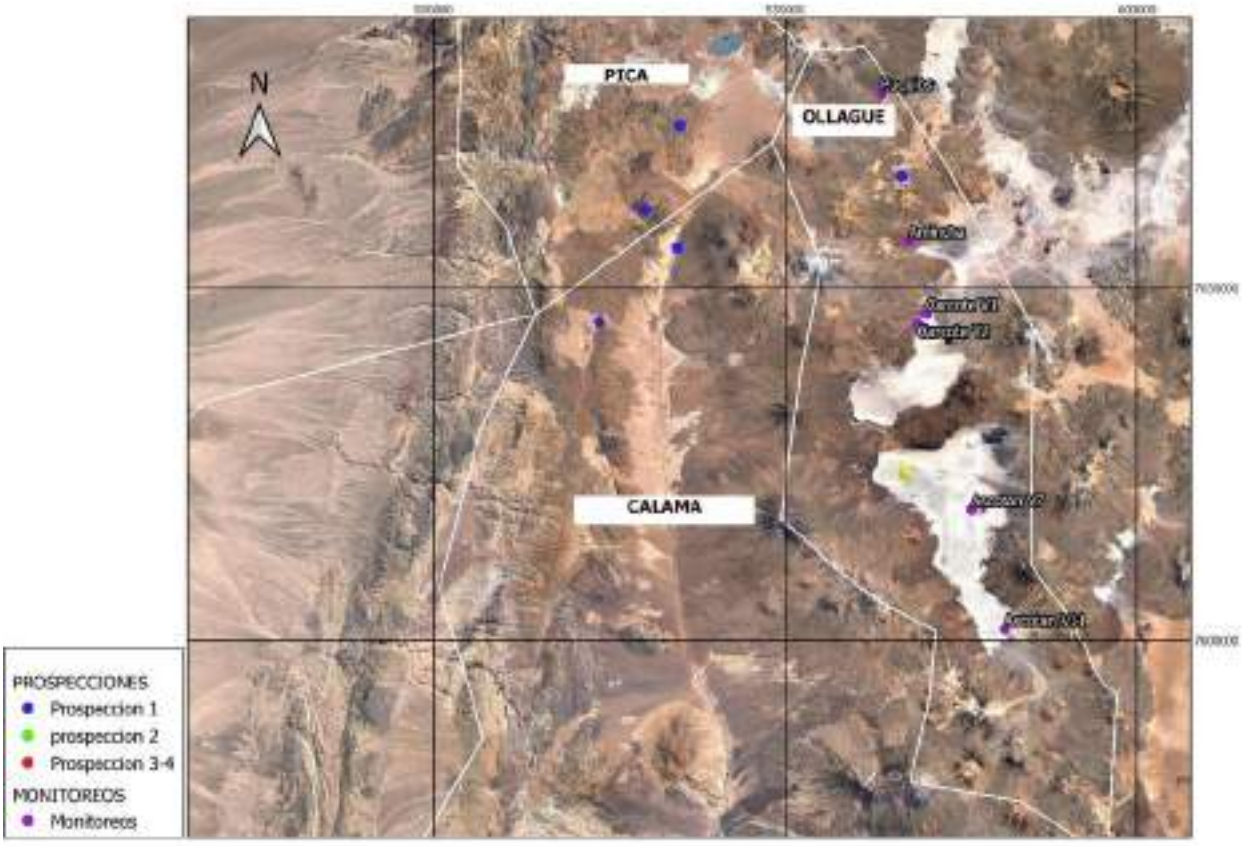
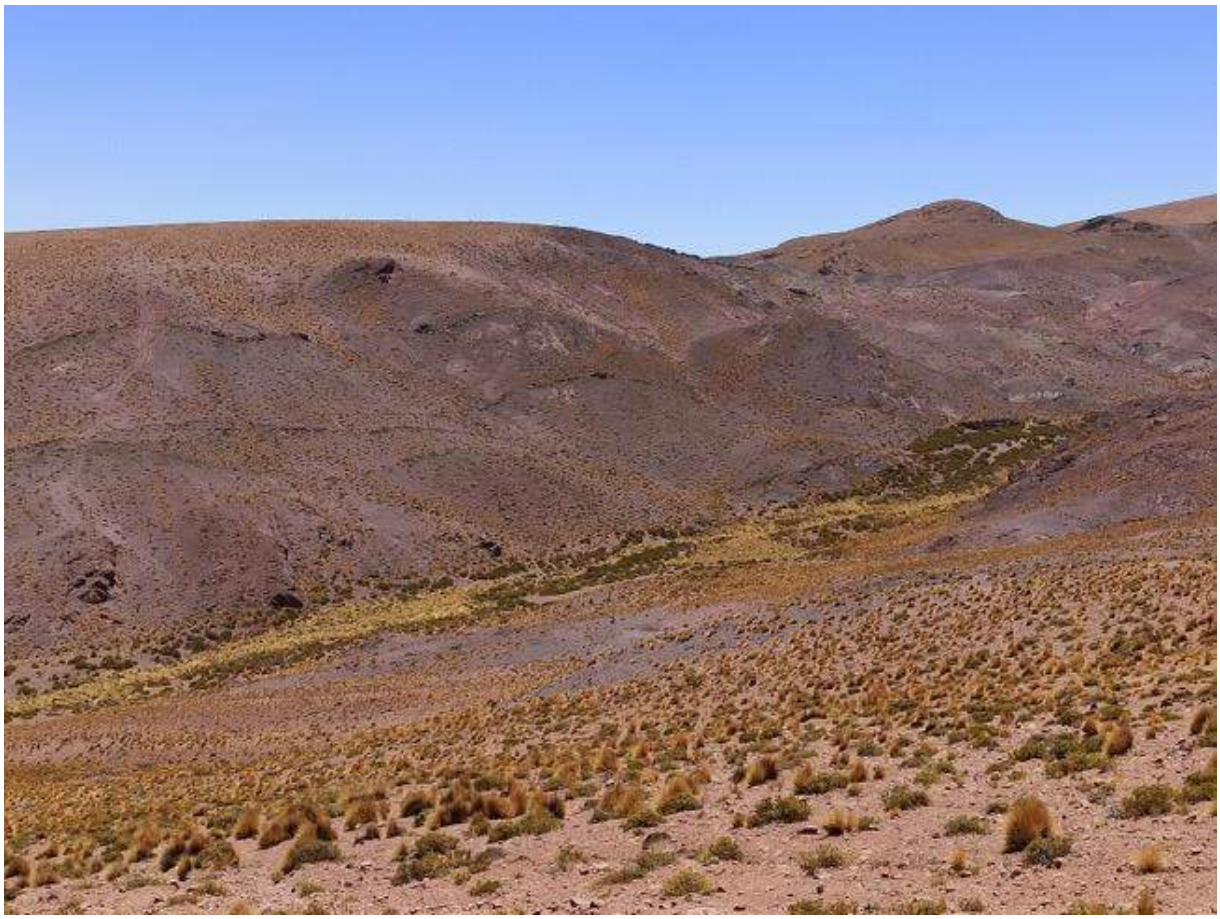


Figura 12. Sitios evaluados por campaña de prospección (campaña 1) en búsqueda de Telmatobius en las comunas de la Región de Antofagasta. Comuna de Pica pertenece a la región limítrofe de Tarapacá.

Fotografía 27. Estero lateral a Río Loa, Volcán Miño octubre de 2021.

Fotografía 28. Sector Alto Loa, octubre de 2021.



Fotografía 29. Quebrada Conacona (sin agua), octubre de 2021.

Fotografía 30. Laguna cercana a Ujina, octubre de 2021.

Fotografía 31. Humedal de Coska, octubre de 2021.

4.2.7.1.1 Densidad y biometría

Solo en la localidad de Volcán Miño, se detectó la presencia de anfibios (**Fotografía 32**), los que han sido asignados recientemente a la especie *Telmatobius halli* (von Tschirnhaus y Correa 2021). La densidad estimada para este sector se indica en la siguiente **Tabla 36**. La población de esta especie mostró una alta presencia de larvas (**Fotografía 33**).

Tabla 36. Densidad (individuos m^2) para Telmatobius halli en la localidad de Volcán Miño, río Loa.

Localidad	Campaña	Densidad (individuos/m^2)			
		Adultos	Juveniles	Larvas	Total
Volcán Miño	Octubre 2021	0,25	0	0,39	0,64

En relación a los datos biométricos de *T. halli*, ello se presenta en la **Tabla 377**. Si bien no hubo grandes diferencias en la talla por sexo, si se observó una diferencia importante en el peso, en favor de las hembras que lograron mayor peso corporal.

Tabla 37. Longitud Hocico Cloaca (LHC) y peso corporal masa por sexos, para individuos adultos de Telmatobius halli.

LHC		Peso corporal	
Machos	Hembras	Machos	Hembras
41,1±1,85, N=10	43,1±3,96, N=10	6,43±1,08, N=10	10,1±2,97, N=10

En relación a otras especies de anuros, solo en la localidad de Coska se registró un individuo adulto de *Rhinella spinulosa*.

Fotografía 32. Telmatobius halli, Volcán Miño, octubre de 2021.

Fotografía 33. Telmatobius halli, (larva) Volcán Miño, octubre de 2021

Folio009830

4.1.7.1.2 Microhábitat

En relación a las variables del microhábitat del estero del sector Volcán Miño (**Tabla 38**), las aguas presentaron un alto nivel de oxígeno disuelto, un pH básico, la conductividad fue media, con aguas que presentan una baja carga de sólidos disueltos, aguas con una dureza de nivel medio, con un diferencial de temperaturas a favor del curso de agua en relación al medio (carácter termal) y con una cobertura de vegetación acuática de un 30% (principalmente dada por *Chara* sp).

Tabla 38. Parámetros físicos de la calidad de agua, localidad de Volcán Miño.

Parámetros	Volcán Miño
Oxígeno disuelto (mg/l)	7,04
pH	7,94
Conductividad eléctrica (*m*S/cm)	0,96
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	0,48
Turbidez (NTU)	9,59
Dureza agua (mg/l)	275
Sustrato	arenoso
Temperatura agua (ºC)	23,3
Temperatura ambiental (ºC)	16,9
Cobertura vegetación acuática (%)	30
Vegetación terrestre	Pajonal poco denso de *Festuca*
Humedad relativa (%)	31
Ancho promedio (m)	2,5
Profundidad promedio (m)	0,6

4.1.7.1.3 Especies codistribuidas

No se registraron peces introducidos, aunque hay registros para el Río Loa. Solo hubo registro del anuro *Rhinella spinulosa* en el sector de Coska (solo un adulto).

4.1.7.1.4 Actividad reproductiva

Durante la campaña de terreno, se capturó un total de 39 larvas, las que presentaron diferentes estados de desarrollo de acuerdo a la tabla Gosner, abarcando entre los estados 26 y 37. Los resultados biométricos de estas larvas se presentan en la siguiente **Tabla 399** y **Figura 13**. Se observa que hubo ejemplares en estadios avanzados que alcanzaron hasta 18 gramos y tallas de 110 mm.

Tabla 39. Longitud Hocico Cloaca (LHC) y peso corporal para larvas de Telmatobius halli

LHC	Peso corporal
88,9±22,42; valor mínimo=50, máximo=110, n=10	10,7±5,04; valor mínimo=3.5, máximo=18, n=10

Primavera 2021

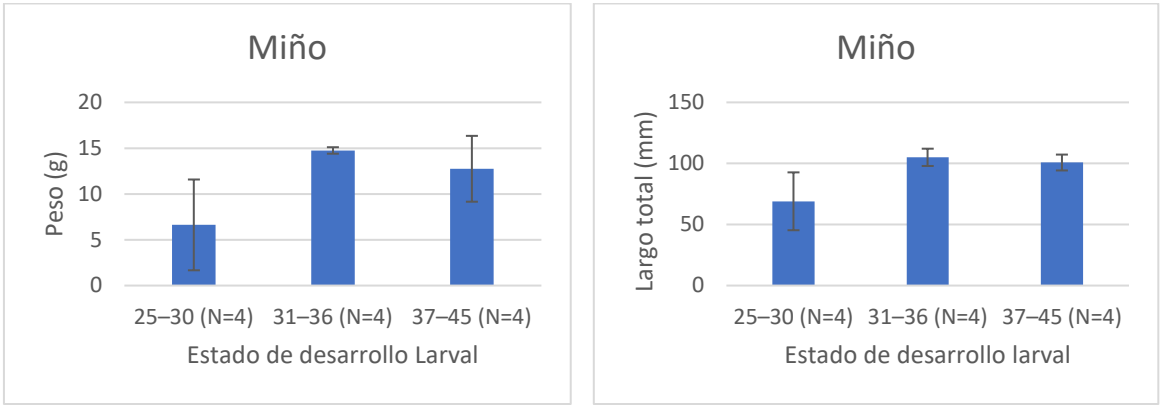


Figura 13. Peso y Longitud total de larvas, localidad Miño.

4.2.7.1.5 Enfermedades emergentes

No se detectó la presencia de Bd ni Rv en *Telmatobius halli* de la localidad de Miño (**Tabla 40**).

Tabla 40. Presencia de Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) y Ranavirus (Rv) en individuos muestreados de Telmatobius halli, en la localidad del Volcán Miño.

Especie	Presencia de *Bd*		Presencia de Rv	
	Positivos	Negativos	Positivos	Negativos
Telmatobius halli	0	30	0	30

4.2.7.1.6 Amenazas

El sector de Volcán Miño, es un área remota de difícil acceso. No obstante, el área muestra evidencia de actividades mineras de antaño, en efecto el estero era ocupado como un centro recreacional, donde el colector de la especie (Frank Gregory Hall) capturó estas ranas en 1935. Las amenazas actuales se dirigen especialmente a posibles usos futuros de las aguas superficiales del sector.

Folio009832

4.1.7.2 Sector Noreste Región de Antofagasta

Durante los días 12 al 14 de enero de 2022, se realizó una prospección hacia los sectores del noreste de la región en búsqueda de posibles nuevas poblaciones de *Telmatobius* (**Fotografía 34**, **Fotografía 35**, **Fotografía 36**, **Fotografía 37**). Las localidades prospectadas se indican en la **Tabla 41**. Las coordenadas geográficas de las localidades se presentan en los documentos anexos al presente informe (Anexo A2). En estos sectores, no se registró presencia de anuros pertenecientes al género *Telmatobius*, solo representantes de la especie *Rhinella spinulosa*.

Tabla 41. Localidades prospectadas para Telmatobius en el sector noreste de la Región de Antofagasta.

Localidades	Presencia/ Ausencia
Río Salado	Ausente
Río Curte	Ausente
Río Caspana	Ausente
Quebrada Pedregal	Ausente
Río Grande sitio 1	*Rhinella spinulosa*
Río Grande sitio 2	*Rhinella spinulosa*
Río Machuca	*Rhinella spinulosa*
Tocorpuri	Ausente
Río San Pedro	*Rhinella spinulosa*
Inacaliri	Ausente
Toconce	*Rhinella spinulosa*
Tatio	*Rhinella spinulosa*

Fotografía 34. Localidad de Río Salado, enero de 2022.

Fotografía 35. Localidad de Río Grande, enero de 2022

Fotografía 36. Localidad de Toconce, enero de 2022.

Fotografía 37. Localidad de Tocorpuri, enero de 2022.

Folio009835

4.1.7.2 Sector Este Región de Antofagasta: Reserva Los Flamencos, Rio Loa zona media y Estero Vilama.

Durante los días 23 al 26 de mayo de 2022, se realizó una prospección hacia los sectores de Reserva Nacional Los Flamencos, Estero de Vilama y Río Loa. Las localidades prospectadas se indican en la **Tabla 42**. En estos sectores, no se registró presencia de anuros pertenecientes al género *Telmatobius*. En dos localidades se registró la presencia de *Gambusia holbrooki,* especie invasora y altamente tolerante a ambientes de mala calidad. En la **Figura 14** se presentan los puntos revisados en cada campaña de monitoreo.

Tabla 42. Localidades prospectadas para Telmatobius en el sector Reserva Nacional Los Flamencos, Estero de Vilama y Río Loa.

Sector	Sitio	Presencia/ Ausencia
RN Los Flamencos	Tara vega	ausente
RN Los Flamencos	Aguas calientes 1	ausente
Río Loa	Laguna Los Patos	ausente
Río Loa	Ojo Opache	ausente
Río Loa	Río Loa	ausente
Río Loa	Río Loa	ausente
Río Loa	Río loa aguas arriba de las cascadas	ausente
Río Loa	Río Loa cascadas	ausente
Río Loa	Rio Loa Coya Sur	ausente/ Gambusia
Río Loa	Rio Loa Maria Elena	ausente
Río Loa	Rio Loa medio	ausente
Río Loa	Río loa museo	ausente
Río Loa	Rio Salvador confluencia con Loa	ausente
Río Loa	Río san salvador	ausente
Río Loa	Río san salvador	ausente
Río Loa	Vertiente Licantatay	ausente
Estero Vilama	Vilama 3	ausente
Estero Vilama	Vilama 4	ausente
Estero Vilama	Vilama 5	ausente
Estero Vilama	Vilama abajo Agua industrial	ausente/ Gambusia

Folio009836

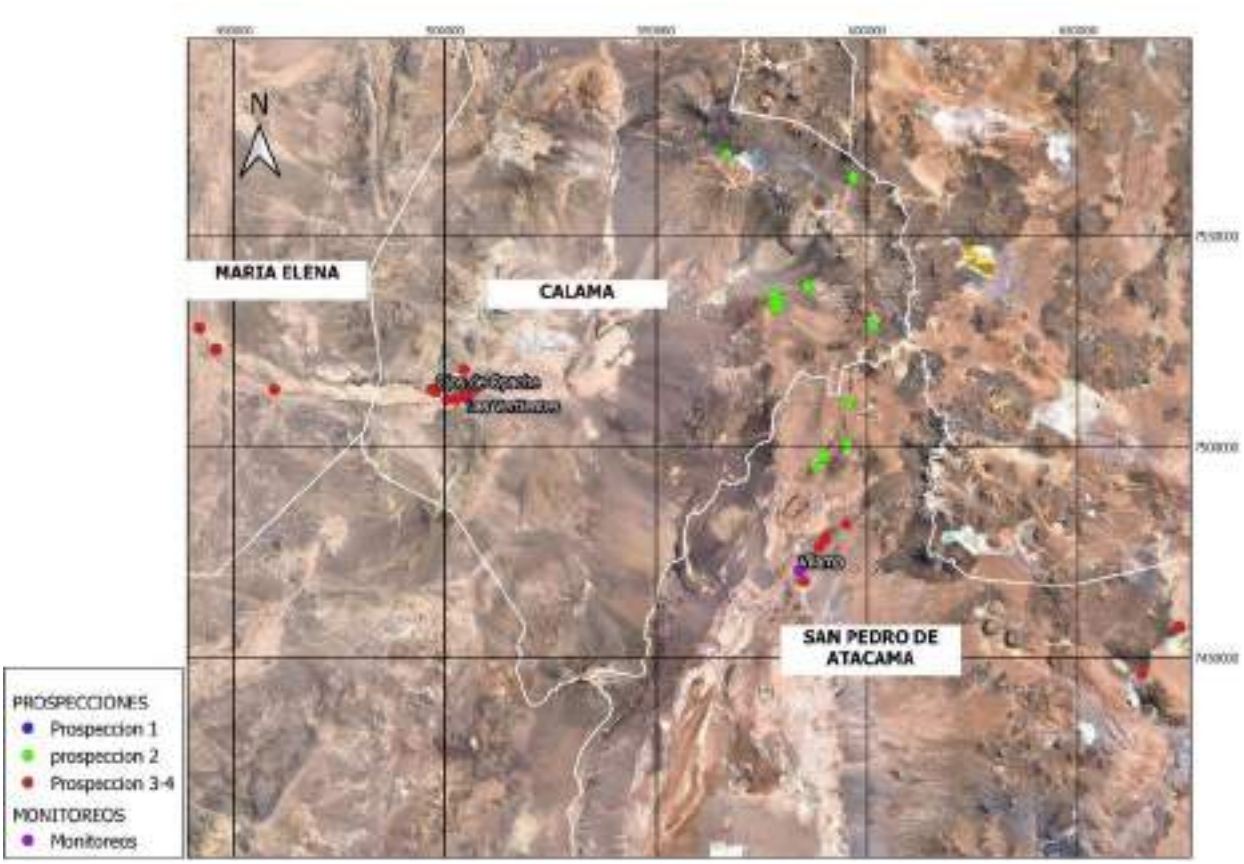


Figura 14. Sitios evaluados por campaña de prospección (campañas 2, 3 y 4) en búsqueda de Telmatobius en las comunas de la Región de Antofagasta.

4.1.8 Análisis de imágenes satelitales

Los archivos digitales asociados al análisis de las imágenes satelitales se entregan como material anexo, Anexo A5. Todas las clasificaciones de cobertura de suelo obtuvieron buenos resultados de ajuste, los que se muestran en el **Tabla 43**, encontrándose los valores de Exactitud Global por sobre el 95% en todos los casos. El índice Kappa evalúa si la clasificación discriminó las categorías con exactitud significativamente mayor a la que se hubiera obtenido por una asignación al azar, encontrándose todas sobre un 94%.

Tabla 43. Métricas de ajuste de los modelos de clasificación supervisada

Localidad	Año	Exactitud Global	Índice Kappa
Puquios	2005	98,15%	97,22%
	2021	97,92%	96,83%
Amincha	2005	98,51%	98,16%
	2021	95,45%	94,22%
Salar de Cárcote	2005	97,96%	97,01%
	2021	97,87%	96,91%
Salar de Ascotán	2006	97,37%	96,72%
	2021	98,36%	98,01%
Ojo de Opache y Las Cascadas	2004	100,00%	100,00%
	2021	100,00%	100,00%
Vilama	2004	100,00%	100,00%
	2019	98,00%	96,21%

Puquios

Para este sitio se identificaron 4 coberturas de suelo principales, según se muestra en el **Tabla 44**. La vegetación azonal se refiere a la vegetación que se encuentra directamente asociada a factores locales, como la presencia permanente de humedad o anegamiento constante y, por lo tanto, corresponde a aquella que se encuentra cercana a los cursos de agua. En tanto el matorral corresponde a vegetación que no se encuentra necesariamente agrupada, posee un menor vigor vegetacional y no depende de la presencia de agua. Cabe destacar que no fue posible identificar cuerpos de agua, como esteros o quebradas, lo que puede deberse a que estos son estrechos y poco profundos, cubiertos y/o rodeados por vegetación, y a pesar de que en el lugar se encuentra una pequeña piscina, esta no fue detectada por la imagen satelital, cuyo tamaño de pixel es de 50 cm. Por lo tanto, aquellos trazados que corresponderían a esteros o quebradas fueron identificados como matorral o vegetación. En cuanto a la cobertura mineral, se trata principalmente de una explotación de azufre presente en el lugar, y otras zonas donde se encuentra expuesto un suelo salino. Finalmente se agrupó en la categoría suelo desnudo aquellos suelos rocosos y arenosos.

Tabla 44. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2005 y 2021 en el sitio de Puquios.

Cobertura	Área (m^2)	
	2005	2021
Vegetación Azonal	18.567,00	14.393,25
Mineral	8.829,00	13.087,50
Suelo Desnudo	431.435,50	423.178,00
Matorral	40.668,50	48.841,25

Total	499.500,00	499.500,00

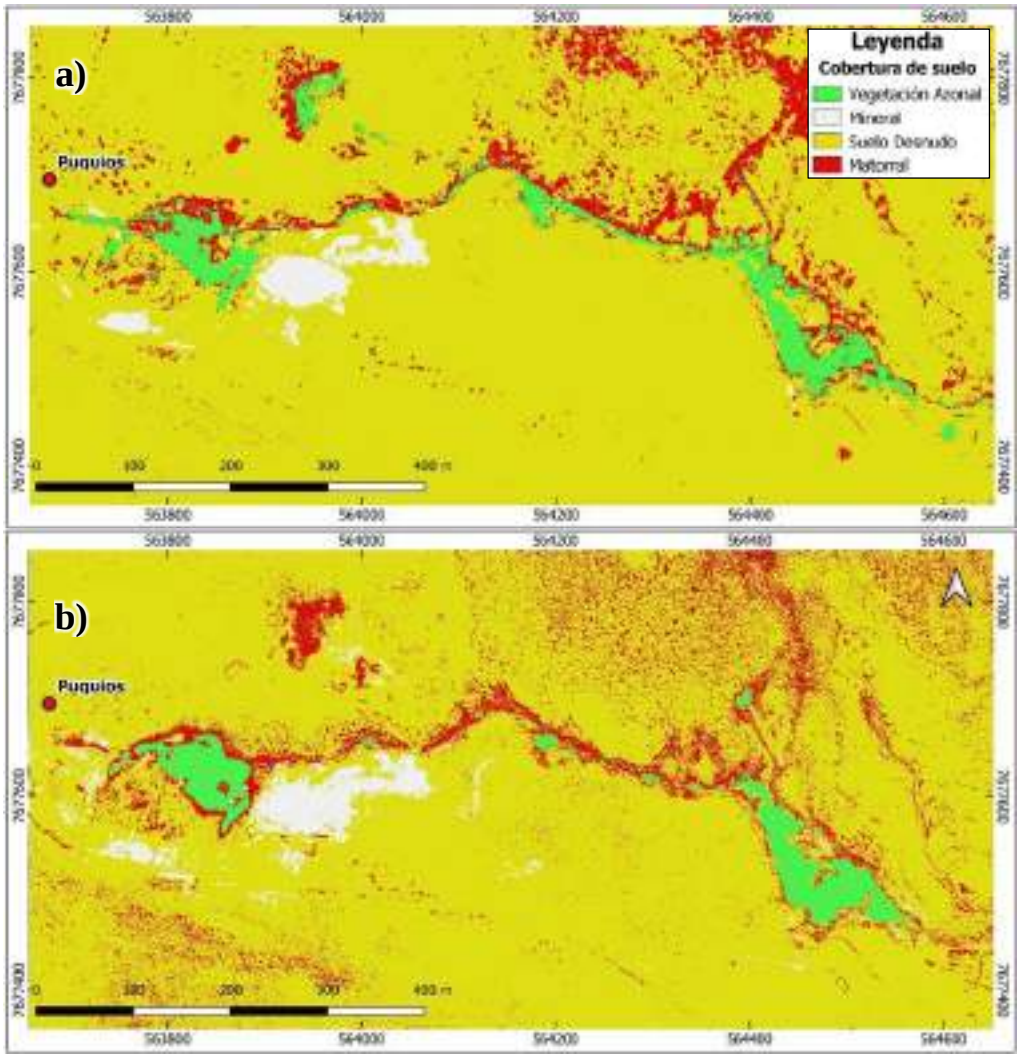


Figura 15. Clasificación de cobertura de suelo en el sitio de Puquios, para el año 2005 (a) y 2021 (b).

Como era de esperar, el pequeño tamaño del arroyo (ancho de aproximadamente 40 cms), y la poca profundidad, no permitió su visualización directa en las imágenes. No obstante, de modo indirecto se observó entre los años 2005 y 2021 una disminución de 4.174 m^2 de superficie de la vegetación azonal más asociada a la humedad, y un incremento de los matorrales asociados a condiciones más secas (una disminución de un 22,5% en el período de estudio). La localidad de Puquios, es una de las que presentan menor impacto antrópico, y las diferencias observadas podrían ser atribuidas a los cambios ambientales que afectan a la zona (déficit de precipitaciones, mayores temperaturas).

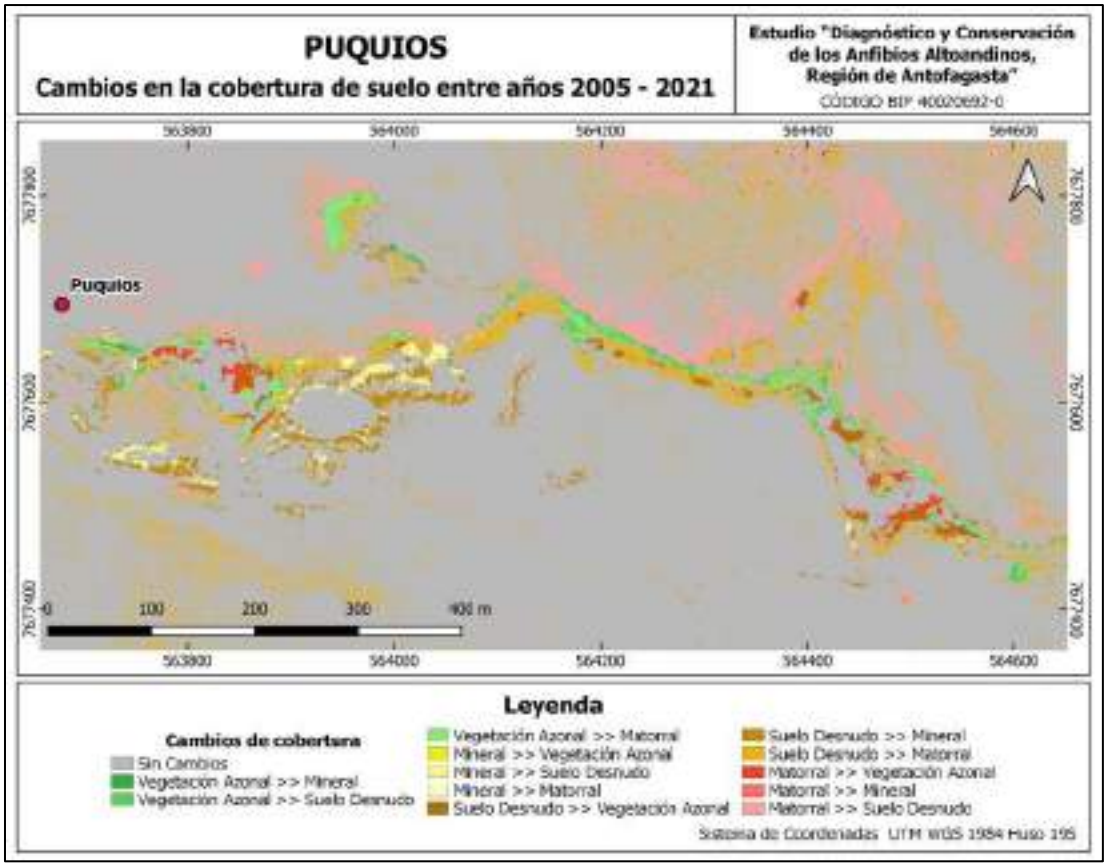


Figura 16. Cambios en la cobertura de suelo en el sitio de Puquios, entre los años 2005 y 2021.

Amincha

Para el sitio de Amincha también se identificaron 4 coberturas de suelo principales, según se muestra en el **Tabla 45**. En este sitio tampoco fue posible identificar cuerpos de agua, lo que puede deberse a que el estero igualmente es estrecho y poco profundo, no superando el metro de ancho, y con una alta cobertura de plantas acuáticas, por lo que el trazado del estero fue identificado como matorral o vegetación. En cuanto a la cobertura mineral, se trata de lugares donde la cobertura de vegetación dio paso a la exposición de un suelo salino.

Tabla 45. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2005 y 2021 en el sitio de Amincha.

Cobertura	Área (m²)	
	2005	2021
Vegetación Azonal	14.597,25	8.404,50
Mineral	291,25	1.520,25
Suelo Desnudo	935.984,50	958.291,75
Matorral	48.127,00	30.783,50
Total	999.000,00	999.000,00

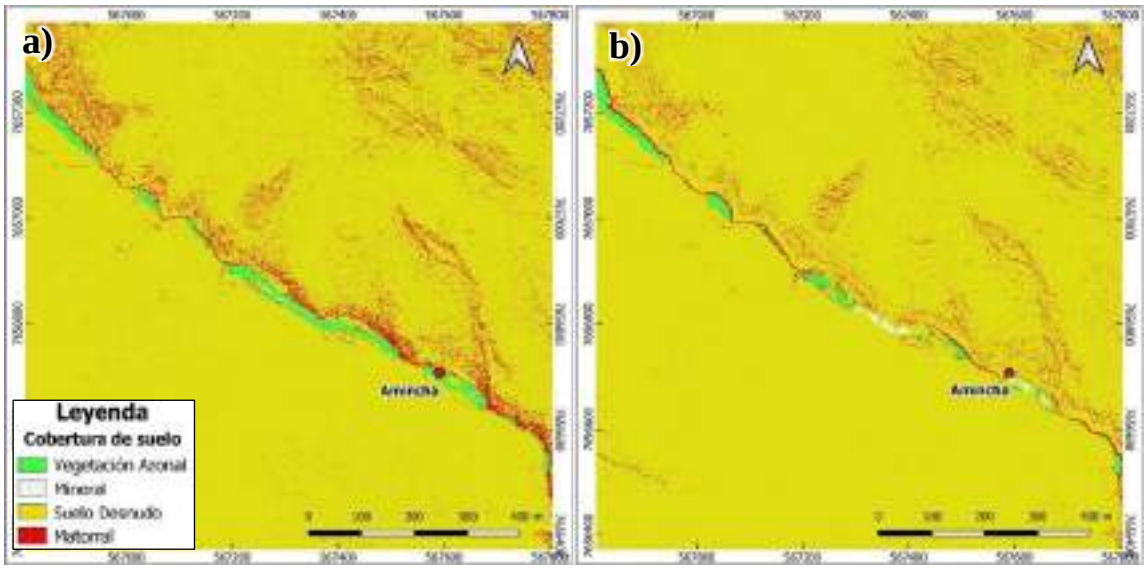


Figura 17. Clasificación de cobertura de suelo en el sitio de Amincha, para el año 2005 (a) y 2021 (b).

En cuanto a los cambios en la cobertura vegetal entre los años 2005 y 2021, destaca el cambio de cobertura de matorral a suelo desnudo, lo que significó una disminución en la superficie de matorral de un 36%, y el paso de vegetación a suelo desnudo, lo que significó una disminución en un 42% de superficie de la vegetación azonal. El bajo grado de perturbación antrópica en este lugar, permite atribuir los cambios a factores ambientales antes señalados.

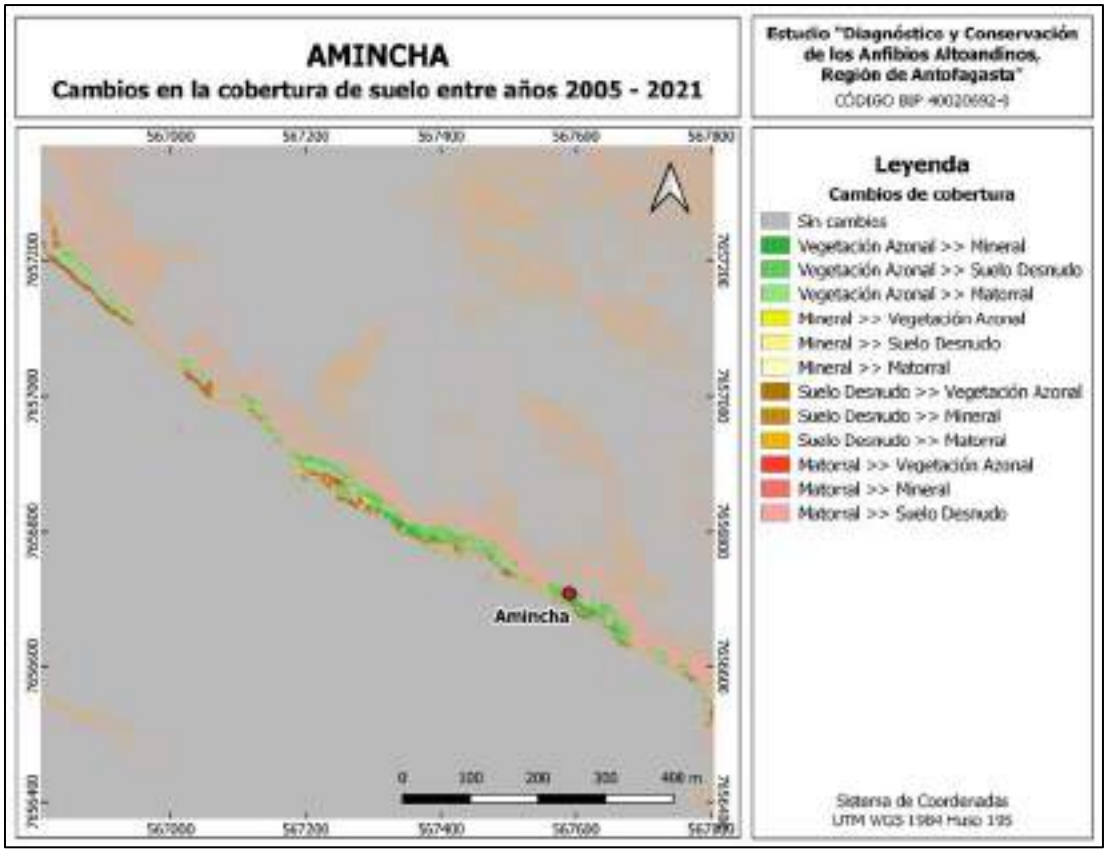


Figura 18. Cambios en la cobertura de suelo en el sitio de Amincha, entre los años 2005 y 2021.

Salar de Carcote

En el caso del Salar de Carcote, se identificaron 6 coberturas de suelo principales, según se muestra en el **Tabla 46**. Se incluye la categoría de vegetación acuática, que corresponde a la vegetación que se encuentra dentro de los cuerpos de agua, como juncos y *Stipa* sp.

La presencia de cuerpos de agua consiste en vertientes de poca longitud, cuyas aguas escurren hacia el salar, dando forma a lagunas salinas. Las vertientes se encuentran con cobertura vegetal, por lo que fueron identificadas en esta categoría, y el agua como tal se identificó en las lagunas al interior del salar.

La vegetación azonal se encuentra asociada al escurrimiento de agua, rodeando aquellas zonas donde se encuentra la vegetación acuática. También existe la presencia de matorral (que incluye matorral bajo y pajonales) dentro y fuera del salar. Finalmente, en este caso la cobertura mineral consiste en el mismo salar.

Tabla 46. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2005 y 2021 en el Salar de Carcote.

Cobertura	Área (m^2)	
	2005	2021
Vegetación Azonal	4.049,50	7.143,75
Vegetación Acuática	11.710,00	5.669,50
Agua	127.994,25	73.448,25
Salar	1.132.803,50	1.178.606,50
Suelo Desnudo	620.322,50	595.743,50
Matorral	101.121,25	137.389,50
Total	1.998.001,00	1.998.001,00

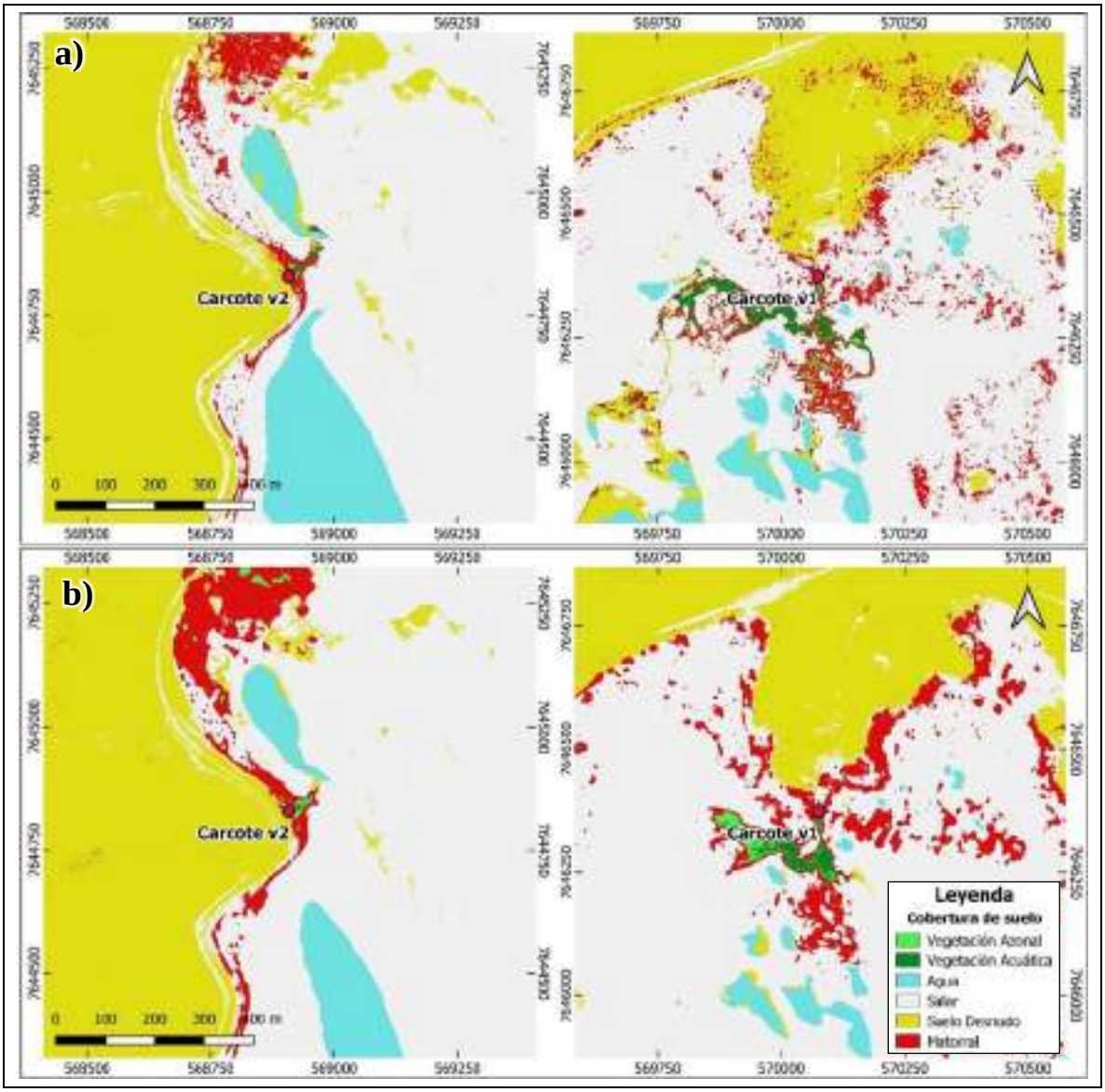


Figura 19. Clasificación de cobertura de suelo en el Salar de Cárcote, vertientes 1 y 2, para el año 2005 (a) y 2021 (b).

En cuanto a los cambios en la cobertura de suelo entre los años 2005 y 2021, destaca la disminución de los cuerpos de agua (en un 43%), dando paso al salar, así como la disminución en la vegetación acuática (en un 52%), producto de esta disminución del agua, dando paso a otro tipo de vegetación, como vegetación azonal y matorral, que aumentaron su superficie. En el salar de Cárcote, los anuros se encuentran restringidos a dos vertientes pequeñas. Recientemente, hubo extracción ilegal de agua en una de las vertientes (vertiente 2), por lo que estás zonas requieren de mayor protección.

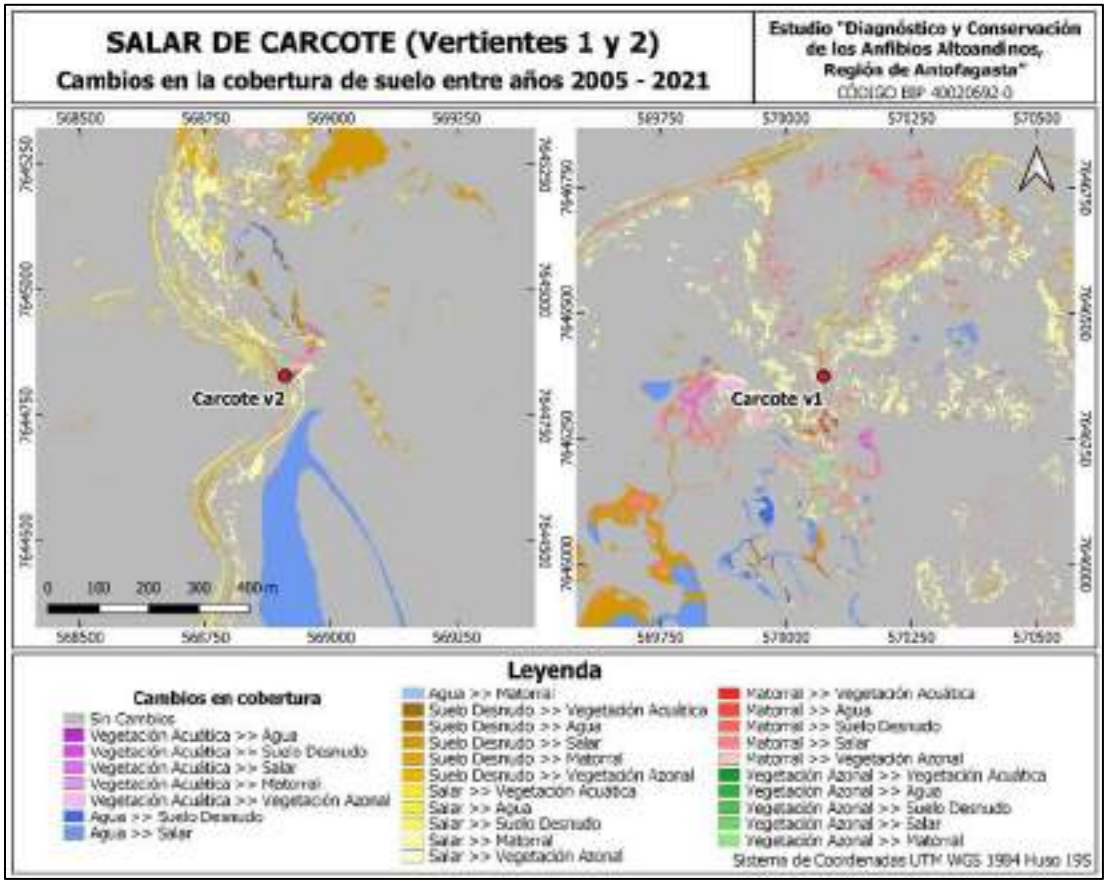


Figura 20. Cambios en la cobertura de suelo en el Salar de Cárcote, vertientes 1 y 2, entre los años 2005 y 2021.

Salar de Ascotán (vertiente 7)

En el caso del Salar de Ascotán, se identificaron 6 coberturas de suelo principales, según se muestra en el Cuadro 6. Se incluye la categoría de sedimentos, que corresponde a zonas de aguas muy poco profundas y con presencia de sedimentos y/o restos de algas que presentan una baja actividad fotosintética. La vegetación acuática por otro lado, es aquella que se encuentra fotosintéticamente activa dentro de los cuerpos de agua, como algas y macrófitas. En tanto que la vegetación azonal, como ya se dijo, corresponde a vegetación terrestre asociada a la presencia permanente de agua, y por lo tanto se observa rodeando las zonas con vegetación acuática. No se identifica la presencia significativa de matorral para considerarlo como categoría.
La presencia de cuerpos de agua consiste en una vertiente cuyas aguas escurren hacia el salar, dando forma a lagunas salinas. La vertiente se encuentra con una alta cobertura vegetal, por lo que se identifica en esta categoría, y el agua como tal se identifica en zonas más estancadas al interior del salar.

Tabla 47. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2006 y 2021 en Salar de Ascotán.

Cobertura	Área (m^2)	
	2006	2021
Vegetación Azonal	33.613,75	12.857,25
Vegetación Acuática	28.567,50	18.883,75
Sedimentos	111.006,75	78.097,50
Agua	13.179,25	14.660,25
Salar	805.513,25	866.732,75
Suelo Desnudo	8.119,50	8.768,50
Total 2006	1.000.000,00	1.000.000,00

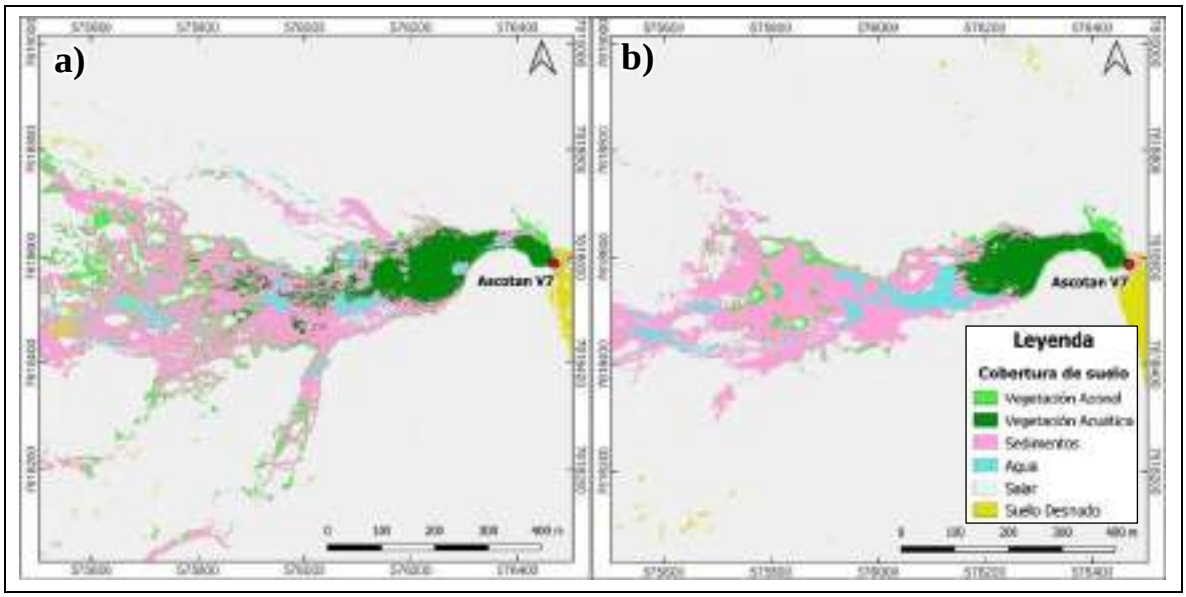


Figura 21. Clasificación de cobertura de suelo en el Salar de Ascotán, vertiente 7, para el año 2006 (a) y 2021 (b).

En cuanto a los cambios en la cobertura vegetal entre los años 2006 y 2021, destaca la disminución de la zona húmeda, restringiéndose a un área más concentrada, y si bien el volumen de agua apozada, sin vegetación, se mantuvo similar; se observó una importante disminución en la superficie de la vegetación, como vegetación azonal (en un 62%), vegetación acuática (en un 34%), y sedimentos (en un 30%), que pasaron a ser simplemente salar. Además, en el caso de la vegetación acuática y la vegetación azonal, estas quedaron reducidas a áreas más confinadas, asociadas principalmente a una laguna salina que domina el paisaje. Más recientemente, durante el año 2022, la vertiente experimentó un evento de extrema desecación, por lo que la pérdida de hábitat hoy en día es mucho mayor.

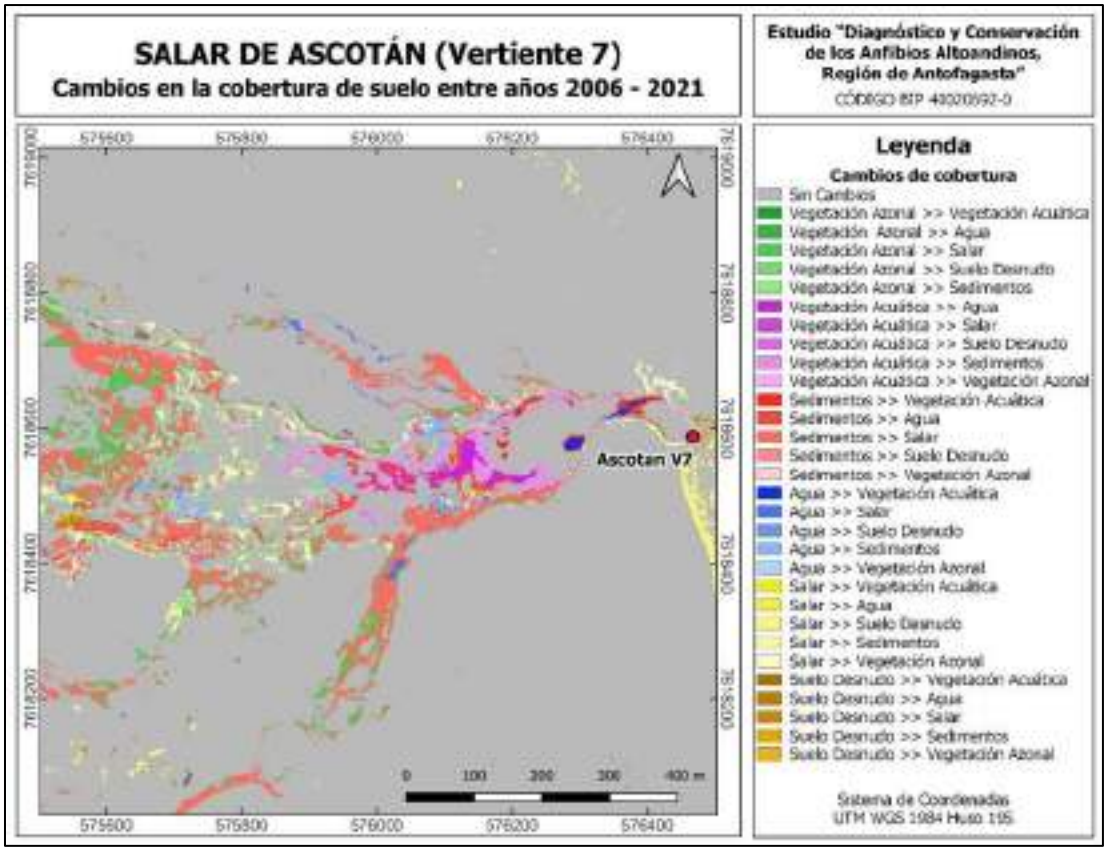


Figura 22. Cambios en la cobertura de suelo en el Salar de Ascotán, vertiente 7, entre los años 2006 y 2021.

Las Cascadas y Ojos de Opache

Para el sitio de Las Cascadas se identificaron 6 coberturas de suelo principales, según se muestra en el **Tabla 48**. En este caso se incorporó la categoría de cultivo e infraestructura, debido a que consiste en una zona poblada y con desarrollo agrícola, siendo necesario distinguir este tipo de coberturas, dado el vigor vegetacional de los suelos regados, y dado que hay muchos materiales en las zonas urbanas que se confunden con el agua, lo que puede conducir a clasificaciones erróneas. En este caso si fue posible identificar cursos de agua, como un riachuelo y varias piscinas. La vegetación azonal se encuentra asociada a este escurrimiento de agua, así como a zonas inundadas. Finalmente, el matorral corresponde a vegetación con un menor vigor, no asociada necesariamente al cuerpo de agua, pero dando cuenta de zonas que anteriormente correspondían a vegetación vigorosa.

Tabla 48. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2004 y 2021 en el sitio Las Cascadas.

Cobertura	Área (m2)	
	2004	2021
Vegetación Azonal	190.748,18	131.962,77
Agua	2.921,48	13.455,53
Suelo Desnudo	1.143.105,94	1.194.795,25
Infraestructura	13.404,03	14.643,67
Matorral	661.267,70	774.362,43
Cultivo	118.826,46	1.054,15
Total	2.130.273,79	2.130.273,79

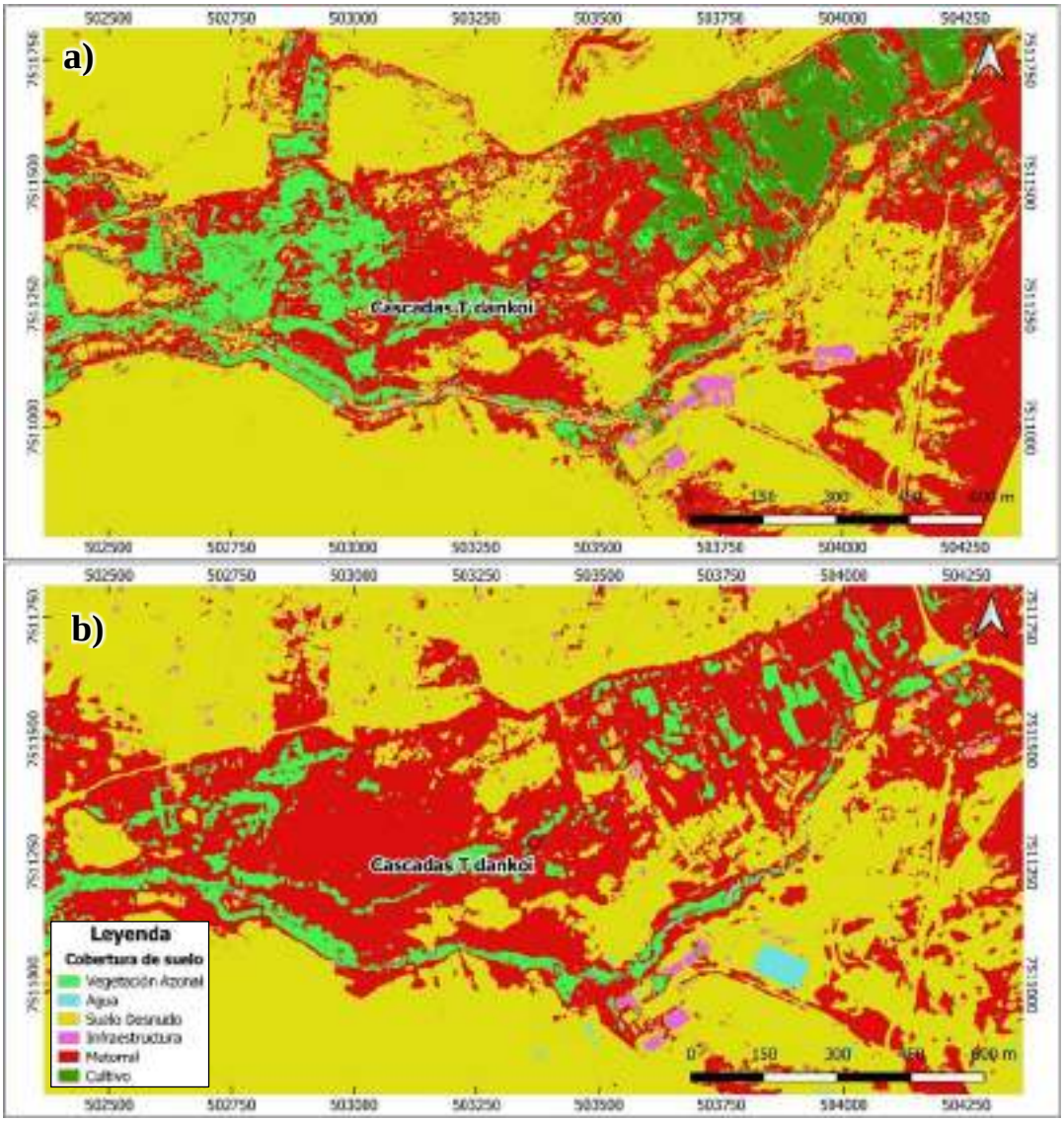


Figura 23. Clasificación de cobertura de suelo en el sitio Las Cascadas, para el año 2004 (a) y 2021 (b).

Folio009848

En cuanto a los cambios en la cobertura vegetal entre los años 2004 y 2021, destaca la disminución de la vegetación azonal (en un 31%), dando paso a zonas de matorral (vegetación menos densa y vigorosa), y la desaparición casi total de cultivos, los que parecen encontrarse sin riego y en abandono. Si bien la superficie de agua aumentó considerablemente, aproximadamente un 75%, este aumento consiste en la aparición de numerosas piscinas presumiblemente de uso industrial. En el caso del arroyo (hábitat de *T. dankoi*), este cambió en gran medida su configuración, ya que un 84% de la superficie que era agua en el año 2004, pasó a formar parte de otras categorías en el año 2021 como vegetación azonal y matorral, mientras que un 97% de la superficie de agua en el año 2021, en el año 2004 correspondía a otra categoría (como suelo desnudo y matorral). Actualmente, este arroyo se ha restringido a no más de 50 m de longitud, luego de la intervención y desecación de la vertiente que lo origina.

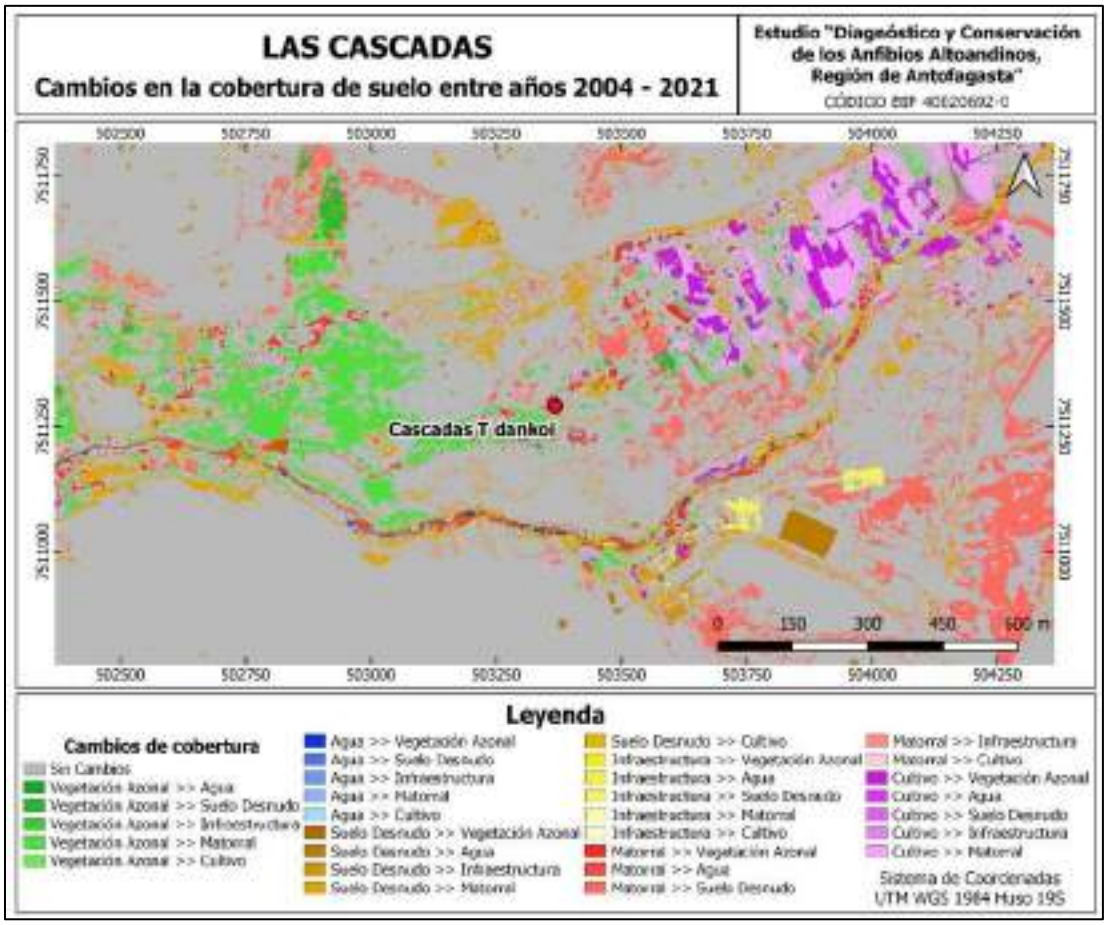


Figura 24. Cambios en la cobertura de suelo en el sitio Las Cascadas, entre los años 2004 y 2021.

En el caso de Ojo de Opache, se identificaron las mismas 6 coberturas de suelo, según se muestra en el **Tabla 49.** En este la categoría cultivos es insignificante, y puede considerarse como un error de comisión (falso positivo).

Tabla 49. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2004 y 2021 en el sitio Ojo de Opache.

Cobertura	Área (m2)	
	2004	2021
Vegetación Azonal	84.445,34	59.920,32
Agua	14,50	363,75
Suelo Desnudo	912.032,00	919.292,50
Infraestructura	626,75	736,50
Matorral	58.426,56	75.221,83
Cultivo	0	10,25
Total	1.055.545,15	1.055.545,15

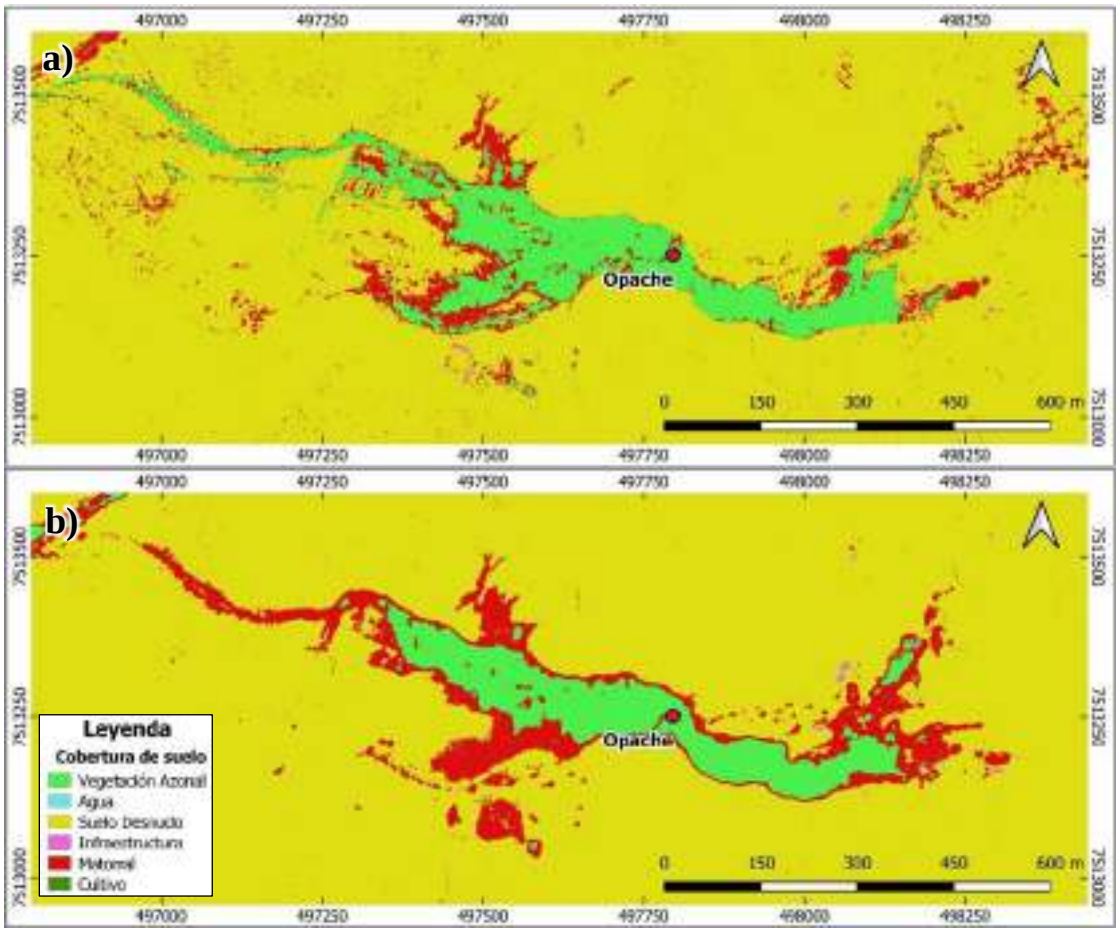


Figura 25. Clasificación de cobertura de suelo en el sitio Ojo de Opache, para el año 2004 (a) y 2021 (b).

En cuanto a los cambios en la cobertura de suelo entre los años 2004 y 2021, la superficie de vegetación azonal disminuyó en un 29%, dando paso a una conformación más compacta. Además, aumentó el área construida, y apareció un grupo de piscinas o embalsamientos que explican el aumento en la superficie de agua. Aunque Ojos de Opache ha presentado una trayectoria parecida a Las Cascadas, la parte central del humedal (donde se liberaron ranas en 2019) se ha mantenido, y se ha podido observar en terreno que el arroyo ha disminuido su caudal,

favoreciendo el crecimiento de vegetación acuática como los juncos y otras plantas, favoreciendo la sucesión ecológica desde ambientes acuáticos a terrestres.

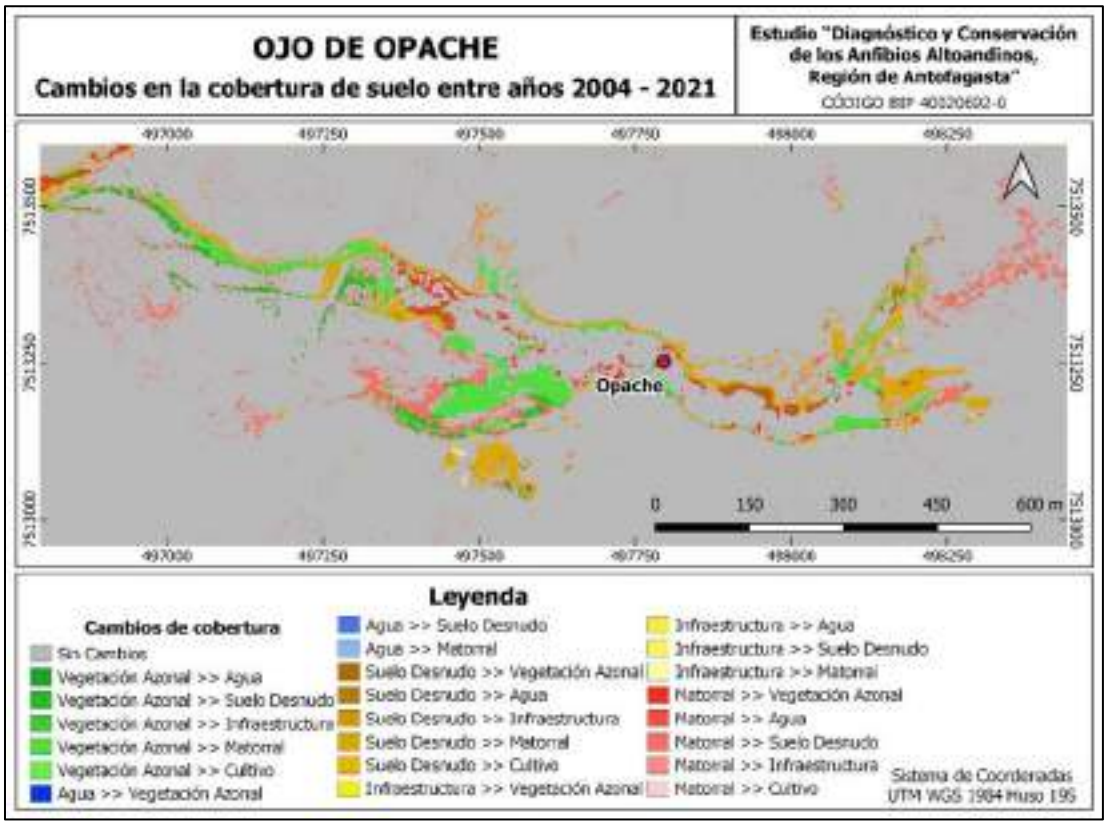


Figura 26. Cambios en la cobertura de suelo en el sitio Ojo de Opache, entre los años 2004 y 2021.

Vilama

Para la localidad de Vilama, se identificaron las 4 coberturas de suelo más recurrentes, según se muestra en el **Tabla 50**. En este sitio no fue posible identificar cursos de agua, lo que puede deberse a que una parte del estero escurre en un cajón rocoso, mientras que en la zona abierta domina la vegetación.

Tabla 50. Coberturas de suelo y superficies obtenidas para los años 2004 y 2019 en el sitio Vilama.

Cobertura	Área (m2)	
	2004	2019
Vegetación Azonal	16.788,64	3.140,58
Mineral	36.636,13	10.435,76
Suelo Desnudo	1.642.387,83	1.691.642,00
Matorral	52.035,08	42.629,35
Total	1.747.847,68	1.747.847,68

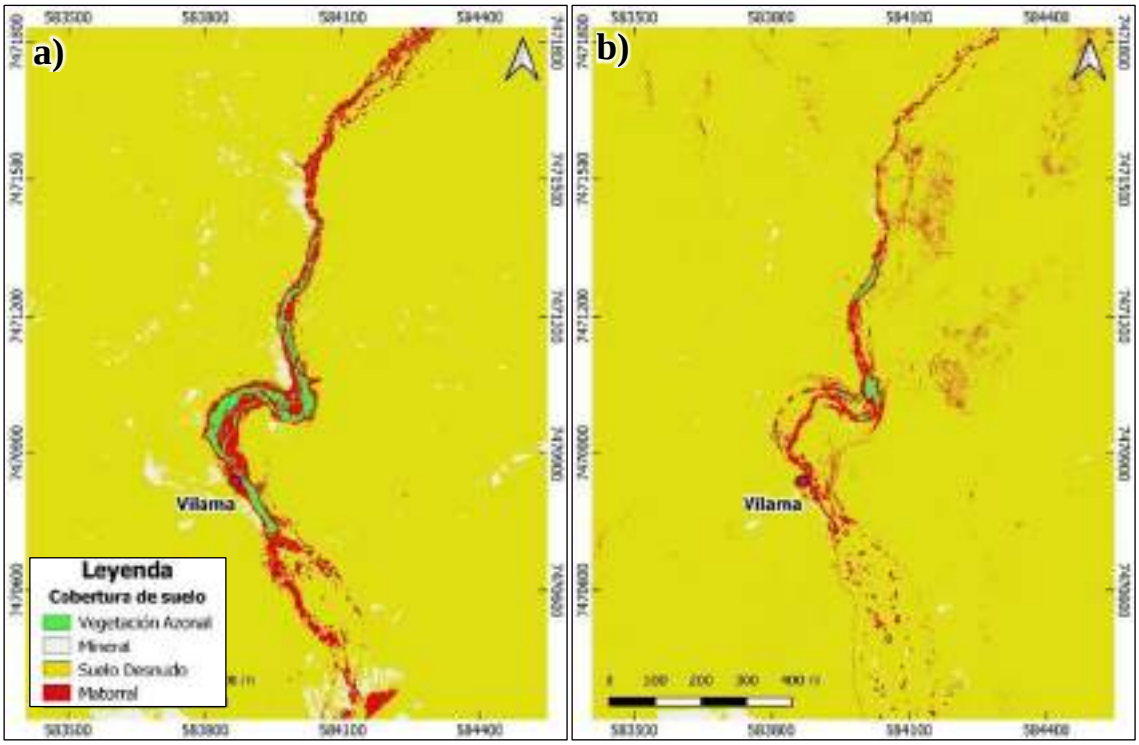


Figura 27. Clasificación de cobertura de suelo en el sitio de Vilama, para el año 2004 (a) y 2019 (b).

En cuanto a los cambios en la cobertura vegetal entre los años 2004 y 2019, ocurrió una disminución drástica en la superficie de vegetación azonal, la que se redujo en un 81%, lo que muy probablemente es consecuencia de un aluvión de grandes dimensiones que afectó a la localidad de Vilama en el año 2016.

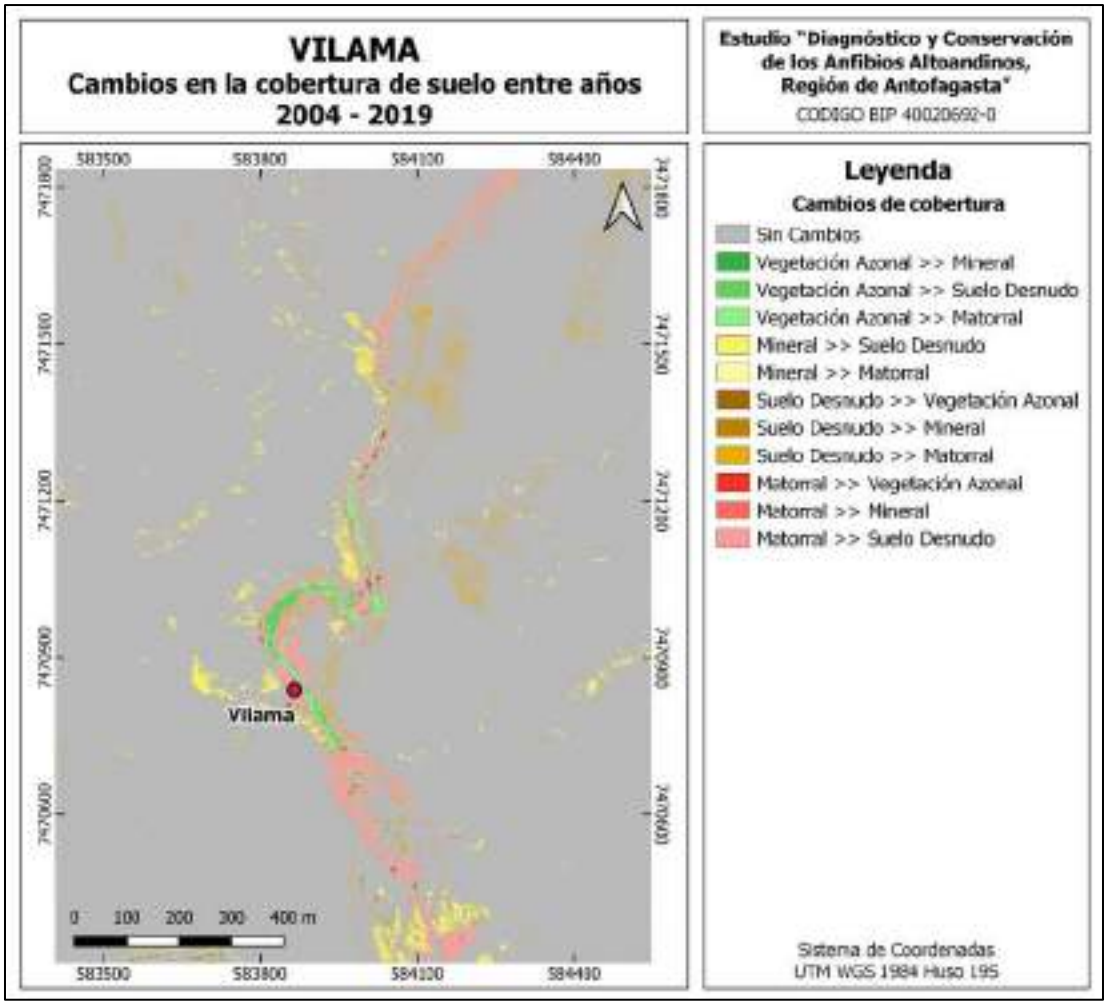


Figura 28. Cambios en la cobertura de suelo en el sitio de Vilama, entre los años 2004 y 2019.

4.1.9 Reconocimiento/Identificación de especies

En la **Tabla 51** se indica el total de muestras genéticas obtenidas durante la ejecución del proyecto, y que corresponden a cuatro de las cinco especies de *Telmatobius* presentes en la Región de Antofagasta. No fue posible obtener muestras de *T. vilamensis*, ya que esta especie no fue registrada en las campañas de monitoreo realizadas a su localidad tipo (4.1.6 Vilama, localidad de *Telmatobius vilamensis*).

Tabla 51. Muestras genéticas obtenidas para este estudio. En negrita se indican los animales genotipados.

N	Especie	Localidad	Fecha recolección	Código
1	*Telmatobius dankoi*	Las Cascadas	11/09/2021	**2109001**
2	*Telmatobius dankoi*	Las Cascadas	11/09/2021	**2109002**
3	*Telmatobius dankoi*	Las Cascadas	11/09/2021	**2109003**
4	*Telmatobius cf philippii*	Carcote	13/09/2021	2109004
5	*Telmatobius cf philippii*	Carcote	13/09/2021	2109005
6	*Telmatobius cf philippii*	Carcote	13/09/2021	2109006
7	*Telmatobius cf philippii*	Carcote	13/09/2021	2109007
8	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110001
9	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110002
10	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110003
11	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110004
12	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110005
13	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110006
14	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110007
15	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	**2110008**
16	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	**2110009**
17	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	**2110010**
18	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	**2110011**
19	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	**2110012**
20	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110013
21	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110014
22	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110015
23	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110016
24	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110017
25	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110018
26	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110019
27	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110020
28	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110021
29	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110022
30	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110023
31	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110024
32	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110025
33	*Telmatobius halli*	Miño	30/10/2021	2110026
34	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V2	01/12/2021	**2112001**
35	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V2	01/12/2021	**2112002**
36	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V2	01/12/2021	**2112003**
37	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V2	01/12/2021	2112004
38	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V2	01/12/2021	2112005
39	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V2	01/12/2021	2112006
40	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V2	01/12/2021	2112007
41	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V2	01/12/2021	2112008
42	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V2	01/12/2021	2112009
43	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V1	02/12/2021	**2112010**
44	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V1	02/12/2021	**2112011**
45	*Telmatobius cf philippii*	Carcote, V1	02/12/2021	**2112012**
46	*Telmatobius cf. philippii*	Ascotán, V7	01/03/2022	**2203001**
47	*Telmatobius cf. philippii*	Ascotán, V7	01/03/2022	**2203002**
48	*Telmatobius cf. philippii*	Ascotán, V7	01/03/2022	**2203003**

49	*Telmatobius cf. philippii*	Ascotán, V7	01/03/2022	2203004
50	*Telmatobius cf. philippii*	Ascotán, V7	01/03/2022	2203005
51	*Telmatobius cf. philippii*	Ascotán, V7	01/03/2022	2203006
52	*Telmatobius fronteriensis*	Puquios	01/03/2022	**2203007**
53	*Telmatobius fronteriensis*	Puquios	01/03/2022	**2203008**
54	*Telmatobius fronteriensis*	Puquios	01/03/2022	**2203009**
55	*Telmatobius fronteriensis*	Puquios	01/03/2022	2203010
56	*Telmatobius fronteriensis*	Puquios	01/03/2022	2203011
57	*Telmatobius philippii*	Amincha	01/03/2022	2203012
58	*Telmatobius philippii*	Amincha	01/03/2022	**2203013**
59	*Telmatobius philippii*	Amincha	01/03/2022	**2203014**
60	*Telmatobius philippii*	Amincha	01/03/2022	**2203015**
61	*Telmatobius philippii*	Amincha	01/03/2022	2203016
62	*Telmatobius cf. philippii*	Carcote, V2	01/03/2022	2203017

Para la identificación del grupo genético al que corresponden las muestran de interés (obtenidas durante la ejecución de este estudio), se secuenció un fragmento de los genes mitocondriales citocromo b (Cytb) y 16S en 23 muestras (**Tabla 51**), siguiendo a Sáez *et al*., (2014). La amplificación del gen Cytb produjo un total de 942 pb (pares de bases), y del gen 16S se obtuvieron 521 pb. Ambos grupos de secuencias nucleotídicas fueron alineadas y editadas en el programa BioEdit v7.0.0 (Hall 1999), y por inspección visual.

La comparación de las secuencias obtenidas del gen Cytb utilizando BLAST (Basic Local Alignment Search Tool, programa que compara secuencias de nucleótidos con bases de datos), indicó una similitud entre 99,68% y 100% de las muestras de Miño con respecto a las muestras disponibles en GenBank (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/, base de datos de secuencias genéticas), de *T. dankoi* y *T. vilamensis*.

En el análisis filogenético se incorporaron secuencias de *Telmatobius* de todas las especies presentes en Chile (Sáez *et al*., 2014; No. Acceso GenBank KJ562873-99, KJ562900-14, KJ562919-47, KJ562952-99, KJ563000-17), y se incorporaron las especies bolivianas del grupo *T. hintoni* (*sensu* De la Riva *et al*., 2010; GU060594-599, GU060559-564) y *T. marmoratus* (GU060554, GU060558, GU060565-577, GU060589, GU060593, GU060600-612), debido a su cercanía filogenética con las especies chilenas. Para enraizar el árbol filogenético, se utilizó a *Telmatobius bolivianus* como grupo externo (*sensu* De la Riva *et al*., 2010; GU060549, GU060584 [extraído de la figura]). La matriz analizada contuvo 111 secuencias en total, con 1463 pb.

La reconstrucción filogenética se realizó mediante tres análisis: Máxima Parsimonia (MP), Máxima Verosimilitud (Maximum Likelihhod, ML), e Inferencia Bayesiana (IB). El análisis de MP se realizó en el programa PAUP* v4.0 (Swofford 2003), y consideró 87 caracteres informativos para Parsimonia. Todos los caracteres fueron considerados como no ordenados y de igual peso. Se realizó una búsqueda heurística bajo el algoritmo Branch-swapping, tree-bisection-reconnection (TBR), la que encontró >100 árboles igualmente parsimoniosos (la búsqueda se restringió a 100). Los índices de calidad del análisis de MP fueron los siguientes: largo del árbol = 125; índice de consistencia (IC) = 0,7360; índice de homoplasia (IH) 0,2640; índice de retención (IR) = 0,9745; índice de consistencia reescalado (RC) = 0,7172. Estos índices revelan niveles moderados de homoplasia en las secuencias nucleotídicas analizadas. El soporte estadístico de los nodos se realizó con un bootstrap (técnica de remuestreo) de 1.000 pseudoréplicas, y se construyó un árbol de consenso de mayoría. Las topologías recuperadas por el análisis de MP coincidieron en las relaciones filogenéticas de las muestras de interés.

La reconstrucción filogenética bajo el algoritmo de ML se realizó en el software IQ-TREE 1.6 (Nguyen *et al*., 2015), implementado en el servidor web CIBIV (Trifinopoulos *et al*., 2016). El modelo de sustitución utilizado fue TN+F+I, estimado en el software Model Finder (Kalyaanamoorthy *et al*., 2017), implementado en el mismo programa. El soporte de los nodos se obtuvo usando SH-aLRT y ultrafast bootstrap (Hoang *et al*., 2018), con 1.000 réplicas, donde los

valores ≥80% y ≥95%, respectivamente, fueron considerados como clados con soporte alto (Guindon *et al*., 2010; Nguyen *et al*., 2015). El valor de verosimilitud obtenido fue Log. -3229.1515.

La IB se realizó en el programa Mr. Bayes v.3.2.3 (Ronquist y Huelsenbeck 2003), implementado en el servidor web CIPRES Science Gateway V. 3.3 (Miller *et al*., 2010). Se realizaron dos corridas independientes del algoritmo MCMC (método Cadena de Markov Monte Carlo), de 100 millones de generaciones cada una, con cuatro cadenas de Markov, muestreadas cada 1.000 generaciones, y descartando el 25% inicial de los árboles. El modelo de sustitución nucleotídica implementado fue TrN+G, obtenido previamente en el software jModelTest 2.0 (Darriba *et al*., 2012) bajo el criterio Bayesiano.

Los resultados de la reconstrucción filogenética bajo los tres criterios analizados fueron en su mayoría congruentes y se presentan en la **Figura 29**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.. Las especies de *Telmatobius* presentes en Chile se concentran en tres grandes grupos: i) *Telmatobius marmoratus* (ramas de color verde, **Figura 29¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), ii) *Telmatobius hintoni* (ramas de color azul, **Figura 29**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), y iii) *Telmatobius pefauri* (ramas de color anaranjado, **Figura 29¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), lo que es congruente con estudios previos (Sáez *et al*., 2014; Fibla *et al.*, 2017, 2018). Las muestras obtenidas en las vertientes del salar de Carcote forman un grupo monofilético bien sustentado con las muestras del salar de Ascotán. A su vez, este grupo forma un clado con las especies de los alrededores de Ollagüe, *T. fronteriensis* y *T. philippii* (**Figura 29¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

En el caso de las muestras obtenidas en la localidad de Miño, estas se agrupan con un valor máximo de soporte con las muestras de *T. dankoi* obtenidas para este estudio, y con las secuencias genéticas disponibles en GenBank para *T. dankoi* y *T. vilamensis* (**Figura 29**). Este clado correspondería al grupo hermano de *T. pefauri*, sin embargo, esta relación carece de sustento estadístico (**Figura 29¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Folio009856

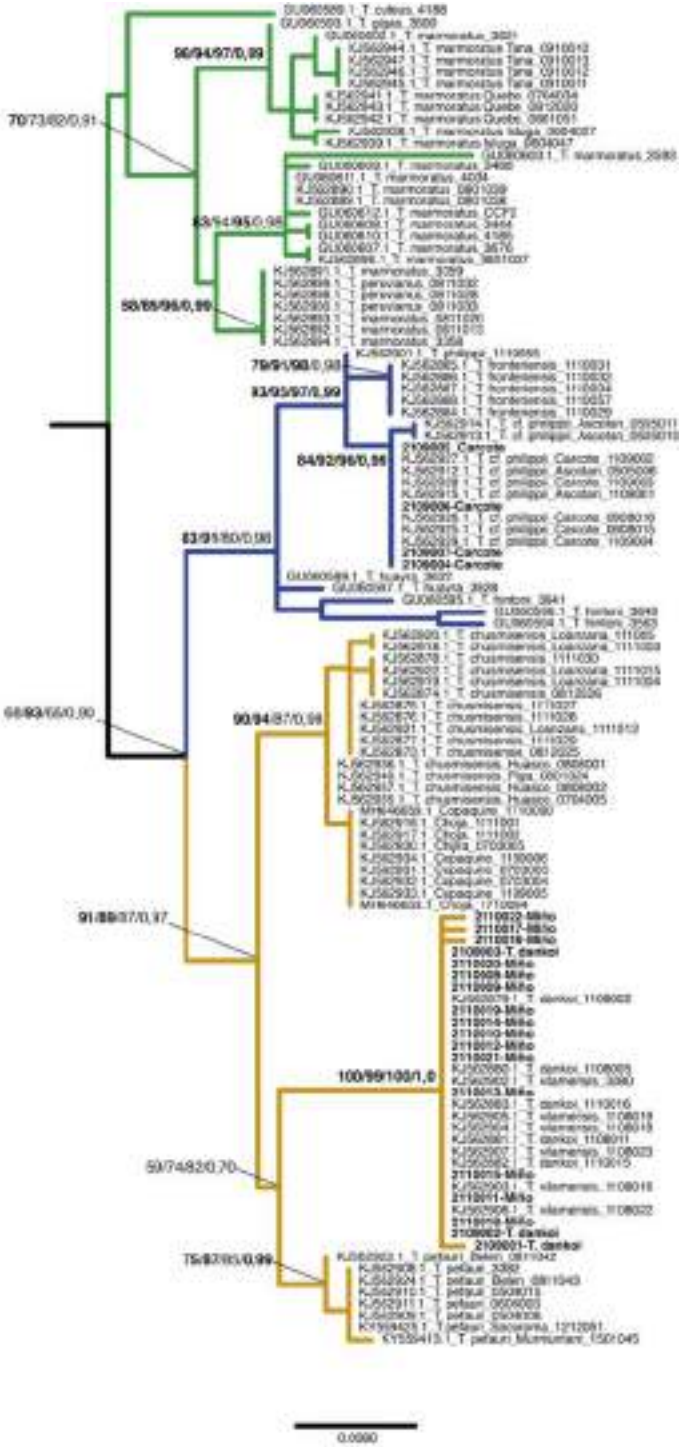


Figura 29. Reconstrucción filogenética para las especies de Telmatobius presentes en Chile obtenida con Inferencia Bayesiana. Se muestran los valores soporte de IB, ML (SH-aLRT y ultrafast bootstrap) y MP, respectivamente. Las muestras analizadas en este estudio se muestran en negrita.

Folio009857

4.1.10 Diagnóstico de la condición actual de las poblaciones

A partir de la información generada en las prospecciones de campo, se procedió a establecer un diagnóstico del estatus de las localidades con presencia de las diferentes especies de *Telmatobius* de la región de Antofagasta (**Tabla 52**). Para ello se evaluó:

a) Tamaño poblacional: a partir de los datos de densidad obtenidos en las campañas de monitoreo.
b) Amenazas: se estableció la amenaza más relevante por su nivel de impacto para la localidad evaluada.
c) Tendencia del hábitat: se evaluó a partir del análisis temporal con imágenes multiespectrales para cada localidad. En el caso de las localidades donde las ranas se asocian a pequeños arroyos, se evaluó la vegetación acuática azonal como indicador de la superficie de hábitat. En el caso de los salares (vertientes asociadas) se consideró a la vegetación acuática como indicador.
d) Observaciones: se sintetiza la información obtenida con miras a las principales acciones futuras para la localidad.

De acuerdo al análisis es posible destacar poblaciones que se han mantenido estables, las que coinciden con los sectores más alejados de asentamientos humanos, o bien que son de difícil acceso (Puquios, Amincha, Volcán Miño). En relación a las amenazas, varias localidades presentan una severa pérdida de hábitat, lo que sin duda dificulta las acciones futuras en ellas. Sin embargo, es positivo mencionar que en ninguna de las localidades con presencia de *Telmatobius* se registró especies introducidas de peces, como truchas (*Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta*), reconocidas por representar un riesgo para los ecosistemas y las especies que en ellos habitan, y que han sido documentadas para otras localidades con presencia de poblaciones de *Telmatobius* en Chile (Lobos *et al*., 2020). En relación a la tendencia del hábitat, las imágenes satelitales revelan una situación preocupante, pues todas las localidades muestran importantes disminuciones de las superficies de hábitat óptimo para los anfibios. En este último contexto, destacó que la mayor pérdida de hábitat ocurrió en Vilama, donde no ha vuelto a registrarse la especie respectiva desde el aluvión ocurrido en el año 2016. Además, una localidad alejada de asentamientos humanos, como es Amincha, habría perdido un 42% del hábitat, lo que puede relacionarse a la disminución sostenida de las precipitaciones. De acuerdo al análisis, resulta prioritario realizar acciones de reparación o restauración de las poblaciones afectadas por pérdida de hábitat, y de protección de aquellas que se encuentran con una mejor salud ecosistémica y donde la conservación de esas poblaciones requiere de menor intervención y costo económico respectivo.

Tabla 52. Diagnóstico de la condición actual de las poblaciones de Telmatobius en la región de Antofagasta.

Localidad	Especie	Tamaño poblacional	Amenazas	Tendencia del hábitat	Observaciones
Las Cascadas	*T. dankoi*	Sin registros recientes	Perdida de hábitat	Disminución del 31%	Especie con plan de conservación *ex situ*, para evaluar reintroducción
Ojos de Opache	*T. dankoi*	Sin registros recientes	Perdida de hábitat	Disminución del 29%	Hábitat requiere de preparación para reintroducción*
Estero Vilama	*T. vilamensis*	Sin registros recientes	Perdida de hábitat	Disminución del 81,3%	Especie no colectada desde 2016
Ascotán, V7	*T. cf. philippii*	Población estable hasta antes de la desecación	Desecación severa	Disminución del 34%	Necesidad de restauración y protección
Ascotán, V11	*T. cf. philippii*	Población pequeña	Dependiente de recarga artificial	No evaluado	Necesidad de restauración
Carcote, V1	*T. cf. philippii*	Escasos registros de adultos	Hábitat restringido	Disminución del 51,6%	Necesidad de protección
Carcote, V2	*T. cf. philippii*	Población pequeña	Hábitat restringido	Disminución del 51,6%	Necesidad de protección
Amincha	*T. philippii*	Población estable	Hábitat saludable	Disminución del 42,4%	Necesidad de protección
Puquios	*T. fronteriensis*	Población estable	Hábitat saludable	Disminución del 22,5%	Necesidad de protección
Río Loa, Miño	*T. halli*	Población estable	Hábitat saludable	No evaluado	Necesidad de protección

* = por ejemplo: despeje de vegetación, creación de refugios y pozas artificiales, etc.

Folio009859

4.2 Medidas de conservación *in situ*

4.2.1 Áreas y especies priorizadas

Considerando que ninguna de las cinco especies de *Telmatobius* presentes en la Región de Antofagasta se encuentra naturalmente dentro un área protegida, se priorizaron los siguientes sitios de la comuna de Ollagüe: Quebrada Amincha, bofedal de Puquios, salares de Ascotán (sólo vertiente 7) y Carcote (vertientes 1 y 2), para la realización del informe técnico justificatorio (ITJ) conducente a la protección de dichos sitios. La propuesta se basó principalmente en que estos sitios se encuentran en un estado más prístino, en comparación con otros sitios que albergan poblaciones de *Telmatobius* en la región y, aunque algunas de estas localidades poseen un gran número de amenazas, albergan poblaciones saludables (en términos de tamaño poblacional y ausencia de enfermedades emergentes). Con ello se podría proveer de protección a las especies *T. philippii* y *T. fronteriensis*, especies que se encuentran En Peligro y En Peligro Crítico, respectivamente, de acuerdo con el Reglamento de Clasificación de especies del Ministerio del Medio Ambiente (RCE DS42/2011). Preliminarmente, se propone la figura de Santuario de la Naturaleza, ya que, según consulta al Ministerio de Bienes Nacionales, gran parte de los humedales asociados a la presencia de *Telmatobius* corresponde a territorio de la Comunidad Quechua de Ollagüe. El Informe Técnico Justificatorio elaborado en el presente estudio se adjunta en material anexo de este informe (Anexo A6).

En relación con las especies priorizadas, entendidas como aquellas con un mayor número de acciones propuestas para su conservación, se priorizó a *T. dankoi*, debido al estado crítico de su hábitat natural; y a *T. philippii*, debido a que corresponde a la especie con un mayor número de amenazas actuales (de acuerdo con el informe de la consultoría "*Sistematización de información sobre las especies del género Telmatobius, Orestias y Pseudorestias en Chile*", Licitación ID 608897-24-LE19). No obstante, se consideró al menos una medida de conservación *in situ* para cada especie.

4.2.2 Medidas de conservación *in situ*

En la **Tabla 53** se presentan las medidas de conservación *in situ* desarrolladas para cada sitio con presencia de *Telmatobius* en la Región de Antofagasta. Como se mencionó anteriormente, el mayor número de medidas de conservación estuvieron dirigidas a la especie *T. dankoi*, con seis medidas que incluyeron acciones de restauración y educación ambiental.

En el caso de *T. vilamensis*, se realizaron medidas de educación ambiental del tipo instalación de señalética y sensibilización con actores locales, debido principalmente a que esta especie no ha sido registrada desde el año 2016 producto del aluvión que arrasó con esta localidad.

Para *T. philippii* se realizaron cinco medidas de conservación que incluyen medidas de educación ambiental y protección. La justificación de estas medidas, corresponde a que esta especie habita sitios con un gran número de amenazas, principalmente producto de la actividad minera, y debido a que su localidad tipo, Quebrada Amincha, corresponde a uno de los sitios más prístinos (la parte alta de la Quebrada) que alberga una población de *Telmatobius* en la región. En el caso particular de vertiente 11 del salar de Ascotán, actualmente existe un plan de manejo vigente (Resolución Exenta 003/2010) por parte de SCM El Abra, motivo por el que se desestimó la realización de medidas de restauración (generación de refugios y hábitats reproductivos).

Folio009860

T. fronteriensis se encuentra en situación similar a *T. philippii*, sin embargo, esta especie es conocida sólo en su localidad tipo (bodefal de Puquios), y presenta un menor número de amenazas, motivo por el que se realizaron acciones del tipo educación ambiental y protección.

Finalmente, para *T. halli* se realizaron acciones únicamente de educación ambiental, ya que acciones de protección, como la creación de un área protegida, requiere de un estudio más acabado de la zona.

Tabla 53. Medidas de conservación desarrolladas por sitio y especie. EA = Educación Ambiental, P = Protección, R = Restauración. ITJ = Informe Técnico Justificatorio.

Sitio, Comuna	Especie	Medida de Conservación	Tipo de medida	Amenaza a la que apunta
Las Cascadas, Calama	*T. dankoi*	R	Mejoramiento de hábitat	Destrucción del hábitat
	T. dankoi	R	Limpieza de canal	Destrucción del hábitat
	T. dankoi	EA	Sensibilización con actores locales	Destrucción del hábitat
	T. dankoi	EA	Instalación de señalética.	Destrucción del hábitat
Ojo de Opache, Calama	*T. dankoi*	EA	Sensibilización con actores locales	Destrucción del hábitat
	T. dankoi	R	Limpieza de canal	Destrucción del hábitat
Vilama, S.P. de Atacama	*T. vilamensis*	EA	Instalación de señalética.	Destrucción del hábitat
	T. vilamensis	EA	Sensibilización con actores locales.	Destrucción del hábitat
Ollagüe	*T. halli, T. philippii, T. fronteriensis*	EA	Desarrollo de actividades para estudiantes de escuelas locales.	Destrucción del hábitat
	T. halli, T. philippii, T. fronteriensis	EA	Sensibilización con actores locales	Destrucción del hábitat
	T. philippii, T. fronteriensis	EA	Instalación de señalética.	Destrucción del hábitat
Ascotán, Carcote	*T. cf. philippii*	P	Vigilancia/Monitoreo	Destrucción del hábitat
Amincha, Puquios, Ascotán V7, Carcote	*T. philippii, T. fronteriensis*	P	ITJ para la creación de un área protegida oficial	Destrucción del hábitat

Folio009861

4.2.3 Mejoramiento de hábitat y limpieza de canal en Las Cascadas

Durante los días 5 al 9 de septiembre de 2022 se realizaron acciones de mejoramiento de hábitat y limpieza de canal en el sector de Las Cascadas, localidad tipo de *Telmatobius dankoi*. Para el desarrollo de estas acciones se contó con el apoyo de Yery Luza, Jefe de Medio Ambiente, y Waldo Barraza, asesor ambiental; ambos de la Dirección de Medio Ambiente, Aseo y Ornato de la Municipalidad de Calama, quienes facilitaron los accesos al predio y trabajo en terreno.

La actividad consistió en: i) la limpieza de vegetación acuática (limpieza de canal), ii) formación de pozas, y iii) enriquecimiento con refugios. La limpieza de canal se realizó únicamente en el sector donde hay presencia actual de la especie, es decir, dentro de los primeros 100-150 m del estero (**Fotografía 38, Fotografía 39**). En el canal mismo se habilitaron cinco pozas: una en el nacimiento de la vertiente (poza 1; **Fotografía 40**), tres en el sector central (pozas 2.1, 2.2 y 2.3), y una en un tercer sitio, en un sector aguas arriba del aforo (poza 3). Por su parte, los refugios fueron construidos a partir de ladrillos y tejas (

Fotografía 41**, Fotografía 42, Fotografía 43, Fotografía 44**), esto último en base a la experiencia ganada en el Zoológico Nacional de Santiago. Las georreferencias de los sitios intervenidos se presentan en el material anexo al presente informe (Anexo A2). Posterior a esta intervención, se realizó dos monitoreos del estado de las acciones ejecutadas.

Fotografía 38. Arroyo Las Cascadas antes de la intervención.

Fotografía 39. Nacimiento de la Vertiente (poza 1) antes de intervención, septiembre de 2022.

Fotografía 40. Vertiente (poza 1) con remoción de vegetación, septiembre de 2022.

Fotografía 41. Poza 2.1 y refugios, septiembre de 2022.

Fotografía 42. Poza 2.3 y refugios, septiembre de 2022.

Fotografía 43. Refugios en poza 3 (natural) sector antes de aforo, septiembre de 2022.

Fotografía 44. Refugios en vertiente (poza 1), septiembre de 2022.

Folio009866

Durante el primer monitoreo (31 de octubre al 2 de noviembre), se observó que las pozas se mantuvieron, al igual que los refugios instalados. La vegetación ribereña creció poco (2 meses desde la intervención), sin tapar las pozas construidas en sectores que al inicio debieron ser limpiados de vegetación. En todas las pozas hubo un crecimiento importante de algas filamentosas del grupo Chlorophyceae (**Fotografía 45**), las que se beneficiaron del estancamiento del agua y mayor exposición solar. De todos modos, la capa de algas era delgada y fue removida con la revisión de las pozas (**Fotografía 46**). En esta visita, destacó un aumento del caudal (evaluado a ojo desnudo), y una disminución del valor de conductividad eléctrica (**Tabla 54**), que con anterioridad estaba muy elevado (cerca de 9 mS/cm^2). En la poza 3, se obtuvo dos recapturas correspondientes a machos con signos reproductivos (parches nupciales en los dedos) (**Fotografía 47**), y que correspondieron a los individuos con nanochips 982000409794685 y 982000409794748, de 55 y 51 mm con aumentos en la talla de 3 mm cada uno respecto al último registro (otoño 2022 y verano 2022, respectivamente). Adicionalmente, se tomaron mediciones en el canal Dupont (**Tabla 54**), canal de regadío que se desprende del río Loa, y que ha sido mencionado como posible aportante de agua como medida de compensación.

Tabla 54. Monitoreo 1 de las pozas artificiales.

Sitios	Poza 1	Poza 2.1	Poza 2.2	Poza 2.3	Poza 3	Canal Dupont (control)
T° agua °C	20	19	19	19	18	19,5
T° ambiente °C	24	22,5	22,5	22,5	23	29
Humedad relativa %	20	22	22	22	18	41
pH	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07	8,32
Conductividad (mS/cm^2)	6,71	6,71	6,71	6,71	6,71	6,89
SDT (ppm)	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,44
Oxígeno disuelto (mg/L)	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	6,3
Turbiedad (NFU)	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	1,98
Profundidad (cms)	90	30	22	29	76	30
Observación	Cubierta de algas 95%	Cubierta de algas 90%	Cubierta de algas 40%	Cubierta de algas 50%	Cubierta de algas 100%	Agua clara
Presencia de individuos	0	0	0	0	2 machos adultos	0

Fotografía 45. Desarrollo de algas en poza 1, octubre 2022.

Fotografía 46. Limpieza de algas en poza 2.1, octubre de 2022.

Folio009868

Fotografía 47. Macho recapturado, con desarrollo de parches nupciales en los dedos.

Durante el segundo monitoreo (2 al 3 de enero de 2023), se observó que las pozas se mantuvieron, al igual que los refugios instalados (**Fotografía 48**, **Fotografía 49**). La vegetación ribereña se mantuvo con un lento crecimiento (4 meses), sin tapar las pozas construidas. Al igual que en el primer monitoreo, destacó que en todas las pozas hubo un crecimiento importante de algas filamentosas del grupo Chlorophyceae, las que nuevamente fueron removidas. Al igual que en la visita anterior, se observó un aumento del caudal (evaluado a ojo desnudo), pero retomando los altos valores de conductividad eléctrica (cerca de 9 mS/cm^2) (**Tabla 55**). No hubo recapturas de ejemplares, a pesar de los esfuerzos desplegados (aproximadamente 40 minutos en sector donde se obtuvo capturas antes). No fue posible realizar mediciones en el canal Dupont, debido a que se encontraba sin agua.

Tabla 55. Monitoreo 2 de las pozas artificiales.

Sitios	Poza 1	Poza 2.1	Poza 2.2	Poza 2.3	Poza 3	Canal Dupont (control)
T° agua °C	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	seco
T° ambiente °C	23	23	23	23	23	
Humedad relativa %	20	20	20	20	20	
pH	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	
Conductividad (mS/cm^2)	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	
SDT (ppm)	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	
Oxígeno disuelto (mg/L)	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	

Turbiedad (NFU)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Profundidad (cms)	90	29	25	30	76
Observación	Cubierta de algas 95%	Cubierta de algas 90%	Cubierta de algas 40%	Cubierta de algas 50%	Cubierta de algas 100%
Presencia de individuos	0	0	0	0	0

Fotografía 48. Poza 2-3, enero de 2023.

Fotografía 49. Poza 2-1, enero de 2023.

4.2.4 Desarrollo de actividades para estudiantes de escuelas locales - Ollagüe

El miércoles 8 de septiembre de 2022, se dictó un taller al que asistieron 26 niños, que cursan entre 5° básico a 2° medio (**Fotografía 50, Fotografía 51**). La charla tuvo por título "conociendo las ranas de Ollagüe", y se dictó entre las 15:00 a las 16:00 horas. Se entregó libros y trípticos a los asistentes. Se reforzó la actividad con preguntas de los temas abordados y concursos.

Fotografía 50. Video como parte de la charla.

Folio009872

Fotografía 51. Entrega de material de difusión.

4.2.5 Vigilancia/Monitoreo vertiente 7 salar de Ascotán y Carcote

En el marco de la grave desecación observada en la vertiente 7 del Salar de Ascotán (**Fotografía 52, Fotografía 53**), reportada en agosto de 2022, se realizó un plan de vigilancia (monitoreo) a esta localidad que incluyó 3 visitas: 5 al 9 septiembre, 31 de octubre al 2 de noviembre de 2022; y 2 al 3 de enero de 2023. Esta medida se acompañó de la medición de parámetros tales como oxígeno disuelto, conductividad, pH, sólidos disueltos, profundidad en sectores correspondientes a hábitat de *Telmatobius* (orillas), y niveles de la laguna (regleta de medición minera El Abra). Se tomaron tres puntos de control (**Tabla 3**): sitio 1, en la surgencia misma (hábitat de ranas); sitio 2, a unos 50 m en una zona de ecotono entre la vegetación terrestre y el salar (suelo desnudo); y sitio 3, a unos 50 m del anterior en pleno salar. En relación a los valores en el centro del cuerpo de agua, en septiembre fue de 30 cms, en noviembre de 27 cms y en enero de 30.

Durante el primer monitoreo (septiembre de 2022), se constató que la situación se mantenía parecida a la observada en agosto de 2022 cuando se levantó la alerta. En el caso de aguas calientes, en el Salar de Carcote (**Fotografía 54, Fotografía 55**), de donde se supo que hubo extracción de agua, no se observó nada anómalo en relación a los monitoreos mantenidos durante la ejecución del presente estudio.

Fotografía 52. Salar de Ascotán, vertiente 7, monitoreo 8 de septiembre de 2022.

Fotografía 53. Salar de Ascotán, vertiente 7, monitoreo 8 de septiembre de 2022

Fotografía 54. Salar de Carcote, monitoreo 9 de septiembre de 2022.

Fotografía 55. Salar de Carcote, monitoreo 9 de septiembre de 2022.

Durante el segundo monitoreo (octubre-noviembre de 2022), se constató que la situación se mantenía parecida a la observada en agosto de 2022, cuando se levantó la alerta. La situación es grave, dado que las zonas de concentración de *Telmatobius* se observaron descubiertas de agua y colmatadas de lodo (**Fotografía 56**, **Fotografía 57**, **Fotografía 58**). Se escuchó a individuos vocalizando desde algunos sectores que presentaban una lámina superficial de agua, y se observó un cardumen de *Orestias ascotanensis* en la parte central de la vega, donde escurre una vertiente.

Fotografía 56. Salar de Ascotán, vertiente 7 monitoreo 2, noviembre de 2022.

Fotografía 57. Refugios de Telmatobius colmatados de lodo y escasa presencia de agua superficial, noviembre de 2022.

Folio009877

Fotografía 58. Telmatobius cf philippii (fotografiado bajo el agua), noviembre de 2022.

Para el tercer monitoreo, realizado en enero de 2023, la situación no varió en gravedad, notándose incluso un poco más de desecación y muy baja actividad auditiva de las ranas, evidenciando una posible declinación de esta especie.

Tabla 56. Registros de hábitat en Vertiente 7 Ascotán. Sitio 1 = surgencia; Sitio 2 = zona de ecotono entre vegetación terrestre y salar; y Sitio 3 = ambiente de salar sin plantas terrestres. M1 septiembre de 2022, M2 noviembre de 2022 y M3 enero de 2023.

VARIABLES	SITIO 1			SITIO 2			SITIO 3		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
T° agua °C	18,4	18	17,8	16,3	19,4	19	17,5	21,6	24,1
T° ambiente °C	15,8	18,2	13	14,9	18,4	13	15,8	18,8	13
Humedad relativa %	29	40	40	7,7	43	40	21	45,7	40
pH	7,74	7,62	7,7	8,05	7,98	8,36	8,09	8,13	8,51
Conductividad (mS/cm²)	4,04	3,78	4,07	4,48	4,34	4,49	4,42	4,34	4,65
SDT (ppm)	2,01	1,9	2,12	2,24	2,17	2,33	2,21	2,18	2,42
Oxígeno disuelto (mg/L)	6,92	5,7	5,54	8,3	7,7	9,09	8,68	8,7	9,27
Turbiedad (NFU)	0,99	0,98	0,01	0,06	0,05	0,01	0,08	0,08	0,01
Profundidad (cms)	6,3	5	5	8	7,5	7	15	16	15
Cobertura plantas terrestres %	70	70	70	30	30	70	0	0	0
Cobertura plantas acuáticas %	80	40	90	70	60	60	7	0	0
Observaciones		Ranas vocalizando		Presencia de una rana					

Fotografía 59. Canal de alimentación y sitio de aforo (minera el Abra) totalmente seco en visita de enero de 2023.

Fotografía 60. Vista de la zona de refugios de anuros casi sin agua, enero de 2023.

En el caso de aguas calientes (Salar de Carcote), de donde se supo que hubo extracción de agua durante el taller realizado en la localidad de Ollagüe, no se observó nada anómalo en relación a los monitoreos mantenidos por el proyecto FNDR.

Fotografía 61. Monitoreo Salar de Cárcote, día 9 de septiembre de 2022.

Fotografía 62. Monitoreo Salar de Cárcote, día 9 de septiembre de 2022.

Fotografía 63. Monitoreo 2 Salar de Cárcote, noviembre de 2022.

Folio009881

4.2.6 Sensibilización con actores locales

Durante la ejecución del presente estudio se realizaron cuatro charlas (o talleres) como medio de sensibilización con actores locales, en los que se presentó un avance de los resultados obtenidos a la fecha de la realización de cada taller. Para cada una de las actividades se invitó a un experto(a) externo al equipo de investigación, quienes realizaron una charla sobre su experiencia en la conservación de otras especies de anfibios. La convocatoria a estas actividades estuvo a cargo de la contraparte técnica. En la **Tabla 57** se resumen los talleres realizados, y las actas correspondientes a cada actividad se entregan como material anexo al presente informe (Anexo A7).

Tabla 57. Actividades de sensibilización con actores locales.

Taller	Fecha de realización	Lugar de realización	Experto invitado
1	06/08/2021	Plataforma digital Zoom	Patricia Mendoza, Bióloga Herpetóloga Co-Chair de Bolivian Amphibian Initiative
2	11/01/2022	Auditorio del Museo de Cultura y Turismo de Calama	Osvaldo Cabeza, Supervisor de Herpetología, Parque Zoológico Nacional.
3	09/08/2022	Auditorio de la plaza El Quirquincho, Ollagüe	Felipe Rabanal, Herpetólogo de la Universidad Austral de Chile, Red Chilena de Herpetología.
4	28/03/2023	Salón de Honor de la Delegación Presidencial Provincial, El Loa	Patricia Mendoza, Bióloga Herpetóloga Co-Chair de Bolivian Amphibian Initiative

Otras actividades de sensibilización

Se aprovechó de difundir información del proyecto con Carabineros de la comuna de Ollagüe (**Fotografía 64**), y Servicio Agrícola y Ganadero del control fronterizo de la misma comuna (**Fotografía 65**). Hubo una muy buena recepción por parte de estos servicios.

Fotografía 64. Entrega de material de difusión en Retén de Ollagüe.

Fotografía 65. Entrega de material de difusión en control fronterizo SAG.

Folio009883

4.2.7 Instalación de señalética

Dentro de las acciones de educación ambiental consideradas como parte de las medidas de conservación *in situ*, se diseñó 4 infografías para la elaboración e instalación de señalética (letreros) en el área de estudio. Las infografías hacen referencia: una, a información general sobre las ranas acuáticas del género *Telmatobius*; mientras que las otras tres, hacen referencia a las especies asociadas a las comunas más cercanas a los sitios con presencia *Telmatobius*. Esto es la rana del Loa, en Calama; la rana de Vilama, en San Pedro de Atacama; y las ranas de Hall, Philippii y rana de la frontera, en Ollagüe. Los diseños de la señalética (o letreros) se entregan como material anexo al presente informe (Anexo A8).

Los letreros, dos en cada sitio (seis en total), fueron instalados en las comunas de Calama **(Fotografía 66, Fotografía 67**), San Pedro de Atacama **(Fotografía 68, Fotografía 69**) y Ollagüe (**Fotografía 70, Fotografía 71, Fotografía 72**), montados sobre una estructura rústica de madera, con la autorización y colaboración de los Municipios antes mencionados, y de la Comunidad Quechua de Ollagüe. En particular, los letreros se instalaron a las afueras del Centro de Biodiversidad y Conservación El Loa (CENByC), en la comuna de Calama; en el salar de Carcote, en la comuna de Ollagüe; y a las afueras de la Escuela E-26, en la comuna de San Pedro de Atacama. A petición de la Comunidad Quechua de la comuna de Ollagüe, se elaboró un letrero adicional referente a la prohibición de dejar desechos. Las georreferencias de cada sitio de instalación se presentan en la información anexa al presente informe (Anexo A2).

Adicionalmente, en la comuna de San Pedro de Atacama se elaboró un mural alusivo a la rana de Vilama, en el muro externo de la Escuela E-26 (ubicada en Ignacio Carrera Pinto 499; **Fotografía 73**). La elaboración del mural estuvo a cargo del artista Daniel Cari Nuñez (@fluor.art; danielcne25@gmail.com).

Fotografía 66. Letreros instalados frente al Centro de Biodiversidad y Conservación El Loa.

Fotografía 67. Letreros instalados frente al Centro de Biodiversidad y Conservación El Loa

Fotografía 68. Letreros instalados frente a la Escuela E-26, San Pedro de Atacama.

Fotografía 69. Letreros instalados frente a la Escuela E-26, San Pedro de Atacama.

Fotografía 70. Letreros instalados en el Salar de Carcote, comuna de Ollagüe.

Fotografía 71. Letreros instalados en el Salar de Carcote, comuna de Ollagüe.

Fotografía 72. Letreros instalados en el Salar de Carcote, comuna de Ollagüe.

Fotografía 73. Mural de la rana de Vilama elaborado en la comuna de San Pedro de Atacama.

Folio009888

4.2.8 Informe Técnico Justificatorio

El informe técnico justificatorio para la creación de un área protegida se presenta como material anexo al presente informe (Anexo A6).

Folio009889

4.3 Cartera de proyectos

El proyecto formulado se presenta como material anexo al presente informe (Anexo A9).

Folio009890

5. Discusión

En términos generales, las ranas del género *Telmatobius* de la región de Antofagasta son todas de vida completamente acuática, lo que queda revelado por las características de su hábitat y dieta especializada en invertebrados bentónicos (en general, las especies analizadas seleccionaron algunos recursos del ambiente acuático por sobre la oferta ambiental). Esto último es de gran relevancia, ya que hasta antes de este estudio se habían publicado investigaciones en la dieta de *T. dankoi* (Lobos et al., 2016) y *T.* cf. *philippii* presente en el salar de Ascotán (Lobos *et al*., 2018), pero se carecía de esta información para las especies *T. fronteriensis* (Puquios), y para la localidad tipo de *T. philippii* (Amincha).

Este estudio permitió corroborar que las especies de zonas más bajas (*T. dankoi* en las Cascadas, y *T. vilamensis* en San Pedro de Atacama), experimentan importantes procesos de extinción de sus poblaciones silvestres; en un caso por desecación del arroyo (Las Cascadas); y en el otro caso, por procesos naturales (aluviones). Asimismo, este estudio da cuenta que las especies que habitan zonas más altas, se observan poblaciones en mejor estado (en términos de tamaño de las poblaciones, disponibilidad de recursos tróficos y actividad reproductiva), en parte por la menor intensidad de usos antrópicos y extracción de aguas (específicamente en Amincha, Puquios, y río Loa en sector del volcán Miño).

El estero de Puquios, es la localidad tipo de *T. fronteriensis,* y alberga a una población de ranas bien estructurada del punto de vista etario, con presencia de adultos y larvas en diferentes estadios en todos los monitoreos realizados. El curso de agua presenta una conductividad media, con aguas oxigenadas y un caudal promedio que fluctuó entre los 63,8 a 92,56 L/s. Actualmente no se observan usos antrópicos importantes, salvo una pequeña azufrera que no está claro si está en operaciones. Lo anterior, convierte a este sitio en un sector de alto valor ambiental para la población de anuros estudiada. Por otra parte, la ausencia de peces invasores es un elemento de alta importancia en términos de conservación de los anfibios. La protección ambiental de este sitio es relevante, dada su buena condición ambiental.

La Quebrada de Amincha, localidad tipo de *T. philippii*, al igual que la localidad anterior, alberga a una población de ranas bien estructurada del punto de vista etario, con presencia de adultos y larvas en diferentes estadios de desarrollo. El curso de agua presenta una conductividad media, con aguas oxigenadas y un caudal promedio que fluctuó entre los 65,5 s 73 L/s. Actualmente no se observan usos antrópicos importantes, lo que junto con la ausencia de peces invasores convierte a este sitio en un sector de alto valor ambiental para la población de ranas estudiada. Un aspecto interesante, es que este arroyo no presenta un comportamiento termal, a diferencia de los otros sitios muestreados (con salvedad de Vilama, sin presencia de anuros en la actualidad).

Las vertientes 1 y 2 del salar de Carcote, albergan a individuos atribuibles a *T. philippii*. El agua de estas vertientes tiene un carácter termal, en especial la vertiente 2, donde se habilitó una piscina para uso público. En ambas vertientes, el factor más crítico es lo reducido del área utilizada por los anfibios: no más de 80 m lineales en ambos casos. En las mismas vertientes se registró al pez nativo *Orestias gloriae*, especie endémica de este humedal. A la fecha no hay registro de especies de peces introducidos. Su cercanía a la localidad de Ollague, y fácil acceso convierten este sitio en un área con alto valor en términos de educación ambiental para la localidad de Ollagüe y fines de turismo con intereses especiales.

El salar de Ascotán es un hábitat que también alberga individuos atribuibles a *T. philippii*. Lobos *et al*., (2018), realizaron una descripción detallada de la ecología de esta especie en este salar, destacando que este anfibio no está presente en todas las vertientes. En el caso de la vertiente 7, estudios anteriores determinaron que presentaba una población numerosa,

Folio009891

albergando prácticamente la mitad de toda la población estimada para el salar (Lobos *et al*., 2018). No obstante, durante la ejecución de este estudio se constató una importante desecación de esta vertiente, lo que dada su importancia en términos de tamaño de la población, obligó a redirigir los esfuerzos en las acciones de conservación para realizar una vigilancia periódica de este sitio. Hasta enero de 2023, la situación de esta vertiente es considerada crítica. Por su parte, la situación de la vertiente 11 es también compleja, dado que luego de la desecación sufrida en 2005, la tendencia del tamaño poblacional fue a la baja, con un bajo número de adultos y baja reproducción. En ambas vertientes, se registró al pez nativo *Orestias ascotanensis*, especie endémica de este sistema; y a la fecha no hay registro de peces introducidos. El Salar, en especial sus vertientes, son altamente relevantes en términos de biodiversidad y tienen un alto valor en el contexto de actividades de turismo con fines especiales.

En relación a la condición de *T. dankoi*, esta es crítica, pues desde el año 2019 (desecación del arroyo), la pérdida de su hábitat se ha ido acentuando y hace compleja la posible reintroducción desde la cría *ex situ* del Zoológico Nacional de Chile. Una consecuencia importante de esta situación, es que no fue posible detectar evidencia de reproducción. Por otra parte, no se han vuelto a recapturar animales en Ojo de Opache, lugar donde hubo introducción de los ejemplares rescatados en Las Cascadas, por lo que futuras reintroducciones de *T. dankoi* en este sitio requieren de una evaluación detallada del hábitat y, eventualmente, la creación de hábitat artificiales adecuados para los anfibios (que consideren refugios).

La condición más crítica en la región de Antofagasta es la de *T. vilamensis*, del estero Vilama, pues desde el año 2016 (luego de un aluvión de gran magnitud) no se ha vuelto a registrar a esta especie.

En cuanto a la calidad del hábitat de todas las poblaciones de *Telmatobius* presentes en la región de Antofagasta, el análisis multiespectral realizado con imágenes satelitales de alta resolución es claro en mostrar importantes pérdidas de hábitats en todos los sitios evaluados, lo que está en concordancia con lo observado en los estudios de campo.

Por su parte, la exploración de sitios que pudiesen contener otras poblaciones de *Telmatobius* fue infructuosa, obteniendo resultados positivos sólo en el sector alto del río Loa, confirmando la presencia de una población en un arroyo termal tributario al río Loa, en el sector del Volcán Miño. Esta población fue asignada a *Telmatobius halli* por von Tschirnhaus y Correa (2021), y corroborado por el estudio genético realizado en el presente estudio. Las observaciones de trabajo de campo sugieren que se trata de una población numerosa, con una alta presencia de larvas, evidenciando una buena condición de esta población. La protección de este sitio es altamente necesaria, junto a una caracterización más detallada de esta población y su hábitat, en especial en aspectos de su área de ocupación en el territorio.

Los análisis de la infección por el hongo quitrido (Bd) realizados en 224 individuos de *Telmatobius* de distintos sitios de la Región de Antofagasta, indican una ausencia de Bd en la región. Si bien estudios anteriores han demostrado una amplia distribución de Bd en Chile (Alvarado-Rybak *et al*., 2021), en el norte su distribución es más intermitente, probablemente debido a la aridez de los diversos ecosistemas y consecuente mayor aislamiento de los cuerpos de agua, así como un menor impacto antrópico (Bacigalupe *et al*., 2017). De confirmarse esta tendencia en el futuro, se deberán extremar las medidas para evitar el ingreso de Bd a los frágiles ecosistemas donde habitan las especies de *Telmatobius*. Algo similar ocurre en el caso de la infección por *Ranavirus*, donde se analizó un total de 225 ejemplares, resultando todos negativos para este patógeno.

En relación con la identificación genética de las especies, los análisis filogenéticos moleculares muestran que la población de *Telmatobius* presente en la localidad de Miño forma parte de un grupo genético con *T. dankoi* y *T. vilamensis* cuyas relaciones internas carecen de resolución, lo que concuerda con lo publicado recientemente por von Tschirnhaus y Correa

Folio009892

(2021). En el caso de la población presente en las vertientes del salar de Carcote, esta se agrupa con Ascotán, y esta agrupación forma a su vez un clado con *T. fronteriensis* y *T. philippii*, cuyas relaciones filogenéticas no se encuentran resueltas. Cabe señalar que la base de datos electrónica Amphibian Species of the World (Frost 2021), la cual es reconocida por la autoridad de la Lista Roja de anfibios de la IUCN, adoptó la sinonimia propuesta por von Tschirnhaus y Correa (2021), en la que *T. dankoi* y *T. vilamensis* corresponden a sinónimo de *T. halli*. No obstante, la Lista Roja de la IUCN (2021) no se actualiza de forma frecuente, por lo que aún aparecen las tres especies como especies válidas.

En cuanto a las acciones de conservación realizadas durante la ejecución del presente estudio, es fundamental que estas tengan continuidad. Esto es relevante sobre todo las acciones de vigilancia, monitoreo y mejoramiento del hábitat natural de *T. dankoi*; así como en la vertiente 7 del salar de Ascotán, dada la grave situación registrada en 2022. Por este motivo, y como resultado del desarrollo de la cartera de proyectos, se presenta un proyecto basado en el desarrollo de un programa de investigación científica permanente y a largo plazo, a través de un sistema de monitoreo participativo de los territorios en estudio, considerando variables claves relacionadas con la ecología de poblaciones de *Telmatobius*.

Como conclusión, este estudio muestra que en general, las especies de *Telmatobius* de la región de Antofagasta, dependen de pequeños arroyos o vertientes de salares, lo que las hace frágiles frente a perturbaciones tanto naturales (por ejemplo, aluviones), como antrópicas (por ejemplo, extracción de agua). Sin embargo, no todas las especies están en la misma situación, y surge un patrón: las especies que habitan a menor altura, y más cercanas a ciudades se encuentran en una situación más crítica. Por lo tanto, dada la singularidad de cada localidad, es que se hace necesaria la adopción de medidas de conservación que tomen en cuenta la particularidad de cada una de ellas.

Folio009893

6. Referencias

Alvarado-Rybak, M., Lepe-Lopez, M., Peñafiel-Ricaurte, A. et al. 2021. Bioclimatic and anthropogenic variables shape the occurrence of Batrachochytrium dendrobatidis over a large latitudinal gradient. Sci Rep 11, 17383. https://doi.org/10.1038/s41598-021-96535-w

Bacigalupe, L.D., Vasquez, I., Estay, S., Valenzuela-Sánchez, A., Alvarado-Rybak, M., Peñafiel-Ricaurte, A., Cunningham, A.A., Soto-Azat, C. 2019. The amphibian-killing fungus in a biodiversity hotspot: identifying and validating high-risk areas and refugia. Ecosphere, 10: e02724. https://doi.org/10.1002/ecs2.2724.

Barreto-Lima, A.F. 2009. Gastric suction as an alternative method in studies of lizard diets: tests in two species of Enyalius (Squamata). Stud. Neotrop. Fauna. E., 44(1): 23-29. https://doi.org/10.1080/01650520902834397.

Berger, L., Speare, R., Daszak, P., Green, D.E., Cunningham, A.A., Goggin, C.L., Slocombe, R., Ragan, M.A., Hyatt, A.D., McDonald, K.R., Hines, H.B., Lip,s K.R., Marantelli, G., Parkes, H. 1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 95(15): 9031-9036. https://doi.org/10.1073/pnas.95.15.9031.

Boyle, D.G., Boyle, D.B., Olsen, V., Morgan, J.A.T., Hyatt, A.D. 2004. Rapid quantitative detection of chytridiomycosis (*Batrachochytrium dendrobatidis*) in amphibian samples using real-time Taqman PCR assay. Dis. Aquat. Organ., 60(2): 141–148. https://doi.org/10.3354/dao060141.

Correa, C. 2021. A solution to the enigma of the type locality of *Telmatobius halli* Noble, 1938 (Anura: Telmatobiidae), a lost frog for 85 years. ARPHA Preprints. https://doi.org/10.3897/arphapreprints.e67941

Cuevas, C., Formas, J.R. 2002. *Telmatobius philippii*, una nueva especie de rana acuática de Ollagüe, norte de Chile (Leptodactylidae). Rev. Chil. Hist. Nat., 75: 245-258. http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2002000100022.

Cuevas, C., Formas, J.R., Alvarado-Rybak, M., Peñafiel-Ricaurte, A., Azat, C. 2020. Rediscovery of the enigmatic Andean frog *Telmatobius halli* Noble (Anura: Telmatobiidae), re-description of the tadpole and comments on new adult's characters, type locality and conservation status. Zootaxa 4834(2): 195-206. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4834.2.2

Darriba, D., Taboada, G.L., Doallo, R., Posada, D. 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing.Nature Methods, 9, 772. https://doi.org/10.1038/nmeth.2109

De la Riva, I., García-París, M., Parra-Olea, G., 2010. Systematics of Bolivian frogs of the genus Telmatobius (Anura, Ceratophryidae) based on mtDNA sequences. Syst. Biodivers. 8, 49–61. https://doi.org/10.1080/14772000903526454status of two Telmatobius (Anura: Telmatobiidae) frog species from thewestern Andean slopes of northernmost Chile. Zootaxa 4250(4), 301–314. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4250.4.1

Fibla, P., Salinas H., Lobos G., Del Pozo, T., Fabres A., Méndez M.A. 2018. Where is the enigmatic *Telmatobius halli* Noble 1938? Rediscovery and clarification of a frog species not seen for 80 years. Zootaxa 4527(1): 61-74. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4527.1.5

Formas, J.R., Benavides, E., Cuevas, C. 2003. A new species of *Telmatobius* (Anura:

Leptodactylidae) from rio Vilama, northern Chile, and the redescription of *T. halli* Noble. Herpetologica 59(2): 253-270. https://doi.org/10.1655/0018-0831(2003)059[0253:ANSOTA]2.0.CO;2.

Formas, R., Northland, I., Capetillo, J., Nuñez, J., Cuevas, C. Brieva, L. 1999. *Telmatobius dankoi*, una nueva especie de rana acuática del norte de Chile (Leptodactylidae). Rev. Chil. Hist. Nat., 72: 427- 445.

Frost, D.R. 2021. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1 (08-mar-2022). Electronic Database accessible at https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php. American Museum of Natural History, New York, USA. https://doi.org/10.5531/db.vz.0001

Gallardo, C.E., Correa, C., Morales, P., Sáez, P.A., Pastenes, L., Méndez M.A. 2012. Validation of a cheap and simple non-destructive method for obtaining AFLPs and DNA sequences (mitochondrial and nuclear) in amphibians. Mol. Ecol. Resour. 12: 1090–1096. https://doi.org/10.1111/1755-0998.12013

Garland, S., Baker, A., Phillott, A.D., Skerratt, L.F. 2010. BSA reduces inhibition in a TaqMan assay for the detection of *Batrachochytrium dendrobatidis*. Dis. Aquat. Organ., 92: 113-116. https://doi.org/10.3354/dao02053.

Gray, M.J., Miller, D.L., Hoverman, J.T. 2009. Ecology and pathology of amphibian ranaviruses. Dis. Aquat. Organ., 87: 243–266. https://doi.org/10.3354/dao02138

Greer, A.L., Berrill, M., Wilson, P.J. 2005. Five amphibian mortality events associated with ranavirus infection in south central Ontario, Canada. Dis. Aquat. Organ., 67: 9–14. https://doi.org/10.3354/dao067009.

Guindon, S., Dufayard, J-F., Lefort, V., Anisimova, M., Hordijk, W., Gascuel, O., 2010. New algorithms and methods to estimate Maximum-Likelihood phylogenies: assessing the performance of PhyML 3.0. Syst. Biol. 59, 307–321. https://doi.org/10.1093/sysbio/syq010.

Hall, T., 1999. Bioedit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/NT. Nucl. Acids Symp. 41, 95-98.

Hoang, D.T., Chernomor, O., von Haeseler, A., Minh, B.Q., Vinh, L.S., 2018. UFBoot2: Improving the ultrafast bootstrap approximation. Mol. Biol. Evol. 35, 518–522. https://doi.org/10.1093/molbev/msx281.

IUCN. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. https://www.iucnredlist.org. Accessed on [08-mar-2022].

Jaksic, F. 1979. Técnicas estadísticas simples para evaluar selectividad dietaria en Strigiformes. Medio Ambiente (Chile), 4:114-118.

Jolly, G.M. 1965. Explicit estimates from captur-recapture data with both death and immigration-stochastic model. Biométrica, 52: 225-247.

Kalyaanamoorthy, S., Minh, B.Q., Wong, T.K.F., von Haeseler, A., Jermiin, L.S., 2017. ModelFinder: Fast model selection for accurate phylogenetic estimates. Nat. Methods. 14, 587-589. https://doi.org/10.1038/nmeth.4285.

Lobos, G., Rebolledo, N., Charrier, A., Rojas, O. 2016. Natural history notes of *Telmatobius dankoi* (Anura, Telmatobiidae), a critically endangered species from northern Chile. Stud. Neotrop. Fauna E. 51(2), 152-157.

Lobos, G., Rebolledo, N., Salinas, H., Fibla, P., Sáez, P.A., Méndez M. 2021. Ecological features

of *Telmatobius chusmisensis* (Anura: Telmatobiidae), a poorly known species from northern Chile. South American Journal of Herpetology 20(1): 1-7. https://doi.org/10.2994/SAJH-D-18-00019.1

Lobos, G., Sáez, P.A., Villablanca, R., Prado, M., Cruz-Jofré, F., Fibla, P., Méndez M.A. 2020. Invasion of salmonids in the Puna and Southern Chilean Altiplano: patterns and threats to the biodiversity. BioInvasions Records 9(4): 853–864. https://doi.org/10.3391/bir.2020.9.4.19

Miller, M.A., Pfeiffer, W. Schwartz, T., 2010. Creating the CIPRES Science Gateway for Inference of Large Phylogenetic Trees. Proc. Gatew. Comput. Environ. Work. 1, 1–8. https://doi.org/10.1109/GCE.2010.5676129.

Nguyen, L.-T., Schmidt, H.A., von Haeseler, A., Minh, B.Q., 2015. IQ-TREE: A fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum likelihood phylogenies. Mol. Biol. Evol. 32, 268-274. https://doi.org/10.1093/molbev/msu300.

Noble, G.K. 1938. A new species of frog of the genus *Telmatobius* from Chile. American Museum Novitates 973: 1-3.

Pinkas, L, Olipahnt, M, Iverson, I. 1971. Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito in Californian Waters. Calif. Dep.Fish Game, Fish. Bull, 152:1-105.

Price, S., Garner, T.W.J., Nichols, R.A., Balloux, F., Ayres, C., de Alba, A.M.C., Bosch, J. 2014. Collapse of amphibian communities due to and introduced Ranavirus. Current Biology 24:2586–2591. https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.09.028

Ronquist, F., Huelsenbeck, J.P., 2003. Mrbayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. Bioinformatics 19, 1572–1574. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btg180.

Sáez, P.A., Fibla, P., Correa, C., Sallaberry, M., Salinas, H., Veloso, A., Mella, J., Iturra, P., Méndez, M.A., 2014. A new endemic lineage of the Andean frog genus Telmatobius (Anura, Telmatobiidae) from the western slopes of the central Andes. Zool. J. Linn. Soc. 171, 769–782. https://doi.org/10.1111/zoj.12152.

Salinas H., Lobos G. & Charrier A. 2019. Nota de la Red Chilena de Herpetología (RECH): Grave impacto al hábitat de *Telmatobius dankoi* en Las Vertientes, Calama. www.herpetologiadechile.cl

Scheele, B.C., Pasmans, F., Berger, L., Skerrat, L.F., Martel, A., Beukema, W., Acevedo, A.A., Burrowes, P.A., Carvalho, T., Catenazzi, A., De la Riva, I., Fisher, M.C., Flechas, S.V., Foster, C.N., Frías-Álvarez, P., Garner, T.W.J., Gratwicke, B., Guayasamin, J.M., Hirschfeld, M., Kolby, J.E., Kosch, T.A., La Marca, E., Lindenmayer, D.B., Lips, K.R., Longo, A.V., Maneyro, R., McDonald, C.A., Mendelson, J., Palacios-Rodriguez, P., Parra-Olea, G., Richards-Zawacki, C.L., Rödel, M-O., Rovito, S.M., Soto-Azat, C., Toledo, L.F., Voyles, J., Weldon, C., Whitfield, S.M., Wilkinson, M., Zamudio, K.R., Canessa, S. 2019. Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. Science 363: 1459-1463. https://doi.org/10.1126/science.aav0379

Smith, K.F., Acevedo-Whitehouse, K., Pedersen, A.B. 2009. The role of infectious diseases in biological conservation. Anim. Conserv. 12: 1-12. https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00228.x

Solís, R., Penna, M., De la Riva, I., Fisher, M.C., Bosch, J. 2015. Presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in anurans from the Andes highlands of northern Chile. Herpetological Journal 24:55–59.

Folio009896

Soto-Azat, C., Valenzuela-Sánchez, A., Clarke, B.T., Busse, K., Ortiz, J.C., Barrientos, C., Cunningham, A.A. 2013. Is chytridiomycosis driving Darwin's frogs to extinction? PLoS ONE 8:e79862 https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079862

Soto-Azat, C., Peñafiel-Ricaurte, A., Price, S.J., Sallaberry-Pincheira, N., García, M.P., Alvarado-Rybak, M., Cunningham, A.A. 2016. *Xenopus laevis* and emerging amphibian pathogens in Chile. EcoHealth 13: 775-783. https://doi.org/10.1007/s10393-016-1186-9

Swofford, D.L., 2003. PAUP*: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and Other Methods) v.4 (Version 4). Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Teacher, A.G.F., Cunningham, A.A., Garner, T.W.J. 2010. Assessing the long-term impact of Ranavirus infection in wild common frog populations. Anim. Conserv., 13: 514–522. https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2010.00373.x

von Tschirnhaus, Correa, C. 2021. The definitive rediscovery of *Telmatobius halli* (Anura, Telmatobiidae) at its historic type locality and its synonymy with *T. dankoi* and *T. vilamensis*. ZooKeys 1079: 1–33. https://doi:10.3897/zookeys.1079.69036.

Warne, R.W., LaBumbard, B., LaGrange, S., Vredenburg, V.T., Catenazzi, A. 2016. Co-infection by chytrid fungus and ranaviruses in wild and harvested frogs in the tropical Andes. PLoS ONE 11:e0145864. https://doi.org/10.1371/journal.pone.014586

7. Tabla carpeta de anexos

Número Anexo	Anexo
A1	Permisos de captura y bioética
A2	Base de datos de georreferencias
A3	Estudio marcaje y recaptura
A4	Archivos cartográficos digitales
A5	Archivos digitales imágenes satelitales
A6	Informe Técnico Justificatorio
A7	Registro de reuniones y talleres
A8	Diseños letreros (señaléticas)
A9	Cartera de proyectos
A10	Banco fotográfico
A11	Insertos en medios locales
A12	Material de difusión
A13	Video
A14	Programas talleres
A15	Documento y anexos sistematización de la información disponible
A16	Informes de Avance

Nota:

Dado el peso informático de la carpeta con los anexos, ésta se dispuso, fecha 28 de septiembre de 2023, en la carpeta compartida por OneDrive, alojándose en el siguiente enlace:

https://mmambiente-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/carlos_cares_mma_gob_cl/EcthDHTJTAxBoEKgKeob9JAB48YuDln_VgRI15n4b5oX-g?e=vDzxRT

Atte.,

Carlos Cares M.

Profesional Recursos Naturales y Biodiversidad.

SEREMÍA de Medio Ambiente de Antofagasta

Folio009899

INFORME FINAL

“DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS LA PUNTA Y LA BRAVA, SALAR DE ATACAMA”

Elaborada para:

Presentada por:

23 de diciembre de 2020

TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN EJECUTIVO 13
2. ANTECEDENTES GENERALES 17
2.1. Sistema La Punta - La Brava 18
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO 21
3.1. Objetivo general 21
3.2. Objetivos específicos 21
4. ÁREA DE ESTUDIO 21
5. METODOLOGÍA 24
5.1. Listado de factores ambientales que controlan o modelan las lagunas La Punta y La Brava. 24
5.2. Comportamiento temporal y espacial de los factores ambientales. 25
5.2.1. Bases de Datos 25
5.2.2. Análisis Estadísticos 28
5.2.2.1. Estadística descriptiva 28
5.2.2.2. Análisis de varianza 28
5.2.2.3. Análisis de series de tiempo 29
5.2.2.4. Agrupamiento de variables 30
5.2.2.5. Análisis multivariado 31
5.2.3. Imágenes Satelitales 31
5.2.3.1. Preprocesamiento 32
5.2.3.2. Procesamiento 35
5.2.3.3. Postprocesamiento 37
5.2.3.4. Validación 39
5.3 Correlaciones temporales y espaciales de los factores ambientales. 41
5.4 Definición de condiciones de referencia y estado de salud de las lagunas La Punta y La Brava. 42
5.5 Indicadores y variables a medir en el monitoreo de las lagunas La Punta y La Brava 43
6. RESULTADOS 44
6.1. Listado de factores ambientales que controlan o modelan las lagunas La Punta y La Brava. 44

6.2. Comportamiento temporal y espacial de los factores ambientales 48
6.2.1. Variables forzantes 57
6.2.1.1. Temperatura 57
6.2.1.2. Precipitación 61
6.2.1.3. Evapotranspiración 66
6.2.1.4. Superficie de lagunas y de dilución salina 70
I. Base de datos generada 71
II. Base de datos Minera Escondida 89
6.2.1.5. Niveles freáticos 91
6.2.1.6. Niveles lagunares 99
6.2.1.7. Conductividad Eléctrica 103
6.2.1.8. Parámetros in situ de lagunas superficiales 108
6.2.1.9. Macroelementos de lagunas superficiales 126
6.2.1.10. Metales de lagunas superficiales 155
6.2.1.11. Nutrientes de lagunas superficiales 181
6.2.1.12. Otros parámetros de aguas superficiales 207
6.2.1.13. Otros parámetros de sedimentos de lagunas superficiales 222
6.2.2. Variables respuesta 251
6.2.2.1. Fitobentos 252
I. Densidad 257
II. Riqueza 260
III. Diversidad 263
6.2.2.2. Fitoplancton 266
I. Densidad 271
II. Riqueza 274
III. Diversidad 277
6.2.2.3. Zoobentos 280
I. Densidad 281
II. Riqueza 286
III. Diversidad 289
6.2.2.4. Zooplancton 292

I. Densidad 293
II. Riqueza 296
III. Diversidad 299
6.3. Correlaciones temporales y espaciales de los factores ambientales 303
6.3.1. Correlaciones variables abióticas 303
6.3.1.1 Nivel freático-Temperatura atmosférica y Precipitación 303
6.3.1.2. Nivel lagunar-Temperatura atmosférica y precipitación 304
6.3.1.3. Nivel freático – Nivel lagunar 307
6.3.1.4. Nivel lagunar- Superficie lagunar 309
6.3.1.5. Evapotranspiración y Precipitación- Nivel freático y Superficie 311
6.3.2. Correlaciones variables de lagunas superficiales 313
6.3.2.1. Correlaciones de variables químicas *in situ* 313
6.3.2.2. Correlaciones de variables químicas de laboratorio 314
6.3.2.3. Correlaciones de variables biológicas 319
6.3.2.4. Análisis multivariado del sistema lagunar 324
6.4. Definición de condiciones operacionales de referencia y estado de salud de las lagunas La Punta y La Brava. 330
6.4.1. Variables abióticas: nivel freático, nivel lagunar, conductividad eléctrica superficial (limnímetros y reglillas) y superficie lagunar. 331
6.4.2. Variables químicas *in situ* y de laboratorio 333
6.4.3. Variables biológicas 345
7. INDICADORES Y VARIABLES A MEDIR EN EL MONITOREO DE LAGUNAS 347
8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES 351
8.1. Aguas subterráneas y otros factores abióticos 352
8.2. Aguas superficiales 354
9. REFERENCIAS 359
10. ANEXOS 362

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1 Vértices de polígono área indirecta 22
Tabla 5-1 Estructura general de las bases de datos biótica y abiótica de LP-LB 26
Tabla 5-2 Especificaciones espectrales de las bandas de los satélites Landsat 4-5 TM, 7 ETM+ 31

Tabla 5-3 Especificaciones espectrales de las bandas de los satélites Landsat 8 OLI 32
Tabla 5-4 Polígonos de recorte para estaciones verano e invierno, 1995 a 2019 33
Tabla 5-5 Polígonos de recorte para las estaciones primavera y otoño, 1995 a 2019 33
Tabla 5-6 Polígonos de recorte, 1985 a 1995 33
Tabla 5-7 Polígono de recorte Zona de Dilución Salina 37
Tabla 5-8 Interpretación de clases obtenidas mediante clasificación Isodata NDWI lagunas 38
Tabla 5-9 Interpretación referencial de las clases obtenidas mediante clasificación isodata para zona de dilución salina 39
Tabla 5-10 Fechas de imágenes usadas en validación. 39
Tabla 5-11 Interpretación del coeficiente de correlación de Spearman 42
Tabla 6-1 Variables de estado, forzantes y controladoras para subcomponentes del componente C1 de hidrología 45
Tabla 6-2 Variables de estado, forzantes y controladoras para subcomponentes del componente C4 de ecosistemas acuáticos. El doble asterisco (**) indica que las variables son comunes para todos los subcomponentes 46
Tabla 6-3 Variables de estado, forzantes y controladoras para subcomponentes del componente C5 antrópico 46
Tabla 6-4 Variables de estado, forzantes y controladoras para subcomponentes del componente C5 abiótico 46
Tabla 6-5 Criterios variables forzantes. 47
Tabla 6-6 Criterios variables respuesta. 48
Tabla 6-7 Localización de estaciones meteorológicas y puntos de monitoreo de evapotranspiración 54
Tabla 6-8 Localización de los piezómetros 54
Tabla 6-9 Localización de limnímetros y niveles lagunares. 55
Tabla 6-10 Coordenadas de puntos de muestreo de calidad del agua. 55
Tabla 6-11 Temperatura media anual para EM-SCL & EM-Rockwood, EM-Peine y EM-Tilopozo. 61
Tabla 6-12. Precipitación media anual. 65
Tabla 6-13. Rango de p-valor para boxplot realizados en Figura 6-18 65
Tabla 6-14. Descripción estadística de evapotranspiración en puntos de monitoreo EVT-19 y EVT-20, período 2013 – 2019. 67
Tabla 6-15. Síntesis de descripción estadística de superficies lagunares y de dilución salina estimadas 71
Tabla 6-16. Disminución total y cambio porcentual de superficies lagunares estimadas desde 1985 a 2019 71
Tabla 6-17 Cuerpos de superficies lagunares profundas que permanecen 90 a 100% de las temporadas, desde 1985 a 2019 86
Tabla 6-18 Cambio relativo de niveles freáticos 92
Tabla 6-19 Descripción estadística de niveles freáticos 92
Tabla 6-20 Umbrales de niveles freáticos, Plan de Alerta Temprana 99
Tabla 6-21 Descripción estadística de niveles lagunares de La Punta y La Brava 99
Tabla 6-22 Cambio relativo de niveles lagunares 100
Tabla 6-23 Descripción estadística de conductividad eléctrica 104

Tabla 6-24 Cambio relativo de conductividad eléctrica 104
Tabla 6-25 Estadígrafos parámetros *in situ* 108
Tabla 6-26 Estadígrafos por laguna de parámetros *in situ* 109
Tabla 6-27 Diferencias en puntos de muestreo de temperatura 110
Tabla 6-28 Diferencias en puntos de muestreo de pH 113
Tabla 6-29 Diferencias en puntos de muestreo de Oxígeno Disuelto 116
Tabla 6-30 Diferencias en puntos de muestreo de Conductividad Eléctrica 119
Tabla 6-31 Estadígrafos macroelementos de lagunas superficiales 126
Tabla 6-32 Estadígrafos por laguna de macroelementos 127
Tabla 6-33 Diferencias en puntos de muestreo de Carbonato 128
Tabla 6-34 Diferencias en puntos de muestreo de calcio disuelto. 134
Tabla 6-35 Diferencias en puntos de muestreo de cloruro 137
Tabla 6-36 Diferencias en puntos de muestreo de magnesio disuelto 143
Tabla 6-37 Diferencias en puntos de muestreo de potasio disuelto 146
Tabla 6-38 Diferencias en puntos de muestreo de sodio disuelto 149
Tabla 6-39 Diferencias en puntos de muestreo de sulfato 152
Tabla 6-40 Estadígrafos de metales en lagunas superficiales. 155
Tabla 6-41 Estadígrafos por laguna de metales 156
Tabla 6-42 Diferencias de puntos de muestro de arsénico disuelto 157
Tabla 6-43 Diferencias en puntos de muestreo de boro disuelto 160
Tabla 6-44 Estadígrafos de nutrientes en aguas superficiales 181
Tabla 6-45 Estadígrafos por laguna de nutrientes 182
Tabla 6-46 Diferencias en puntos de muestreo de amonio 183
Tabla 6-47 Diferencias en puntos de muestreo de ortofosfato. 201
Tabla 6-48 Diferencias en puntos de muestreo de Alcalinidad 210
Tabla 6-49 Diferencias en puntos de muestreo de Sólidos Totales Disueltos 216
Tabla 6-50 Diferencias en puntos de muestreo de Sólidos Totales Suspendidos 219
Tabla 6-51 Estadígrafos otros parámetros químicos de lagunas superficiales. 222
Tabla 6-52 Estadígrafos por laguna de metales 223
Tabla 6-53 Estadística descriptiva para las variables bióticas del Sistema La Punta-La Brava 251
Tabla 6-54 Composición taxonómica de fitobentos registrada. 252
Tabla 6-55 Estadígrafos de fitobentos por laguna 256
Tabla 6-56 Composición taxonómica de Fitoplancton registrada. 266
Tabla 6-57 Estadígrafos de fitoplancton por laguna 270
Tabla 6-58 Composición taxonómica de zoobentos registrada en La Punta y La Brava. 280
Tabla 6-59 Estadígrafos de zoobentos por laguna 281
Tabla 6-60 Composición taxonómica de Zooplancton registrada. 292
Tabla 6-61 Estadígrafos de zooplancton por laguna 293
Tabla 6-62 Matriz de correlación de Nivel Freático-Temperatura atmosférica, Nivel freático-Precipitación, 2013-2018 303
Tabla 6-63 Matriz correlación Nivel lagunar -Temperatura atmosférica, Nivel freático-precipitación, 2013-2018 305

Tabla 6-64 Matriz de correlación Nivel freático-Nivel lagunar, 2013-2018 307
Tabla 6-65 Matriz de correlación Superficie lagunar y de Dilución salina - Nivel lagunar, 1996-2018 309
Tabla 6-66 Matriz de correlación Evapotranspiración y Precipitación - Nivel freático y Superficies, 2013-2018 311
Tabla 6-67 Matriz de correlación (Spearman) de parámetros químicos *in situ*, 2000-2018 (2010-2017 para salinidad), ... 313
Tabla 6-68 Matriz de correlación parámetros químicos, 2000-2018 314
Tabla 6-69 Matriz de correlación (Spearman) iones y metales, 2010-2016 315
Tabla 6-70 Matriz de correlación Biótico, 2014-2019 319
Tabla 6-71 Matriz de correlación Biótico-variables ambientales, 2014-2019 321
Tabla 6-72 Valores de referencia de nivel freático 332
Tabla 6-73 Valores de referencia de nivel lagunar 332
Tabla 6-74 Valores de referencia de conductividad eléctrica en superficie de 333
Tabla 6-75 Valores de referencia de superficie lagunar La Punta y La Brava 333
Tabla 6-76 Valores de referencia de parámetros *in situ* La Punta y La Brava 334
Tabla 6-77 Valores de referencia de parámetros químicos de la columna de agua. 335
Tabla 6-78 Valores de referencia de parámetros químicos de sedimentos 343
Tabla 6-79 Resumen comportamiento histórico de las comunidades fitobentónicas 345
Tabla 6-80 Resumen comportamiento histórico de las comunidades fitoplanctónicas 346
Tabla 6-81 Resumen comportamiento histórico de las comunidades zoobentónicas 346
Tabla 6-82 Resumen comportamiento histórico de las comunidades zooplanctónicas 346
Tabla 7-1 Localización de nuevos puntos de monitoreo propuestos 350

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Modelo hidrogeológico conceptual del sistema La Punta-La Brava 19
Figura 4-1 Área de estudio de lagunas La Punta y La Brava 22
Figura 4-2 Cuencas y subcuencas, constitución de derechos de agua 23
Figura 5-1 Diagrama de flujo metodológico aplicado a las imágenes satelitales 32
Figura 5-2 Polígonos de recorte de índice NDWI 36
Figura 5-3 Parámetros técnicos de clasificación no supervisada Isodata 38
Figura 6-1 Localización de piezómetros según componente espacial 49
Figura 6-2 Limnímetros y monitoreo de niveles lagunares según componente espacial 51
Figura 6-3 Estaciones meteorológicas y puntos de monitoreo de evapotranspiración 52
Figura 6-4 Puntos de Muestreo de Datos Acuáticos 53
Figura 6-5 Temperatura media mensual y diaria, 2009 a 2019, EM-SCL y EM-Rockwood 57
Figura 6-6 Temperatura media mensual EM-Tilopozo, 2010 a 2017 58
Figura 6-7 Temperatura media mensual EM-Peine, 1985 a 2019 59
Figura 6-8 Boxplot de temperaturas mensuales de EM-Peine, EM-Rockwood, SCL y EM-Tilopozo. 60
Figura 6-9 Precipitación acumulada mensual 1997 a 2019, EM-SCL y EM-Rockwood 62

Figura 6-10 Precipitación acumulada mensual, 2010 a 2017, EM-Tilopozo 63
Figura 6-11 Precipitación acumulada mensual, 1985 a 2019, EM-Peine 64
Figura 6-12 Boxplot tipo violín de precipitaciones (mm/mes) según estacionalidad para las estaciones meteorológicas: EM-SCL & EM-Rockwood, EM-Tilopozo y EM-Peine. Fuente: Elaboración propia 66
Figura 6-13 Evapotranspiración en punto de monitoreo EVT-19, 2013-2019. Fuente: Elaboración propia. 67
Figura 6-14 Evapotranspiración en punto de monitoreo EVT-20, 2013-2019. 68
Figura 6-15 Boxplot, monitoreo de evapotranspiración en EVT-19 y EVT-20, 2013-2019 69
Figura 6-16 Superficie lagunar total: (A) verano e invierno, (B) otoño y primavera, 1985- 2019. ... 73
Figura 6-17 Superficie lagunar profunda: (A) verano e invierno, (B) otoño y primavera, 1985- 2019 77
Figura 6-18 Recurrencia de superficie lagunar total en invierno, 1985 a 2019, La Punta y La Brava. 81
Figura 6-19 Recurrencia de superficie lagunar profunda en invierno, 1985 a 2019, La Punta y La Brava 82
Figura 6-20 Recurrencia de superficie lagunar profunda en verano, 1985 a 2019, La Punta y La Brava 83
Figura 6-21 Recurrencia de superficie lagunar profunda en otoño, 1985 a 2019, La Punta y La Brava 84
Figura 6-22 Recurrencia de superficie lagunar profunda en primavera, 1985 a 2019, La Punta y La Brava 85
Figura 6-23 Superficie de agua en zona de dilución salina (borde sur del núcleo del Salar),1985- 2019, (A): verano e invierno, (B): otoño y primavera 87
Figura 6-24 Superficie lagunar profunda y zona de dilución salina profunda, invierno y verano 2002 -2018 90
Figura 6-25 Niveles freáticos: (A, B) Norte o aguas abajo, (C, D) Borde lagunar, Sur o aguas arriba, (E, F) Sur lejano (G, H). Fuente: Elaboración propia 94
Figura 6-26 Piezómetros del Plan de Alerta Temprana, 2013 a 2019 98
Figura 6-27 Niveles lagunares: (A, B) Borde y (C) Sur o aguas arriba 101
Figura 6-28 Conductividad eléctrica: (A, B) Borde, (C, D) Sur o aguas arriba, (E) Sur lejano 105
Figura 6-29 Conductividad eléctrica en laguna La Brava (E) Sur lejano 106
Figura 6-30 Análisis temporal y espacial de temperatura del agua de las Laguna La Punta y La Brava 111
Figura 6-31 Análisis temporal de temperatura del agua por estación de muestreo y por empresa 112
Figura 6-32 Análisis temporal y espacial de pH de las Laguna La Punta y La Brava 114
Figura 6-33 Análisis temporal de pH por estación de muestreo y por empresa 115
Figura 6-34 Análisis temporal y espacial de oxígeno disuelto de las Laguna La Punta y La Brava.. 117
Figura 6-35 Análisis temporal de oxígeno disuelto por estación de muestreo y por empresa 118
Figura 6-36 Análisis temporal y espacial de conductividad de las Laguna La Punta y La Brava 121
Figura 6-37 Análisis temporal de conductividad eléctrica por estación de muestreo y por empresa 122

Folio009907

Figura 6-38 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava 124
Figura 6-39 Análisis temporal de salinidad por estación de muestreo y por empresa 125
Figura 6-40 Análisis temporal y espacial de carbonato de las Laguna La Punta y La Brava 129
Figura 6-41 Análisis temporal de carbonato por estación de muestreo y por empresa 130
Figura 6-42 Análisis temporal y espacial de bicarbonato de las Laguna La Punta y La Brava 132
Figura 6-43 Análisis temporal de bicarbonato por estación de muestreo y por empresa 133
Figura 6-44 Análisis temporal y espacial de calcio disuelto de las Laguna La Punta y La Brava 135
Figura 6-45 Análisis temporal de calcio disuelto por estación de muestreo y por empresa 136
Figura 6-46 Análisis temporal y espacial de cloruro de las Laguna La Punta y La Brava 138
Figura 6-47 Análisis temporal de cloruro por estación de muestreo y por empresa 139
Figura 6-48 Análisis temporal y espacial de fluoruro de las Laguna La Punta y La Brava 141
Figura 6-49 Análisis temporal de fluoruro por estación de muestreo y por empresa 142
Figura 6-50 Análisis temporal y espacial de magnesio disuelto de las Laguna La Punta y La Brava144
Figura 6-51 Análisis temporal de magnesio disuelto por estación de muestreo y por empresa.... 145
Figura 6-52 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava 147
Figura 6-53 Análisis temporal de potasio disuelto por estación de muestreo y por empresa 148
Figura 6-54 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava 150
Figura 6-55 Análisis temporal de sodio disuelto por estación de muestreo y por empresa 151
Figura 6-56 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava 153
Figura 6-57 Análisis temporal de sulfato por estación de muestreo y por empresa 154
Figura 6-58 Análisis temporal y espacial de Arsénico disuelto de las Laguna La Punta y La Brava 158
Figura 6-59 Análisis temporal de arsénico disuelto por estación de muestreo y por empresa..... 159
Figura 6-60 Análisis temporal y espacial de boro disuelto de las Laguna La Punta y La Brava..... 161
Figura 6-61 Análisis temporal de boro disuelto por estación de muestreo y por empresa 162
Figura 6-62 Análisis temporal y espacial de cadmio disuelto de las Laguna La Punta y La Brava .. 164
Figura 6-63 Análisis temporal de cadmio disuelto por estación de muestreo y por empresa 165
Figura 6-64 Análisis temporal y espacial de cobre disuelto de las Laguna La Punta y La Brava 167
Figura 6-65 Análisis temporal de cobre disuelto por estación de muestreo y por empresa 168
Figura 6-66 Análisis temporal y espacial de hierro disuelto de las Laguna La Punta y La Brava..... 170
Figura 6-67 Análisis temporal de hierro disuelto por estación de muestreo y por empresa 171
Figura 6-68 Análisis temporal y espacial de litio disuelto de las Laguna La Punta y La Brava 173
Figura 6-69 Análisis temporal de litio disuelto por estación de muestreo y por empresa 174
Figura 6-70 Análisis temporal y espacial de plomo disuelto de las Laguna La Punta y La Brava 176
Figura 6-71 Análisis temporal de plomo disuelto por estación de muestreo y por empresa 177
Figura 6-72 Análisis temporal y espacial de zinc disuelto de las Laguna La Punta y La Brava 179
Figura 6-73 Análisis temporal de zinc disuelto por estación de muestreo y por empresa 180
Figura 6-74 Análisis temporal y espacial de amonio de las Laguna La Punta y La Brava 184
Figura 6-75 Análisis temporal de amonio por estación de muestreo y por empresa 185
Figura 6-76 Análisis temporal y espacial de fósforo de las Laguna La Punta y La Brava..... 187
Figura 6-77 Análisis temporal de fósforo por estación de muestreo y por empresa 188
Figura 6-78 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava 190
Figura 6-79 Análisis temporal de materia orgánica por estación de muestreo y por empresa..... 191

Figura 6-80 Análisis temporal y espacial de nitrógeno de las Laguna La Punta y La Brava 193
Figura 6-81 Análisis temporal de nitrógeno por estación de muestreo y por empresa 194
Figura 6-82 Análisis temporal y espacial de nitrato de las Laguna La Punta y La Brava 196
Figura 6-83 Análisis temporal de nitrato por estación de muestreo y por empresa 197
Figura 6-84 Análisis temporal y espacial de nitrito de las Laguna La Punta y La Brava 199
Figura 6-85 Análisis temporal de nitrito por estación de muestreo y por empresa 200
Figura 6-86 Análisis temporal y espacial de ortofosfato de las Laguna La Punta y La Brava 202
Figura 6-87 Análisis temporal de ortofosfato por estación de muestreo y por empresa 203
Figura 6-88 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava 205
Figura 6-89 Análisis temporal de ortofosfato por estación de muestreo y por empresa 206
Figura 6-90 Análisis temporal y espacial de clorofila 'a' de las Laguna La Punta y La Brava 208
Figura 6-91 Análisis temporal de clorofila 'a' por estación de muestreo y por empresa 209
Figura 6-92 Análisis temporal y espacial de alcalinidad de las Laguna La Punta y La Brava 211
Figura 6-93 Análisis temporal de alcalinidad por estación de muestreo y por empresa 212
Figura 6-94 Análisis temporal y espacial de turbidez de las Laguna La Punta y La Brava 214
Figura 6-95 Análisis temporal de turbidez por estación de muestreo y por empresa 215
Figura 6-96 Análisis temporal y espacial de sólidos totales disueltos de las Laguna La Punta y La Brava 217
Figura 6-97 Análisis temporal de sólidos totales disueltos por estación de muestreo y por empresa 218
Figura 6-98 Análisis temporal y espacial de sólidos totales suspendidos de las Laguna La Punta y La Brava 220
Figura 6-99 Análisis temporal de sólidos totales suspendidos por estación de muestreo y por empresa 221
Figura 6-100 Análisis temporal y espacial de arsénico sedimento de las Laguna La Punta y La Brava 225
Figura 6-101 Análisis temporal de arsénico sedimento por estación de muestreo y por empresa 226
Figura 6-102 Análisis temporal y espacial de boro sedimento de las Laguna La Punta y La Brava 228
Figura 6-103 Análisis temporal de boro sedimento por estación de muestreo y por empresa. 229
Figura 6-104 Análisis temporal y espacial de cadmio sedimento de las Laguna La Punta y La Brava 231
Figura 6-105 Análisis temporal de cadmio sedimento por estación de muestreo y por empresa . 232
Figura 6-106 Análisis temporal y espacial de cobre sedimento de las Laguna La Punta y La Brava. 234
Figura 6-107 Análisis temporal de cobre sedimento por estación de muestreo y por empresa.... 235
Figura 6-108 Análisis temporal y espacial de hierro sedimento de las Laguna La Punta y La Brava 237
Figura 6-109 Análisis temporal de hierro sedimento por estación de muestreo y por empresa. .. 238
Figura 6-110 Análisis temporal y espacial de materia orgánica sedimento de las Laguna La Punta y La Brava 240
Figura 6-111 Análisis temporal de materia orgánica sedimento por estación de muestreo y por empresa 241

Figura 6-112 Análisis temporal y espacial de fósforo sedimento de las Laguna La Punta y La Brava 243
Figura 6-113 Análisis temporal de fósforo sedimento por estación de muestreo y por empresa. 244
Figura 6-114 Análisis temporal y espacial de plomo sedimento de las Laguna La Punta y La Brava 246
Figura 6-115 Análisis temporal de plomo sedimento por estación de muestreo y por empresa .. 247
Figura 6-116 Análisis temporal y espacial de zinc sedimento de las Laguna La Punta y La Brava .. 249
Figura 6-117 Análisis temporal de zinc sedimento por estación de muestreo y por empresa..... 250
Figura 6-118 Densidad de fitobentos en La Punta y La Brava. 258
Figura 6-119 Análisis temporal y espacial de densidad fitobentos de las Laguna La Punta y La Brava 259
Figura 6-120 Riqueza de fitobentos en La Punta y La Brava. 261
Figura 6-121 Análisis temporal y espacial de riqueza de fitobentos de las Laguna La Punta y La Brava..... 262
Figura 6-122 Diversidad de fitobentos en La Punta y La Brava..... 264
Figura 6-123 Análisis temporal y espacial de diversidad de fitobentos de las Laguna La Punta y La Brava..... 265
Figura 6-124 Densidad de fitoplancton en La Punta y La Brava..... 272
Figura 6-125 Análisis temporal y espacial de densidad de fitoplancton de las Laguna La Punta y La Brava..... 273
Figura 6-126 Riqueza de fitoplancton en La Punta y La Brava 275
Figura 6-127 Análisis temporal y espacial de riqueza de fitoplancton de las Laguna La Punta y La Brava..... 276
Figura 6-128 Diversidad de fitoplancton en La Punta y La Brava..... 278
Figura 6-129 Análisis temporal y espacial de diversidad de fitoplancton de las Laguna La Punta y La Brava..... 279
Figura 6-130 Densidad de zoobentos (ind/m^2) en La Punta y La Brava. 282
Figura 6-131 Densidad de zoobentos (ind/L) en La Punta y La Brava. 283
Figura 6-132 Análisis temporal y espacial de densidad de zoobentos de las Laguna La Punta y La Brava..... 284
Figura 6-133 Análisis temporal y espacial de densidad de zoobentos de las Laguna La Punta y La Brava..... 285
Figura 6-134 Riqueza de zoobentos en La Punta y La Brava..... 287
Figura 6-135 Análisis temporal y espacial de riqueza de zoobentos de las Laguna La Punta y La Brava..... 288
Figura 6-136 Diversidad de zoobentos en La Punta y La Brava..... 290
Figura 6-137 Análisis temporal y espacial de diversidad de zoobentos de las Laguna La Punta y La Brava..... 291
Figura 6-138 Densidad en zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava..... 294
Figura 6-139 Análisis temporal y espacial de densidad de zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava..... 295
Figura 6-140 Riqueza en zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava. 297

Figura 6-141 Análisis temporal y espacial de riqueza de zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava..... 298
Figura 6-142 Diversidad en zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava..... 300
Figura 6-143 Análisis temporal y espacial de diversidad de zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava..... 301
Figura 6-144 Variación temporal de: (A) niveles freáticos sur, (B) niveles freáticos y lagunares en borde, (C) niveles freáticos norte, (D) precipitación e índice multivariado de ENOS (Multivariate ENSO Index; MEI), (E) temperatura y evapotranspiración, 2013-2019. Fuente: Elaboración propia 306
Figura 6-145 Variación temporal de (A) niveles freáticos sur, (B) niveles lagunares y superficie lagunar total, 2013-2019. Fuente: Elaboración propia 308
Figura 6-146 Variación temporal de superficie lagunar total, precipitación, niveles lagunar de (A) La Punta y (B) de La Brava, 1996-2019. Fuente: Elaboración propia..... 310
Figura 6-147 Variación temporal de (A) precipitación, (B) superficie lagunar y de dilución salina, (C) temperatura y evapotranspiración, 1996-2019. Fuente: Elaboración propia. 312
Figura 6-148 Variación temporal de (A) salinidad, sodio y cloruro (B) pH y oxígeno disuelto, (C) temperatura y conductividad eléctrica, 1996-2019. Fuente: Elaboración propia 317
Figura 6-149 Variación temporal de (A) sólidos totales disueltos y alcalinidad (B) sulfato y carbonato, (C) precipitación y bicarbonato, 1996-2019. Fuente: Elaboración propia 318
Figura 6-150 Variación temporal de (A) diversidad fitoplancton (B) diversidad fitobentos, (C) diversidad zooplancton, (D) diversidad zoobentos 2014-2020. Fuente: Elaboración propia; Diversidad: índice de Shannon 323
Figura 7-1 Puntos de nuevos puntos de monitoreo propuestos. 348

1. RESUMEN EJECUTIVO

Se determinaron los factores ambientales que controlan o modelan las lagunas La Punta y La Brava. Para ello se utilizó como información base los resultados del proyecto "Estudio de un Modelo Conceptual Ecológico para la Cuenca del Salar de Atacama", financiado por el Ex Comité de Minería no Metálica de CORFO y ejecutado por AMAKAIK SpA. En él se definieron los componentes del modelo ecológico y las variables de estado, forzantes y controladoras para el Salar de Atacama para cada componente, siguiendo los trabajos de Bilotta & Brazier, 2008; Jones et al., 2011 y Soetaert & Herman, 2009. Una vez definidas las variables que aplican para este estudio, fueron seleccionadas las variables/factores ambientales que cumplieran con las condiciones de: i) que constituyan componentes relevantes del ecosistema, ya sea por su rol forzante de procesos o estructurador de hábitat; ii) que sea medido o monitoreado; iii) que tenga alguna conexión con las fuentes de presión.

Los factores ambientales propuestos para diagnosticar la situación ambiental de las lagunas La Punta y La Brava. son: a) Precipitación; b) Temperatura atmosférica; c) Evapotranspiración; d) Nivel freático (piezométrico); e) Nivel lagunar f) Temperatura de aguas superficiales; g) Superficie lagunar (Área de espejo de agua); h) Concentración de nutrientes en aguas superficiales; i) Concentración de macroelementos en aguas superficiales; j) Concentración de metales en aguas superficiales; k) Oxígeno disuelto en aguas superficiales; l) Conductividad/Salinidad en aguas superficiales y m) pH en aguas superficiales.

Se incluyen dentro de este análisis los subcomponentes biológicos a modo de variables respuesta, ya que además pueden ser considerados estructuradores de hábitat. Esto porque los distintos grupos biológicos pueden modificar concentraciones de elementos en el ambiente (nutrientes, oxígeno, etc) y las interacciones entre los distintos grupos pueden modular la dinámica ecosistémica de las lagunas. Las comunidades consideradas son: I) Microorganismos extremófilos; II) Fitobentos; III) Fitoplancton; IV) Zoobentos; V) Zooplancton y VI) Plantas Vasculares Acuáticas. Estas variables son analizadas en función de los parámetros de densidad, riqueza y diversidad, para cada grupo biológico.

Los resultados más importantes obtenidos a través de los análisis estadísticos para las variables abióticas son que, para niveles lagunares y niveles freáticos, las variaciones a lo largo de los períodos analizados 2013 a 2019, 2000 a 2018, 2007 a 2018, 2015 a 2019, 2016 a 2019 y 1995 a 2018, son mayoritariamente de aumento o disminución leves, de rango de valor absoluto entre 0,005 m a 0,07 m. Existiendo diferencias por sectores lagunares, y por período histórico o reciente de medición. Para los niveles freáticos del sector aguas arriba de la laguna La Brava, se estima en dos piezómetros las mayores disminuciones totales de -0,155 m para el período 2013 a 2019 y -0,072 m para el período 2000 a 2018 mientras que, para dos puntos de monitoreo de

niveles lagunares de la laguna La Punta se estima la mayor disminución total de -0,213 m, y el mayor aumento total de 0,035 m durante el período 1995 a 2018.

Para la variable conductividad eléctrica en superficie, se estimó una tendencia de disminución en dos puntos de monitoreo de ambas lagunas para el período histórico 1998 a 2018 y de aumento en la laguna La Punta desde 2016 a 2019.

Además, al comparar la conductividad de ambas lagunas, se obtuvieron valores significativamente mayores en La Brava que en La Punta, para el período histórico 1998 a 2018.

También se consideró en este estudio la variable evapotranspiración, estimándose una tendencia de disminución durante el período reciente, desde 2013 a 2019.

Uno de los factores relevantes del sistema lagunar La Punta y La Brava es su superficie, las que fueron estimadas a través de análisis de imágenes satelitales, durante el período histórico 1985 a 2019, obteniéndose que los valores analizados por estación (verano, invierno, primavera y otoño) presentan una tendencia de disminución significativa. Una tendencia de disminución también se obtiene para la superficie lagunar más dilución salina profunda entre 2002 y 2018, generada por Minera Escondida.

Como factor modulador de las variables mencionadas, se consideró relevante la temperatura atmosférica, analizándose los datos disponibles de las estaciones meteorológicas de Peine desde 1985 a 2019, Rockwood-SCL desde 2009 a 2019 y Tilopozo desde 2010 a 2017. Para las tres estaciones se obtuvo estadísticamente una tendencia de aumento significativo de temperatura, estimándose para EM- Rockwood-SCL un aumento de 0,108 °C por año y para EM-Tilopozo en 0,032 °C por año, durante los períodos señalados.

Mientras que, para los datos de precipitación se evidencia una tendencia de disminución significativa en EM-Tilopozo durante el período 2010 a 2017.

Respecto de las lagunas superficiales, se destaca que las series temporales de los parámetros *in situ*, muestran que los valores para todas las variables son sostenidamente mayores para La Brava, pero que consecuentemente, a partir de 2016/2017, los valores de La Punta se tornan mayores con una tendencia de incremento, exceptuando al oxígeno disuelto que disminuye. En tanto, las series temporales de sólidos totales disueltos, carbonatos y sulfatos también tienden a ser mayores en La Brava, aunque con la clara distinción de la variable alcalinidad, cuyos valores son mayores para La Punta. Lo más notable de este conjunto de series es la progresiva (abrupta en el caso de bicarbonato) disminución de concentración en torno a 2004-2006 hacia adelante. Esto coincide con la disminución en la tasa de precipitaciones entre 2004 y 2010. A partir de 2010

algunas concentraciones tienden a aumentar levemente en concordancia con precipitaciones más frecuentes e intensas.

Respecto de las correlaciones entre variables químicas se destacan los parámetros *in situ*, mostrando correlaciones significativas entre variables tales como salinidad y conductividad, temperatura y oxígeno disuelto, entre otros que refuerzan la utilización de estos parámetros para determinar la calidad de las lagunas ya que se relacionan además con los procesos biológicos que se desarrollan al interior de cada laguna. Los macroelementos muestran las más altas correlaciones significativas y positivas al interior de las lagunas.

El zooplancton no registra diferencias significativas entre lagunas para los parámetros de densidad, riqueza y diversidad. Un factor importante a considerar en este tipo de análisis es la baja cantidad de entidades taxonómicas registradas en general y el nivel de resolución taxonómica menor respecto de otros grupos como las microalgas, lo que se refleja en comunidades aparentemente más homogéneas. Por su parte, el zoobentos es una comunidad, que al igual que el zooplancton, presenta baja cantidad de entidades taxonómicas, las que son determinadas al nivel de familia o género, por lo que también se muestra una composición homogénea. En este caso, el zoobentos muestra una disminución de la diversidad, forzado principalmente por una disminución muy importante de la densidad de individuos pese a un aumento en su riqueza.

En el caso de las microalgas, tanto en la comunidad bentónica como planctónica, domina la clase Bacillariophyceae (diatomeas). Este grupo es muy diverso, particularmente en sistemas hipersalinos de altura, lo que es registrado por los monitoreos en el sistema La Punta y La Brava. Cabe señalar que este grupo se encuentra también formado parte de los microorganismos extremófilos, considerados como la principal comunidad biológica estructuradora de hábitat en este tipo de ecosistemas. El fitoplancton, al igual que el zooplancton, no registra diferencias significativas entre lagunas para ninguno de los parámetros considerados, sin embargo, el fitobentos presenta diferencias significativas para la riqueza taxonómica y diversidad entre las lagunas La Punta y La Brava. Cabe señalar que en general la tendencia de las series temporales de las comunidades microalgales es de disminución para la diversidad del fitobentos y la riqueza y diversidad del fitoplancton en ambas lagunas. A pesar de esta tendencia significativa el segundo semestre de 2018 y el primer semestre de 2019 particularmente el fitoplancton muestra un interesante aumento respecto del resto de la serie temporal.

Un número importante de altas correlaciones significativas fueron registradas entre los parámetros de los cuatro grupos biológicos evaluados. Tanto las correlaciones positivas como negativas dan cuenta de las interacciones de depredación y competencia descritas para estos sistemas, así como de la posible asociación con la presencia de comunidades extremófilas que dominan en la Laguna La Brava.

De los análisis multivariados, el ACP entrega un primer componente principal (explica el 19,2% de varianza) que está siendo influenciado por procesos relacionados con fluctuaciones en temperatura y evapotranspiración, de modo que el nivel de las lagunas es un importante modulador de las variables físicoquimicas a medida que responde a los cambios intraanuales e interanuales de temperatura. En tanto, se podría postular que procesos biológicos asociados al nivel de las lagunas, podrían estar modulando las variables segregadas por el segundo componente principal, el que es más complejo de descifrar ya que solo explica un 15.1% de la varianza y separa variables sin una relación directa. Esto porque el desarrollo biológico se asocia en general a valores negativos del segundo componente principal. Por su parte, del CCA es posible concluir para las comunidades biológicas que tanto la densidad, diversidad y riqueza del fitobentos y fitoplancton se ven favorecidos por condiciones "invernales", o de mayor nivel agua, mientras que condiciones tipo-verano favorece la densidad, diversidad y riqueza del zooplancton.

Para la definición de indicadores y variables a medir en el monitoreo de las lagunas se consultó la guía de Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA (Sea, 2012), en la cual se definen los principales aspectos que se requieren para el entendimiento de un sistema hidrogeológico. A partir de esto se identificaron los componentes que deben ser caracterizadas y la información de campo que debe ser levantada y monitoreada. Es así como, se propone la instalación de nuevas estaciones meteorológicas, recolección de muestras de aguas subterráneas y aguas lluvia para el análisis isotópico, y nuevos puntos de medición de evapotranspiración.

En el caso de las lagunas superficiales se propone continuar el monitoreo en los puntos históricos para aumentar la serie temporal existente, con el objetivo de robustecer el análisis. Por otra parte, se recomienda mantener el set de variables y sus respectivos parámetros ya que, si bien este estudio determina mayor relevancia de algunos (ej. parámetros *in situ*), una vez finalizados los análisis todos se confirman como factores forzantes: temperatura, concentración de nutrientes, concentración de macroelementos, concentración de metales, oxígeno disuelto, conductividad/salinidad y pH. Además, las variables respuesta, correspondientes a los grupos biológicos, deben mantenerse en evaluación, considerando las comunidades extremófilos de particular interés por su relevancia ecológica y su sensibilidad como sensor de los cambios que fueron detectados en este estudio, mas no pudieron ser correlacionados con estas comunidades por falta de información cuantitativa y sistemática.

Se entregan valores de referencia para el monitoreo de todos los factores ambientales abióticos propuestos, utilizando criterios estadísticos y juicio de experto. En tanto, para las variables abióticas se propone utilizar la estructura comunitaria como referencia.

Se concluye del análisis que las lagunas presentan cambios temporales significativos en los factores ambientales propuestos y en las comunidades biológicas evaluadas, reflejando en la actualidad una menor calidad ambiental respecto del rango temporal histórico considerado para cada variable.

2. ANTECEDENTES GENERALES

La cuenca del Salar de Atacama, con un área de aproximadamente 12.400 km^2, corresponde al mayor depósito salino del país (Figura 2-1). Se ubica a 2.300 msnm en la provincia del Loa, de la región de Antofagasta y es una cuenca pre altiplánica que se encuentra inserta dentro del sistema hidrográfico Pacífico Seco, caracterizada por sus desiertos marginales costeros. El clima predominante es el árido, en sus subtipos desérticos y estepárico, con temperaturas anuales que oscilan entre los -5°C y los 28°C.

El Salar de Atacama está constituido por dos grandes unidades: el núcleo o "core" de 1.100 km^2 de superficie, de 900 m de espesor y con una zona marginal de limos salinos de unos 2.000 km^2 de superficie. El núcleo está formado por halita (NaCl), impregnado con una salmuera de cloruro de sodio, rica en litio, potasio, magnesio y boro; mientras que la zona marginal consiste en una fina capa de sedimentos salinos ricos en sulfato y especialmente en yeso.

Hidrográficamente el Salar de Atacama se caracteriza por tener una recarga continua de agua subterránea proveniente del extremo este, por la infiltración de la precipitación que se produce en el altiplano y solo esporádicamente algunos cursos superficiales llegan a sus bordes. Por el norte desembocan los ríos San Pedro y Vilama, cuyas aguas infiltran rápidamente.

Las lagunas salobres ubicadas en la zona marginal este se agrupan en los sistemas La Punta-La Brava, Peine, Aguas de Quelana, Soncor y Tilopozo, además de la laguna Tebenquiche, de la que hay poca información disponible. Las características ambientales de estas lagunas resaltan por su alta radiación solar, por sus fluctuaciones extremas de temperatura, típicas de ambientes desérticos, gran evaporación neta, producción de agua hipersalina y altas concentraciones de arsénico debido a eventos volcánicos. Todas estas condiciones contribuyen al desarrollo de comunidades de microorganismos adaptados para soportar condiciones extremas.

Los ecosistemas acuáticos de la cuenca del salar de atacama poseen una biota muy rica y diversa, desarrollándose en el fondo de ellas comunidades microalgales y de invertebrados bentónicos, además de complejos y únicos sistemas como son los formados por microorganismos extremófilos, tapetes microbianos y

microbialitos, por ejemplo. En tanto, en la columna de agua existen especies características como artemias o copépodos.

El Salar de Atacama es uno de los principales yacimientos de litio del mundo y la extracción de este elemento proviene de la explotación de salmueras naturales por dos grandes empresas privadas: SQM Salar S.A. y Albemarle. Así, este importante auge minero ha conllevado también a la creciente explotación del recurso hídrico en la cuenca, no solo a partir de las extracciones de las dos empresas señaladas, sino que también de las empresas Minera Zaldívar Ltda. y Minera Escondida Ltda., las que se encuentran emplazadas en el acuífero de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo (MNT), que desemboca en el borde sur del salar. Este complejo sistema hídrico interconectado superficial y subterráneamente alimenta vegas, bofedales, lagunas y salares, representando una base de equilibrio para la red de drenaje que da vida a oasis como Peine, Toconao y Socaire, junto con comunidades que ancestralmente han habitado este territorio.

2.1. Sistema La Punta - La Brava

La agrupación de lagunas en sistemas responde al objetivo de reducirlos conceptualmente a unidades manejables para su estudio. De esta forma, el sistema La Punta-La Brava se encuentra formada por las lagunas La Punta y La Brava, tal como su nombre lo indica, las que son objeto de estudio de este proyecto.

Respecto a la dinámica de las aguas superficiales y subterráneas del Sistema La Punta-La Brava, los resultados y caracterizaciones realizadas por el CEA (2015) establecen que:

- Se evidencia una diferencia en el comportamiento de la salmuera y del acuífero dulce-salobre.
- Los niveles de la salmuera del núcleo muestran un descenso sostenido en el tiempo, sin un comportamiento estacional, y con una respuesta asociada a eventos de precipitación.
- El acuífero dulce-salobre no muestra una tendencia en la variación de su nivel, presenta un comportamiento estacional, y tampoco muestra una respuesta asociada a eventos de precipitación.
- Las lagunas muestran comportamientos distintos dependiendo de la ubicación, teniéndose zonas que muestran un comportamiento estacional bien marcado (forzado por la alta evaporación de la zona), y otras que no muestran cambios, las que se consideran con ocurrencia de afloramientos locales permanentes.
- Tal comportamiento determina marcados gradientes espaciales y temporales en cuanto a salinidad y conductividad eléctrica, variables estructurales al ecosistema.
- Las diferentes partes (o sub-cuerpos de agua) que componen a cada laguna poseen desniveles considerables, definiendo de buena manera la dirección de los flujos en el subsistema.

Los autores proponen un modelo conceptual del funcionamiento del Subsistema La Punta-La Brava, el cual se muestra en la Figura 2-1. Allí se evidencia como la alimentación del acuífero dulce-salobre local (en la zona de las lagunas) dependerá del aporte realizado por flujos provenientes desde el extremo Sur del Salar, y ubicados en zonas de mayor altitud de la cuenca. Estas aguas afloran en parte en la zona de las Vegas de Tilopozo, sin generar una canalización que las lleve hasta las lagunas. Así, las lagunas se alimentan de afloramientos locales forzados por la presencia de la interfase salina que se sitúan principalmente en la orilla sur de las lagunas (CEA, 2015).

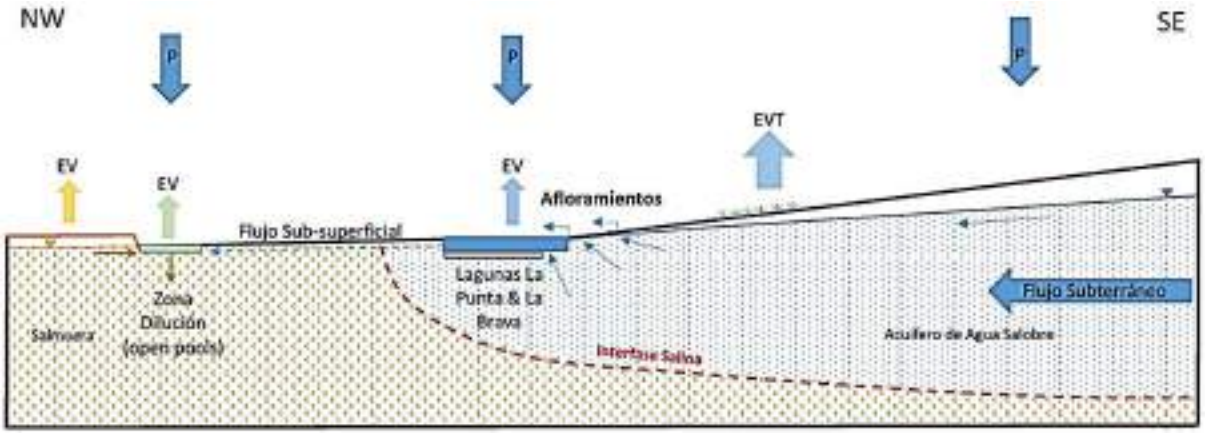


Figura 2-1 Modelo hidrogeológico conceptual del sistema La Punta-La Brava

Fuente: CEA, 2015

Este subsistema de lagunas se caracteriza principalmente por presentar valores de conductividad específica y salinidad variables. La conductividad muestra variaciones espaciales entre las lagunas, aumentando desde la laguna La Punta hacia La Brava, así como importantes variaciones temporales, con mayores valores en verano, probablemente asociado a mayores tasas de evaporación. Los valores observados están por sobre los 30 mS/cm. Por otra parte, y en relación con la variable conductividad, los sólidos totales disueltos al igual que la conductividad evidencian la misma tendencia. El pH es básico promediando un valor de 8, observándose valores más altos en la laguna La Brava (Amakaik, 2018).

El estudio de modelo ecológico conceptual para la cuenca del Salar de Atacama y la generación de la base de datos de ecosistemas acuáticos para el mismo, fue desarrollado por Amakaik en proyectos financiados por el Comité de Minería No Metálica de CORFO, durante los años 2017 y 2018. Como parte de estos estudios se recopilo información relevante para el sistema La Punta-La Brava, sin embargo, no toda la información estuvo disponible oportunamente, de modo que no fue considerada.

En el estudio mencionado, el sistema La Punta-La Brava fue caracterizado biológicamente para los componentes fitobentos, fitoplancton, microorganismos extremófilos, zoobentos, zooplancton y plantas vasculares acuáticas.

Respecto a los microorganismos extremófilos los resultados obtenidos muestran que el sistema La Punta-La Brava presenta una riqueza total de 18 *taxa*. Se registra la presencia de A*cidobacteria, Bacterpidetes, Caldithrix, Chloroflexi, Chalmydiae, Firmicutes, Lentisphaerae, Planctomycetes, Proteobacteria, Spirochaetes, Thermi, Verrucomicrobia, Acetothermia. Bacteroidetes, Cyanobacteria, Crenarcheota, Chloroflexi, Deinococcus-Thermus, Euryarcheota, Firmicutes, Planctomycetes, Proteobacteria, Spirochaetes, Thermi* y *Verrucomicrobia* (Farias et al., 2017).

En este mismo estudio, el fitobentos en el sector La Punta registró un total de 73 *taxa*, presentando una alta dominancia del género *Denticula* (diatomea) que alcanza el 68%. En tanto, en el sector La Brava, se encuentra un total de 84 *taxa*, presentando también una alta dominancia del género *Denticula* (diatomea) llegando a un 94%. Respecto del fitoplancton registrado en el sector La Punta, se tiene un total de 85 *taxa*, presentando nuevamente una alta dominancia del género *Denticula* con el 83%. En tanto, el fitoplancton de La Brava registra un total de 100 *taxa*, presentando también una alta dominancia del género *Denticula (*88%).

En la laguna La Punta la composición zooplanctónica está principalmente estructurada por copépodos de los órdenes Calanoida y Harpacticoidea, incluyendo a los calanoideos *Boeckella sp*, *Boeckella bergi* y *Boeckella titicacae* y los harpacticoideos de la familia Canthocamptidae como *Attheyella sp*. Otro grupo importante fue el crustáceo branquiópodo *Artemia franciscana*. De manera aislada se identificaron ejemplares de los grupos Acari, gasterópodos de las familias Hydrobiidae, Cochliopidae y Planorbidae, rotíferos correspondientes a *Cephalodella sp*. y larvas de insectos dípteros de las familias Ceratopogonidae, Chironomidae, Dolichopodidae, Empididae y Ephydridae. La tendencia es la dominancia de copépodos del género Boeckella seguido por copépodos Canthocamptidae o bien *Attheyella sp* (AMAKAIK, 2018).

Los resultados del estudio para la laguna La Brava indican que la composición zooplanctónica está representada por copépodos de los órdenes Calanoida, Ciclopoida y Harpacticoidea, incluyendo a los calanoideos *Boeckella sp* y los harpacticoideos de la familia Canthocamptidae como *Attheyella sp*. Otro grupo importante es el crustáceo branquiópodo Artemia franciscana. De manera aislada se identificaron ejemplares de los grupos Acari, gasterópodos de la familia Cochliopidae, rotíferos correspondientes a *Cephalodella sp*. y larvas de insectos dípteros de las familias Ceratopogonidae, Chironomidae, Dolichopodidae, Empididae, Ephydridae y Elmidae. Los *taxa* ampliamente dominante en laguna La Brava (de septiembre 2008 a verano 2016) fueron los copépodos de la familia Canthocamptidae, incluyendo a *Attheyella sp*. Luego en dominancia se encontraron los copépodos Ciclopoida, los calanoideos *Boeckella sp*. y el branquiópodo *Artemia franciscana*.

Las mayores riquezas totales se observaron en primavera y verano (entre 1 taxón y 7 *taxa*, respectivamente). Cabe señalar que A. franciscana fue encontrada a partir de julio de 2014, siendo dominante en invierno de 2015 junto con *Boeckella sp*., desplazando a los copépodos Canthocamptidae como dominantes.

La composición zoobentónica de laguna La Punta muestra dominancia principalmente de individuos de la familia Canthocamptidae, Ceratopoginidae y Ephydridae, seguido de organismos del género *Hyalella* y *Heleobia*. En la laguna La Brava es dominada principalmente por individuos de la familia Canthocamptidae, Ceratopoginidae y Ephydridae, seguido de organismos de la familia Chironomidae y del género *Hyalella*.

Para las plantas acuáticas, en el sector La Punta se tiene un total de cuatro especies entre las que se encuentran la hidrófita *Ruppia filifolia*, y las helófitas Sarcocornia fruticosa, *Puccinellia frigida* y *Triglochin palustris*. En el sector La Brava, se registró un total de cuatro especies entre las que se encuentran la hidrófita *Ruppia filifolia*, y las helófitas Sarcocornia fruticosa, *Puccinellia frigida* y *Triglochin palustris* (AMAKAIK, 2018).

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1. Objetivo general

Diagnosticar la situación ambiental de las lagunas La Punta y La Brava, Salar de Atacama, en base a la información histórica existente.

3.2. Objetivos específicos

- Recopilar la información existente de las lagunas y generar una base de datos bibliográfica.
- Generar un diagnóstico de los componentes ambientales seleccionados para las lagunas y su área de influencia.
- Establecer indicadores para monitoreo de los componentes ambientales definidos

4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio (Figura 4-1), comprende las lagunas La Punta y La Brava, localizadas en la zona marginal sur del Salar de Atacama (576.554 E/ 737.555.595 S, Datum WGS-84), Región de Antofagasta.

Tabla 4-1 Vértices de polígono área indirecta

Vértices	Coordenadas UTM (Datum WGS84)	
	Este (m)	Norte (m)
1	573.516,216	7.377.604,584
2	579.389,978	7.377.604,584
3	579.389,978	7.373.085,491
4	573.505,633	7.373.096,075

Fuente: Elaboración propia

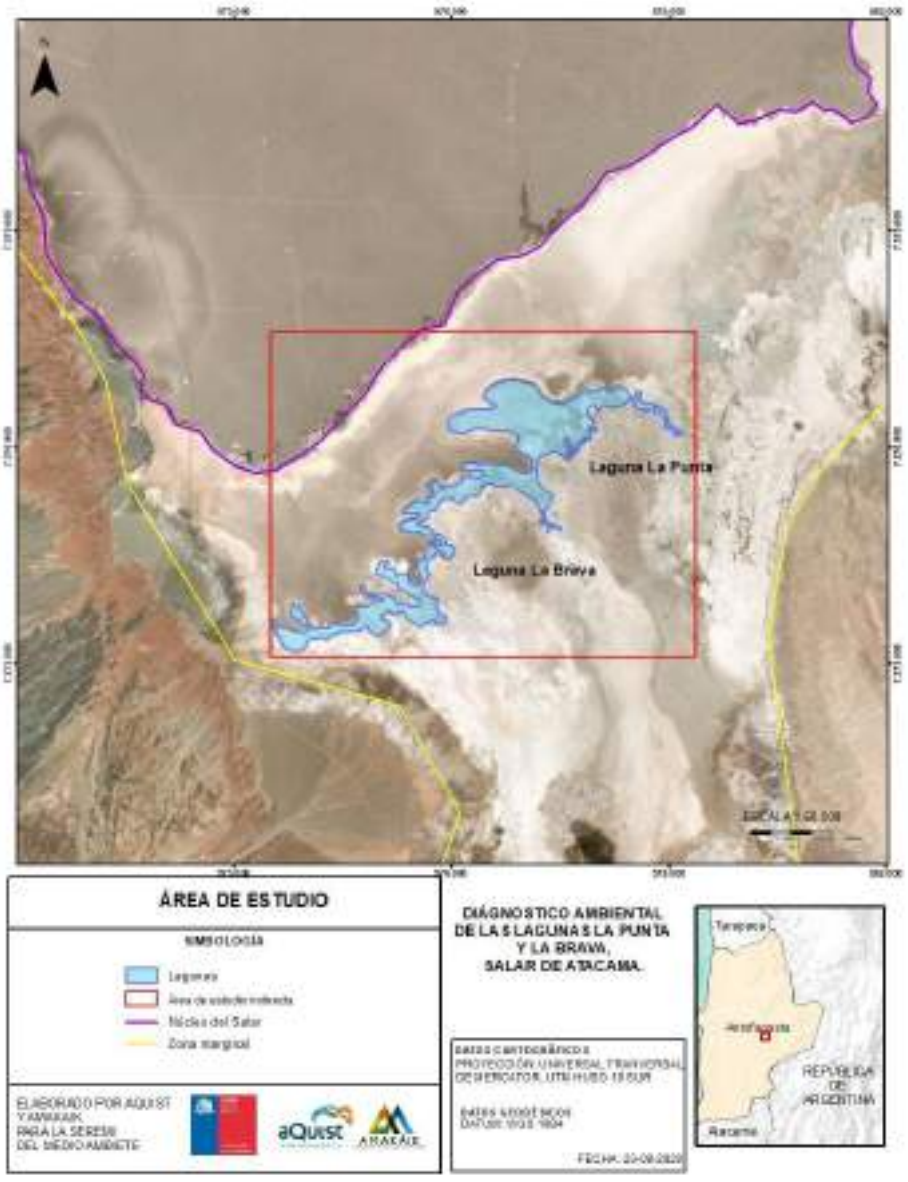


Figura 4-1 Área de estudio de lagunas La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

El área de estudio indirecta (Figura 4-1), corresponde a un polígono rectangular alrededor de las lagunas La Punta y La Brava, construido a partir de los vértices de

Tabla 4-1 y de extensión 2658,3133 ha.

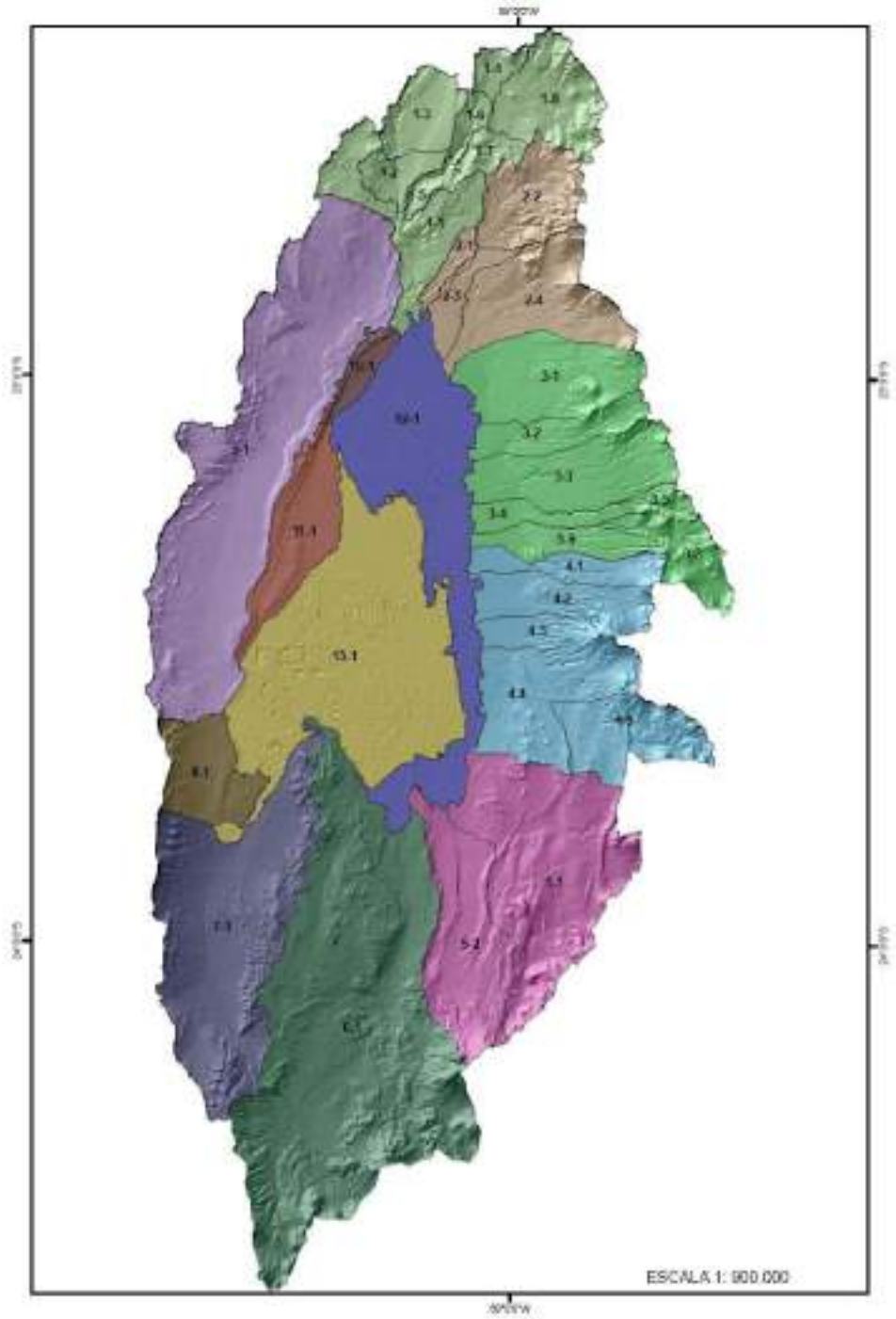


Figura 4-2 Cuencas y subcuencas, constitución de derechos de agua.

Fuente: DGA/GCF, 2010

Cabe señalar que según la delimitación de cuencas de derechos de aprovechamiento de aguas 2010, realizado por la Dirección General de Aguas (DGA), las lagunas La Punta y La Brava, se localizan en la cuenca 12, subcuenca 1 (DGA/GCF,2010).

5. METODOLOGÍA

A continuación, se detallan las metodologías asociadas a los tres objetivos específicos del proyecto: 1. Listado de factores ambientales que controlan o modelan las lagunas La Punta y La Brava; 2. Comportamiento temporal y espacial de los factores ambientales; 3. Correlaciones temporales y espaciales de los factores ambientales; 4. Definición de condiciones de referencia y estado de salud de las lagunas La Punta y La Brava.5. Establecer indicadores para monitoreo de los factores ambientales definidos.

En general, para un mejor análisis espacial de los datos se procedió a generar la cartografía base (ArcGis 10.4), representando los puntos de muestreo, pozos y estaciones meteorológicas. Dichos mapas se generaron con datum WGS84 Huso 19 Sur.

5.1. Listado de factores ambientales que controlan o modelan las lagunas La Punta y La Brava.

En el proyecto “Estudio de un Modelo Conceptual Ecológico para la Cuenca del Salar de Atacama”, financiado por el Ex Comité de Minería no Metálica de CORFO y ejecutado por AMAKAIK SpA, se definen los componentes del modelo y las variables de estado, forzantes y controladoras para el Salar de Atacama para cada componente. Los componentes son 6: C1 Recurso Hídrico; C2 Flora y Vegetación; C3 Fauna Terrestre; C4 Ecosistemas Acuáticos; C5 Antrópico y C6 Abiótico. De estos 6 componentes, se consideran aplicables a este estudio, de acuerdo con la delimitación de área de influencia directa e indirecta del Sistema La Punta y La Brava, las variables pertenecientes a los componentes C1, C4, C5 y C6.

Para definir los distintos tipos de variables se consideraron los trabajos de (Bilotta & Brazier, 2008; Jones et al., 2011; Soetaert & Herman, 2009). En particular, se consideraron las siguientes definiciones operacionales:

Variables de estado: Son aquellos componentes o variables que nos interesan estudiar. Estas pueden corresponder a los componentes y subcomponentes definidos por los expertos, así como también a variables de naturaleza estocástica que se encuentran anidadas en cada componente y/o subcomponente. Entenderemos como variable de estado a aquella variable “modelable” y que sufre cambios en relación a las

variables forzantes y controladoras. Es decir, aquel atributo que puede ser cuantificado y representado en un modelo matemático que da cuenta de su variación temporal, espacial o espacio temporal.

Variables o funciones forzantes: Son aquellos factores externos importantes que regulan el sistema y que impactan en las variables de estado. En este sentido, pueden ser atributos externos cuyas escalas espaciales y temporales características sean de gran magnitud, como el efecto de fenómenos climáticos de gran escala como el fenómeno El Niño-Oscilación Sur, o bien pueden ser factores externos con una escala y ámbito de acción mucho más específico, como la acción de actividades humanas en superficie muy localizadas del paisaje.

Variable controladora: Es aquella variable que da cuenta de manera importante de los cambios en las variables forzantes y de estado, habitualmente es una variable latente, i.e. no es medible directamente, pero si se podría definir en relación a posibles estructuras de relaciones (correlaciones). Ejemplo de ello podría ser el análisis de variables hidrogeológicas en conjunto con variables climáticas y meteorológicas, para determinar eventuales relaciones que puedan dar evidencia de efectos causales.

Una vez definidos los componentes a considerar y sus respectivas variables de estado, forzantes y controladoras para este estudio, fueron seleccionadas las variables/factores ambientales que cumplieran con las condiciones de: a) que constituyan componentes relevantes del ecosistema, ya sea por su rol forzante de procesos o estructurador de hábitat; b) que sea medido o monitoreado; y c) que tenga alguna conexión con las fuentes de presión.

5.2. Comportamiento temporal y espacial de los factores ambientales.

5.2.1. Bases de Datos

Para analizar el comportamiento temporal y espacial de los factores ambientales seleccionados, se llevó a cabo la integración de la información disponible en dos bases de datos, la primera contando con información acerca de parámetros biológicos y físicoquimicos localizados en el área de influencia directa (en las lagunas La Punta y La Brava propiamente tal) y una segunda Base de Datos que cuenta con información abiótica de niveles freáticos, niveles lagunares, conductividad eléctrica en superficie de piezómetros y en lagunas, precipitación, temperatura, evapotranspiración, superficie lagunar y superficie de agua en zona de dilución salina. Se determinaron entidades metodológicas, geográficas, temporales y biológicas y abióticas, según corresponda, compuestas por atributos (columnas), que a través de los registros de datos o puntos de muestreos (filas), caracterizan una unidad espaciotemporal en un sistema, relacionadas en una tabla de doble entrada.

La estructura de la Base de Datos de La Punta y La Brava comparte algunos atributos con la Base de Datos de Ecosistemas Acuáticos ya finalizada en el marco del proyecto Estudio de un Modelo Ecológico Conceptual de la Cuenca del Salar de Atacama (Amakaik, 2018), por ejemplo, los atributos espaciales de código de punto de muestreo y unidad hidrogeológica.

Para un mejor uso de la base de datos, se generó información en relación a la fuente y ubicación espacial de los datos que no se presentan de manera literal en la fuente original de información, pero si posible de obtener a partir de ésta. Por ejemplo, se agregaron los atributos de nombre del proyecto, unidad ejecutora, contraparte, año de muestreo, entre otros. Más específicamente, las entidades de "Ubicación espacial" y "Fuente de información" integran datos de metadata que fueron obtenidos para la generación de las Bases de Datos, mientras que el resto de las entidades reúne información obtenida en terreno o gabinete durante la ejecución de cada proyecto, cuya metodología de muestreo se encuentra descrita en profundidad en cada estudio al que hacen referencia.

La metodología por la cual se obtuvieron los atributos se detalla en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para ambas Base de datos.

Tabla 5-1 Estructura general de las bases de datos biótica y abiótica de LP-LB

Entidad	Entidad	Atributo	Descripción*
ID		Código Único	Código único que involucra la (Abreviatura Mandante) + (Estación) + (Abreviatura de la Estacionalidad) + (Año). Ejemplo: 1_A_F34_ Sep_2013
Fuente de la información	De donde se obtuvo la Información	Proyecto	Título del proyecto de inversión. Ejemplo. Modificaciones_y_Mejoramiento_del_Sistema_de_Pozas_de_Evaporación_Solar_en_el_Salar_de_Atacama
		Tipo informe	Tipo de informe analizado. (Ejemplo: Línea Base, Monitoreo histórico etc.) Ejemplo: Linea_Base_Adenda_4
		Documento	Anexo o capítulo en donde se encontró la información. Ejemplo: Apéndice_C: Línea_de_Base_Flora_y_Fauna_Acuática
		Titular del proyecto	Nombre de la empresa dueña del proyecto. Ejemplo: Albemarle_(ex_Rockwood_Lithium)
		Código titular	Abreviatura del nombre de la empresa mandante. Ejemplo: Albemarle: A
		Empresa consultora	Nombre de la empresa consultora encargada de realizar el o los estudios. Ejemplo: AT-EME_S.A

Entidad	Entidad	Atributo	Descripción*
Ubicación espacial	Información geográfica del sitio muestreado	Región	Región administrativa donde se ubica el sitio muestreado. Ejemplo: Antofagasta
		Cuenca	Cuenca en la que se encuentra el sitio de estudio. Ejemplo: Salar_de_Atacama
		Zona Hidrogeológica	Zona hidrogeológica definida por empresa AMPHOS. Estas corresponden: "Zona marginal acuífero (15) y Este y Sur (6). Estas están definidas en la hoja Unidades Hidrogeológicas de esta misma planilla Es posible encontrar seis tipos de UH: • Núcleo • Oeste • S/I • Zona Marginal Norte • Zona Marginal Sur hasta Núcleo • Zona Oeste • Zona Sur (7) • Zona Sur (8) • Zona Sur (9)
		Unidad Hidrogeológica	Zona hidrogeológica definida por empresa AMPHOS. Estas están definidas en la hoja Unidades Hidrogeológicas de esta misma planilla Excel. Estas corresponden: "UH1, UH2, UH3 y s/i (sin información)".
		Estación, Hábitat o Transecto (T) *	Nombre de la estación u hábitat según ha sido definido por el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental. Se encuentra diversidad de códigos.
		Estación homóloga*	Nombre que recibió inicialmente la estación de muestreo, la cual, fue modificada posteriormente con un nuevo nombre.
		UTM E inicio	Coordenada Este del inicio transecto en metros WGS84 UTM del sitio de muestreo.
		UTM N inicio	Coordenada Norte del inicio transecto en metros WGS84 UTM del sitio de muestreo.
		UTM E término	Coordenada Este del término transecto en metros WGS84 UTM del sitio de muestreo (si procede).
		UTM N término	Coordenada Norte del término transecto en metros WGS84 UTM del sitio de muestreo (si procede).
Ubicación temporal	Información temporal del sitio de muestreo	Día inicio muestreo*	Día de inicio de toma de muestras para cada campaña. Expresado en número del 1 al 31.
		Día término muestreo*	Día final de toma de muestras para cada campaña. Expresado en número del 1 al 31 (si procede).

Entidad	Entidad	Atributo	Descripción*
		Mes año	Mes y año en que se realizó la toma de muestras. El mes se expresa escribiendo las tres primeras letras del mes, seguido de guion bajo y el año. Ejemplo: Sept_2013.
		Estacionalidad	Temporada en la que se realizó el muestreo (invierno, verano, otoño, primavera)

Los atributos destacados con * no se utilizan en la base de datos abiótica, en cambio se agregan en la entidad Ubicación espacial los atributos Punto de Muestreo, Hábitat/Ambiente, Sistema Franjas, Sistema y Sector, mientras que en la entidad Ubicación temporal se agrega el atributo fecha. Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la integración de los datos, se procedió a la depuración de los mismos, eliminando caracteres que dificulten su utilización por otros softwares. Por lo tanto, de la base de datos fueron extraídas las tildes, los espacios entre caracteres. Las letras las "ñ" fueron reemplazadas por "n" y los espacios por guion bajo "_".

Cabe señalar que en la base de datos de parámetros abióticos se realizó una delimitación del área de estudio indirecta, obteniendo los siguientes cuatro componentes espaciales o zonas: Norte, Borde lagunar, Sur y Sur lejano. Sin embargo, esta división no aplica a los datos de lagunas superficiales por concentrarse las estaciones de muestreo en la zona Borde lagunar y solo algunas estarían ubicadas en la zona Sur.

5.2.2. Análisis Estadísticos

5.2.2.1. Estadística descriptiva

Con las bases de datos depuradas fueron realizadas las pruebas estadísticas utilizando el programa Python 3.8.3, mediante las librerías Scikit-learn, Statistics y SciPy. Primeramente, se realizó una exploración de la información recopilada usando estadística descriptiva, mostrando esta información en tablas y gráficamente, indicando las medias, varianzas, máximos, mínimos, percentiles y distribución de cada factor ambiental seleccionado en el tiempo, además de indicar la dispersión de los datos de ±1 δ (1 desviación estándar).

Luego, para todas las variables correspondientes a los distintos factores ambientales propuestos como indicadores se realizaron pruebas de normalidad paramétrica (test de Shapiro-Wilks) o no-paramétrico (test de Kolmogorov-Smirnov), según el tamaño del conjunto. Si el p-valor de la prueba estadística fue superior a 0,05, entonces se rechazó la hipótesis nula de una distribución normal, y se consideraron aproximaciones no-paramétricas para esas variables.

5.2.2.2. Análisis de varianza

Con lo anterior evaluado, para determinar diferencias significativas entre conjuntos de datos se realizó un t-test si los conjuntos en cuestión cumplen los requisitos de normalidad y homocedasticidad entre conjuntos. En caso de que no se cumplieran estos requisitos, se aplicó el test no-paramétrico de Mann-Whitney (MWtest). Se debe

aclarar que el t-test determina diferencia significativa de medias aritméticas, mientras que MWtest determina diferencia significativa de medianas. Este procedimiento se utilizó cada vez que se comparan específicamente dos conjuntos de datos, fueran estos puntos de muestreo, estaciones del año, lagunas, sectores, etc.

Para determinar diferencias significativas entre más de dos conjuntos de datos, se realizó un análisis de varianza. Siguiendo la misma revisión de cumplimiento de requisitos paramétricos, se optó por un ANOVA de una vía si los requisitos se cumplían (normalidad, homocedasticidad e independencia entre los conjuntos), y en el caso negativo, se realizó un test de Kruskal-Wallis (KWtest). Con el fin de determinar qué pares de conjuntos, entre la multiplicidad de conjuntos, difieren significativamente, se realizó una prueba *post-hoc* según el análisis de varianza aplicado. Estos son, test de Tukey que complementa al ANOVA, y el test de Dunn (Dtest) que complementa al KWtest. Los conjuntos analizados deberían compartir la misma ventana temporal para ser comparados.

5.2.2.3. Análisis de series de tiempo

Con respecto a tendencias y modelos de ajuste, la evolución histórica de cada variable fue evaluada y para esto se descompuso su serie de tiempo mediante un modelo multiplicativo, cuando fue posible. Un modelo aditivo de descomposición fue utilizando en conjuntos que presentaron ceros (ej. precipitaciones). La descomposición multiplicativa encuentra el valor promedio del conjunto, las fluctuaciones estacionales, el ruido (relacionado con outliers) y la tendencia. Para cada punto en el tiempo, cada observación equivale al resultado de la multiplicación de estos elementos. La descomposición aditiva suma los elementos en vez de multiplicarlos. Este procedimiento permitió aislar la tendencia de la serie temporal, depurada de oscilaciones de periodicidad anual (estacionalidad) y de ruido aleatorio. La curva obtenida como tendencia según esta descomposición fue referida como 'la tendencia' para el resto del informe.

En conjunto con lo anterior, se realizó una regresión lineal de mínimos cuadrados (ajuste lineal) sobre la curva de tendencia obtenida desde la descomposición anterior. Aplicar el ajuste lineal a la curva de tendencia en vez de a la serie temporal de datos brutos permite obtener un mayor coeficiente de determinación (r^2) ya que se reduce la dispersión atribuida a fluctuaciones estacionales. Esto además permite evaluar el progreso anual de la variable analizada. Se calculó el r^2 del ajuste y luego se verificó si la pendiente era distinta a cero mediante el test de Wald (Wtest). Si el p-valor del Wtest es <0,05 entonces la pendiente del ajuste difiere significativamente de cero.

Ajustes con r^2 menores a 0,1 fueron descartados, de modo que se considera que estas variables no tienen una evolución lineal para el período evaluado. Si bien un $r^2 = 0,1$ se puede considerar como bajo, este valor sirve como límite inferior para determinar si se puede otorgar un sentido de linealidad a la serie temporal analizada.

Esto se vuelve relevante al comparar distintas series temporales. Al menos un 10% de determinación de la tendencia por un modelo lineal y una pendiente significativamente distinta a cero fueron los criterios usados para todas las series temporales para sugerir, con una significancia estadística, si una variable ha tenido una tendencia de aumento (pendiente positiva) o de descenso (pendiente negativa) en el tiempo, bajo un modelo lineal.

Si una serie de tiempo cumplía con los requisitos de presentar un coeficiente de determinación >0,10 y un p-valor para el Wtest <0,05, se prosiguió a calcular un valor de cambio relativo. Esto se estima a partir del valor del ajuste lineal en tiempo final menos el valor del ajuste lineal en el tiempo inicial. A partir del cambio relativo fue posible calcular el cambio relativo porcentual, que es el cambio relativo dividido por valor del ajuste lineal en tiempo inicial, luego multiplicado por 100.

No se encontró evidencia de aplicabilidad de otros ajustes no-lineales (exponencial, logístico o logarítmico) con un r^2 considerable (>0,1) para ninguna variable. La utilización de un modelo polinómico requeriría un sustento teórico, lo cual excede los objetivos de este estudio exploratorio.

5.2.2.4. Agrupamiento de variables

Según la escala de análisis, algunas variables se agruparon temporal o espacialmente para los análisis ya mencionados. En la dimensión espacial, se aclara que para las variables de temperatura y de precipitación, las observaciones de la estación meteorológica SCL se agruparon con las observaciones de la estación meteorológica Rockwood debido a que éstas fueron operadas por el mismo mandante (Albemarle), distando espacialmente por solo unos metros, pero difiriendo en el período de operación, por lo que se puede considerar espacialmente como una misma estación meteorológica. Así también para los análisis de series temporales las variables químicas y biológicas descritas a partir de 6.2.1.7 y 6.2.2, los puntos de muestreo fueron agrupados según se ubican en Laguna La Punta o Laguna La Brava.

Debido a que distintas variables presentan distinta resolución temporal de observaciones, en un esfuerzo de poder aplicar el mismo procedimiento analítico, y como preparación para los análisis de correlación que se detallarán más adelante, la obtención de la curva de tendencia fue realizada con el promedio estacional (estación del año), de modo que fueron obtenidos cuatro valores por año. Cuando no se realizó un agrupamiento de datos, se detalla el mandante a que corresponde el conjunto de datos. También se debe aclarar que los valores de percentiles aquí expuestos se calculan a partir del conjunto de datos brutos (sin promediar).

En el caso de las variables de lagunas superficiales no se utilizó la división del área de influencia por sectores (norte, borde, sur y sur alejado). Esto porque no aplica a la distribución de puntos de muestreo ubicados en las lagunas La Punta y La Brava para el monitoreo de parámetros físicoquimicos y bióticos.

En relación la base de datos acuática (biótica), la densidad de zoobentos se encontró en dos unidades, ind/mm^2 y ind/L, mismo caso que el fitobentos que presentó resultados en cél/mm2 y cél/mm3, por ello se procedió a realizar dos análisis para cada uno de estos componentes.

5.2.2.5. Análisis multivariado

Fueron realizados análisis de componentes principales (ACP) con las series promediadas estacionalmente, estandarizadas (z-score), y verificando que presentaran mediciones continuas a lo largo del período que se analiza. Esto se realizó usando todas las variables disponibles para el período de 2000 a 2017 donde se dispone de la mayoría de las variables continuas. Se realizó además el análisis para el período de 2014 a 2018 para poder incorporar las variables biológicas.

Se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) usando el mismo período donde se disponía de mediciones de variables biológicas (2014- 2018). Las variables biológicas fueron incorporadas como variables respuestas en este análisis. Cada serie fue promediada estacionalmente y estandarizada (z-score).

5.2.3. Imágenes Satelitales

Para el análisis de percepción remota, se utilizaron imágenes satelitales multiespectrales de resolución espacial media de 30 x 30 metros (tamaño de píxel), del satélite Landsat 4-5 (sensor TM), Landsat 7 (sensor ETM+) y Landsat 8 (sensor OLI), utilizando dos bandas (verde e infrarroja cercana NIR) (Tabla 5-2 y Tabla 5-3), a una resolución temporal de 4 imágenes por año, una por estación, durante el período 1985 a 2019.
Las especificaciones espectrales de las bandas de los satélites Landsat 4-5 TM, 7 ETM+ y 8 OLI se detallan en la Tabla Tabla 5-2 y Tabla 5-3.

Tabla 5-2 Especificaciones espectrales de las bandas de los satélites Landsat 4-5 TM, 7 ETM+

Banda	Espectro	4-5 TM		7 ETM+	
		Longitud de onda (µm)	Tamaño de píxel (m)	Longitud de onda (µm)	Tamaño de píxel (m)
1	Azul	0,45-0,52	30 x 30	0.45 - 0.52	30 x 30
2	Verde	0,52-0,60	30 x 30	0.52 - 0.60	30 x 30
3	Rojo	0,63-0,69	30 x 30	0.63 - 0.69	30 x 30
4	Infrarrojo Cercano (NIR)	0,76-0,90	30 x 30	0.76 - 0.90	30 x 30
5	onda corta infrarroja (SWIR) 1	1,55-1,75	30 x 30	1.55 - 1.75	30 x 30
6	Infrarrojo térmico	10,4-12,5	120 x 120	10.40 - 12.50	60 x 60

7	onda corta infrarroja (SWIR) 2	2,08-2,35	30 x 30	2.08 - 2.35	30 x 30
8	Pancromática	N/A	N/A	0.52 - 0.90	15 x 15

Fuente: Geomática Ambiental, 2020

Tabla 5-3 Especificaciones espectrales de las bandas de los satélites Landsat 8 OLI

Banda	Espectro	8 OIL	
		Longitud de onda (µm)	Tamaño de píxel (m)
1	Ultra azul (costero / aerosol)	0.43 - 0.45	30 x 30
2	Azul	0.45 - 0.51	30 x 30
3	Verde	0.53 - 0.59	30 x 30
4	Rojo	0.64 - 0.67	30 x 30
5	Infrarrojo Cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30 x 30
6	Onda corta infrarroja (SWIR) 1	1.57 - 1.65	30 x 30
7	Onda corta infrarroja (SWIR) 2	2.11 - 2.29	30 x 30
8	Pancromática	0.52 - 0.90	15 x 15
9	Cirrus	1.36 - 1.38	30 x 30

Fuente: Geomática Ambiental, 2020

A continuación, se sintetiza la metodología aplicada a las imágenes satelitales en el siguiente esquema:

Figura 5-1 Diagrama de flujo metodológico aplicado a las imágenes satelitales

Fuente: Elaboración propia

5.2.3.1. Preprocesamiento

En primer lugar, fueron descargadas imágenes satelitales del sensor Landsat 4 a 8, obtenidas del portal de descarga gratuito https://glovis.usgs.gov/. Durante la selección de las imágenes, se consideró visualmente que tuviera nubosidad escasa y que correspondieran a la temporalidad seleccionada.

Posteriormente, se realizó un recorte a las 2 bandas de las imágenes satelitales, verde e infrarrojo cercano, que están en formato TIFF, a través del proceso "cortar raster por extensión", usando el software QGIS 3.1, el que se realizó según orden de estaciones. Se debe señalar que las imágenes satelitales landsat en el área de estudio están por defecto georreferenciadas con latitud norte, por lo que los polígonos de recorte también poseen esta latitud.

Desde el 2010 el sensor Landsat 7 sufrió un quiebre en parte de su lente, razón por la que aparecen líneas negras de error en algunas tomas espaciales. Por esto, se revisó cada imagen y se dibujó un polígono de recorte que excluyera el error.

El polígono utilizado para verano e invierno 1995-2019 se señala en la Tabla 5-4, sin embargo, para algunas imágenes se escogieron otras extensiones de recorte específicas, que se ajustaban de mejor manera.

El segundo grupo de imágenes a recortar, fueron las de las estaciones primavera y otoño, las cuales se decidió minimizar su extensión de recorte, para optimizar el espacio y procesos de los de archivos trabajados. Los vértices de los polígonos de recorte se señalan en la Tabla 5-5. Además, se decidió agregar 10 años de procesamiento de imágenes satelitales, desde 1985 a 1994, para este tercer grupo se utilizó el polígono de recorte de la tabla Tabla 5-5.

Tabla 5-4 Polígonos de recorte para estaciones verano e invierno, 1995 a 2019

Tiempo	Vértices	Coordenadas UTM (Datum WGS84)	
		Este (m)	Norte (m)
1995-2009	1	562390,860	-2640697,541
	2	598412,566	-2598022,145
2010-2014	1	570734,999	-2628164,999
	2	580514,999	-2620034,999
2015-2019	1	571514,999	-2628824,999
	2	581234,999	-2621624,999

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-5 Polígonos de recorte para las estaciones primavera y otoño, 1995 a 2019

Tiempo	Vértices	Coordenadas UTM (Datum WGS84)	
		Este (m)	Norte (m)
1995-2009	1	562390,860	-2640697,541
	2	598412,566	-2598022,145
2010-2014	1	571627,620	-2621089,472
	2	580506,533	-2629802,940
2015-2019	1	571186,432	-2629472,049
	2	579734,454	-2621310,067

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-6 Polígonos de recorte, 1985 a 1995

Tiempo	Vértices	Coordenadas UTM (Datum WGS84)	
		Este (m)	Norte (m)
1985-1994	1	562390,860	-2640697,541
	2	598412,566	-2598022,145

Fuente: Elaboración propia

Las bandas cortadas se sometieron a corrección geográfica para cambiar la latitud de sus coordenadas de norte a sur, dado que el portal de descarga por defecto entrega las imágenes de este huso como 19 Norte. La reproyección se realizó en QGIS 3.1 a través del proceso “combar (reproyectar)” por lotes, usando el método de remuestreo “vecino más cercano”.

Posteriormente, las 2 bandas recortadas fueron sometidas a procesamiento digital de correcciones radiométricas y atmosféricas, con el fin de reducir errores provenientes de interferencias, las cuales pueden ser producto del ángulo de captura y alteraciones en el movimiento del satélite, o bien el efecto de las partículas presentes en la atmósfera, entre otros (Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico 2016 de Albemarle elaborado por CEDREM, 2017).

La corrección radiométrica consiste en la conversión de los valores de pixeles desde números digitales (ND) a unidades de radiancia espectral absoluta (W / (m^2 *sr *µm)). Este proceso se utiliza como medio de calibración para disminuir la falta de uniformidad en los valores digitales debido a efectos producidos por errores sistemáticos en el sensor, tales como la contaminación de partículas en el plano focal de éste, las que pueden manifestarse en forma de manchas y bandas en las imágenes. Esta conversión proporciona uniformidad para la comparación de datos en una sola escena o entre imágenes, adquiridas en fechas diferentes o por diferentes sensores (CEDREM, 2017), obteniendo valores de píxel de rango normalizado entre los valores -1 y 1.

La corrección atmosférica busca reducir el efecto de la interacción de las moléculas y partículas de la atmósfera (vapor de agua, polvo en suspensión, aerosoles, entre otras) en la radiación electromagnética captada por los sensores de un satélite. La eliminación de los efectos atmosféricos, recuperan los parámetros físicos de la superficie incluyendo la reflectancia y visibilidad del suelo (CEDREM, 2017).

Para este fin se utilizó el modelo de corrección de reflectancia a nivel de superficie DOS 1 o substracción de objeto oscuro, el que se basa en la suposición básica que en la imagen algunos píxeles están completamente en sombra, y sus radiancias recibidas en el satélite se deben a la dispersión atmosférica (efecto bruma) (Publicación Image-Based Atmospheric Corrections por Chavez, 1996). Esta suposición es combinada con el hecho de que muy pocos elementos en la superficie de la Tierra tienen un color negro absoluto, por lo tanto, una reflectancia asumida de uno por ciento es mejor que un cero por ciento (Manual del Plugin SCP de QGIS 3.1 por Congedo, 2020).

Ambas correcciones se realizaron a través del software QGIS 3.1, utilizando el Plugin SCP o Semiautomatic Classification Plugin. Para esto se cargan las bandas B2 y B4 (Landsat 4-7) y B3 y B4 (Landsat 8) en el directorio de preprocesamiento de imágenes del Plugin SCP, se selecciona “aplicar la corrección atmosférica DOS1” para aplicar una corrección de la reflectancia a nivel de superficie y se carga el archivo Metadato MTL respectivo a la imagen, el que entrega detalles de los valores de reflectancia, radiancia mínima y máxima, constante de conversión termal, Qcal máximo y mínimo, que es el valor máximo y mínimo del pixel cuantificado y calibrado (Congedo, 2020).

Una vez corregidas las bandas, se guardaron en el Anexo III, carpeta Imágenes satelitales según año y estación.

5.2.3.2. Procesamiento

Posteriormente, con las bandas corregidas se obtuvo el índice NDWI (Normalized Difference Water Index), a través de la función de QGIS 3.1 “Calculadora Raster”, la que permite realizar cálculos con las bandas.

El índice NDWI varía entre -1 y 1, asocia los valores positivos para las superficies con agua o húmedas y cero o negativo para el suelo y la vegetación terrestre estresada (Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico 2016 de Albemarle elaborado por CEDREM, 2017).

Para imágenes del sensor Landsat 4 a 8, el cálculo de este índice se realizó aplicando la siguiente fórmula:

$$NDWI = (V-NIR) / (V+NIR)$$

Dónde: V es la reflectancia en el verde y NIR es la reflectancia en la banda del infrarrojo cercano.

El cálculo de bandas del sensor Landsat 4 a 7, utilizando la calculadora raster es el siguiente: (B2-B4) / (B2+B4).
El cálculo de bandas del sensor Landsat 8, utilizando la calculadora raster es el siguiente: (B5-B4) / (B5+B4).

Figura 5-2 Polígonos de recorte de índice NDWI

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, los índices NDWI se recortaron a través de un polígono en formato shapefile que bordea los límites de las lagunas (.

Figura 5-2 Polígonos de recorte de índice NDWI

), creado en el software ArcGis 10.4 a partir del proceso “new shapefile” y “start editing”. Este polígono fue creado utilizando como base la banda 3 de la imagen de fecha 10 de enero de 1997. Todas las imágenes se recortaron usando este shapefile, ya que sus límites se ajustan a los bordes de las lagunas que se visualizan en todas las imágenes de este estudio, a excepción de las imágenes correspondientes a las siguientes fechas 8/01/1996, 21/05/1998, 15/10/1999, 28/10/1999, 19/01/2003 y 07/04//2014. Para recortarlas se creó un shapefile específico.

Tabla 5-7 Polígono de recorte Zona de Dilución Salina

Tiempo	Vértices	Coordenadas UTM (Datum WGS84)	
		Este (m)	Norte (m)
1985-2019	1	575878,1	7378663,8
	2	577459,3	7378694,3
	3	573396,0	7375087,0
	4	571932,3	7376239,5
	5	572597,3	7376990,7
	6	573272,6	7376375,0

Fuente: Elaboración propia

También se realizó un recorte al área correspondiente a la zona de dilución salina, ubicada al norte de las lagunas y en la parte sur del borde marginal del Salar (Figura 4-1). El polígono utilizado se construyó a partir de los vértices especificados en la Tabla 5-7, el que es usado en todos los índices NDWI, a excepción de las siguientes fechas 19/01/2003 y 14/05/2016, para los cuales se utilizó uno específico, dado diferencias de georreferencia. Los archivos NDWI creados se guardaron por año y temporada en la carpeta “Biblioteca de Índice NDWI” en el Anexo III.

5.2.3.3. Postprocesamiento

Los archivos de recorte NDWI tanto de las lagunas y de la zona de dilución, se sometieron a clasificación no supervisada de tipo Isodata y K-means para obtener el área de la cobertura de agua.

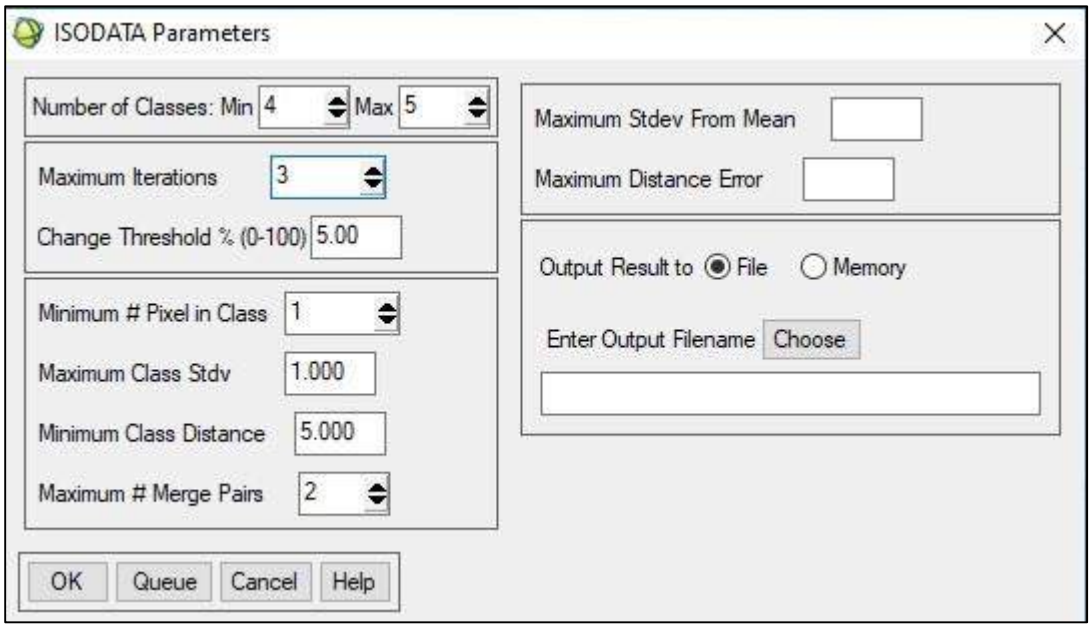
La clasificación no supervisada es un proceso de agrupación de pixeles con valores digitales similares para todas las bandas, cada una de estas agrupaciones son llamadas clases espectrales, las cuales se supone

corresponden a un tipo de cubierta de terreno. Los métodos usados para desarrollar esta clasificación son del tipo agrupamiento o "clustering" (Publicación: Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "Landsat-ETM por Arango, et al., 2005)

El agrupamiento o "Clustering" es una técnica de clasificación en que la imagen es segmentada en clases desconocidas que posteriormente serán etiquetadas. Ésta se emplea en los métodos K-medias, C-medias e Isodata (Interactive Self-Organizing Data Analysis Technique (Algorithm)), los que calculan los promedios de las clases o agrupaciones que eventualmente están distribuidos en el espacio de decisión.

Para el método Isodata, en cada una de las iteraciones se recalcularon los promedios y se reclasificaron los pixeles de la imagen con respecto a los nuevos promedios, el proceso continuó hasta que el cambio del número de pixeles en cada clase (cluster) fue mínimo respecto a un valor de tolerancia o hasta que se realizó cierto número de iteraciones predefinidas (Arango, et al., 2005).

Figura 5-3 Parámetros técnicos de clasificación no supervisada Isodata



Fuente: Elaboración propia a partir de ENVI 5.3.

En este diagnóstico, se realizaron pruebas de clasificación no supervisada tipo K-Means e Isodata en el software ENVI 5.3, obteniendo mejores resultados con el método Isodata, a través de los parámetros señalados en la Figura 5-3, por lo que se decidió aplicarlos en todos los NDWI. Además, como método de corroboración de clasificación de cobertura de agua, se comparó el resultado con una imagen Falso color, obtenida mediante la combinación de bandas RGB 432.

Tabla 5-8 Interpretación de clases obtenidas mediante clasificación Isodata NDWI lagunas

Clases	Cobertura
1	Suelo
2	Otro
3	Agua superficial
4	Agua profunda

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior permitió obtener un archivo raster en formato hdf, que clasifica los pixeles de las lagunas en rangos o clases del 1 al 4. El rango 1 corresponde a los valores más bajos del índice NDWI y el 4 al más alto. Se interpreta, a modo general, que estas 4 clases corresponden a las coberturas de agua profunda, agua superficial, suelo y otro (Tabla 5-8).

Luego se contabilizaron los pixeles que forman parte de las clases agua superficial y profunda. Para esto se utilizó la función de ENVI 5.3 "Quick Stat". Finalmente, cada píxel posee un área de 900 metros cuadrados, para los índices obtenidos con las imágenes landsat 4 a 8, por lo que se multiplicará el número de pixeles por 900 para obtener la superficie.

Tabla 5-9 Interpretación referencial de las clases obtenidas mediante clasificación isodata para zona de dilución salina

Clases	Cobertura
1	Salar
2	Suelo salino
3	Salmuera
4	Agua superficial
5	Agua

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros de la clasificación isodata para la zona de dilución salina son los mismos, pero considerando un mínimo de 3 y un máximo de 5 clases, ya que el recorte del índice NDWI para esta zona presenta parte del núcleo sur del Salar y en algunas temporadas no presenta cobertura húmeda (Tabla 5-9).

En la tabla de base de datos se decidió sumar el número de clases de valor 3 a 5 de la zona de dilución, y agruparlos en solo una categoría llamada agua. Los archivos obtenidos mediante clasificación isodata para las lagunas y la zona de dilución, se guardaron por año y temporada en la carpeta "Biblioteca de Índice NDWI Reclasificado" en Anexo III. En esta carpeta se presenta para cada temporada anual un archivo raster en formato HDF y otro archivo de extensión HDR que no contiene información raster, pero permite cargar el archivo anterior en el software ENVI.

5.2.3.4. Validación

Se realizó una validación de las coberturas de agua a través de una imagen "Falso color" obtenida a través de la combinación de bandas RGB 432, utilizando el software ENVI 5.3, la que permite recrear las distintas coberturas de suelo con colores similares a los naturales.

Se superpuso el archivo raster obtenido en la clasificación no supervisada sobre la combinación Falso color, de esta forma se comprobó visualmente si los pixeles clasificados como agua superficial y profunda coincidieron.

Tabla 5-10 Fechas de imágenes usadas en validación.

Fecha Imagen Sentinel	Fecha Imagen Landsat 7- 8
12/08/2019	11/08/2019
19/05/2018	20/05/2018

Fuente: Elaboración propia

Además, se calculó el porcentaje de acierto de las coberturas de agua profunda y superficial detectadas. Para esto, primero se aplicó la misma metodología de detección de pixeles de agua, en una imagen de mejor resolución de 100 m, de tipo Sentinel corregida, obtenida a través del portal https://glovis.usgs.gov/app que coincidió con la misma fecha de la imagen Landsat o máximo 1 día de desfase (Tabla 5-10).

Posteriormente, se obtiene el número de aciertos, que corresponde al número de pixeles clasificado como agua en las imágenes de ambos satélites, lo que se realiza multiplicando los pixeles clasificados como agua de la imagen Sentinel con los de la imagen Landsat, a través de la multiplicación en la calculadora raster de QGIS 3.1. Esto se divide por el total de pixeles de agua obtenidos en la imagen Sentinel, los que previamente se dividen por 9, ya que su resolución es mayor.

Porcentaje de acierto=

((N° de pixeles de agua en ambas imágenes) / (N° pixeles de agua imagen Sentinel/9))*100

El porcentaje de acierto de detección de pixeles clasificados como agua superficial y profunda es de 60% para las imágenes Landsat, al compararlo con las imágenes Sentinel en las fechas señaladas (Tabla 5-10).

Además, se realizó una estimación de altura de la columna de agua de los pixeles clasificados como agua superficial y profunda. Para esto, se utilizaron los datos de monitoreo de nivel lagunar de Minera la Escondida y de los limnímetros de Albemarle próximos a las lagunas La Punta y La Brava. Entonces se estima probable, que pixeles clasificados como agua profunda son detectados a una profundidad próxima a los 30 cm y los de agua superficial desde los 20 cm aproximadamente.

Se debe mencionar que para validar el modelo de detección de agua se necesita realizar una calibración en terreno, tomando puntos de muestreo que efectivamente correspondan a agua superficial y profunda en las lagunas, como también comparar con imágenes de mejor resolución espacial.

Por otro lado, se incorporó a la base de datos abiótica y al análisis, los datos de superficie lagunar del Anexo G del Plan de Alerta Temprana de Minera Escondida 2018, temporalidad verano e invierno, 2002 a 2018 (Ver carpeta MEL, pozos y meteorología del Anexo II).

También, se añadió un registro histórico de la superficie cubierta por las lagunas desde 1985 a 2019, obtenido a partir del Anexo C, informe Nº3 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico 2019 de Albemarle, RCA 21/2016 y 4 registros del anexo 11, de la Adenda N°2 año 2010. Se cuenta con 1 registro de superficie lagunar desde 1985 a 2012, existiendo años sin información. Desde 2013 a 2019 se cuenta con 14 a 4 registros por año, a excepción del 2015 que no registra información. Sin embargo, debido a la falta de datos periódicos y constantes, no se realizó análisis ni se presentaron resultados

5.3 Correlaciones temporales y espaciales de los factores ambientales.

Como fue indicado en metodología, luego de verificar si las variables analizadas cumplían con los requisitos para análisis paramétricos, se encontró que la mayoría de las variables no presentan una distribución normal, ni homocedasticidad. Por esta razón se optó por usar el coeficiente de correlación de Spearman para ejecutar la correlación de variables. Esto se realizó con los promedios estacionales de todas las variables, como fue explicado en 5.2.2.4. Se elaboraron matrices de correlación de las distintas variables, que son presentadas según la naturaleza de la variable (hidrogeología, físicoquimica o biológica), donde primero se analiza cada grupo de variable por separado. Luego, se discuten las correlaciones entre distintos grupos en las siguientes secciones. Como este estudio integra bases de datos que cubren períodos temporales distintos, cada análisis de correlación presentado es elaborado para el período en que se dispone de observaciones continuas para todas las variables utilizadas. Estos períodos son: de 2013 hasta 2018 para niveles freáticos y lagunares, temperatura y precipitación; de 1996 hasta 2018 para superficie lagunar/dilución salina y niveles lagunares, de 2013 hasta 2018 para evapotranspiración, precipitación, niveles freáticos y superficies; de 2000 hasta 2018 para parámetros químicos medidos *in situ* y macroelementos medidos en laboratorio; de 2010 hasta 2016 para iones y metales; y finalmente, de 2014 hasta 2019 para variables biológicas.

El coeficiente de correlación de Spearman varía de −1 a +1. Mientras mayor sea el valor absoluto del coeficiente, más estrecha es la relación entre las variables. Un valor absoluto de 1 indica una correspondencia monotónica de 100% entre el conjunto de datos de las variables, en cambio una correlación cercana a 0 indica que las variables no son funciones monotónicas de la otra, y por lo tanto no covarían las variables.

El signo del coeficiente indica la dirección de la relación. Si ambas variables aumentan o disminuyen de manera sincrónica, el coeficiente es positivo y la relación monotónica que representa la correlación forma una pendiente positiva. Si una variable incrementa mientras la otra disminuye, el coeficiente es negativo y la relación monotónica que representa la correlación forma una pendiente negativa.

La correlación se considera significativa si el p-valor, según una distribución-t de Student con α=0,05, es menor a 0,05. Las tablas de las matrices de correlación exponen solamente las correlaciones significativas, o en su defecto, se representan las correlaciones no significativas con celdas vacías.

Para la interpretación de las correlaciones obtenidas se consideró la siguiente tabla:

Tabla 5-11 Interpretación del coeficiente de correlación de Spearman

Correlación	Clasificación
-0,90 a -0,99	Negativa muy alta
-0,70 a -0,89	Negativa alta
-0,40 a -0,69	Negativa moderada
-0,20 a -0,39	Negativa baja
-0,01 a -0,19	Negativa muy baja
0	Nula
0,01 a 0,19	Positiva muy baja
0,20 a 0,39	Positiva baja
0,40 a 0,69	Positiva moderada
0,70 a 0,89	Positiva alta
0,90 a 0,99	Positiva muy alta

Fuente: (Szmidt & Kacprzyk, 2011)

5.4 Definición de condiciones de referencia y estado de salud de las lagunas La Punta y La Brava.

Como condición de referencia para los puntos de monitoreo de las variables abióticas nivel freático, nivel lagunar, conductividad eléctrica superficial y superficie lagunar, se tomó el penúltimo valor más bajo de la data histórica disponible por estación (verano e invierno), omitiendo valores anómalos que se alejen de la tendencia de los datos (Pramar ambiental, s, f).

Lo anterior se realizó con el objeto de mantener el sistema dentro de su variación histórica natural, tomando como criterio base lo establecido en la sección XII "Observaciones al Anexo III: Plan de contingencia modificado", de la Adenda II- EIA Cambios y mejoras de la operación minera en el Salar de Atacama de SQM, el cual permite establecer una condición de referencia considerando la variación natural de los sistemas lagunares.

Considerando que el objeto de definir valores de referencia es evaluar el estado de salud de las lagunas, utilizar el penúltimo valor de la serie temporal de datos disponible, garantiza un umbral conservador respecto al diagnóstico de los cuerpos superficiales de agua.

Mientras que, para los barrenos pertenecientes al Plan de alerta temprana (PAT) de Albemarle se presenta como valor de referencia el umbral ya establecido en el PAT.

Se omitieron los valores de referencia de los limnímetros L12-2 y L12-3, dado que a pesar de que los lisímetros monitorean desde 1998 solo se dispuso de información reciente, correspondiente al período 2015 a 2019.

Ya que los variables físicoquimicas y biológicas pueden causar alerta si los valores son anómalamente altos o bajos, a diferencia de las variables hidrogeológicas donde la causa de alerta son principalmente los valores bajos, se optó por un criterio distinto para las condiciones de referencia. Para definir los umbrales o condiciones de referencia de los factores ambientales (físicoquimicos y biológicos) asociados a las lagunas superficiales, se realizó un análisis con estadística descriptiva, considerando para cada variable el valor mínimo, valor máximo, promedio, desviación estándar, mediana y moda. Estos parámetros fueron considerados por laguna y por período de muestreo. Se determinaron los percentiles, sin promediar, para cada parámetro y finalmente fueron considerados los valores que delimitan la distribución del 90% de los datos, 5% como límite inferior y 95% como límite superior.

Finalmente, luego de aplicar los criterios estadísticos se realizó el análisis a juicio de experto, incorporando el cocimiento y experiencia de los especialistas hidrogeólogos, químicos y biólogos, para proponer **condiciones de referencia operacionales.**

5.5 Indicadores y variables a medir en el monitoreo de las lagunas La Punta y La Brava

Para comprender el comportamiento de un sistema hidrogeológico se deben identificar y caracterizar los principales aspectos físicos que rigen el funcionamiento del mismo.

En este escenario, el rol de este equipo consultor consiste en definir objetivamente, en base a criterios cualitativos y cuantitativos, los indicadores de estado asociados a los potenciales impactos sobre las lagunas, los criterios de decisión para implementar acciones y las características de diseño de acciones que permitan cumplir los objetivos propuestos.

Con el objeto de determinar los principales aspectos que deben ser estudiados y monitoreados en un sistema hidrogeológico, se toma como base la Guía para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA (SEA, 2012). Dentro de éste se tiene que, como mínimo, se deben caracterizar aspectos como: geología, hidrogeología, hidrología, piezometría e hidroquímica al momento determinar el comportamiento de un sistema hidrogeológico.

Los indicadores definidos corresponden a parámetros específicos asociados a puntos de control ubicados de tal forma de anticipar potenciales impactos. En cuanto a la ubicación de los puntos de control, estos deben cumplir con tres condiciones: i) ser un subconjunto de puntos de observación asociados a un plan de seguimiento de variables ambientales, ii) ubicarse fuera del receptor y, iii) estar en la ruta que seguiría un potencial impacto entre la fuente y el receptor. A través de simulaciones numéricas es posible seleccionar los puntos de monitoreo más adecuados que cumplan con las condiciones antes mencionadas, sin embargo, esto último está fuera de los alcances de este estudio.

Dentro del monitoreo ambiental de los sistemas La Punta y La Brava, los principales aspectos a determinar y monitorear corresponden a hidrología e hidrogeología debido a que estos poseen una variabilidad espacial y, principalmente, temporal.

En el desarrollo del componente hidrológica que permita precisar la recarga por precipitación que posee el sistema, se requiere información de precipitación, temperatura, evaporación y escurrimientos superficiales (SEA, 2012).

La caracterización hidrogeológica permite determinar aspectos como: piezometría, direcciones de flujo subterráneo, zonas de recarga y descarga, entre otros. Para esto se requiere la recopilación de información de campo tales como: catastro de pozos, medición y monitoreo de niveles piezométricos (SEA, 2012).

Es así como, considerando los principales componentes que deben ser definidos para la comprensión del funcionamiento de un sistema hidrogeológico y la información de campo que se requiere para ello, y sobre la base de lo propuesto en la Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA (SEA, 2012), es que se propone la incorporación de variables de monitoreo y la ampliación del sistema de monitoreo actual, lo cual queda detallado en el capítulo 7.

En el caso de las lagunas superficiales, la propuesta de monitoreo se basa en los resultados del análisis de las variables y sus respectivos parámetros y el juicio de experto.

6. RESULTADOS

6.1. Listado de factores ambientales que controlan o modelan las lagunas La Punta y La Brava.

En la

Tabla 6-1, se presentan las variables de estado, forzantes y controladoras para cada componente considerado según el área de influencia de este proyecto, recursos hídricos, ecosistemas acuáticos, antrópico y abiótico.

Tabla 6-1 Variables de estado, forzantes y controladoras para subcomponentes del componente C1 de hidrología

Componente C1 Recurso hídrico	Variables de estado	Variables forzantes	Variables controladoras
SC11 Hidrología	Precipitación Evaporación	Factor climático	Energía solar Efecto invernadero Circulación atmosférica Circulación oceánica
SC21 Hidrogeología	Nivel piezométrico Permeabilidad Transmisividad Almacenamiento específico	Precipitación Evaporación	Factor climático
SC31 Calidad de agua superficial		Precipitación Evaporación Nivel piezométrico Pendiente Tipo de sustrato Altitud geográfica Temperatura del agua Caudal (Hidrología) Velocidad de la corriente (Hidrología) Profundidad del curso o laguna (Hidrología) Área de espejo de agua (Hidrología) Concentración de Nutrientes (compuestos nitrogenados y fosforados) Concentración de Macroelementos (Ca, Mg, K, Na, etc) Concentración de Metales (Se, Li, etc) Concentración de Oxígeno disuelto Conductividad/Salinidad	**Clima:** *Invierno Altiplánico* *Oscilación modal (ENSO)*
SC41 Calidad de agua subterranea	pH Eh Conductividad Calcio Magnesio Sodio Potasio Carbonato Bicarbonato Cloruro Sulfato Nitrato Temperatura Elementos minoritarios Elementos traza	Precipitación Evaporación Nivel piezométrico Permeabilidad Transmisividad Almacenamiento específico Temperatura Geoquímica	Precipitación Evaporación
SC51 Hidráulica			

Fuente: CMNM-AMAKAIK, 2018

Tabla 6-2 Variables de estado, forzantes y controladoras para subcomponentes del componente C4 de ecosistemas acuáticos. El doble asterisco (**) indica que las variables son comunes para todos los subcomponentes

Componente C4 Ecosistemas acuáticos	Variables de estado**	Variables forzantes**	Variables controladoras**
SC14 Zooplancton	Presencia	**Calidad del agua:**	**Clima :**
SC24 Ictiofauna	Abundancia	Concentración de Nutrientes	Invierno Altiplánico
SC34 Zoobentos	Densidad	(compuestos nitrogenados y compuestos fosforados)	Oscilación modal como ENSO
SC44 Fitoplancton	Biomasa	Concentración de Macroelementos (Ca, Mg, K, Na)	
SC54 Fitobentos	Riqueza de especies	Concentración de Metales (Se, Li, etc)	
SC64 Hidrofitos acuáticos	Diversidad	Concentración de Oxígeno disuelto	
SC74 Tapetes microbianos	Consumo de energía	Temperatura del agua	
		Conductividad/Salinidad	
		Hidrología:	
		Caudal	
		Velocidad de la corriente	
		Profundidad del curso o laguna	
		Recursos hídricos:	
		Evaporación	
		Precipitación	
		Nivel piezométrico	
		Pendiente	
		Tipo de sustrato	
		Altitud geográfica	
		Relaciones tróficas (predación y pastoreo)	
		Interacciones:	
		Competencia	
		Comensalismo	
		Mutualismo	
		Parasitismo	

Fuente: CMNM-AMAKAIK, 2018

Tabla 6-3 Variables de estado, forzantes y controladoras para subcomponentes del componente C5 antrópico

Componente C5 Antrópico	Variables de estado	Variables forzantes	Variables controladoras
SC15 Asentamiento humano	Actividad agro-pastoril Actividad de extracción	Distancia a salar Ganado domestico Mascotas Densidad	
SC25 Asentamiento Industrial	Actividad de extracción		
SC35 Infraestructura			

Fuente: CMNM-AMAKAIK, 2018

Tabla 6-4 Variables de estado, forzantes y controladoras para subcomponentes del componente C5 abiótico

Componente C6 Abiótico	Variables de estado	Variables forzantes	Variables controladoras
SC16 Geoquímica	Mineralogía	Mineralogía Factor climático	Presión de formación Temperatura de formación Precipitación
SC26 Topografía			

Fuente: CMNM-AMAKAIK, 2018

La selección de las variables se realizó entre las que fueron predeterminadas para el Salar de Atacama a nivel de cuenca, considerando el área de influencia específica de este proyecto, a juicio de experto y que cumplan con los requisitos planteados: a) que constituyan componentes relevantes del ecosistema, ya sea por su rol

forzante de procesos o estructurador de hábitat; b) que sea medido o monitoreado; c) que tenga alguna conexión con las fuentes de presión.

Las variables seleccionadas se muestran en Tabla 6-5 y Tabla 6-6.

Tabla 6-5 Criterios variables forzantes.

Factor ambiental	Componente relevante del ecosistema por su rol forzante de procesos o estructurador de hábitat	Medido o monitoreado	Conexión con las fuentes de presión
Precipitación	Sí	Sí	No
Temperatura atmosférica	Sí	Sí	No
Nivel piezométrico	Sí	Sí	Sí
Temperatura de aguas superficiales	Sí	Sí	Sí
Área de espejo de las lagunas	Sí	Sí	Sí
Concentración de nutrientes en aguas superficiales	Sí	Sí	Sí
Concentración de macroelementos en aguas superficiales	Sí	Sí	Sí
Concentración de metales en aguas superficiales	Sí	Sí	Sí
Oxígeno disuelto en aguas superficiales	Sí	Sí	Sí
Conductividad/Salinidad en aguas superficiales	Sí	Sí	Sí
pH en aguas superficiales	Sí	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia.

Precipitación y temperatura atmosférica son factores ambientales independientes de las fuentes de presión porque no se ven afectadas por ellas. ,En cambio, el resto de los factores ambientales propuestos pueden verse afectados por la extracción de salmuera o de agua subterránea. Específicamente la actividad minera no metálica, puede provocar un descenso de los niveles de agua subterránea y superficial, descenso que produce una concentración de metales, cambio en el balance iónico del agua y, por lo tanto, cambios en el pH, la conductividad, etc. A su vez una disminución del espejo de las lagunas produce un aumento de la temperatura del agua al tener menos masa de agua expuesta a la radiación solar, lo que afecta la solubilidad de del oxígeno y otros elementos que generan cambios en el sistema.

Por otra parte, se consideran dentro de este análisis los subcomponentes biológicos a modo de variables respuesta, que modifican su estructura y dinámicas comunitarias en función de los cambios en los factores ambientales y que son además estructuradores de hábitat, ya que modifican su propio ambiente como producto de su actividad biológica.

Tabla 6-6 Criterios variables respuesta.

Factor ambiental	Componente relevante del ecosistema por su rol forzante de procesos o estructurador de hábitat	Medido o monitoreado	Conexión con las fuentes de presión
Microorganismos extremófilos	Sí	Sí	Sí
Fitobentos	Sí	Sí	Sí
Fitoplancton	Sí	Sí	Sí
Zoobentos	Sí	Sí	Sí
Zooplancton	Sí	Sí	Sí
Plantas Vasculares Acuáticas.	Sí	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia.

Si bien, los estructuradores de hábitat por excelencia son los microorganismos extremófilos, la presencia o ausencia de los otros grupos biológicos, que cumplen una importante función ecosistémica, pueden modificar concentraciones de elementos en el ambiente (nutrientes, oxígeno, etc.) y las interacciones entre los distintos grupos pueden modular la dinámica ecosistémica de las lagunas.

Estas variables, en adelante consideradas como variables respuesta, fueron analizadas en función de los parámetros de densidad, riqueza y diversidad, para cada grupo biológico.

En el caso de los microorganismos extremófilos, la información no es obtenida de manera cuantitativa ni sistemática, de modo que este grupo se evaluó solo respecto de su composición taxonómica.

6.2. Comportamiento temporal y espacial de los factores ambientales.

Para una mejor visualización del análisis espacial se procedió a generar mapas cartográficos de todos los puntos de muestreo que registran datos relevantes en este estudio. En la Figura 6-1 y Figura 6-2 se visualizan los pozos, los limnímetros y los puntos de monitoreo de niveles lagunares seleccionados para los análisis,

presentados según la división de componente espacial. En la

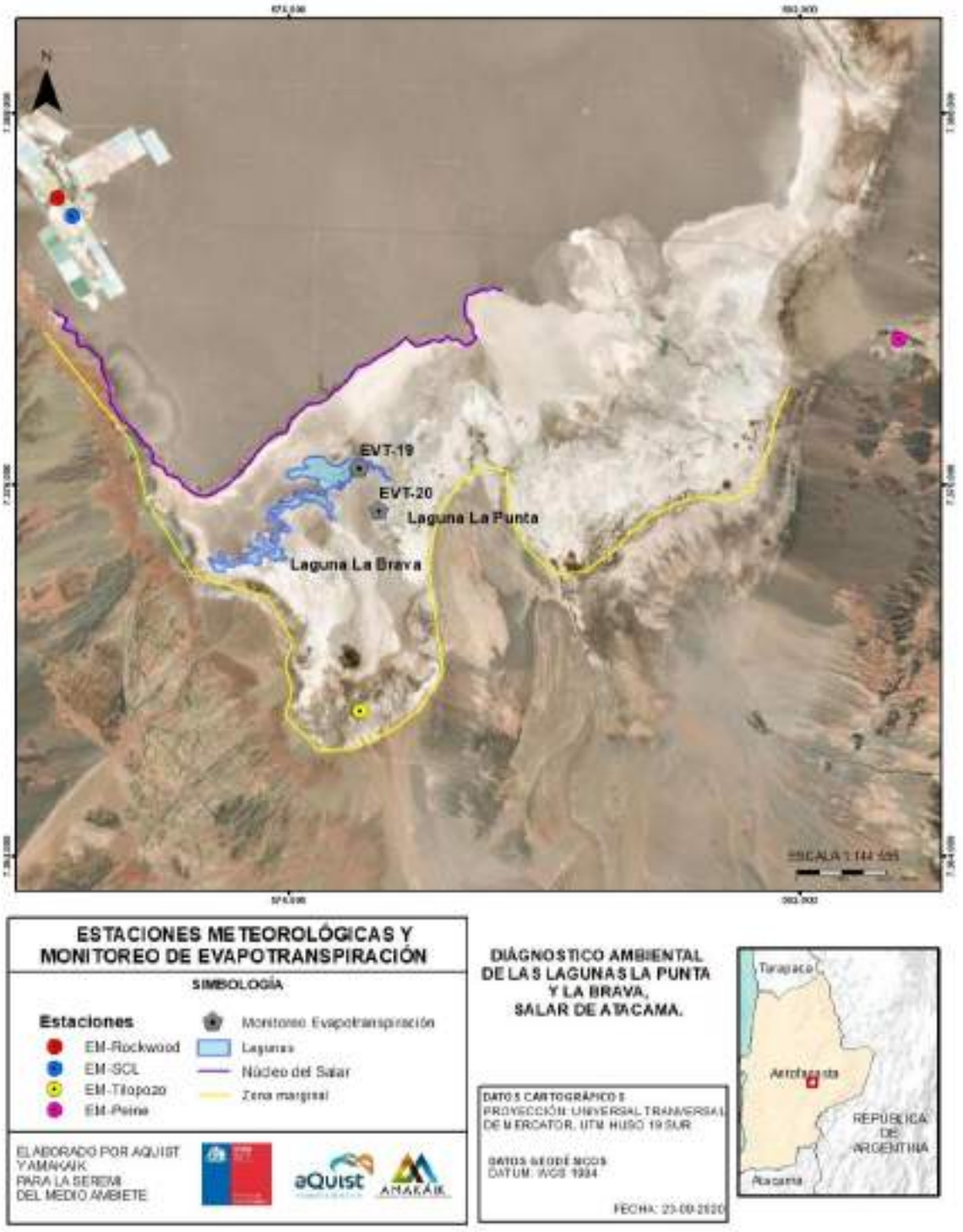


Figura 6-3 se visualizan las estaciones meteorológicas y los puntos de monitoreo de evapotranspiración más cercanos al área de influencia directa. Por su parte, en la

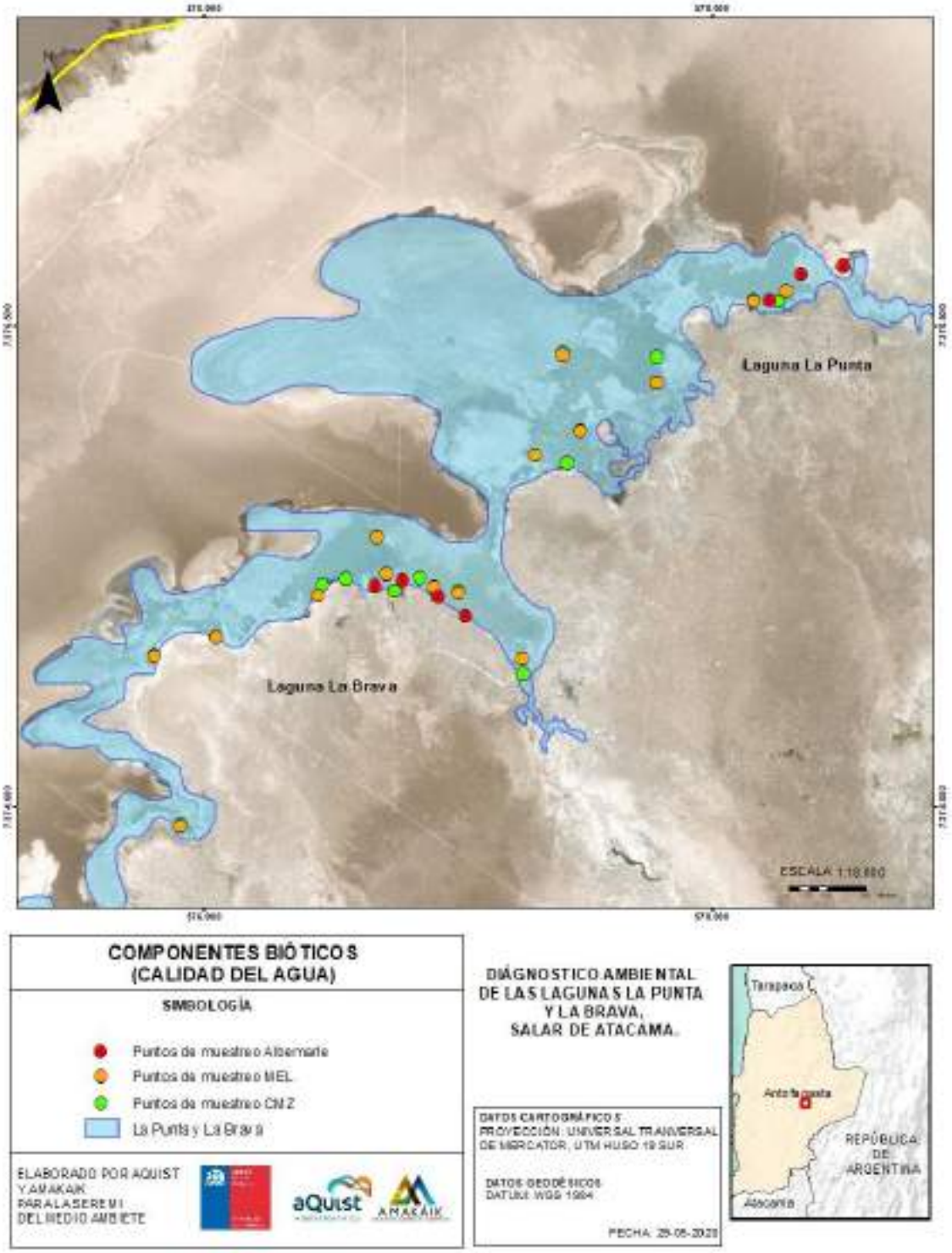


Figura 6-4 se observan los puntos de muestreo de datos acuáticos que registran datos relevantes dentro del área de influencia directa. Se indican las coordenadas UTM tanto de pozos, limnímetros, puntos de monitoreo nivel lagunar, evapotranspiración y estaciones meteorológicas, como de puntos de monitoreo de calidad del agua (Tabla 6-7, Tabla 6-8, Tabla 6-9 y Tabla 6-10)

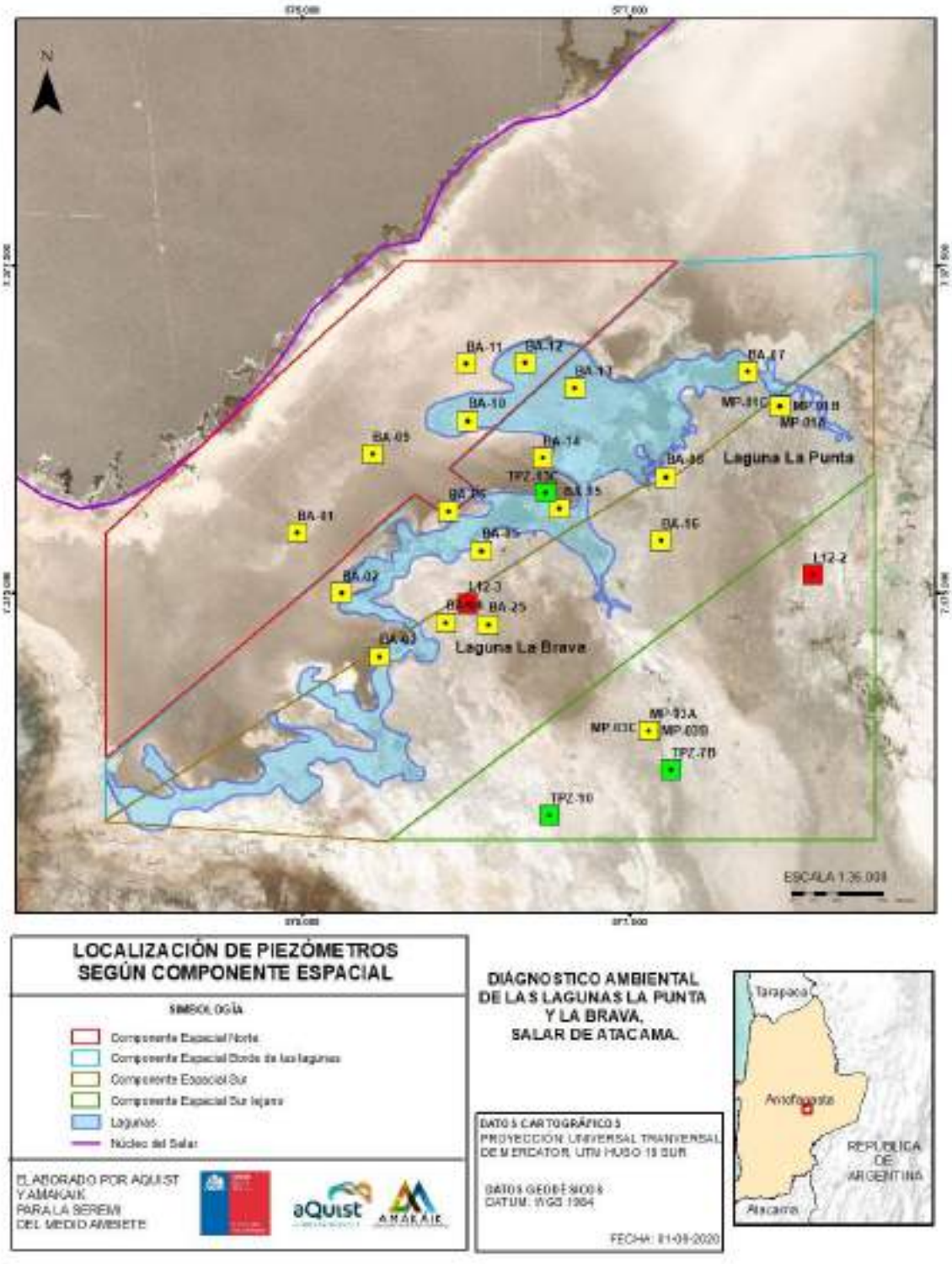


Figura 6-1 Localización de piezómetros según componente espacial

Fuente: Elaboración propia

Se dividió el área indirecta en 4 componentes espaciales, tomándose como referencia principal las mismas lagunas La Punta y La Brava.

El componente espacial norte se refiere a un espacio delimitado localizado hacia el norte de las lagunas Este componente se nombrará también como “aguas abajo”, dado que la altitud es menor que en el componente espacial sur lejano o aguas arriba. A modo de referencia, la cota collar de los piezómetros localizados en este sector están en un rango entre 2.300,787 a 2.300,999 msnm de altitud.

El componente espacial borde lagunar, se refiere al sector delimitado más próximo a las lagunas o en las lagunas mismas.

El componente espacial sur, se refiere a un espacio delimitado localizado hacia el sur de las lagunas. Lo mismo sucede para el componente sur lejano, sin embargo, éste se localiza a mayor distancia de las lagunas. A estos últimos dos componentes espaciales, se les nombrará también como “aguas arriba”, dado que se localizan a una altitud mayor que aguas abajo. La cota collar de los piezómetros localizados en este sector están en un rango entre 2.301,19 a 2.303,84 msnm de altitud.

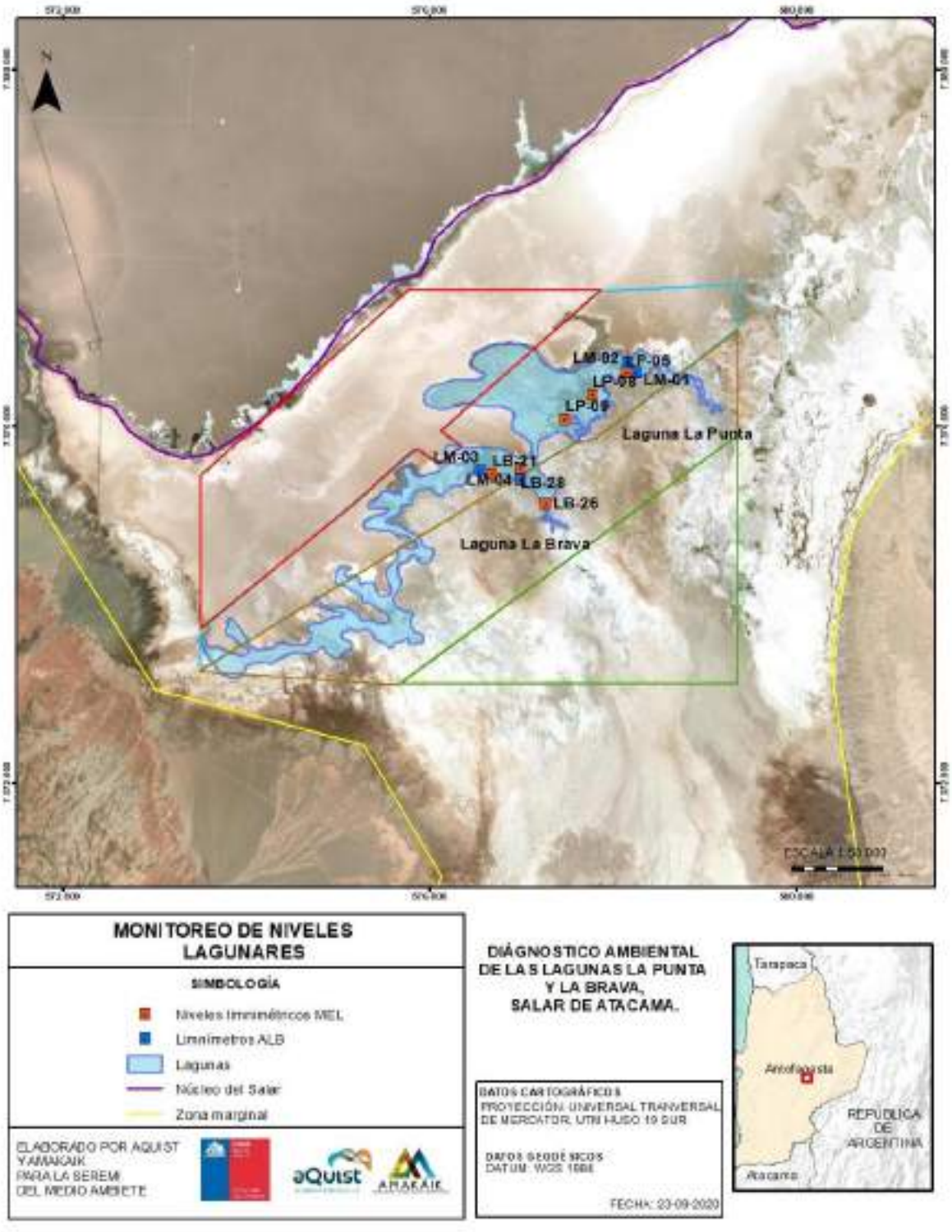


Figura 6-2 Limnímetros y monitoreo de niveles lagunares según componente espacial

Fuente: Elaboración propia.

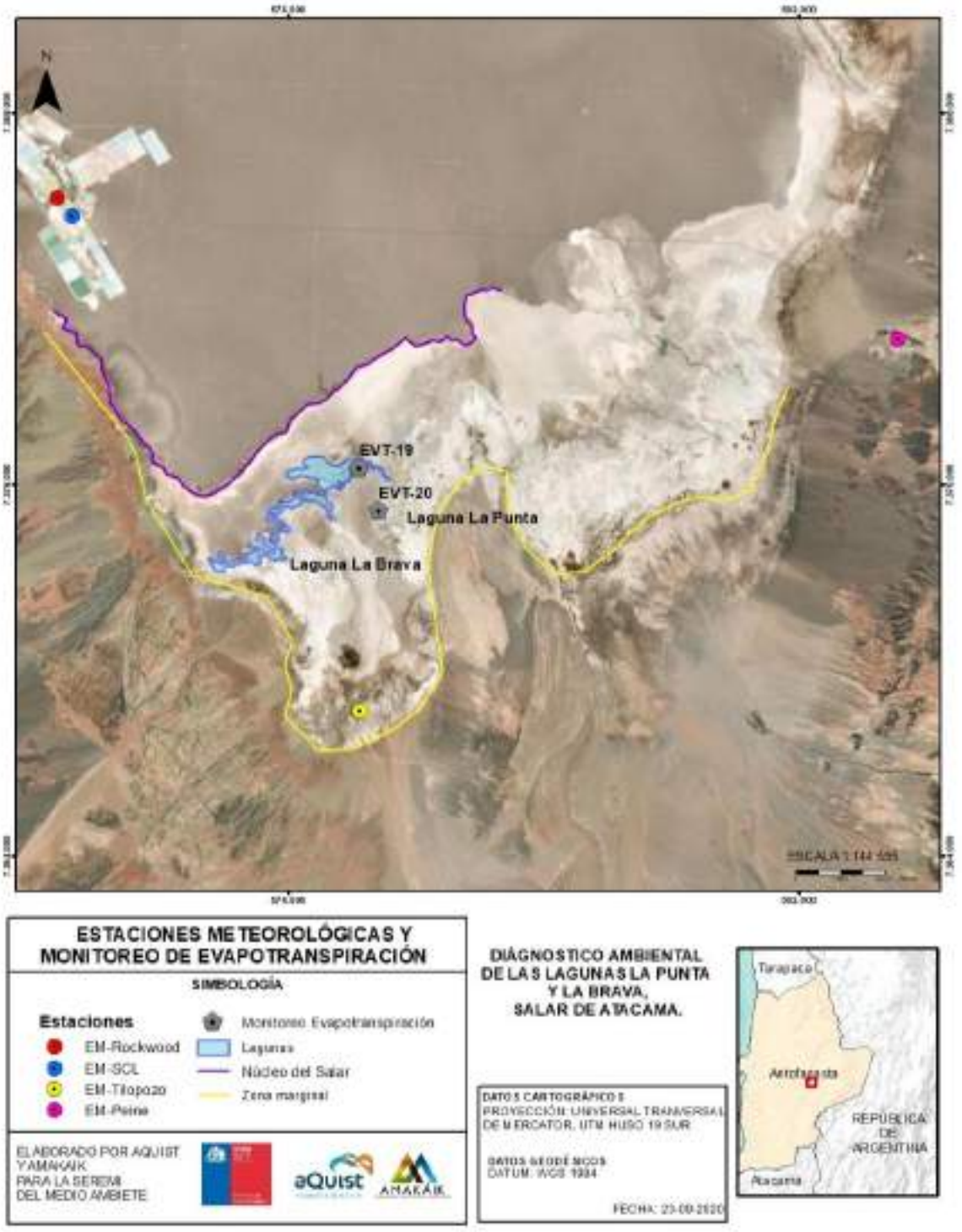


Figura 6-3 Estaciones meteorológicas y puntos de monitoreo de evapotranspiración

Fuente: Elaboración propia

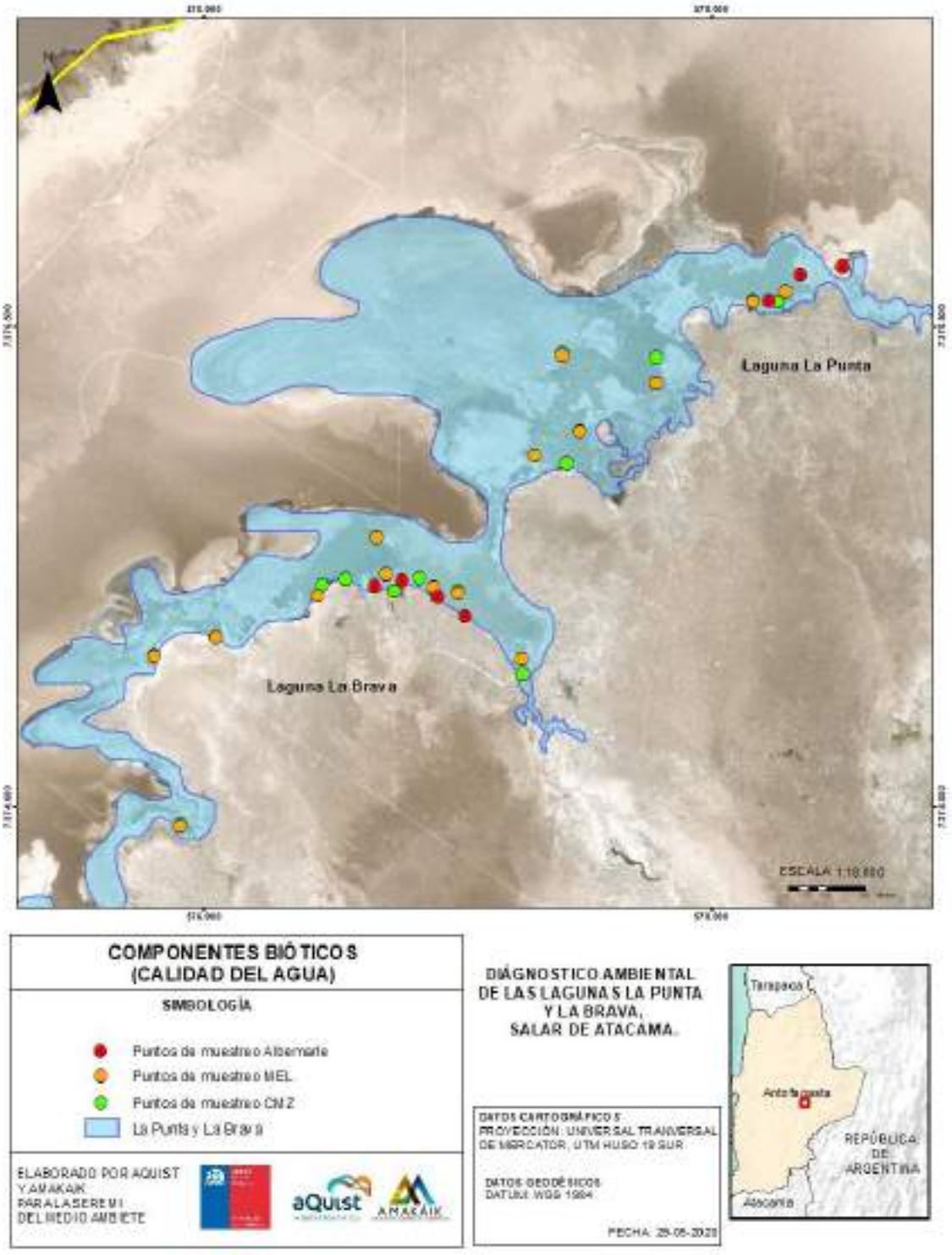


Figura 6-4 Puntos de Muestreo de Datos Acuáticos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-7 Localización de estaciones meteorológicas y puntos de monitoreo de evapotranspiración

Estaciones y puntos de medición	Variables meteorológicas/ Monitoreo evapotranspiración	Coordenadas UTM (WGS 84/19S)		Período de datos	
		UTM E	UTM N	Inicio	Término
EM-SCL	Precipitación y Temperatura diaria	569.244	7.384.662	13/01/2009	28/4/2016
	Precipitación mensual	569.244	7.384.662	01/1997	04/2016
	Temperatura mensual	569.244	7.384.662	01/2009	04/2016
EM-Rockwood	Precipitación y Temperatura diaria	568.772	7.385.236	28/4/2016	31/12/2019
	Precipitación y Temperatura mensual	568.772	7.385.236	05/2016	12/2019
EM-Tilopozo	Precipitación diaria	578.068	7.368.320	01/5/2010	31/12/2016
	Precipitación mensual	578.068	7.368.320	01/2008	12/2017
	Temperatura mensual	578.068	7.368.320	01/2010	12/2017
EM-Peine	Precipitación y temperatura mensual	596.017	7.380.388	01/1985	12/2019
EVT- 19	Evapotranspiración	578.228	7.376.559	05/2013	12/2019
EVT- 20	Evapotranspiración	578.855	7.375.174	05/2013	12/2019

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-8 Localización de los piezómetros

Piezómetro	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar (msnm)	Tipo	Laguna	Empresa
	UTM E	UTM N				
BA-01	574.964	7.375.461	2300,924	Barreno	La Brava	ALB
BA-02	575.305	7.375.003	2301,369	Barreno	La Brava	ALB
BA-03	575.594	7.374.516	2301,457	Barreno	La Brava	ALB
BA-04	576.096	7.374.776	2301,346	Barreno	La Brava	ALB
BA-05	576.373	7.375.324	2301,085	Barreno	La Brava	ALB
BA-06	576.120	7.375.626	2301,405	Barreno	La Brava	ALB
BA-07	578.406	7.376.692	2300,881	Barreno	La Punta	ALB
BA-08	577.783	7.375.887	2301,149	Barreno	La Punta	ALB
BA-09	575.545	7.376.062	2300,787	Barreno	La Brava	ALB
BA-10	576.268	7.376.317	2300,791	Barreno	La Punta	ALB
BA-11	576.254	7.376.750	2300,928	Barreno	La Punta	ALB
BA-12	576.707	7.376.759	2300,999	Barreno	La Punta	ALB
BA-13	577.081	7.376.565	2,301.084	Barreno	La Punta	ALB
BA-14	576.842	7.376.029	2,301.375	Barreno	La Punta	ALB
BA-15	576.968	7.375.650	2,301.132	Barreno	La Punta	ALB
BA-16	577.746	7.375.405	2,301.777	Barreno	La Brava	ALB
BA-25	576.424	7.374.761	2,301.472	Barreno	La Brava	ALB
MP-01A	578.647	7.376.429	2.301,23	Multipiezómetro	La Punta	ALB
MP-01B	578.650	7.376.430	2.301,19	Multipiezómetro	La Punta	ALB
MP-01C	578.646	7.376.429	2.301,23	Multipiezómetro	La Punta	ALB
MP-03A	577.651	7.373.947	2.302,64	Multipiezómetro	La Brava	ALB
MP-03B	577.653	7.373.947	2.302,63	Multipiezómetro	La Brava	ALB

Piezómetro	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar (msnm)	Tipo	Laguna	Empresa
	UTM E	UTM N				
MP-03C	577.650	7.373.947	2.302,64	Multipiezómetro	La Brava	ALB
TPZ-13C	576.859	7.375.764	2.300,72	Piezómetro	La Brava	MEL
TPZ-7B	577.816	7.373.654	2.302,78	Piezómetro	La Brava	MEL
TPZ-10	576.888	7.373.301	2.302,54	Piezómetro	La Brava	MEL
L12-2	578.896	7.375.144	2.303,84	Lisímetro	La Punta	SQM
L12-3	576.268	7.374.917	2.302,67	Lisímetro	La Brava	SQM

.Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-9 Localización de limnímetros y niveles lagunares.

Limnímetro Y reglillas	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Cota collar msnm	Inicio	Término	Empresa
	UTM E	UTM S				
LB -21 (A)	576.691	7.375.470	N/A	01/1998	10/2018	MEL
LB- 28 (B)	576.997	7.375.525	N/A	01/1998	10/2018	MEL
LB- 26 (C)	577.271	7.375.138	N/A	01/1998	10/2018	MEL
LP- 09 (D)	577.480	7.376.082	N/A	01/1998	10/2018	MEL
LP- 05 (F)	578.155	7.376.594	N/A	01/1998	10/2018	MEL
LP-08 (E)	577.784	7.376.359	N/A	01/1998	10/2018	MEL
Tilopozo (H)	577.748	7.369.366	N/A	01/1998	10/2018	MEL
LM-01	578.259	7.376.599	2.300,33	01/05/2016	07/12/2019	ALB
LM-02	578.162	7.376.719	2.300,795	01/05/2016	07/12/2019	ALB
LM-03	576.553	7.375.507	2.300,576	01/05/2016	07/12/2019	ALB
LM-04	576.992	7.375.404	2.300,934	01/05/2016	07/12/2019	ALB

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-10 Coordenadas de puntos de muestreo de calidad del agua.

Componente espacial	Estación	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Empresa
		UTM E	UTM N	
La_Brava	LBLB-01	576.681	7.375.665	MEL
La_Brava	LBLB-02	576.445	7.375.437	MEL
La_Brava	LBLB-03	576.717	7.375.517	MEL
La_Brava	LBLB-21	577.250	7.375.186	MEL
La_Brava	LBLB-26	577.000	7.375.447	MEL
La_Brava	LBLB-28	576.904	7.375.468	MEL
La_Brava	LBLB-04	576.043	7.375.273	MEL
La_Brava	LB-Nueva-1	575.802	7.375.193	MEL
La_Brava	LB-Nueva-2	575.904	7.374.527	MEL
La_Brava	LB-1	576.677	7.375.474	ALB
La_Brava	LB-2	576.782	7.375.494	ALB
La_Brava	LB-3	576.921	7.375.432	ALB

Componente espacial	Estación	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Empresa
		UTM E	UTM N	
La_Brava	LB-4	577.034	7.375.354	ALB
La_Brava	LB01	575.907	7.374.537	CZM
La_Brava	LB02	575.800	7.375.198	CZM
La_Brava	LB03	576.045	7.375.273	CZM
La_Brava	LB04	576.463	7.375.478	CZM
La_Brava	LB05	576.558	7.375.500	CZM
La_Brava	LB06	576.681	7.375.666	CZM
La_Brava	LB07	576.747	7.375.457	CZM
La_Brava	LB08	576.850	7.375.506	CZM
La_Brava	LB09	577.000	7.375.455	CZM
La_Brava	LB10	577.256	7.375.126	CZM
La_Punta	LBLP-01	578.297	7.376.635	MEL
La_Punta	LBLP-02	577.784	7.376.273	MEL
La_Punta	LBLP-03	577.480	7.376.080	MEL
La_Punta	LBLP-04	577.303	7.375.991	MEL
La_Punta	LBLP-05	578.160	7.376.592	MEL
La_Punta	LBLP-08	577.414	7.376.383	MEL
La_Punta	LP-22	578.517	7.376.737	ALB
La_Punta	LP-23	578.230	7.376.599	ALB
La_Punta	LP-24	578.352	7.376.703	ALB
La_Punta	LP01	577.430	7.375.958	CZM
La_Punta	LP02	577.479	7.376.084	CZM
La_Punta	LP03	577.414	7.376.394	CZM
La_Punta	LP04	577.784	7.376.376	CZM
La_Punta	LP05	578.160	7.376.597	CZM
La_Punta	LP06	578.262	7.376.595	CZM

Fuente: Elaboración propia

6.2.1. Variables forzantes

6.2.1.1. Temperatura

En este capítulo se presenta el registro histórico de temperaturas de las estaciones meteorológicas SCL y Rockwood, Tilopozo y Peine. Las observaciones de temperatura promedio mensual faltantes se completaron a partir de las observaciones de temperatura diaria promediados por mes.

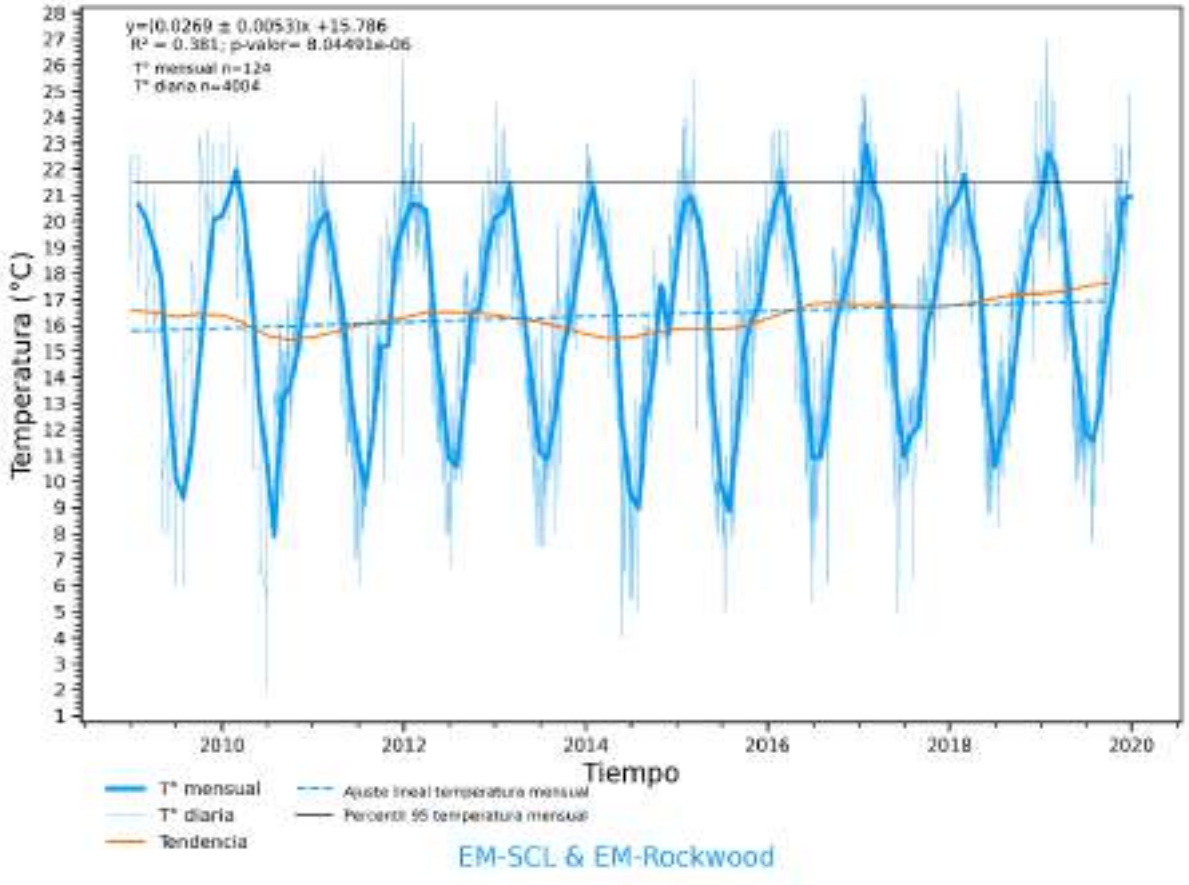


Figura 6-5 Temperatura media mensual y diaria, 2009 a 2019, EM-SCL y EM-Rockwood

Fuente: Elaboración propia

En la

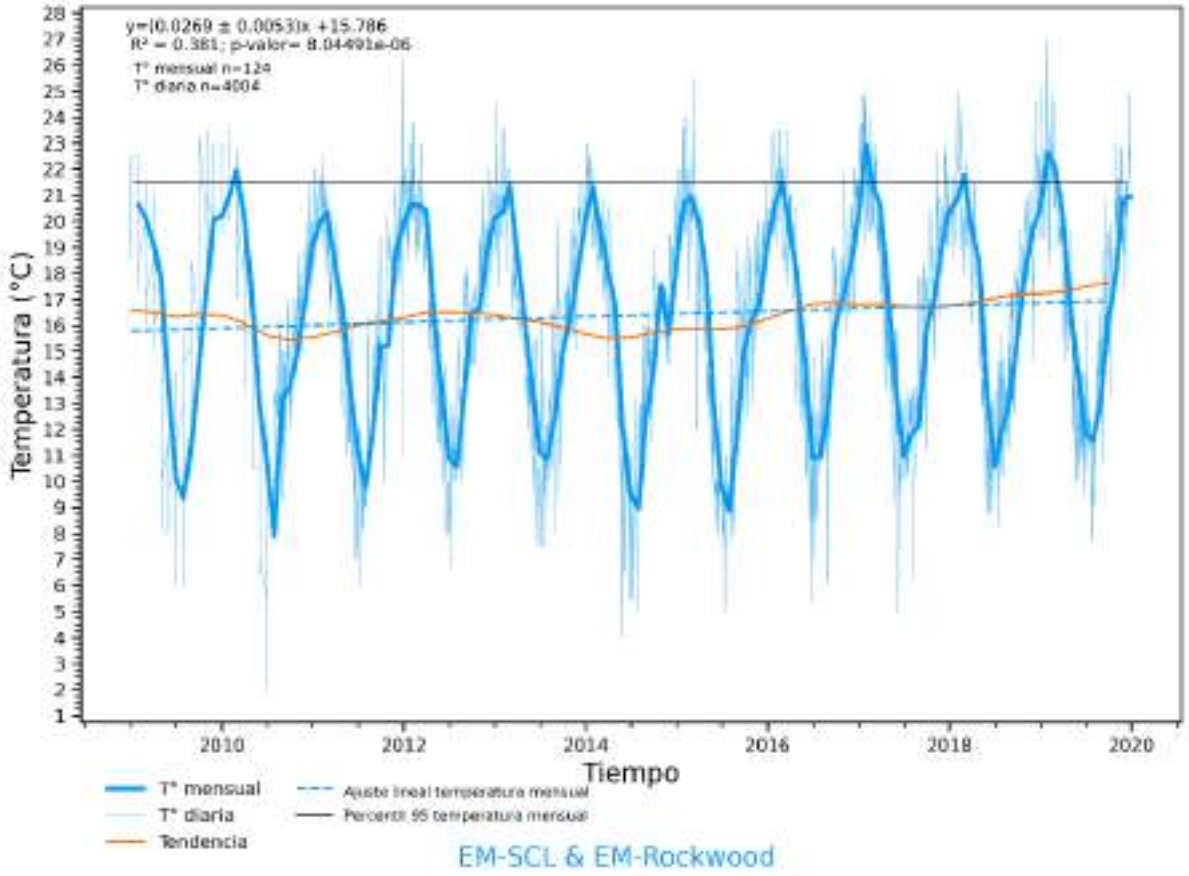


Figura 6-5 se presentan los valores de temperatura media mensual y diarios obtenidos desde la estación Albemarle (EM-SCL y EM-Rockwood) con un período de registro que va desde el año 2009 a 2019. Se observa que las temperaturas presentan una marcada diferencia entre los valores estacionales, donde las temperaturas medias mensuales máximas se registran en verano y las medias mensuales mínimas en invierno. Se determinó la curva de tendencia y el ajuste lineal, mediante lo cual es posible apreciar que existe un aumento significativo en las temperaturas para los años en los que se tiene registro (p-valor < 0,001; r^2 =0,381; m=0,027). Sumado a lo anterior, el ajuste lineal corrobora que para la EM-Rockwood & EM-SCL, existe un incremento significativo de temperatura de 0,108 °C por año, desde el año 2009 al 2019 (valor del ajuste lineal en tiempo inicial (verano de 2009) = 15,79°C; valor del ajuste lineal en tiempo final (primavera de 2019) = 16,94°C).

Dentro del registro histórico de temperaturas en EM-SCL & EM-Rockwood, el período más caluroso corresponde a verano de 2019 (21,64 °C), y a su vez el año 2019 corresponde al año con la mayor temperatura media anual (17,33 °C). Sumado a lo anterior, enero de 2019 presenta el máximo histórico de temperatura diaria (26,97°C). Por otro lado, el período con mínima temperatura corresponde al invierno de 2010 (11,56°C) y una temperatura media mensual para junio del mismo año de 7,91°C.

Con respecto a EM-Tilopozo, las observaciones de temperatura mensual disponibles corresponden al período entre los años 2010 a 2017, los que son representados en la Figura 6-6.

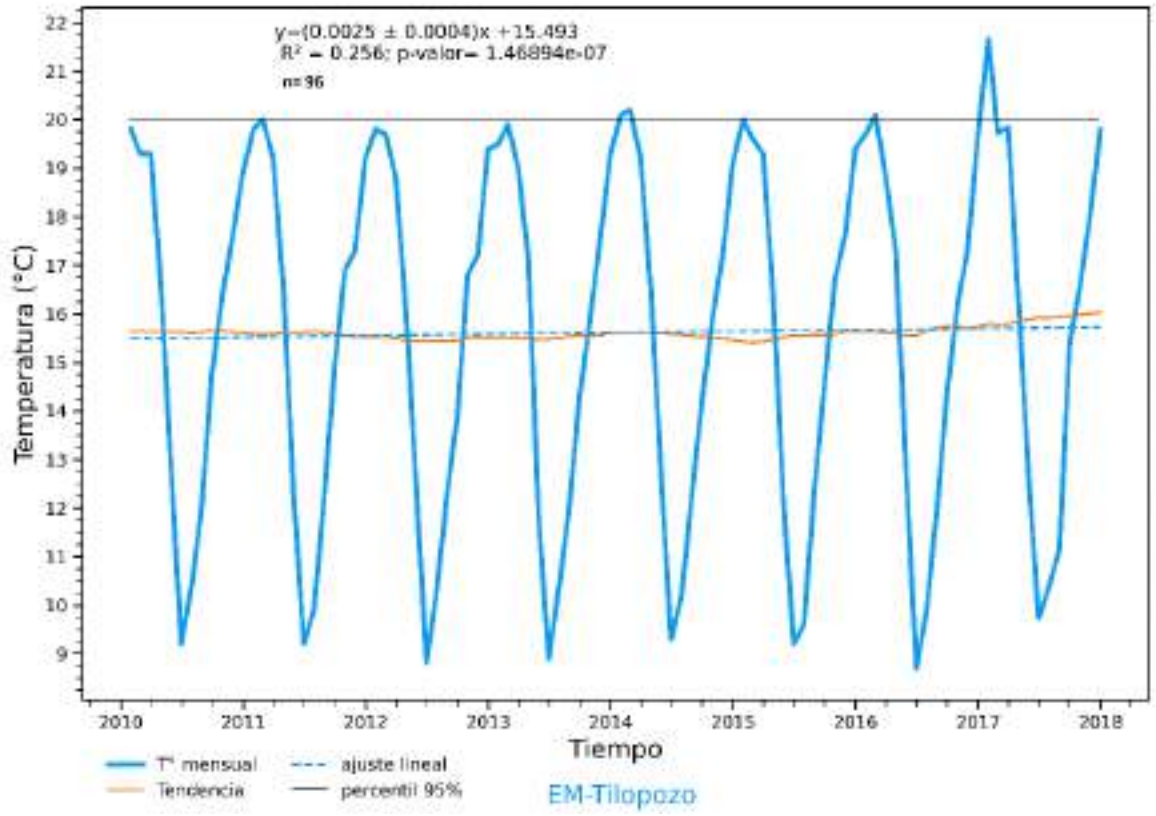


Figura 6-6 Temperatura media mensual EM-Tilopozo, 2010 a 2017

Fuente: Elaboración propia

La curva de tendencia para esta estación meteorológica muestra menor variación de temperatura (desviación estándar, SD, = 0,07°C) que la observada en EM-SCL y EM-Rockwood (SD = 0,56 °C). El ajuste lineal resultante sugiere que existe un aumento significativo de temperatura desde el año 2010 al 2017 (p-valor < 0,001; r^2=0,256; m=0,0025), donde la pendiente de éste muestra que los valores de temperatura media mensual de EM-Tilopozo han aumentado 0,032°C por año (valor del ajuste lineal en tiempo inicial (verano de 2010) = 15,49°C; valor del ajuste lineal en tiempo final (primavera de 2017) = 15,75 °C). El máximo histórico estacional se observa en verano de 2017 (20,41°C), mientras que el mínimo histórico ocurre en invierno de 2016 (12,10°C).

En relación a la EM-Peine, se dispone de observaciones desde el año 1984 a 2019, con un período sin información entre los años 1996 y 1999.

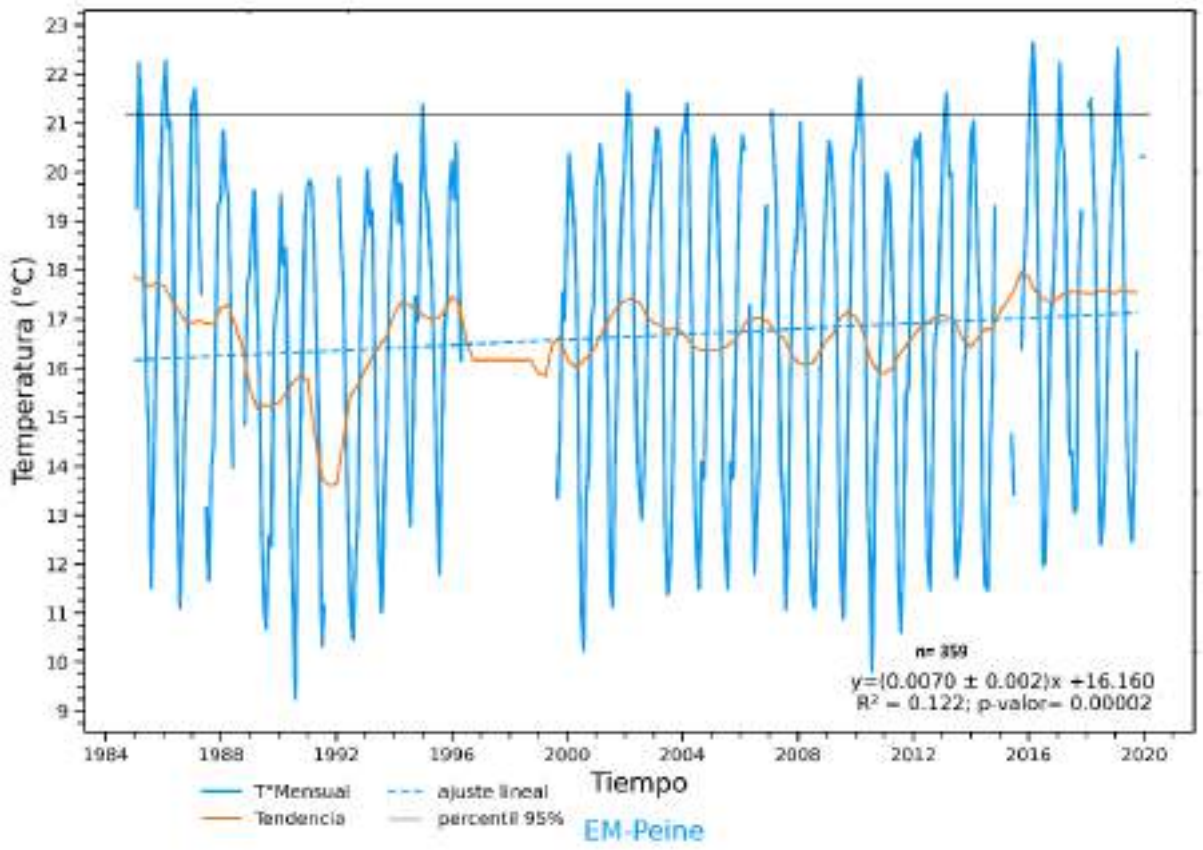


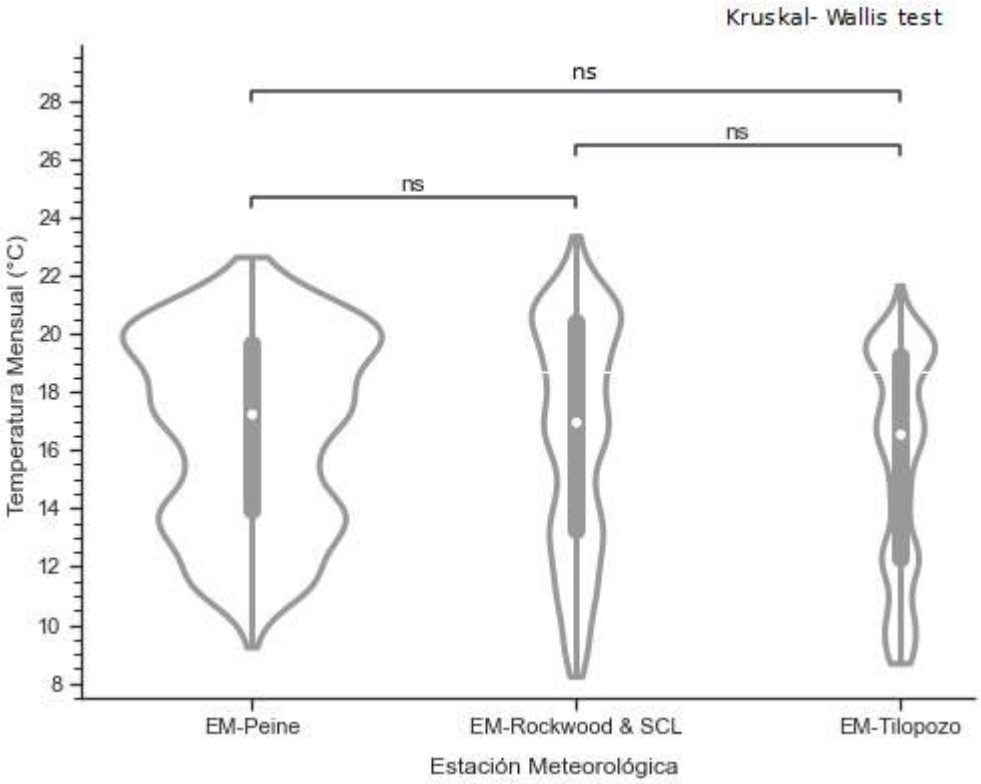
Figura 6-7 Temperatura media mensual EM-Peine, 1985 a 2019

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-7 se presentan los valores de temperaturas medias mensuales, para las cuales se determina la curva de tendencia y el ajuste lineal, siendo este último de pendiente positiva significativa desde 1985 a 2019 (p-valor < 0,001; r^2 =0,122; m=0.007). La curva de tendencia indica que entre los años 1984 y 1991 se vio una disminución en las temperaturas y posteriormente, entre los años 1991 y 2019, se aprecia un aumento progresivo que se agudiza luego de 2016.

Se observa que para EM-Peine existe una variación estacional en las temperaturas, las que aumentan en verano y disminuyen en invierno (Figura 6-7). Además, se observa que el máximo estacional histórico tiene lugar en verano de 2016 (21.81°C), mientras que el mínimo estacional histórico ocurre en invierno del año 1990 (11.15°C; Figura 6-7).

Finalmente, con el objeto de comparar el comportamiento de los datos entre las tres estaciones estudiadas, se realiza un boxplot tipo violín para cada una de las estaciones, considerando los valores de temperaturas medias



mensuales (

Figura 6-8).

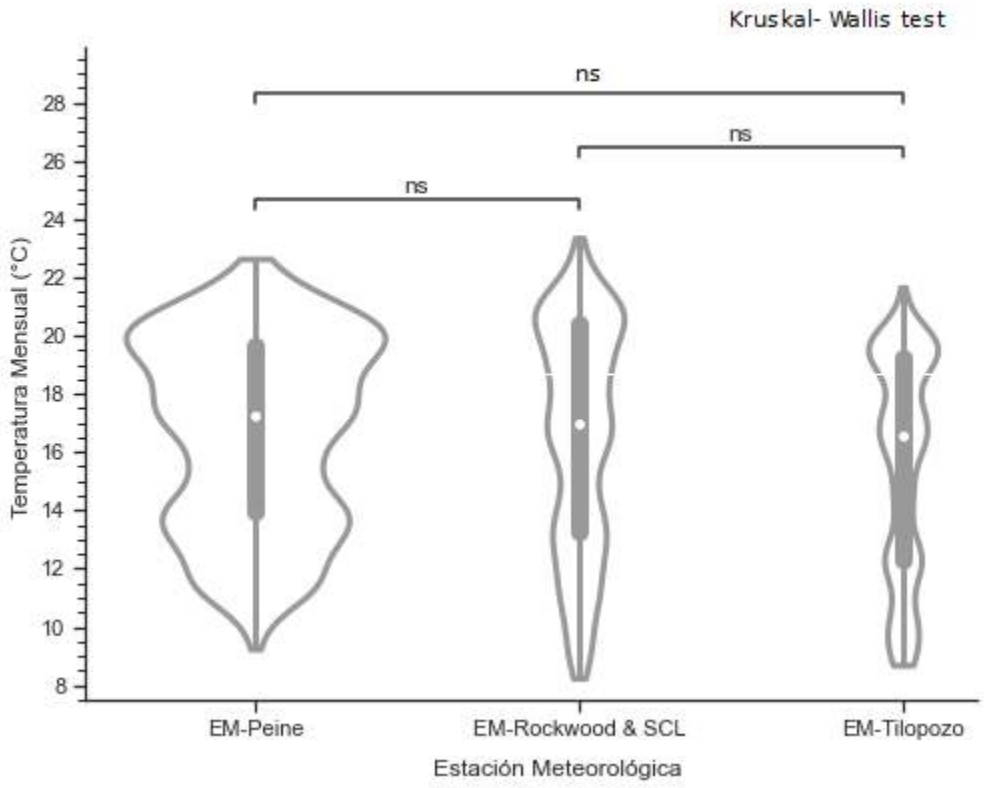


Figura 6-8 Boxplot de temperaturas mensuales de EM-Peine, EM-Rockwood, SCL y EM-Tilopozo.

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un KWtest con posterior Dtest para las temperaturas mensuales de cada estación meteorológica, como fue detallado en 5.2.2.2, obteniendo que no hay diferencia significativa entre estos conjuntos.

La media para cada conjunto de datos es representada por un punto blanco en la parte central de los gráficos, además, los límites de las líneas gruesas representan los cuartiles Q1 y Q3 de cada conjunto de datos.

El ancho de los gráficos para cada estación indica la densidad de datos que se posee en cada intervalo de valores de temperatura. A partir de esto se puede concluir que la mayor densidad de observaciones, en cada

una de las estaciones, se encuentra en el cuartil Q3, con valores entre 19°C y 20.5°C (

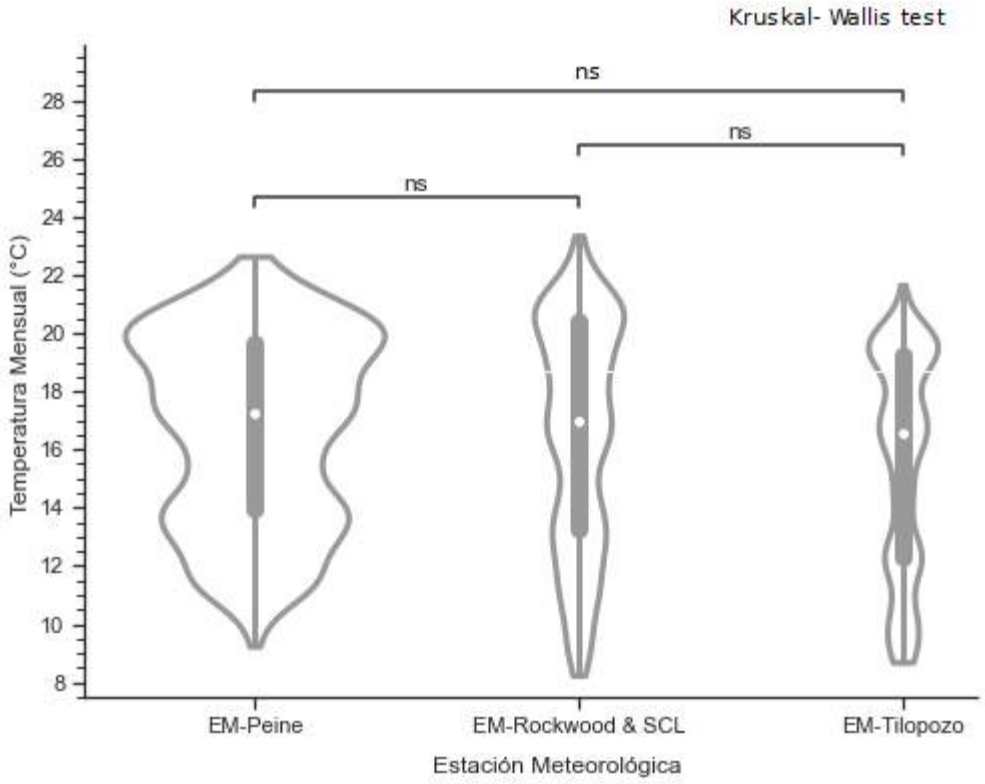


Figura 6-8).

Como indicador de la estacionalidad de la temperatura, se encontró que para EM-Peine, al aplicar el KWtest (p-valor < 0,001), y el Dtest como prueba *post-hoc*, para el promedio de temperaturas mensuales separados por estación de año, la temperatura es significativamente más alta para la temporada de verano (Dtest p-valor < 0,001 para primavera, otoño e invierno), primavera es significativamente mayor que otoño e invierno (Dtest p-valor < 0,001 para otoño e invierno), y las temperaturas de otoño e invierno no difieren significativamente (Dtest p-valor > 0,05).

Finalmente, en la

Tabla 6-11, se presentan los valores de temperatura media anual para EM-SCL & EM-Rockwood, EM-Peine y EM-Tilopozo.

Tabla 6-11 Temperatura media anual para EM-SCL & EM-Rockwood, EM-Peine y EM-Tilopozo.

Estación	Temperatura media anual (°C)
EM-SCL & EM-Rockwood	16,44
EM-Peine	16,92
EM-Tilopozo	15,60

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.2. Precipitación

En este subcapítulo, se presentan y analizan los registros históricos de precipitaciones acumuladas mensuales de EM-SCL & EM-Rockwood, EM-Tilopozo y EM-Peine. Los datos de precipitación acumulada mensual faltantes, se completaron a partir de la suma mensual de las mediciones directas de precipitación diaria.

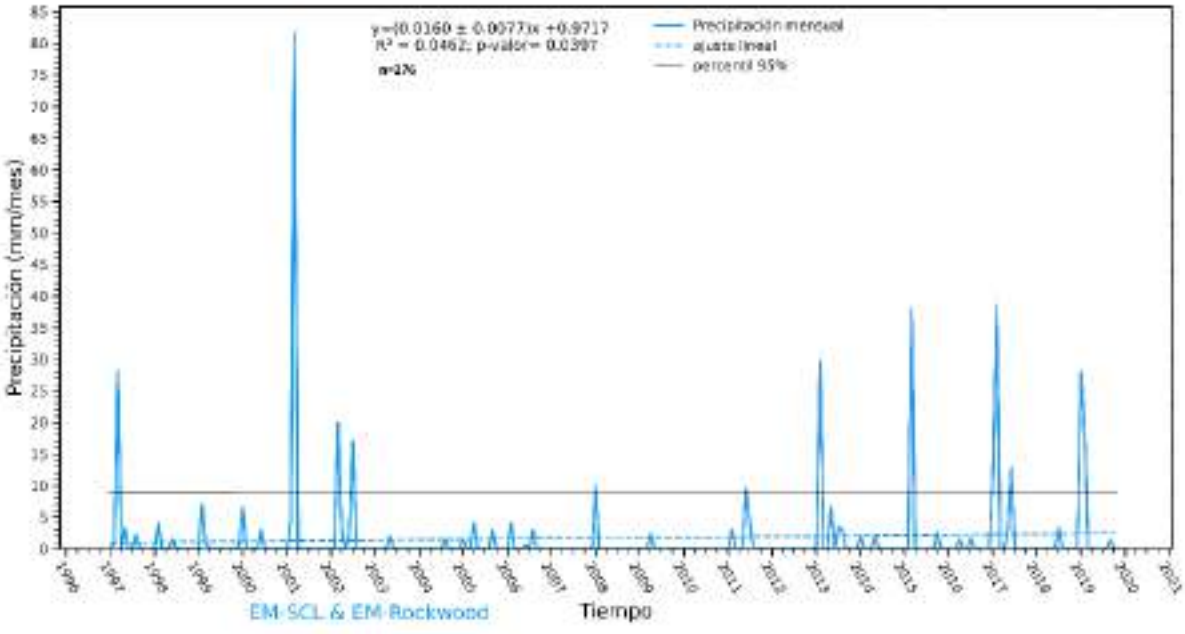


Figura 6-9 Precipitación acumulada mensual 1997 a 2019, EM-SCL y EM-Rockwood

Fuente: Elaboración propia

Los registros de EM-SCL & EM-Rockwood, se agruparon en solo un conjunto, presentando un registro continuo de precipitaciones acumuladas mensuales desde el año 1997 hasta 2019. En el presente registro es posible reconocer 6 eventos de precipitación con valores iguales o superiores a 25 mm/mes, y todos durante la temporada de verano para los años 1997, 2001, 2013, 2015, 2017 y 2019 (Figura 6-9). Entre los años 2003 y 2013 se aprecia un período donde los eventos de precipitaciones mensuales no superan mm/mes. Sumado a lo anterior, el 95% de los meses se presentan precipitaciones iguales o menores a 9 mm/mes.

El análisis de series de tiempo para EM-SCL & EM-Rockwood indica que los valores de precipitación tienen un pobre ajuste a un modelo lineal ya que el r^2 es menor a 0,10 (p-valor < 0,05; r^2=0,046; m=0,016; Figura 6-9). Por otro lado, el KWtest (p-valor < 0,001), y posterior Dtest corrobora que las principales lluvias ocurren durante el verano, aunque estadísticamente indistinguible del otoño (Dtest p-valor < 0,001 con primavera; p-valor < 0,05 con invierno, p-valor > 0,05 con otoño), seguido por las temporadas de invierno y otoño, siendo estos estadísticamente indistinguibles (Dtest p-valor < 0,001 para otoño con primavera; p-valor < 0,05 para invierno con primavera; p-valor > 0,05 para invierno con otoño), dejando a la primavera como la temporada significativamente más seca (Figura 6-9).

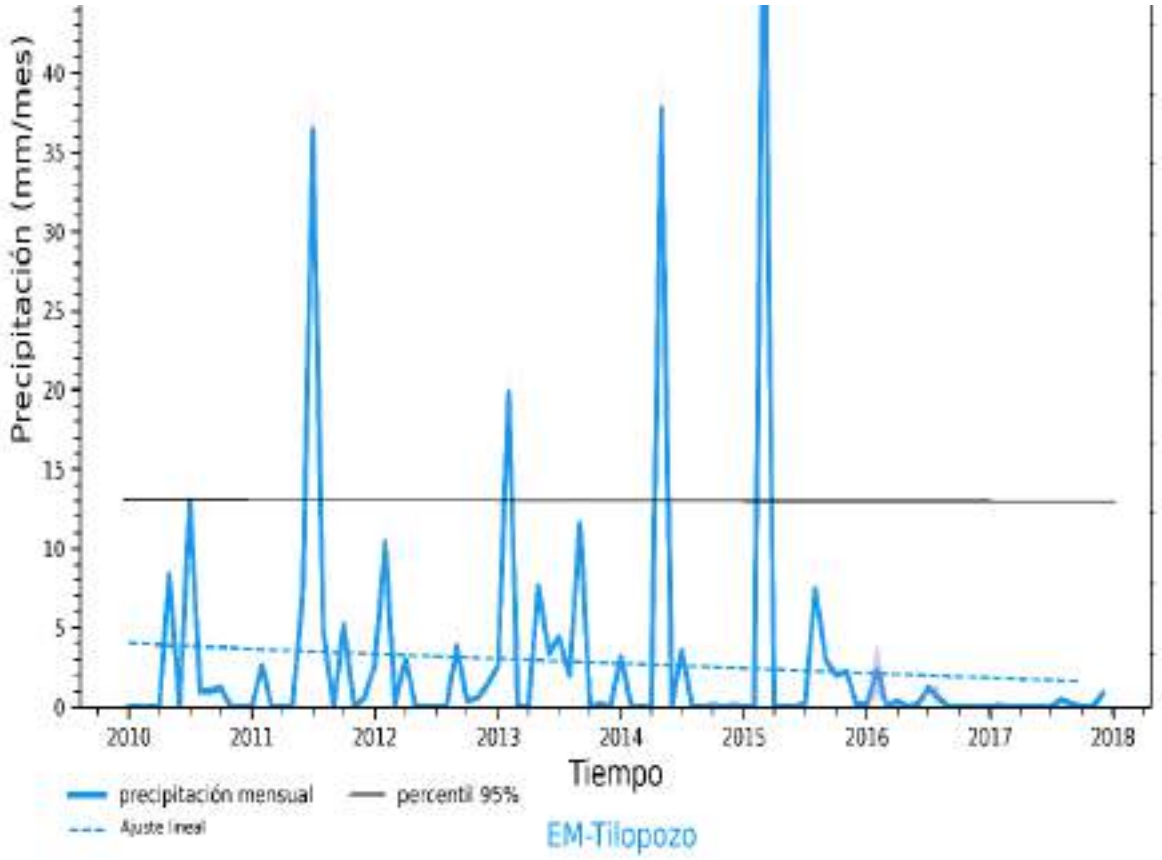


Figura 6-10 Precipitación acumulada mensual, 2010 a 2017, EM-Tilopozo

Fuente: Elaboración propia

La EM-Tilopozo presenta un registro de precipitaciones acumuladas mensuales desde el año 2010 al 2017, donde es posible reconocer 4 eventos de precipitaciones para los años 2011, 2013, 2014 y 2015 con valores superiores a 20 mm/mes. Por otro lado, el 95% de los períodos estudiados presentan precipitaciones iguales o menores a 13 mm/mes (Figura 6-10).

El KWtest indica que hay diferencias significativas entre las estaciones del año (p-valor < 0,05), pero al realizar el Dtest se encuentra que ningún par de estaciones difieren significativamente entre sí (Figura 6-10).

El análisis de series de tiempo de EM-Tilopozo revela un ajuste lineal con mayor correspondencia al modelo lineal y cuya pendiente es significativamente negativa, lo que implica una tendencia a la disminución de las precipitaciones (p-valor < 0,05; r^2=0,13; m=-0.078).

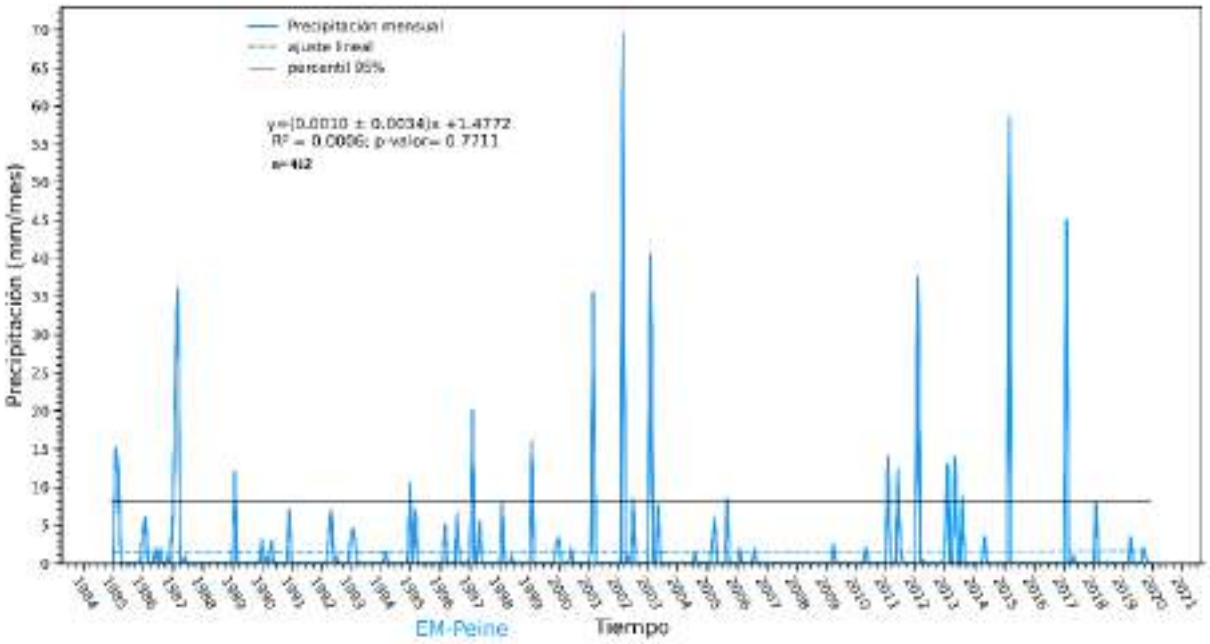


Figura 6-11 Precipitación acumulada mensual, 1985 a 2019, EM-Peine

Fuente: Elaboración propia

EM-Peine posee un registro de precipitaciones acumuladas mensuales, desde del año 1985 hasta 2019, donde es posible reconocer eventos de precipitación para los años 1987, 2001, 2002, 2003, 2012, 2015 y 2017 con valores superiores a 35 mm/mes. Por otro lado, se reconocen dos períodos con escasas precipitaciones, durante 1989 – 1997 y 2003 – 2010 (Figura 6-11). Sumado a lo anterior, el 95% de los valores de precipitación mensual se encuentran por debajo de los 8.22 mm/mes.

El análisis de varianza para esta estación meteorológica (Figura 6-12) revela una estacionalidad similar a lo visto para EM-SCL & EM-Rockwood, con un p-valor < 0,001 para el KWtest. Específicamente, las precipitaciones de verano son significativamente mayores que todas las otras temporadas (Dtest p-valor > 0,05 con otoño; p-valor < 0,001 con invierno y también con primavera), seguido por otoño cuyas precipitaciones son mayores que las de primavera, pero indistinguibles de las precipitaciones de invierno (Dtest p-valor < 0,05 con primavera; p-valor > 0,05 con invierno). La acumulación mensual de precipitaciones es estadísticamente indistinguible entre las temporadas de invierno y primavera (Dtest p-valor > 0,05).

El análisis de series de tiempo de EM-Peine resulta en un r^2 menor a 0,10, que consideramos como una pobre correspondencia a un modelo lineal, y además un p-valor > 0,05, implicando que la pendiente del ajuste es

indistinguible de cero (p-valor > 0,05; r^2=0006; m= 0.001). Esto sugiere que no hay evidencia de un aumento o disminución de precipitaciones registradas en EM-Peine.

Tabla 6-12. Precipitación media anual.

Estación	Precipitación media (mm/año)
EM-SCL & EM-Rockwood	19.61
EM-Peine	24.66
EM-Tilopozo	34.48

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-12 presenta los valores de precipitación acumulada media anual para EM-SCL/Rockwood, EM-Peine y EM-Tilopozo. Es posible concluir que las precipitaciones medias anuales oscilan entre 19.61 y 34.48 mm/año, siendo menores en EM-SCL & Rockwood (núcleo del salar) y mayores en EM-Peine y EM-Tilopozo

que se encuentran fuera de la zona marginal del salar (

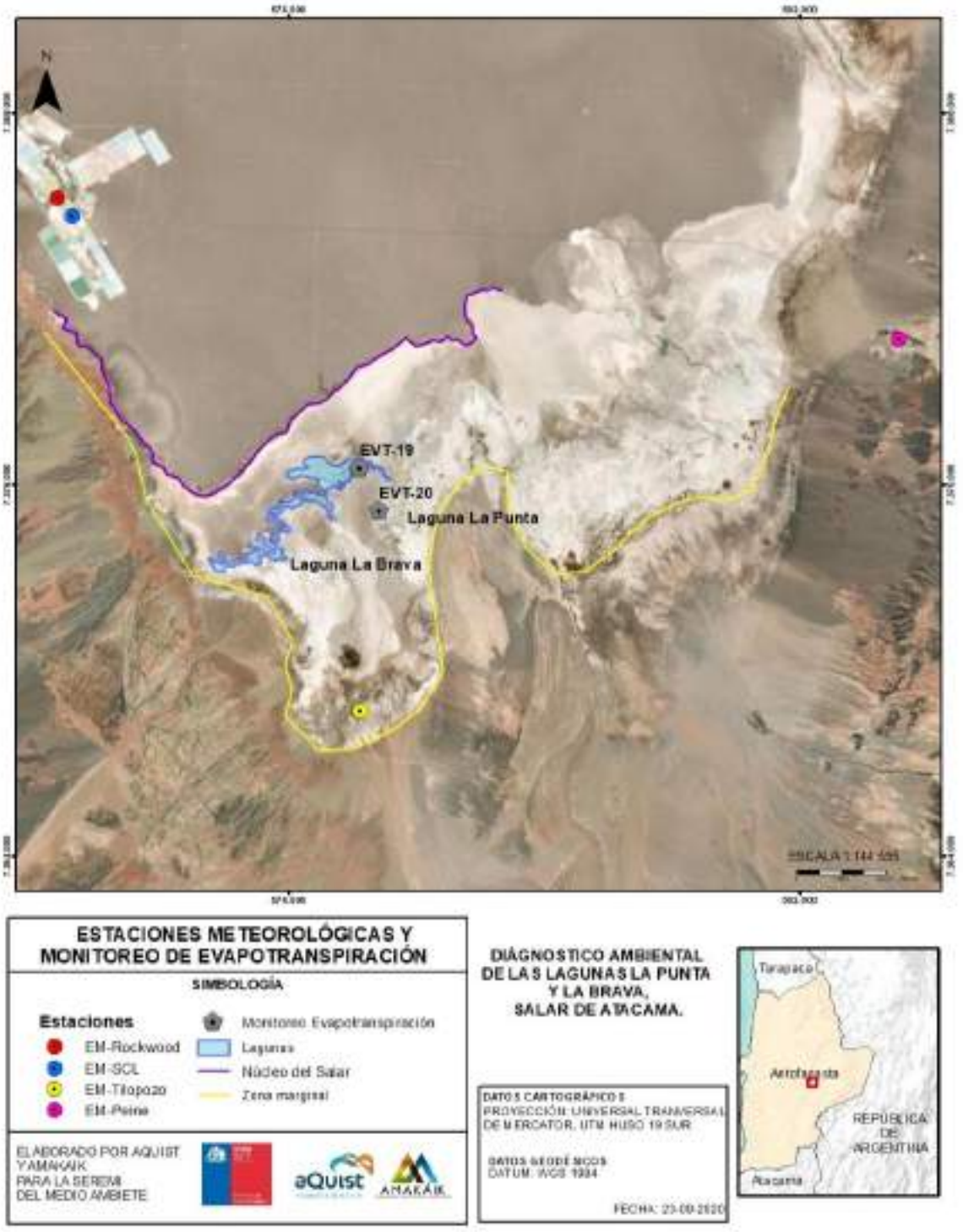


Figura 6-3).

Basado en el KWtest, cuyo p-valor fue <0,001, es posible determinar que las mayores precipitaciones mensuales se registraron en EM-Tilopozo (Dtest p-valor < 0,001 con EM-Peine y también con EM-SCL/Rockwood). Las precipitaciones registradas en EM-Peine y EM-SCL/Rockwood son estadísticamente indistinguibles (Dtest p-valor>0.05). El promedio anual de precipitaciones se puede ver en Tabla 6-12.

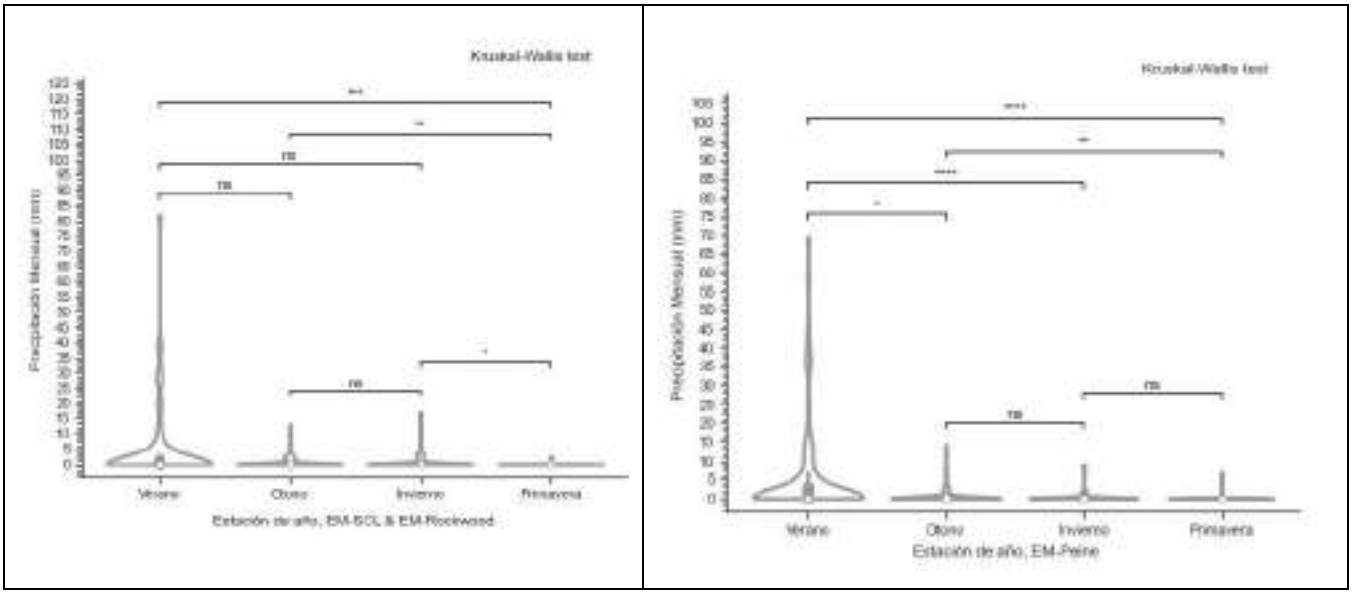
Dentro de los boxplot presentados en la Figura 6-13, los índices *, ** y ns hacen referencia al valor de significancia entre los valores estudiados.

Tabla 6-13. Rango de p-valor para boxplot realizados en **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**.

Leyenda anotación de p-valor	
ns	0,05 – 1
*	0,01 – 0,05
**	0,001 – 0,01
***	0,0001 – 0,001
****	≤ 0,0001

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-12 se presentan los boxplot para las tres estaciones en estudio: EM-SCL & EM-Rockwood, EM-Peine y EM-Tilopozo. Los valores de precipitación utilizados corresponden a acumulados mensuales y los boxplot fueron realizados según estacionalidad.



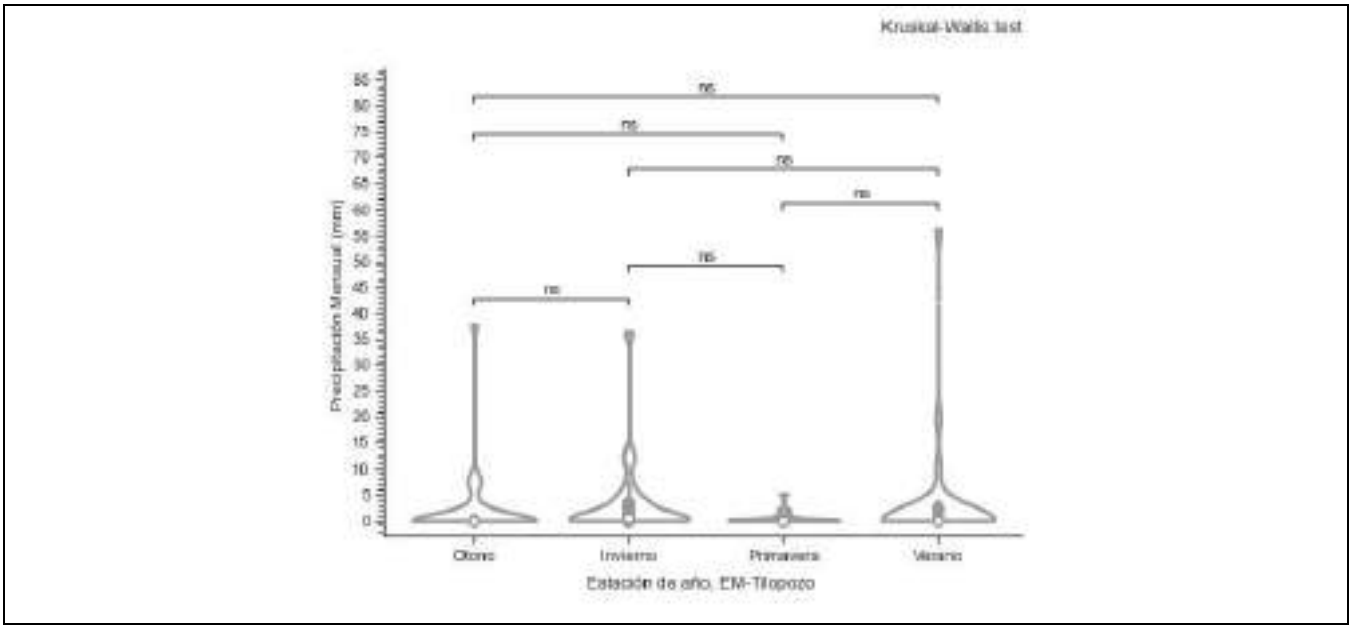


Figura 6-12 Boxplot tipo violín de precipitaciones (mm/mes) según estacionalidad para las estaciones meteorológicas: EM-SCL & EM-Rockwood, EM-Tilopozo y EM-Peine. Fuente: Elaboración propia

6.2.1.3. Evapotranspiración

Los registros de evapotranspiración se presentan como series temporales (Figura 6-13 y

Figura 6-14). Éstos corresponden a mediciones realizadas en terreno a partir de domos, donde se mide la evapotranspiración durante un día cada tres meses. Los puntos de medición disponibles corresponden a EVT-19, localizado en el borde de Laguna La Punta, y el punto EVT-20 que se localiza hacia el sur de las lagunas

La Punta y La Brava (

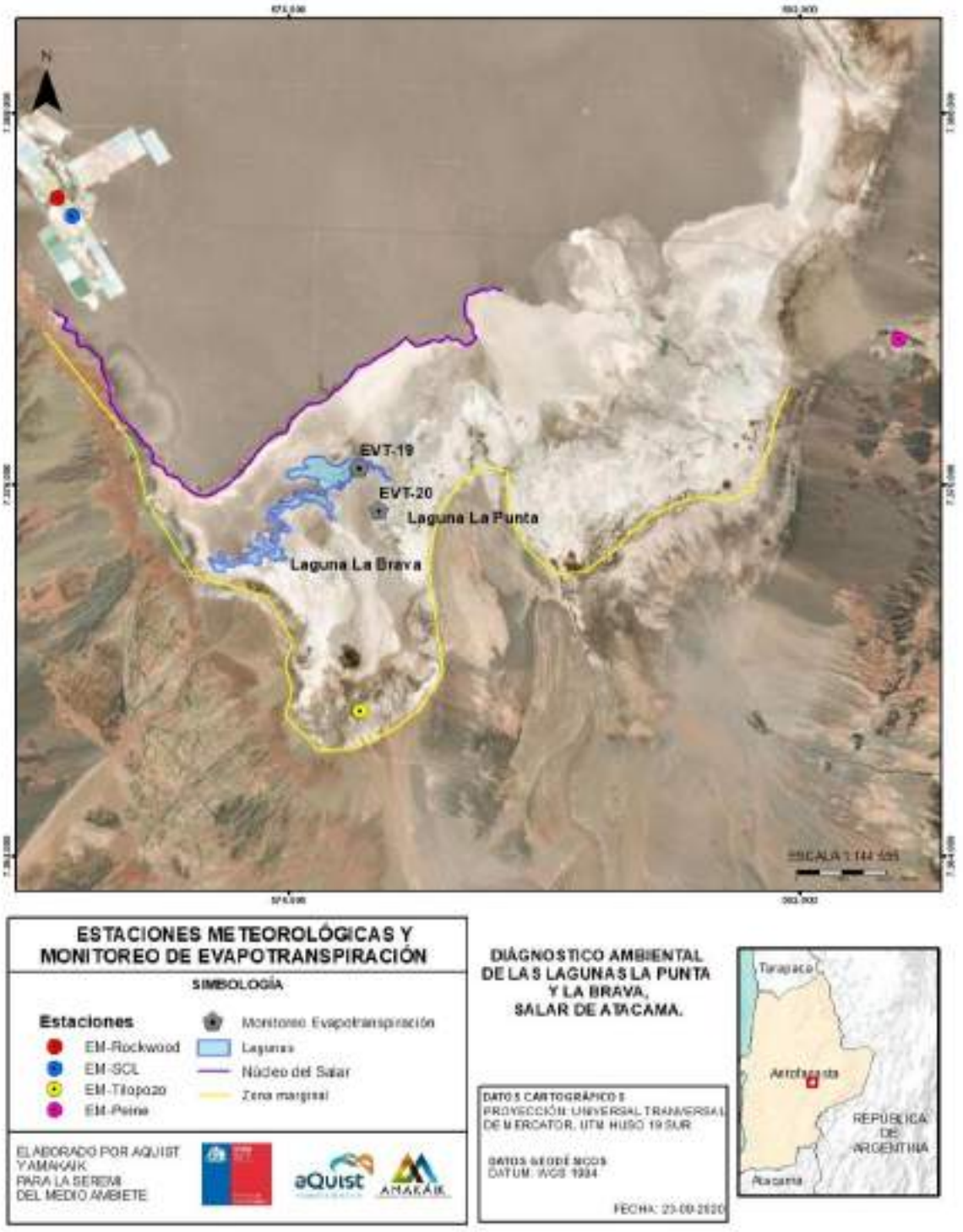


Figura 6-3). Ambos puntos de monitoreo pertenecen a la empresa Albemarle.

Tabla 6-14. Descripción estadística de evapotranspiración en puntos de monitoreo EVT-19 y EVT-20, período 2013 – 2019.

Parámetro	EVT-19 (mm/día)	EVT-20 (mm/día)
Promedio	3,884	0,623
SD	2,470	0,314
Delta (máx-mín)	9,676	1,334
Percentil 10	1,680	0,310
N observaciones	20	26

Fuente: Elaboración propia

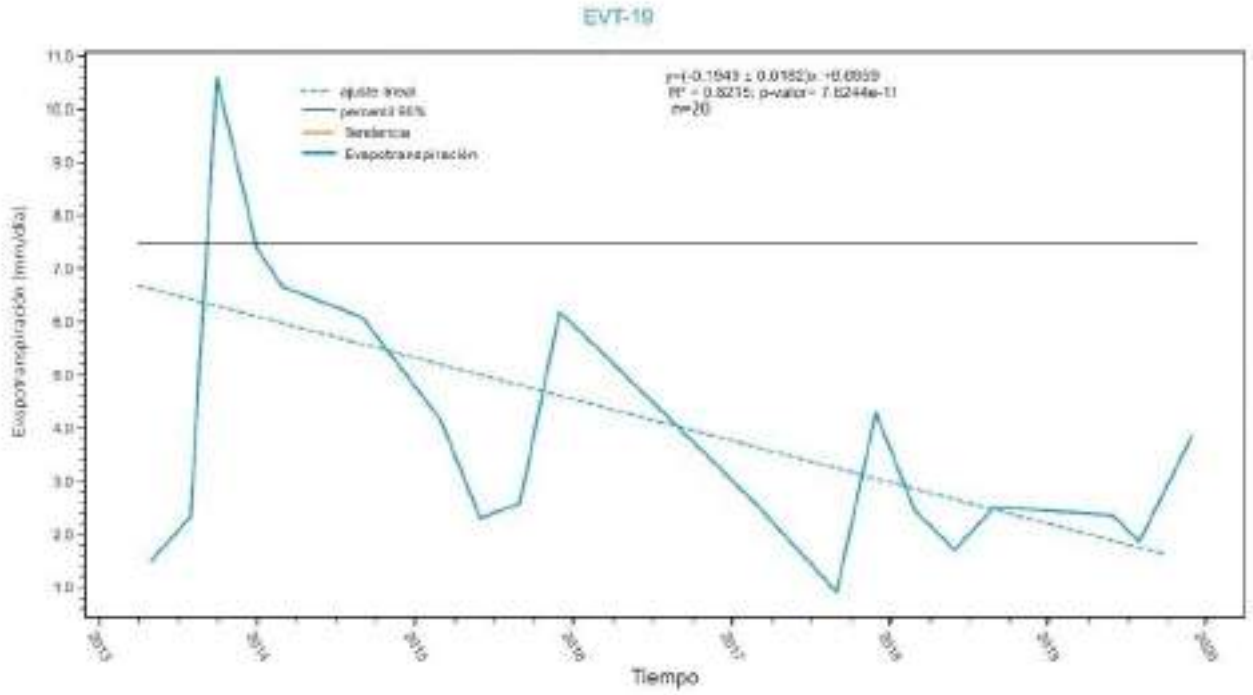


Figura 6-13 Evapotranspiración en punto de monitoreo EVT-19, 2013-2019. Fuente: Elaboración propia.

Es posible observar (Figura 6-13) que en el año 2013 existe un máximo de evapotranspiración. A partir del análisis de series de tiempo se distingue que existe una disminución significativa de los valores de evapotranspiración durante el tiempo en el que se tiene registro (p-valor < 0,001; r^2 = 0,82; m= -0.19).

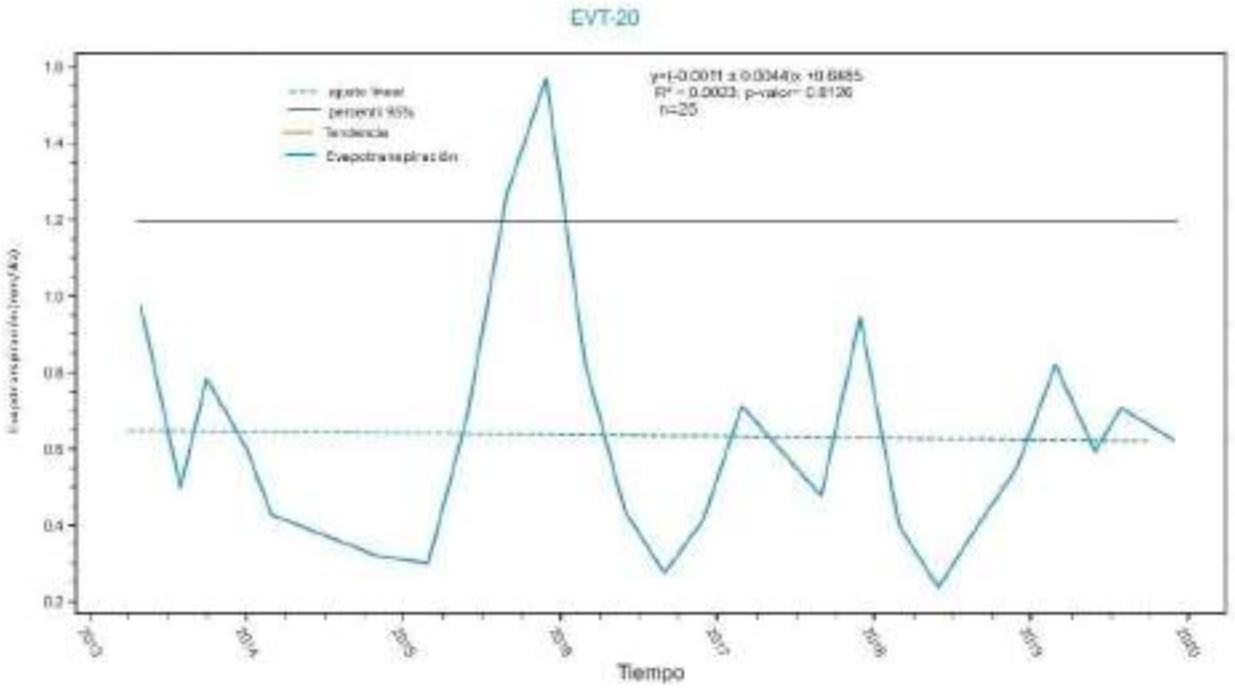


Figura 6-14 Evapotranspiración en punto de monitoreo EVT-20, 2013-2019.

Fuente: Elaboración propia.

La

Figura 6-14 presenta los valores de evapotranspiración medidos en EVT-20. Se observa que el mayor aumento se registra durante diciembre de 2015 (1.57 mm/día), mientras que el valor mínimo se registra en junio de 2018 (0.236 mm/día).

El ajuste lineal del conjunto de datos de EVT-20 no es significativo, por lo que no es posible determinar si ha existido un aumento o disminución de los valores de evapotranspiración para el período estudiado (

Figura 6-14; p-valor > 0,05; r^2 =0,0023; m=-0,001).

El valor promedio de evapotranspiración registrado por EVT-19 es 3.88 mm/día mientras que en EVT-20 es de 0.62 mm/día, donde la desviación estándar es de 2.469 mm/día y 0.314 mm/día, respectivamente. Esto indica que los valores en EVT-19 son mayores, más dispersos y fluctúan en un rango de valores notablemente más amplio que los registrados en EVT-20 (Tabla 6-14).

Con respecto a los valores mínimos de evapotranspiración registrados en ambas estaciones, y considerando los valores bajo el percentil 10, se tiene que para la estación EVT-19 los valores bajo el percentil 10 se registran durante septiembre de 2017 y mayo de 2013, con valores inferiores a 1,68 mm/día. Por otro lado, en la estación

EVT-20 los valores bajo el percentil 10 se registran durante marzo de 2015, septiembre de 2016, junio y julio de 2018, con datos inferiores a 0,31 mm/día (Tabla 6-14).

Finalmente, se aplica una prueba estadística para los conjuntos de valores de evapotranspiración registrados en las estaciones EVT-19 y EVT-20, obteniendo diferencia significativa entre ambas estaciones para el período 2013 a 2019 (MWtest, p-valor < 0,001).

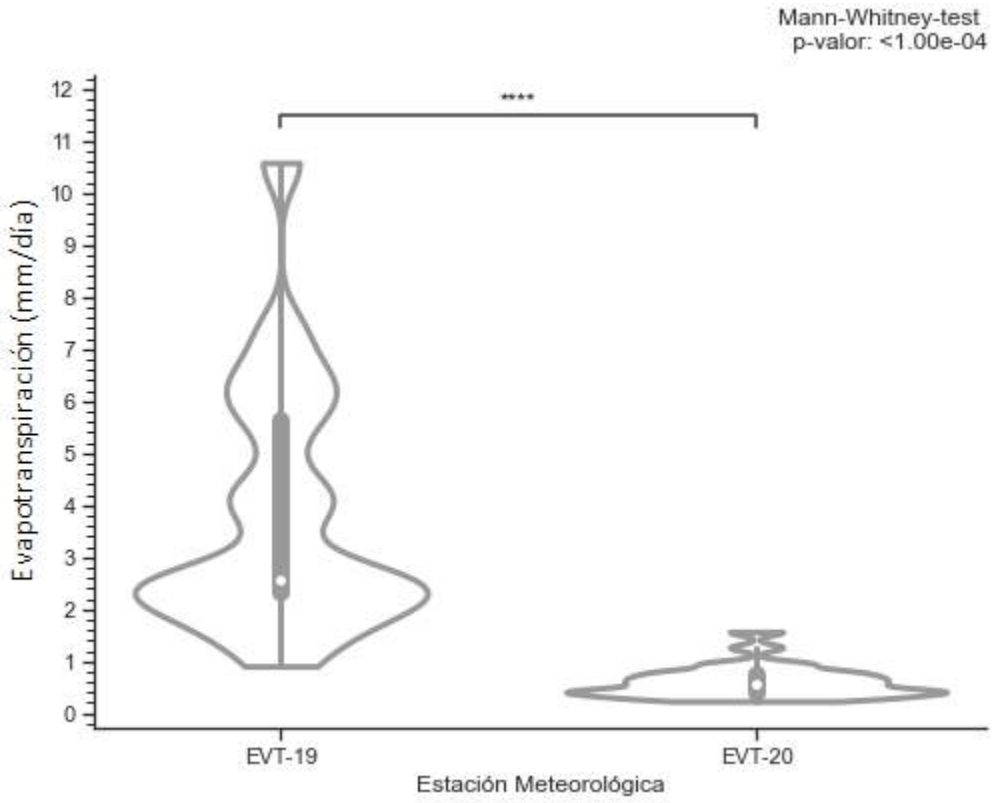


Figura 6-15 Boxplot, monitoreo de evapotranspiración en EVT-19 y EVT-20, 2013-2019

Fuente: Elaboración propia

La

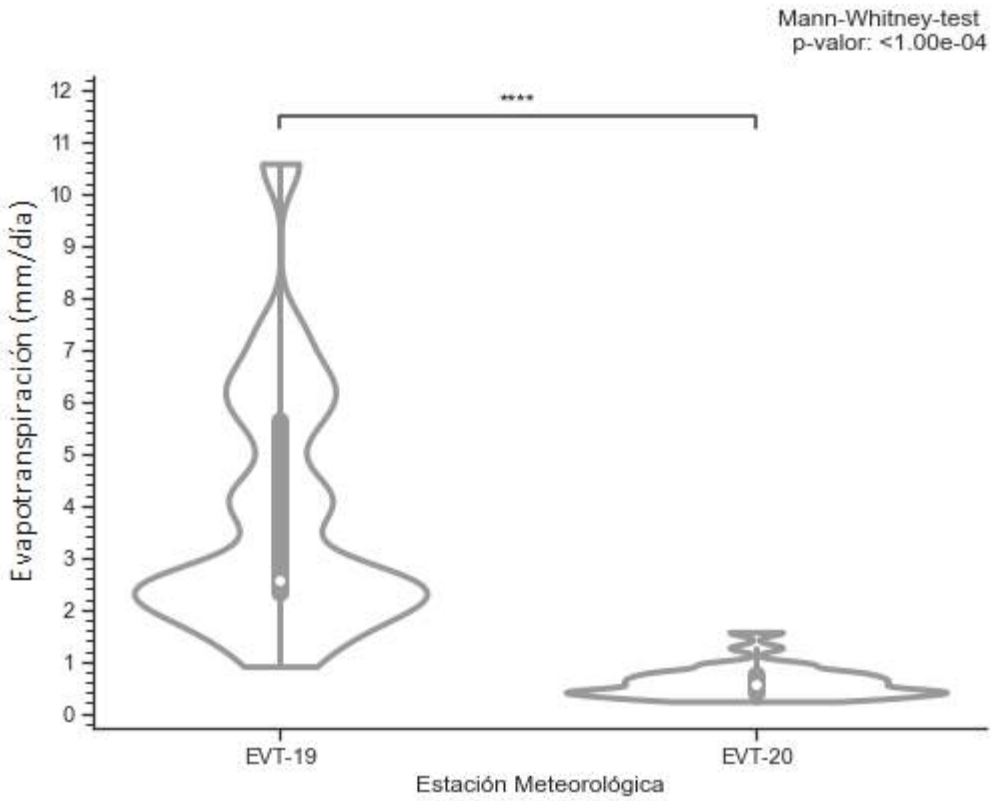


Figura 6-15 presenta un boxplot tipo violín para las estaciones EVT-19 y EVT-20 donde se exponen los datos de evapotranspiración de ambos puntos de monitoreo. Para el punto de monitoreo EVT-19, la mayor cantidad de datos se distribuye en los valores 2 y 3 mm/día, mientras que para EVT-20 la mayor distribución de los datos se encuentra entre los valores 0.4 y 0.6 mm/día.

6.2.1.4. Superficie de lagunas y de dilución salina

En este capítulo se presentan y analizan los registros de superficie lagunar estimada para La Punta y La Brava, y también los registros de la superficie de agua estimada en la zona de dilución salina desde 1985 a 2019. Esta última se localiza al noroeste de las lagunas y en el borde sur del núcleo del Salar (Figura 4-1El área de estudio (Figura 4-1), comprende las lagunas La Punta y La Brava, localizadas en la zona marginal sur del Salar de Atacama (576.554 E/ 737.555.595 S, Datum WGS-84), Región de Antofagasta.

Tabla 4-1 Vértices de polígono área indirecta

Vértices	Coordenadas UTM (Datum WGS84)	
	Este (m)	Norte (m)
1	573.516,216	7.377.604,584
2	579.389,978	7.377.604,584
3	579.389,978	7.373.085,491
4	573.505,633	7.373.096,075

Fuente: Elaboración propia

). Se trabajó con una base de datos propia, generada a partir del análisis de imágenes satelitales (ver metodología de Imágenes satelitales, subcapítulo 5.2.3) a una resolución de 4 temporadas por año, y con la base de datos de Minera Escondida, de resolución temporal de dos estaciones por año, invierno y verano, desde 2002 a 2018, datos obtenidos a partir del Anexo G, del Plan de Alerta Temprana 2018 de Minera Escondida.

Se debe señalar que no se consideró la base de datos de Albemarle, debido a vacíos importantes de información para todas las temporadas, ya que en el Anexo C “Superficie cubierta por lagunas (1985-2019)”, del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico 2019, RCA 21/2016, no se especifica si las áreas corresponden a superficies lagunares o a superficies lagunares más zona de dilución salina. Esta información tampoco se encuentra en los planes de seguimiento ambiental.

Por otro lado, dado que el sistema lagunar es sensible a la estacionalidad y con la finalidad de mantener la objetividad de los resultados, los datos se analizaron por temporadas, presentándose las series temporales y descripciones estadísticas de esta forma.

Para la base de datos generada se diferenció entre el área lagunar superficial y profunda. La superficie lagunar total se entiende como la suma de ambas (superficial y profunda). Para esto, se toma en cuenta la altura de la columna de agua desde la base de la laguna hasta su superficie. Los análisis estadísticos se presentan en Tabla 6-15 y Tabla 6-16.

Se presenta para esta variable el valor de cambio relativo, que es el valor del ajuste lineal en tiempo final menos el valor del ajuste lineal en el tiempo inicial. Como se detalla más adelante, todos los cambios relativos para el registro de superficies resultaron ser de disminución, por lo que así se presenta en Tabla 6-16. A partir del cambio relativo es posible calcular el cambio relativo porcentual, que es el cambio relativo dividido por valor del ajuste lineal en tiempo inicial, luego multiplicado por 100. Ambos se calcularon solo para los conjuntos con un ajuste lineal considerable y una pendiente significativamente distinta a cero (r^2>0,10 y p-valor < 0,05).

Tabla 6-15. Síntesis de descripción estadística de superficies lagunares y de dilución salina estimadas.

Base de datos	Superficie		Temporada	Promedio (ha)	SD (ha)	Mínimo (ha)	Máximo (ha)	Percentil 10 (ha)	Percentil 90 (ha)	N observaciones
Generada 1985-2019	Lagunas	Total	**Verano**	38,48	11,94	18,54	69,12	23,87	53,30	33
			Invierno	82,82	33,68	37,89	151,29	39,75	122,15	34
			Otoño	51,02	18,96	24,66	104,49	30,26	72,56	33
			Primavera	39,97	13,13	19,26	68,76	23,05	57,75	34
		Profunda	**Verano**	23,31	7,30	8,64	45,63	16,13	30,46	33
			Invierno	56,44	24,33	22,59	100,8	24,68	85,72	34
			Otoño	31,42	14,57	6,57	86,4	18,83	44,14	33
			Primavera	25,26	8,10	10,62	45,09	14,47	33,23	34
	Dilución Salina	Agua	**Verano**	12,04	15,45	0,00	51,30	1,71	31,14	29
			Invierno	13,18	15,66	0,00	44,10	0,53	34,97	33
			Otoño	14,81	17,39	0,00	57,24	0,52	39,34	32
			Primavera	12,53	16,23	0,00	56,97	0.0	35,80	34
Minera Escondida 2002-2018	Lagunas más Dilución Salina	Profunda	**Verano**	38,53	13,62	17	58	S/I	S/I	15
			Invierno	52,6	28,82	7	112	S/I	S/I	15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-16. Disminución total y cambio porcentual de superficies lagunares estimadas desde 1985 a 2019

Base de datos	Superficie		Temporada	Disminución total (ha)	Cambio relativo %
Generada 1985-2019	Lagunas	Total	Verano	-27,23	-52,27%
			Invierno	-102,56	-76,48%
			Primavera	-28,89	-53,09%
			Otoño	-43,17	-59,46%
		Profunda	Verano	-16,18	-51,53%
			Invierno	-72,64	-78,30%
			Primavera	-18,06	-52,68%
			Otoño	-33,25	-69,20%

Fuente: Elaboración propia

I. Base de datos generada

Los registros de superficies lagunares totales y profundas de La Punta y La Brava y de superficies de agua estimada en zona de dilución salina (Borde sur del núcleo del Salar) se presentan en gráficos de barras, los que muestran una observación anual para cada temporada desde 1985 a 2019.

Se clasificó como superficie lagunar superficial al área que tiene una columna de agua estimada desde 0,2 m a 0,3 m, desde la base de la laguna hasta su superficie. En cambio, la superficie lagunar profunda se refiere al área de profundidad mayor a 0,3 m aproximadamente. La suma de ambas se señala como superficie lagunar total. Se estima que los pixeles de agua de profundidad menor a 0,2 m no fueron reconocidos por el método de clasificación aplicado, así también, la resolución espacial media de 30 x 30 metros es una limitante para detectar áreas de agua de baja profundidad.

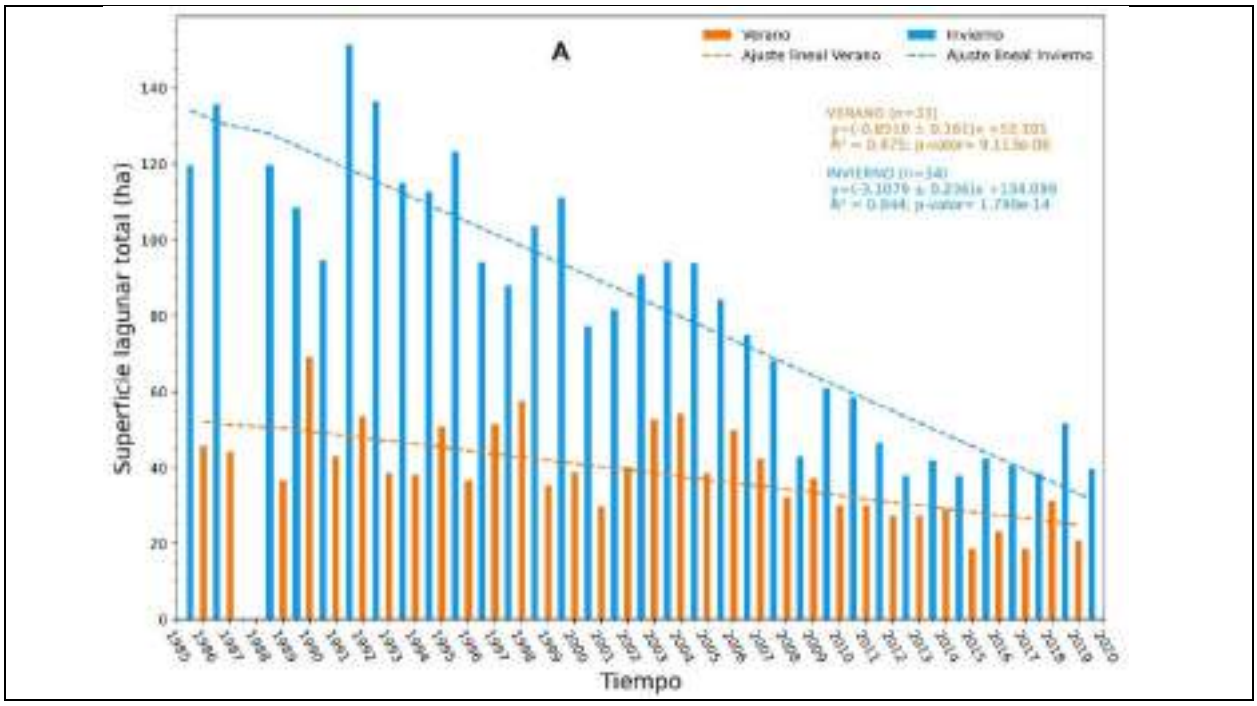
Se debe mencionar que el porcentaje de error estimado al aplicar el método de validación (ver metodología de imágenes satelitales) para las superficies areales obtenidas a través de las imágenes Landsat en las fechas 11/08/2019 y 20/05/2018 se subestimó en un -40%. Este error se asocia a las limitaciones de resolución espacial y a la falta de calibración en terreno.

Para estimar el error con mayor precisión, se necesita realizar una validación en campo, tomando puntos de control de la profundidad de la columna de agua, como también comprobar con imágenes satelitales de mayor resolución que correspondan a las fechas de las imágenes Landsat utilizadas.

a. Superficie lagunar total

Los valores estimados de superficie lagunar total durante todas las temporadas se ajustan estrechamente a una tendencia de disminución significativa, desde 1985 a 2019 (invierno p-valor < 0,001 y r^2= 0,844; verano p-valor < 0,001 y r^2 =0,475; primavera p-valor < 0,001 y r^2=0,441; otoño p-valor < 0,001 y r^2=0,473;

Figura 6-16 A y B). Los resultados, en orden de mayor a menor, para la tasa de cambio otorgada por la pendiente del ajuste lineal son los siguientes: invierno=-3,108 ha/año; otoño=-1,349 ha/año; primavera=-0,876 ha/año; y verano=-0,851 ha/año.


A
Verano
Invierno
Ajuste lineal Verano
Ajuste lineal Invierno
Superficie lagunar total (ha)
Tiempo

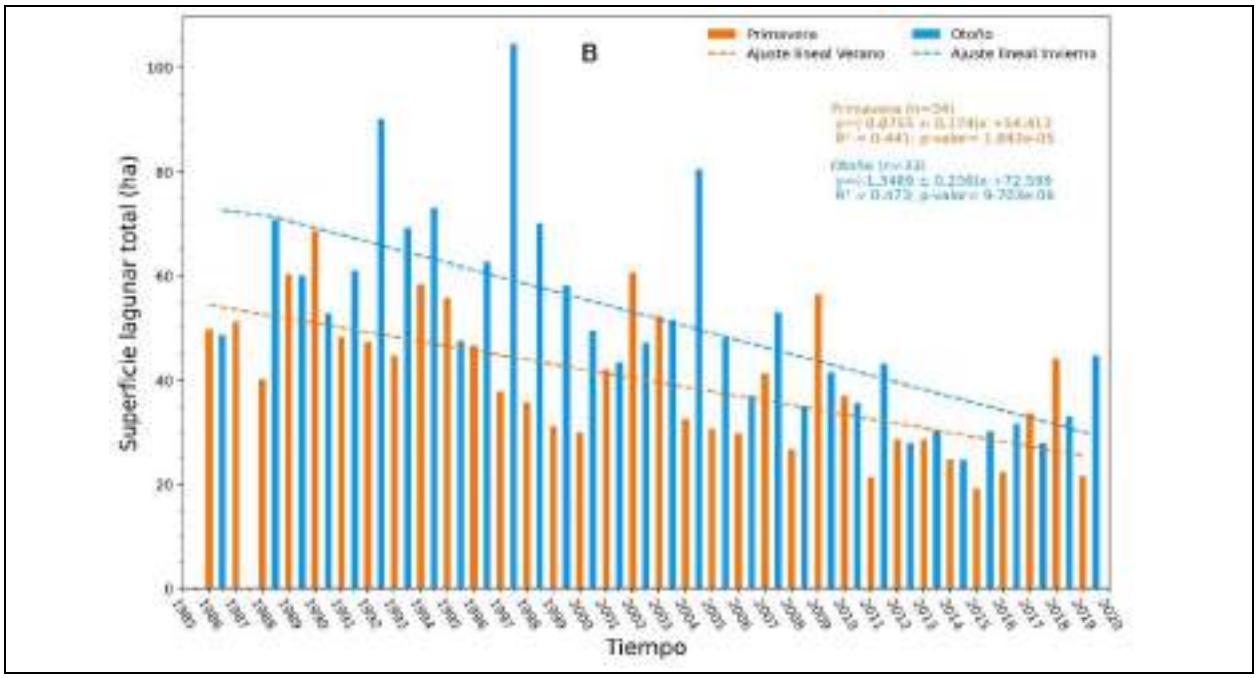


Figura 6-16 Superficie lagunar total: (A) verano e invierno, (B) otoño y primavera, 1985- 2019.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-16 A y B se aprecia que la superficie lagunar para todas las estaciones del año muestra un descenso con fluctuaciones interanuales, donde el mayor contraste se produce entre verano e invierno. Este contraste, no obstante, ha disminuido a lo largo del registro a medida que el área superficial disminuye, y así los valores registrados en la temporada estival e invernal tienden a converger entre sí. A la vez, el registro obtenido durante primavera y otoño muestran valores intermedios con respecto al registro de verano e invierno. Las fluctuaciones interanuales para el registro de otoño y primavera no presentan una estrecha correspondencia con el registro de verano y tampoco al de invierno, ya que se aprecian aumentos notables sin correlatos análogos. Cabe considerar la incertidumbre debido al tamaño de píxel de la imagen satelital, de modo que se dificulta estimar con precisión la superficie lagunar total, lo cual podría estar afectando estos resultados.

La desviación estándar de las superficies lagunares para las estaciones del año en orden mayor a menor es: invierno (33,68 ha), otoño (18,96 ha), primavera (13,13 ha) y verano (11,94 ha; Tabla 6-15). Esto sugiere que la estación invernal es la que presenta las fluctuaciones de mayor magnitud, equivaliendo casi el doble a la calculada para otoño, y tres veces mayor que la calculada para verano. Similarmente, el cambio relativo para

las cuatro estaciones del año se ordena de la misma forma que la dispersión, siendo todas de disminución significativa: Invierno (-102,56 ha), otoño (-43,17 ha), primavera (-28,89 ha) y verano (-27,23 ha; Tabla 6-16). Respecto a los percentiles, las superficies lagunares bajo el percentil 10 se registran desde el año 2012 a 2019, para todas las temporadas, a excepción de primavera 2001. En cambio, las superficies lagunares altas, sobre el percentil 90, se registran desde 1986 a 2009, en todas las temporadas (

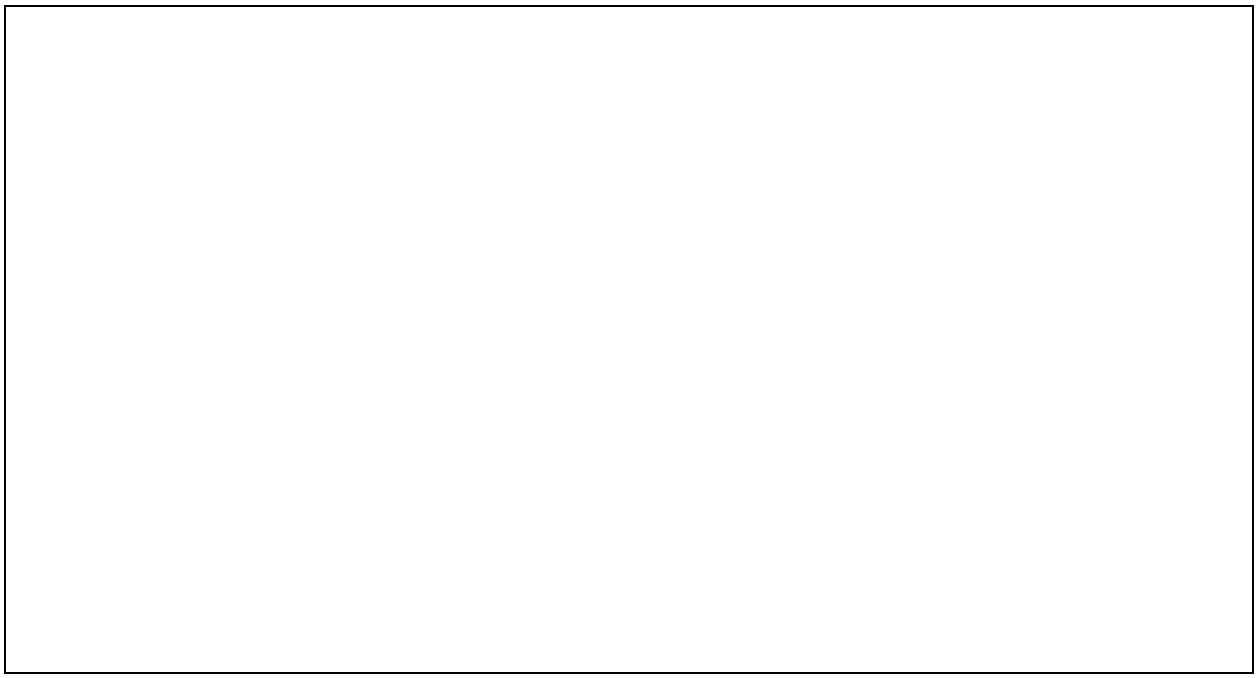


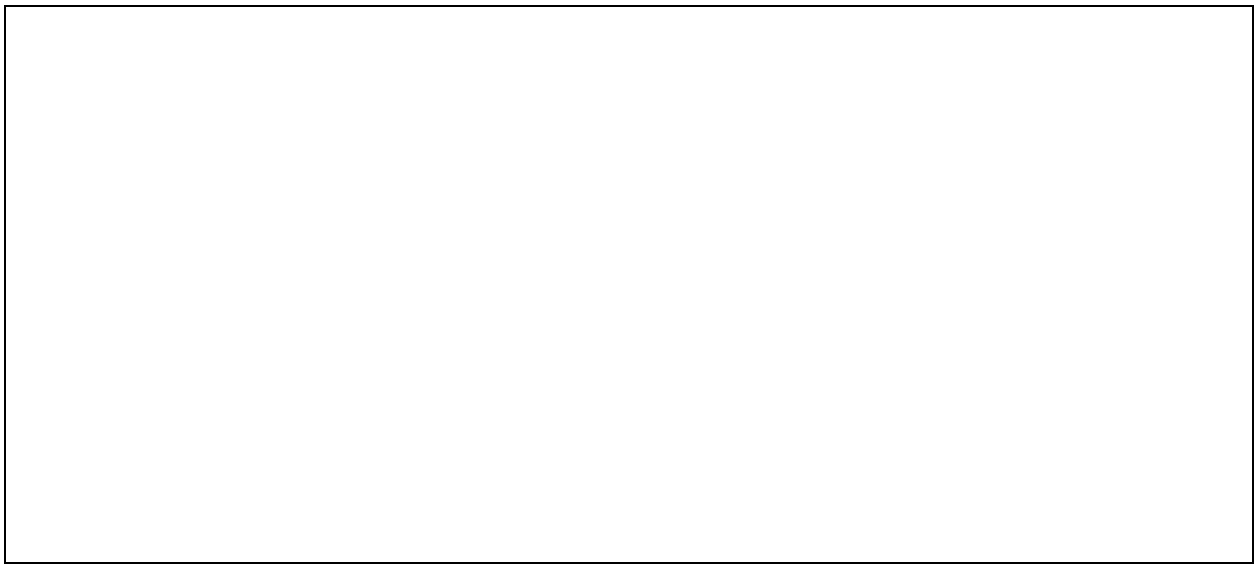
Figura 6-16 A).

Se realizó un análisis de varianza, separando las observaciones según la estación del año, para precisar si hay diferencias significativas entre las estaciones del año y se encontró que la superficie lagunar total es mayor en invierno, que es significativamente distinto a otoño, primavera y verano (KWtest p-valor < 0,001; Dtest p-valor < 0,001 con primavera y también con verano; p-valor < 0,05 con otoño; Tabla 6-15). Otoño es la estación del año siguiente con mayores valores, siendo significativamente distinto a verano, pero no a primavera (Dtest p-valor < 0,05 con verano; p-valor > 0,05 con primavera). Finalmente, no hay evidencia de una diferencia significativa entre verano y primavera (Dtest p-valor > 0,05).

A continuación, se presenta una descripción detallada para cada temporada.

Invierno

Esta temporada presenta un promedio de 82,82 ha y una desviación estándar de 33,68 ha (Tabla 6-15). A partir de la curva de inverno se observa una reducción progresiva de la superficie lagunar total a lo largo del tiempo (



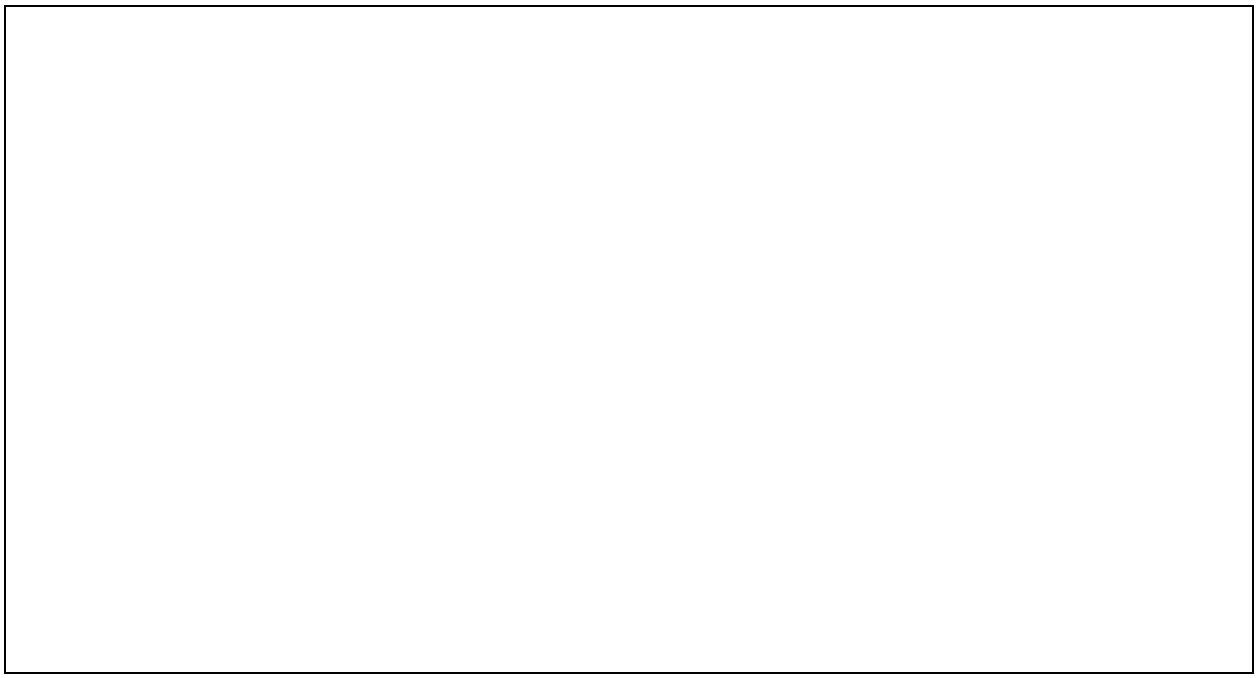


Figura 6-16 A). Concretamente, se aprecia una reducción de 102,56 ha, que equivale a un -76,48% de cambio relativo (p-valor < 0,001; r^2= 0,844; Tabla 6-16). Sin perjuicio de lo anterior, los mayores aumentos suceden durante 1986 (135,72 ha), 1991 (151,29 ha), 1992 (136,53 ha), 1995 (123,21 ha) y 1999 (111,24 ha). Las observaciones para la temporada invernal fluctúan entre 87,84 ha y 151,29 ha para el período comprendido entre 1985 y 1999. Posteriormente se distinguen aumentos de menor magnitud durante 2004 (93,69 ha), 2009 (60,84 ha) y 2018 (51,48 ha). El aumento de 2018 coincide con un evento de precipitación de 3,3 mm durante julio, en EM-Rockwood.

Observaciones de superficie lagunar total sobre el percentil 90 (122,15 ha) se registraron entre 1985 y 1995, mientras que las menores, bajo el percentil 10 (39,75 ha), se observan recientemente, desde 2011 a 2019. Además, durante el período 2012 a 2017, los datos se concentran en un rango bajo desde 38 a 42 ha (

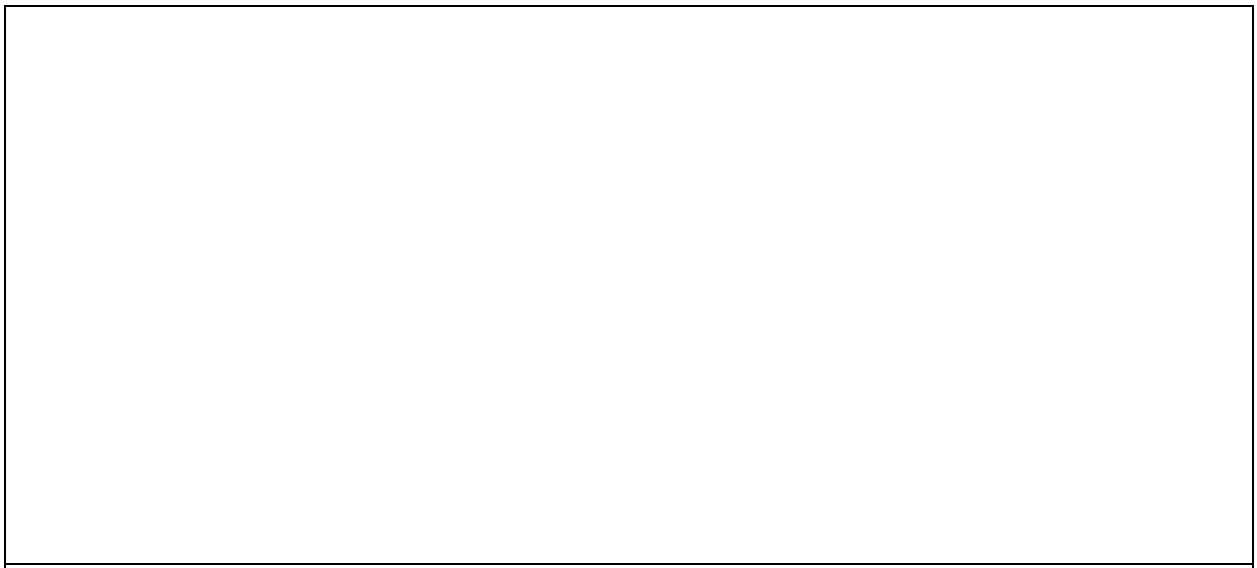
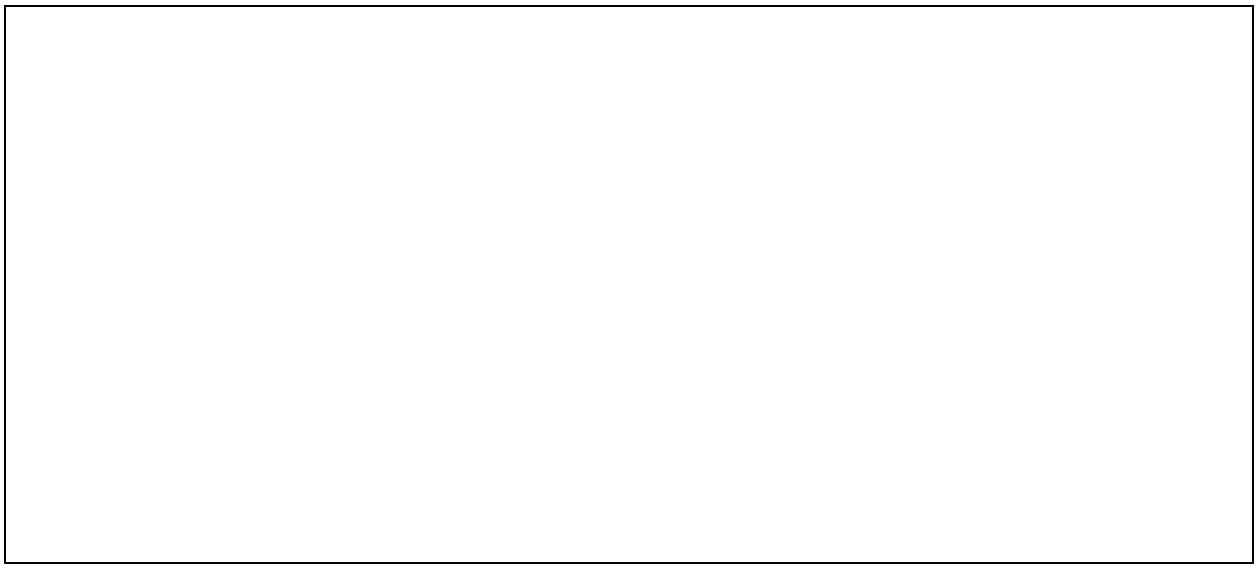


Figura 6-16 A).

Verano

Esta temporada presenta un promedio de 38,48 ha y una desviación estándar de 11,936 ha (Tabla 6-15). La reducción estimada es de 27,23 ha, que equivale a -52,27% de cambio relativo (Tabla 6-16). A partir de la serie temporal se observa que el registro de verano es el más constante de todas las temporadas, cuyos valores fluctúan entre 20,7 y 69,12 ha (

Figura 6-16 A). Entre los años 1985 y 1989, el área de la superficie fluctúa entre 45,63 ha y 36,63 ha. Se observan aumentos durante 1990 (69,12 ha), 1998 (57, 42 ha) y desde 2002 a 2004 (40,14 a 54,09 ha;



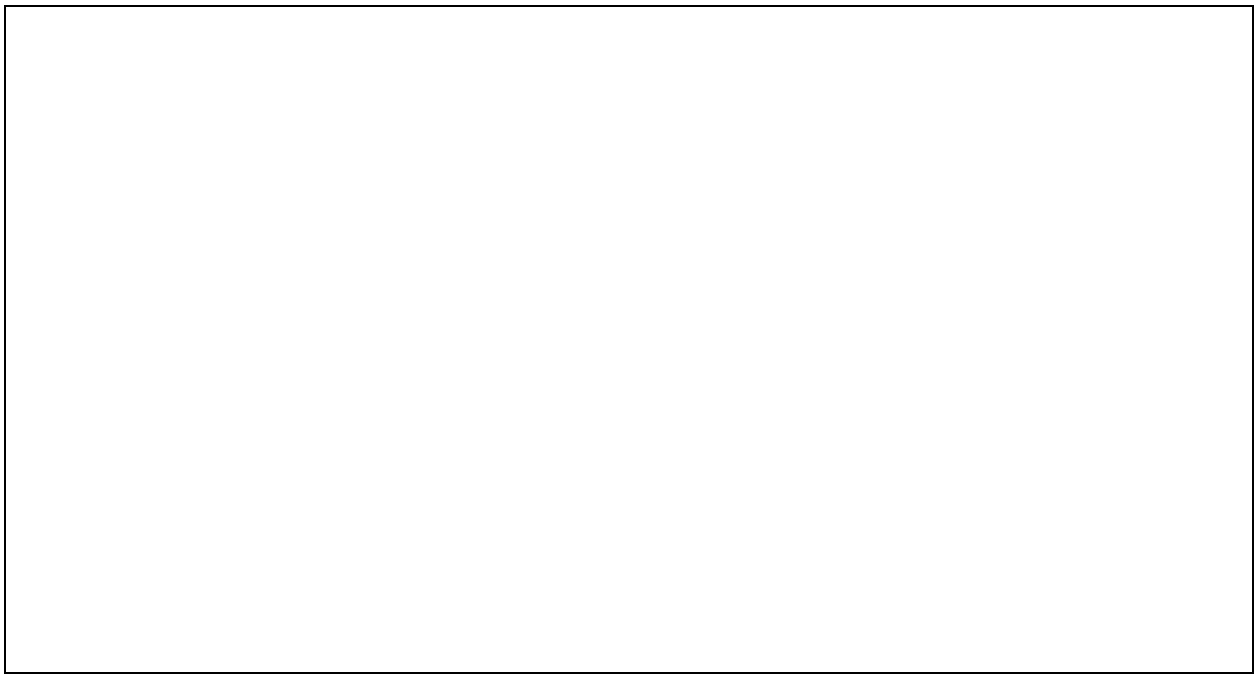


Figura 6-16 A). Estos aumentos coinciden con eventos de precipitación registrados en EM-Peine durante los veranos de 1990 (4,1 mm), 1998 (8 mm), 2002 (69,5 mm), 2003 (40,05 mm) y 2018 (8 mm), y en EM-Rockwood 1998 (4 mm), 2002 (20 mm), 2006 (4 mm; Figura 6-9 y Figura 6-11). Posteriormente, desde 2009 a 2019, el área de superficie se ve reducida, aunque estable fluctuando entre 18,54 ha y 37,08 ha, y sin aumentos notables (

Figura 6-16 A).

Valores de área de superficie sobre el percentil 90 (53,3 ha) se observan entre 1985 y 2004. En cambio, valores bajo el percentil 10 (23,87 ha) se aprecian durante el período más reciente (2015 a 2019). Al comparar el período 1985 – 2008 con el período 2009 – 2019 se observa que en este último existe una disminución en los valores, tanto en la temporada de invierno como en verano.

Otoño

Esta temporada presenta un promedio de 51,016 ha y una desviación estándar de 18,961 ha. La reducción estimada es de 43,17 ha, que equivale a un cambio relativo porcentual de -59,46% (r^2>0,1; p- valor <0,001). Se distingue una amplia fluctuación de valores entre 1986 y 2006, estando ubicados los aumentos mayores, sobre el percentil 90, durante 1988 (70,83 ha), 1992 (90 ha), 1997 (104,49 ha) y 2004 (80,46 ha;

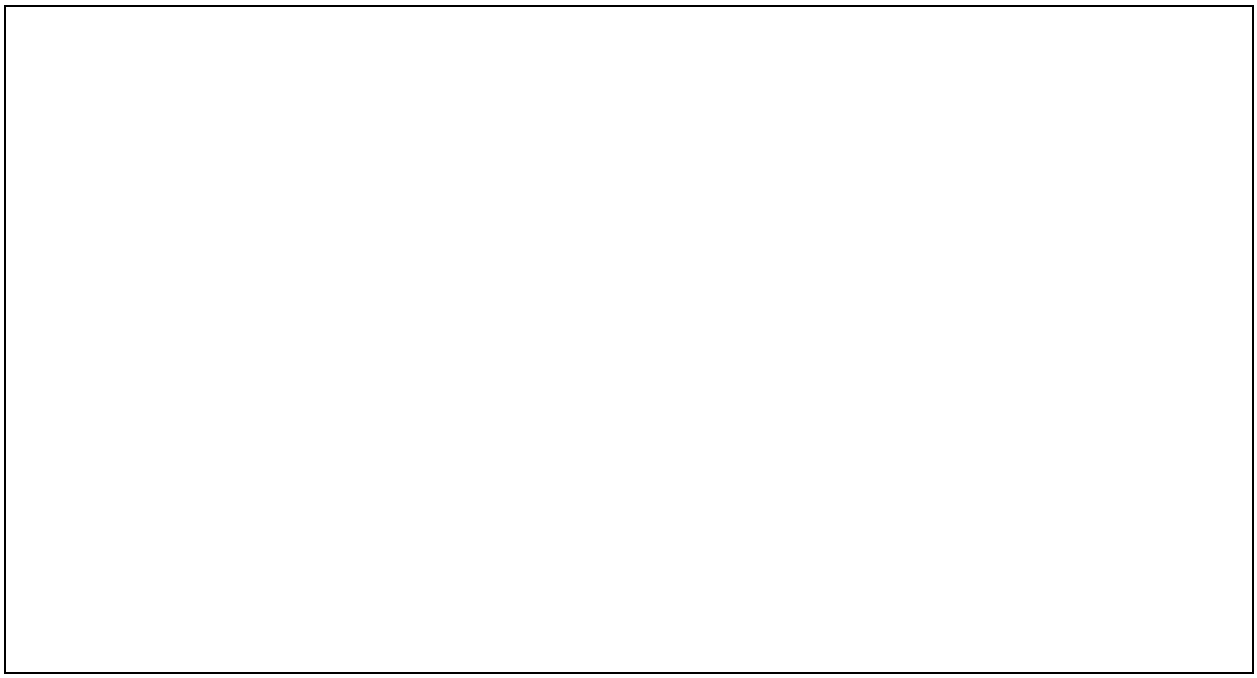


Figura 6-16 B). Se observan coincidencias de aumentos con eventos de precipitación en EM-Peine durante otoño 1992 (10 mm), mayo 1997 (5,5 mm) y abril 2019 (3,5 mm), y de EM-Rockwood durante mayo 1997 (3,3mm; Figura 6-9 y Figura 6-11).

Los valores registrados bajo el percentil 10 están distribuidos durante 2012 (37,89 ha), 2014 (37,89 ha) y 2017 (38,43 ha). Desde 2008 a 2019, las superficies están bajo el promedio y no superan las 45 ha, e incluso desde 2012 a 2018, las observaciones fluctúan en un rango de valores menores y concentrados entre 24,66 ha a 32,94 ha. Sin embargo, durante 2019 se registra un aumento relevante (44,64 ha;

Figura 6-16 B).

Primavera

Esta temporada presenta un promedio de 39,97 ha y una desviación estándar de13,126 ha. Se estima una reducción de 28,89 ha, que equivale a -53,09% de cambio relativo (r^2>0,10; p-valor < 0,001). La reducción descrita es semejante a la estimada para la estación estival. El rango de valores corresponde al intervalo entre 19,26 ha y 68,76 ha, también similar a lo registrado para verano. Los mayores aumentos se registran durante 1990 (68,76 ha), 1994 (58,32 ha), 2002 (60,57 ha), 2009 (56,43 ha), 2019 (44,01 ha). Descensos notables ocurren durante 1988 (40,05 ha), 1993 (44,64 ha), 2000 (29,97 ha), 2005 (30,69 ha), 2011 (21,33 ha), y 2019 (21,6 ha). El aumento de 1990 coincide con el evento de precipitación de 7 mm durante diciembre en EM-Peine.

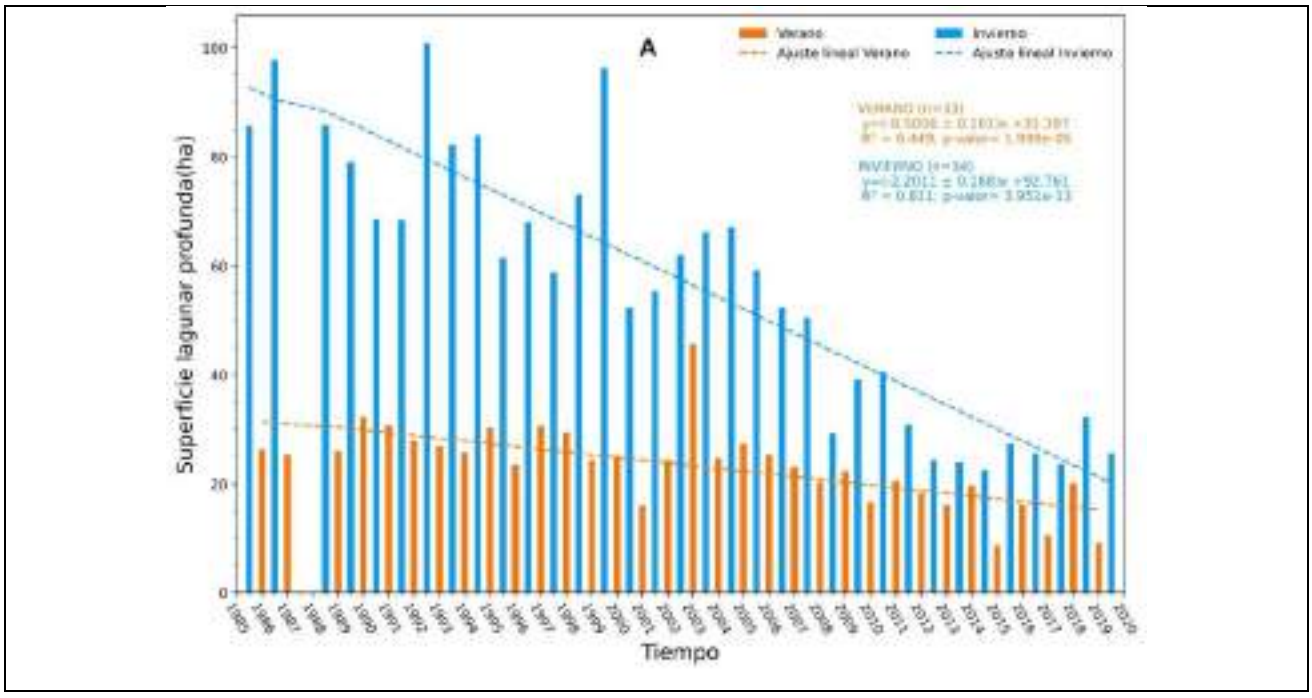
Desde 1985 a 1999, los valores de superficie lagunar en primavera fluctúan entre 31,14 a 68,76 ha. Durante el año 2000 se registra un valor bajo de 29,97 ha. En cambio, para el período más reciente entre 2010 y 2019, las observaciones fluctúan entre 21,33 ha y 44,01 ha (

Figura 6-16 B).

Al analizar los percentiles, se observa que las observaciones bajo el percentil 10 (23,05 ha), se registraron durante el período más reciente entre 2011 y 2019, específicamente durante los años 2011, 2014, 2015 y 2019. En cambio, se registran valores sobre el percentil 90 (57,75 ha) durante los años 1990, 1994 y 2002.

b. Superficie lagunar profunda

Los valores estimados de superficie lagunar profunda durante todas las temporadas se ajustan a una tendencia de disminución significativa, desde 1985 a 2019, al igual que el registro de valores de superficie lagunar total estimada (invierno p-valor < 0,001 y r^2= 0,811; verano p-valor < 0,001 y r^2=0,449; primavera, p-valor < 0,001 y r^2=0,453; otoño p-valor < 0,001 y r^2=0,475; Figura 6-17 A y B). Se distingue que los valores de las pendientes de los ajustes lineales de la superficie lagunar profunda son menores que las pendientes del ajuste lineal de la superficie lagunar total, para todas las temporadas. El orden de mayor a menor de las pendientes según temporada es el mismo, siendo: invierno m= -2,201 ha/año, otoño m=-1,039 ha/año, primavera m= -0,547 ha/año, verano m= -0,506 ha/año.



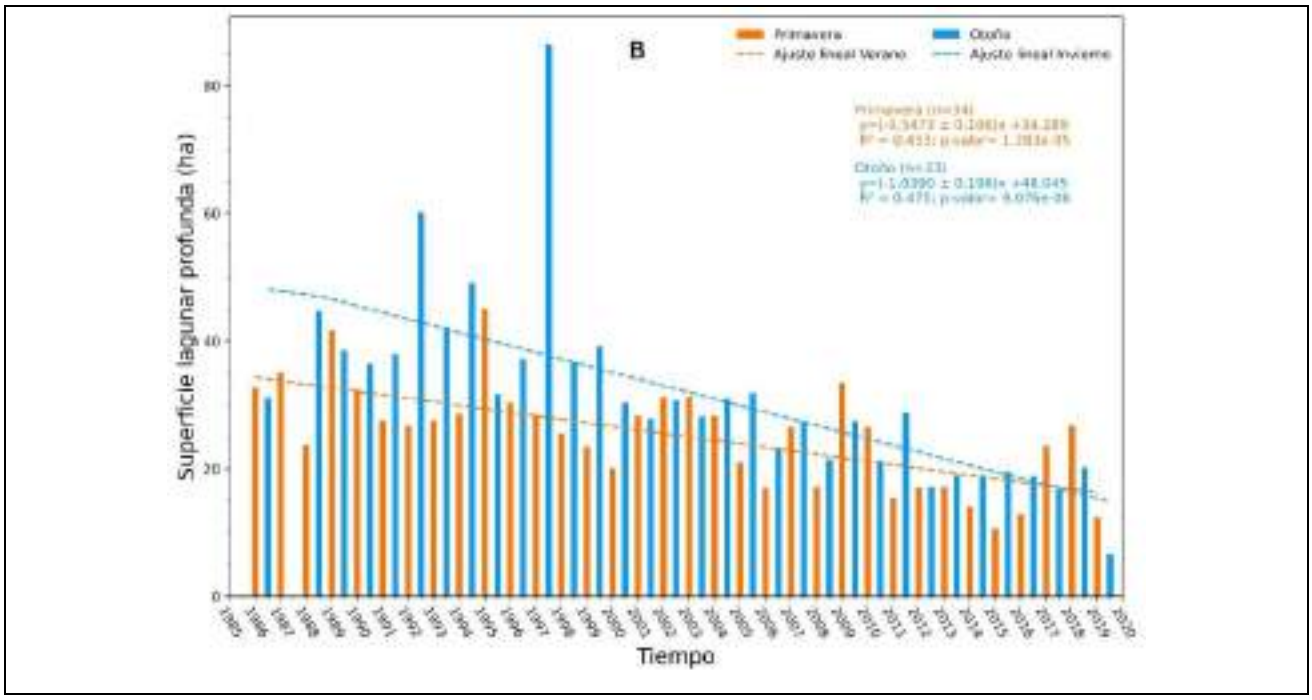


Figura 6-17 Superficie lagunar profunda: (A) verano e invierno, (B) otoño y primavera, 1985- 2019

Fuente: Elaboración propia

En relación a la magnitud de los aumentos presentes en estas series temporales, se observa que son menores a los registrados para las series temporales de la superficie lagunar total. Las temporadas que presentan aumentos, en orden mayor a menor son invierno, otoño y primavera, mientras que la serie temporal de verano presenta menor variabilidad. En este caso los valores de todas las estaciones del año tienden a la convergencia a medida que se reduce el espejo lagunar profundo.

Se realizó un análisis de varianza, separando las observaciones según la estación del año para precisar si hay diferencias significativas entre las estaciones del año. Se encontró que la superficie lagunar profunda es mayor en invierno, que es significativamente distinto a otoño, primavera y verano (KWtest p-valor < 0,001; Dtest p-valor < 0,001 con primavera y también con verano; p-valor < 0,05 con otoño; Tabla 6-15). Otoño es la estación del año siguiente con mayores valores, siendo significativamente distinto a verano, pero no a primavera (Dtest p-valor < 0,05 con verano; p-valor > 0,05 con primavera). Finalmente, no hay evidencia de diferencia significativa entre verano y primavera (Dtest p-valor > 0,05).

Al analizar la serie temporal se distingue que las curvas de superficie lagunar profunda presentan amplia diferencia de valores entre los registros de verano e invierno entre 1985 y 2012, pero posteriormente durante

2013 a 2019 esta diferencia se reduce. Sin embargo, al comparar las superficies lagunares totales de otoño con las de primavera el contraste entre temporadas es menor, exceptuando al año 1997.

La desviación estándar de los registros de la superficie lagunar profunda para las estaciones del año en orden mayor a menor es: invierno (24,33 ha), otoño (14,57 ha), primavera (8,10 ha) y verano (7,30 ha; Tabla 6-15). Esto sugiere que la estación invernal es la que presenta las fluctuaciones de mayor magnitud, equivaliendo a más de tres veces la desviación estándar calculada para verano. Similarmente, el cambio relativo para las cuatro estaciones del año se ordena de la misma forma que la dispersión, siendo todas de disminución significativa: Invierno (-72,64 ha), otoño (-33,25 ha), primavera (-18,06 ha) y verano (-16,18 ha; Tabla 6-16).
Respecto al cálculo de percentiles, las superficies lagunares bajo el percentil 10, se registran desde el año 2012 a 2019, para todas las temporadas, a excepción de verano 2001. En cambio, las superficies lagunares altas, sobre el percentil 90, se registran desde 1986 a 2009, en todas las temporadas (

Figura 6-16 A).

A continuación, se realiza una descripción con mayor detalle para cada temporada.

Invierno

Esta temporada presenta un promedio de 56,44 ha y una desviación estándar de 24,33 ha (Tabla 6-15). Se estima una reducción de 72,64 ha, que equivale a -78,30% de cambio relativo para el período 1985-2019 (r^2>0,10, p-valor < 0,001; Tabla 6-16). Sin perjuicio de lo anterior, se describe que los mayores aumentos se registraron durante 1986 (97,74 ha), 1992 (100,8 ha) y 1999 (96,3 ha), siendo en 1992 la máxima invernal.

Posteriormente, entre 2008 y 2019, los valores disminuyen y convergen hacia un rango comprendido entre 40,59 ha y 22,56 ha, registrándose aumentos de menor magnitud durante 2010 (40,59 ha) y 2018 (32,22 ha) (Figura 6-17 A). Estos aumentos no coinciden con eventos de precipitación de magnitud sobresaliente registrados en EM-Peine, aunque, sí coincide con un evento de precipitación de 3,3 mm durante julio 2018 registrado en EM-Rockwood.

Al analizar los percentiles, las observaciones con valores sobre el percentil 90 (85,716 ha), se registran durante 1985 a 2000. En cambio, durante el período más reciente entre 2012 y 2019, se distinguen una concentración de valores bajo el percentil 10 (24,678 ha) durante 2012 (24,3 ha), 2015 (27,7 ha) y 2017 (23,58 ha). Es decir, los valores más altos se registran desde 1985 a 2000 y los más bajos desde 2012 a 2019, lo que coincide con la tendencia de disminución del período histórico (Figura 6-17 B).

Verano

Esta temporada presenta un promedio de 23,3 ha y una desviación estándar de 7,297 ha (Tabla 6-15). Se estima una reducción de16,18 ha, que equivale a un -51,53% de cambio relativo (r^2>0,10, p-valor < 0,05; Tabla 6-16). El período comprendido entre 1985 y 2014 presenta baja variabilidad, excepto durante verano de 2001 (16,11 ha) y 2003 (45,63 ha) (Figura 6-17 A). Esta última es la máxima y coincide con un evento de precipitación de 40,5 mm registrado en EM-Peine durante febrero 2003 (Figura 6-11). Durante el período más reciente entre 2014 y 2019, las áreas fluctúan entre 8,64 ha y 20,07 ha, y durante 2018 se observa un ascenso a 26,73 ha, que coincide con el evento de precipitación de 8 mm durante febrero.

A modo comparativo entre las temporadas invierno y verano, se observa una amplia diferencia de superficie entre estas estaciones entre 1985 y 2007. En cambio, recientemente, de 2012 a 2019, la diferencia se reduce, siendo las observaciones con los valores más bajos y estables en comparación al período anterior (Figura 6-17A).

Primavera

Esta temporada presenta un promedio de 25,26 ha y una desviación estándar de 8,1 ha (Tabla 6-15). Se estima una reducción de -18,06 ha, que equivale a -52,68% de cambio relativo (r>0,10 p-valor < 0,001; Tabla 6-15). Las observaciones están comprendidas entre los valores 45,09 ha y 12,33 ha. Los valores sobre el percentil 90 (33,23 ha) se registran durante primavera de 1987 (35,1 ha), 1989 (41,67 ha), 1995 (45,09 ha), 2009 (33,48 ha). Otros aumentos de menor magnitud se registran durante 2002 a 2003 (31,14 y 31,23 ha), 2010 (26,46 ha) y 2018 (26,73 ha; Figura 6-17 B). Estos aumentos no coinciden con eventos de precipitación de magnitud sobresaliente.

Por otro lado, los valores bajo el percentil 10 se registran durante 2014 (14,04 ha), 2015 (10,62 ha), 2016 (12,87 ha) y 2019 (12,33 ha). Al realizar una comparación entre temporadas, se observa que la curva de otoño y primavera son similares durante el período desde 2003 a 2019 (Figura 6-17 B).

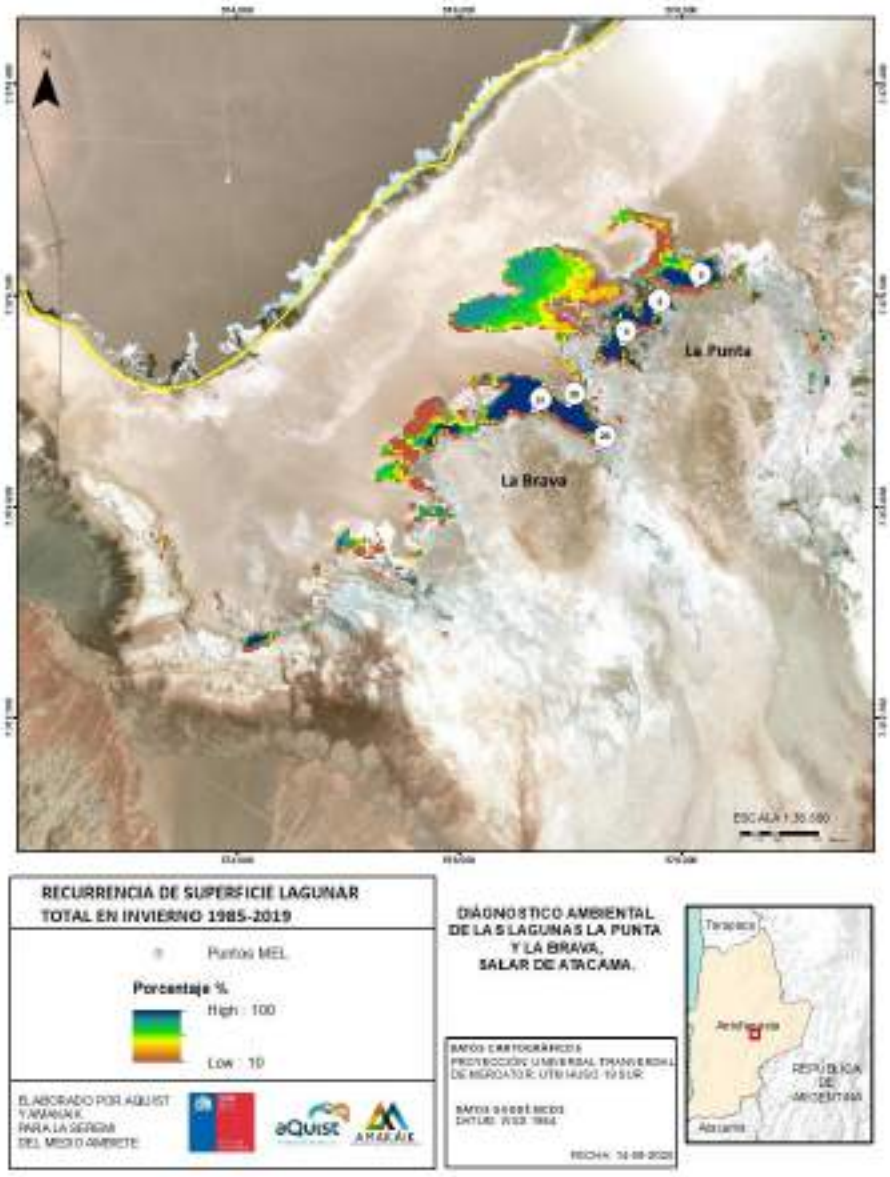
Otoño

Esta temporada presenta un promedio de 31,42 ha y una desviación estándar de 14,57 ha. Se estima una reducción de 33,25 ha, que equivale -69,2% de cambio relativo (r>0,10, p-valor < 0,001; Tabla 6-15 y Tabla 6-16). Se destacan dos aumentos registrados durante 1992 (60,12 ha) y 1997(86,4 ha; Figura 6-17 B y

Figura 6-16 B), las que coinciden con eventos de precipitación de 10 mm durante otoño 1992 registrado en EM-Peine, y de 3,3 mm durante otoño registrado en EM-SCL (Figura 6-9 y Figura 6-11). Desde 1986 a 2000, el registro presenta valores comprendidos entre 30,33 ha a 86,4 ha. En cambio, entre 2001 y 2011 se distribuyen en un rango menor y acotado, de 21,33 ha a 31,86 ha (Figura 6-17B). Posteriormente, luego de 2012, se observan valores menores que se distribuyen en un rango comprendido entre 20,16 ha y 6,57 ha. Esta última sucede durante otoño de 2019 y es la menor de todas las temporadas registradas, tanto de las superficies lagunares totales como de las superficies lagunares profundas, para el período de 1985 a 2019.

c. Recurrencia de superficie lagunar

Se presentan mapas de porcentaje de recurrencia de las superficies lagunares profundas y totales estimadas por temporada, desde 1985 a 2019. Estos fueron elaborados a partir de los Índices NDWI reclasificados (Anexo III), y obtenidos a través del análisis de imágenes satelitales Landsat.



En la

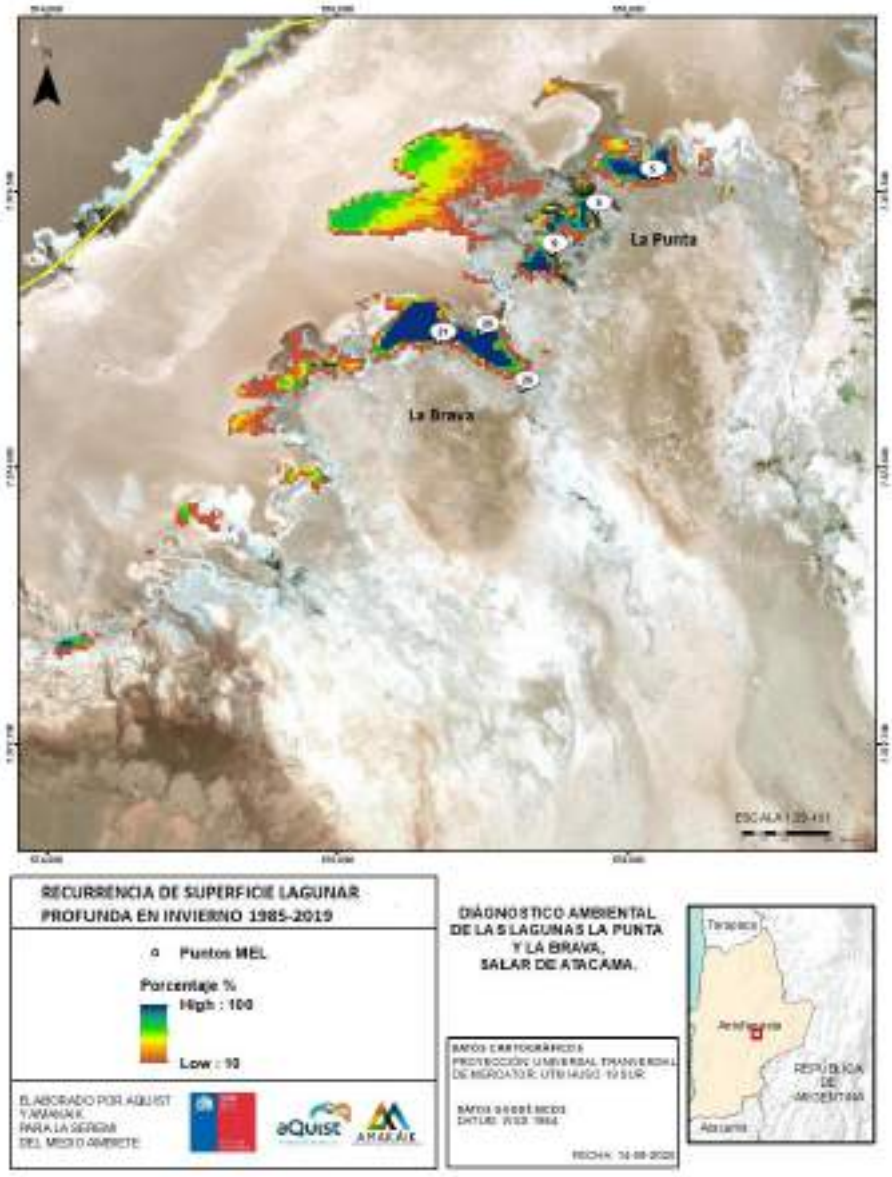


Figura 6-18,

Figura 6-19,

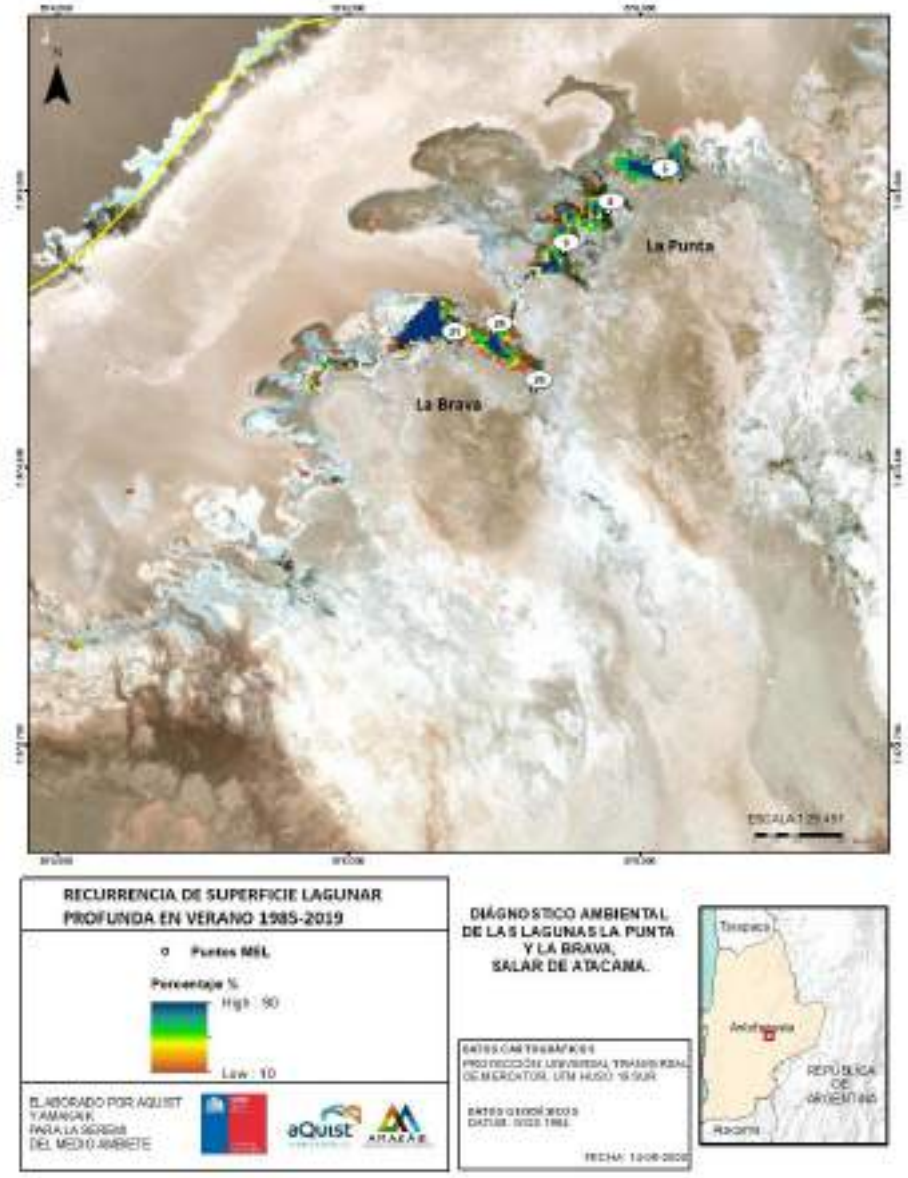

La Punta
La Brava
RECURRENCIA DE SUPERFICIE LAGUNAR PROFUNDA EN VERANO 1985-2019
Puntos MEL
Porcentaje %
High : 90
Low : 10
ELABORADO POR AQUIST Y AMAKAIK PARA LA SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE
DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS LA PUNTA Y LA BRAVA, SALAR DE ATACAMA.
REPÚBLICA DE ARGENTINA

Figura 6-20, Figura 6-21 y

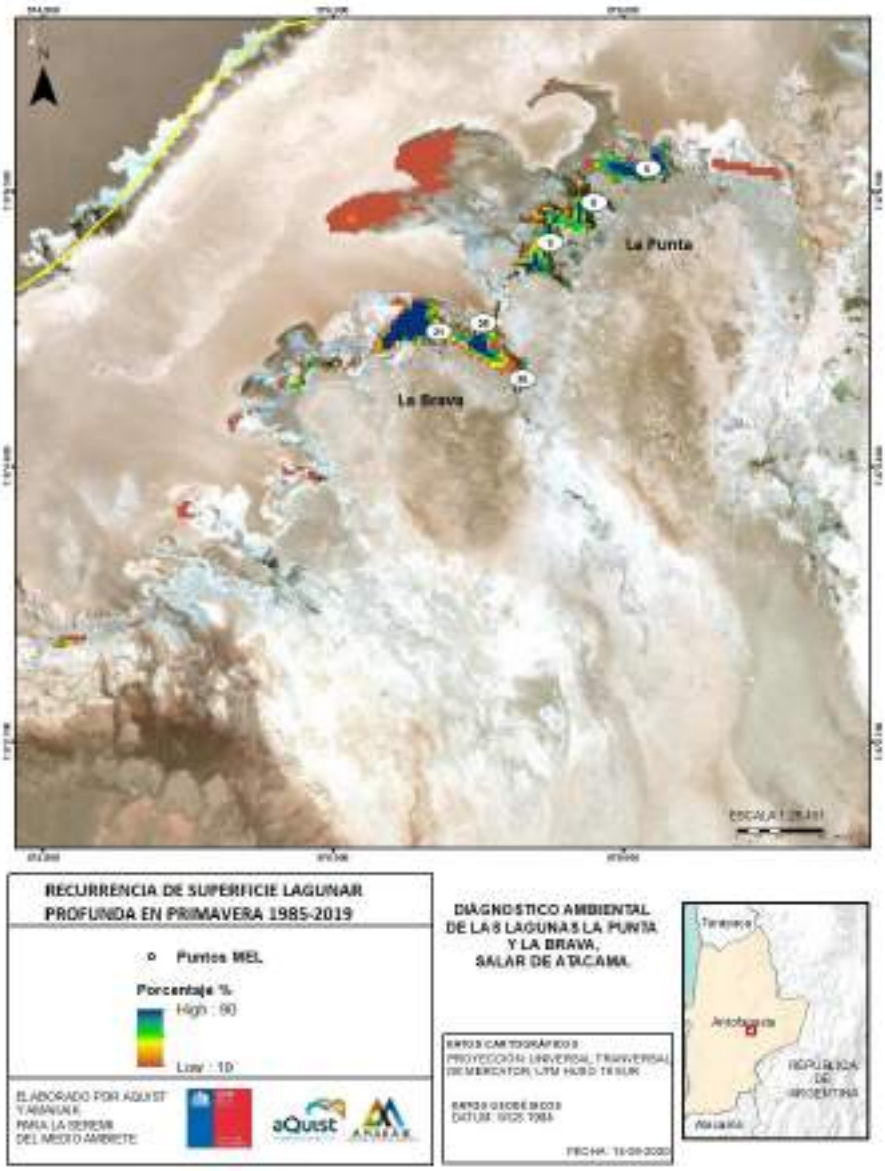


Figura 6-22 los pixeles de color azul indican superficies lagunares que permanecen durante el 90% a 100% de la temporada señalada, desde 1985 a 2019, mientras que el color naranjo indica superficies lagunares que se presentan solo durante el 10% del tiempo en la temporada indicada. La información de las fechas de los períodos considerados para el análisis se puede revisar en la pestaña superficies areales de la base de datos abiótica del Anexo I.

Por otro lado, se usó la numeración de las reglillas de Minera Escondida, para localizar y describir los cambios de las superficies lagunares.

Además, se debe mencionar que para primavera, otoño y verano se utilizaron solo 32 raster de las lagunas (archivo de pixeles obtenido a partir de imágenes satelitales), ya que el área de estudio en dos imágenes es captada con cierta diferencia de coordenadas por el satélite, por este motivo el mapa de recurrencia es de máximo de 90%.

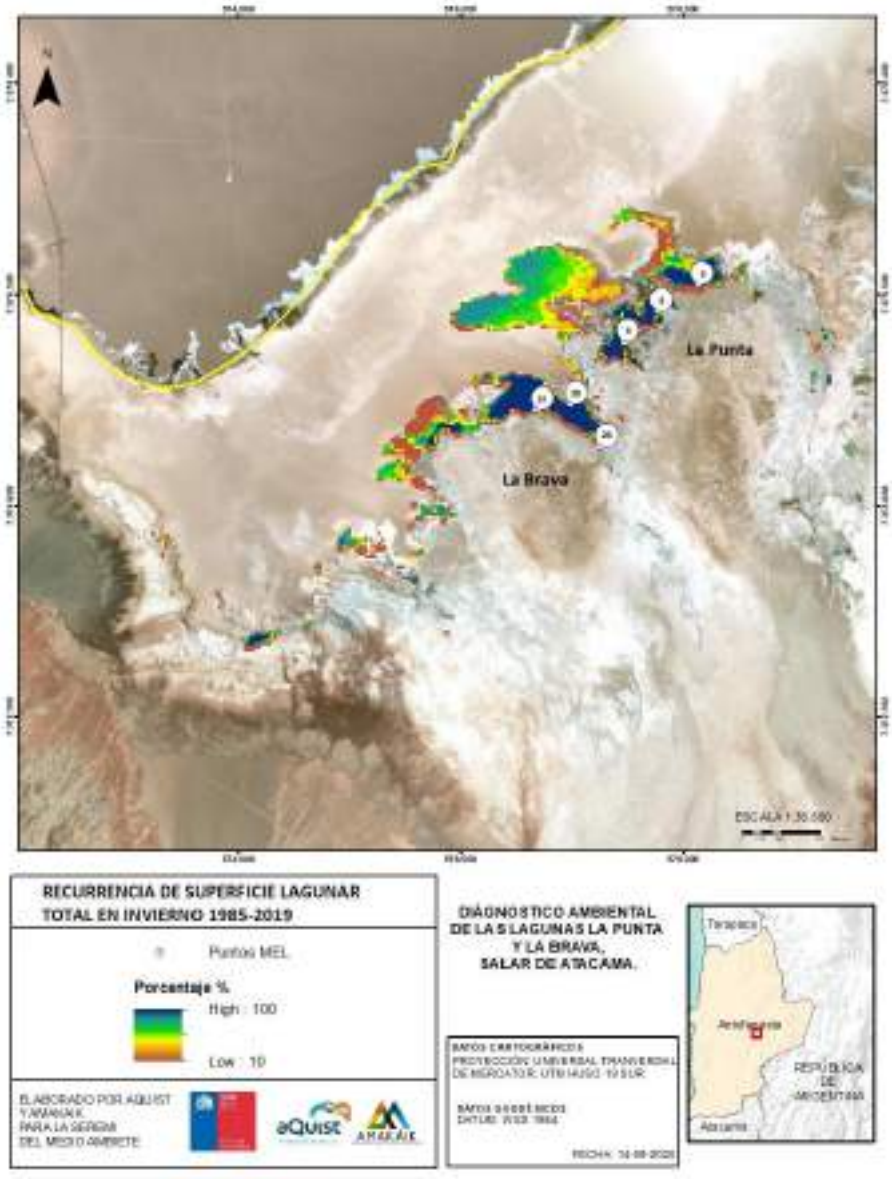
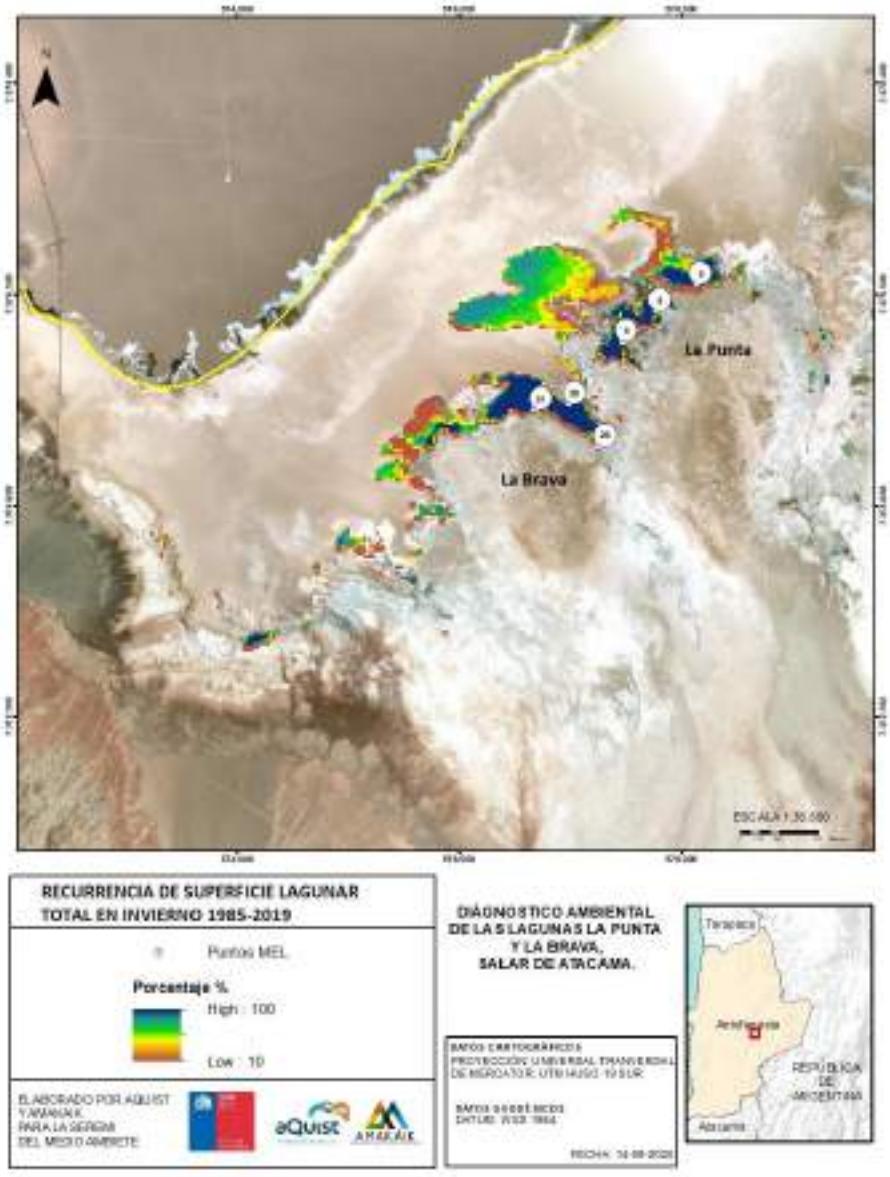


Figura 6-18 Recurrencia de superficie lagunar total en invierno, 1985 a 2019, La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia a partir de Biblioteca de índice NDWI reclasificado (Ver Anexo III)



En la Figura 6-18 durante invierno la superficie lagunar total hacia el noroeste del punto 5, es de recurrencia 10 a 60%. Mientras que hacia el oeste del punto 9 y 8 (La Punta), se observan dos cuerpos circunferenciales alargados de recurrencia 10 a 80%. Este sector es el que más se reduce en las distintas temporadas, desde 1985 a 2019. Hacia el suroeste del punto 21 (La Brava) se observan cuerpos disgregados de recurrencia 10% a 80%, y distalmente se distinguen pixeles aislados de recurrencia 100%. Los bordes de las lagunas presentan recurrencia de 10%.

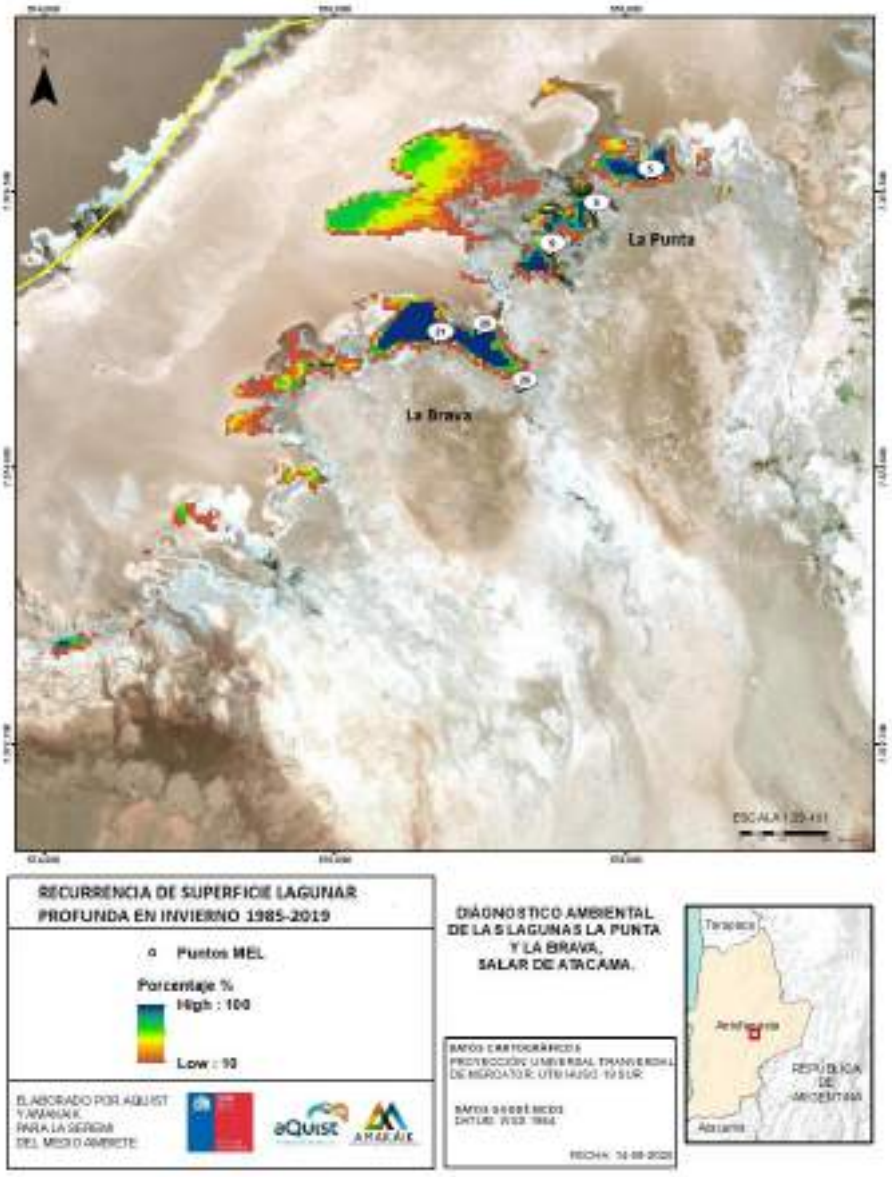
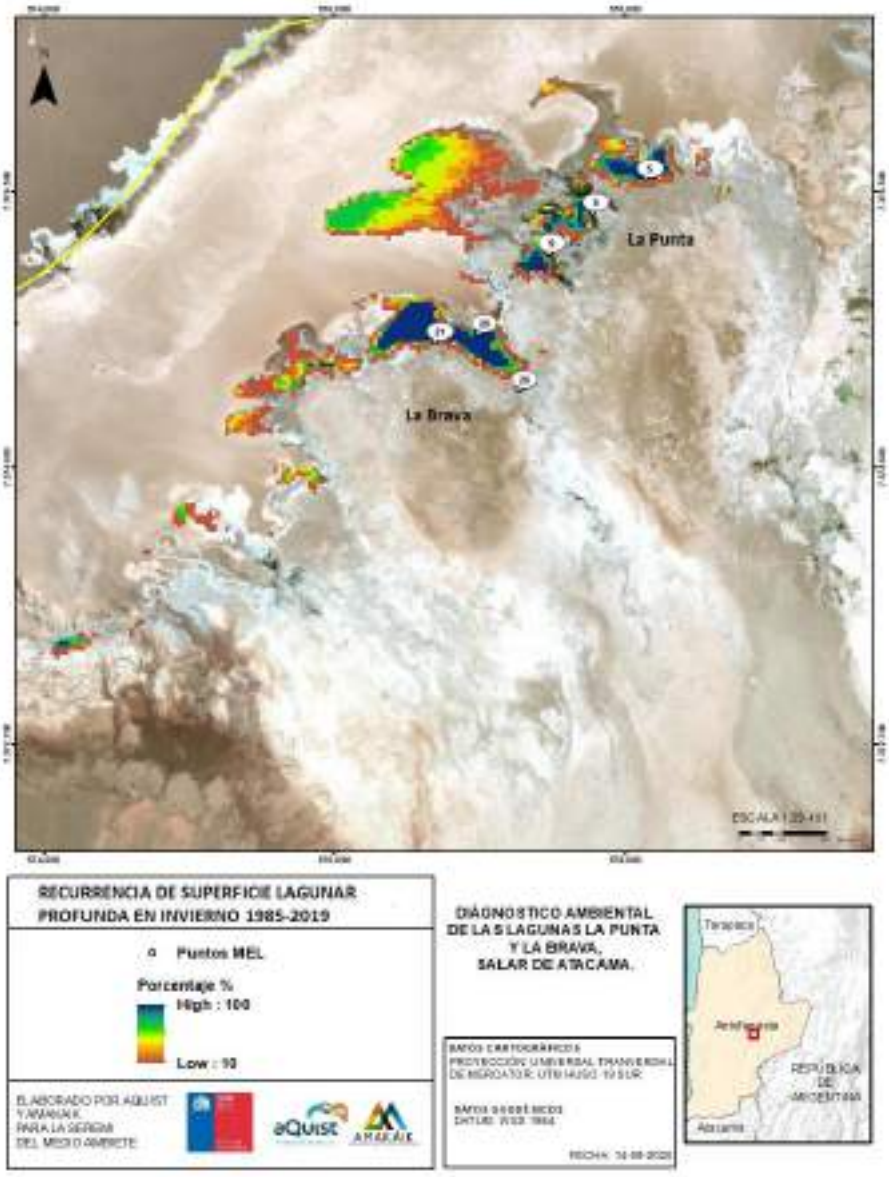


Figura 6-19 Recurrencia de superficie lagunar profunda en invierno, 1985 a 2019, La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia a partir de Biblioteca de índice NDWI reclasificado (Ver Anexo III)



En la Figura 6-19 los cuerpos de superficie lagunar profunda, formados alrededor de los puntos 5 y 21, en los extremos norte y oeste de La Punta, y suroeste de la Brava se reducen en comparación a las superficies lagunares totales de invierno. La recurrencia de los cuerpos formados hacia el extremo oeste de los puntos 8 y 9 es de 10 a 60%.

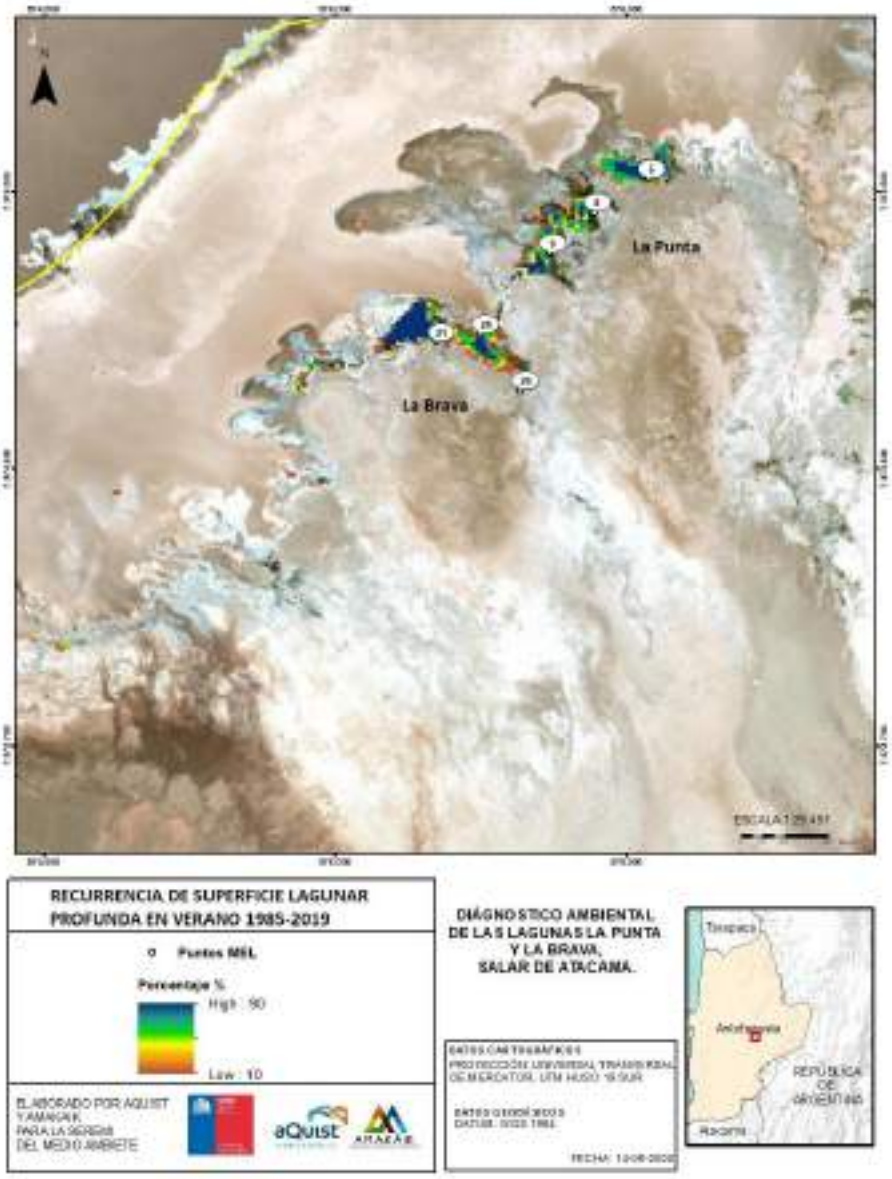


Figura 6-20 Recurrencia de superficie lagunar profunda en verano, 1985 a 2019, La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia a partir de Biblioteca de índice NDWI reclasificado (Ver Anexo III)

En verano las superficies lagunares profundas en los extremos norte y oeste de la laguna La Punta, y suroeste de la Brava desaparecen (

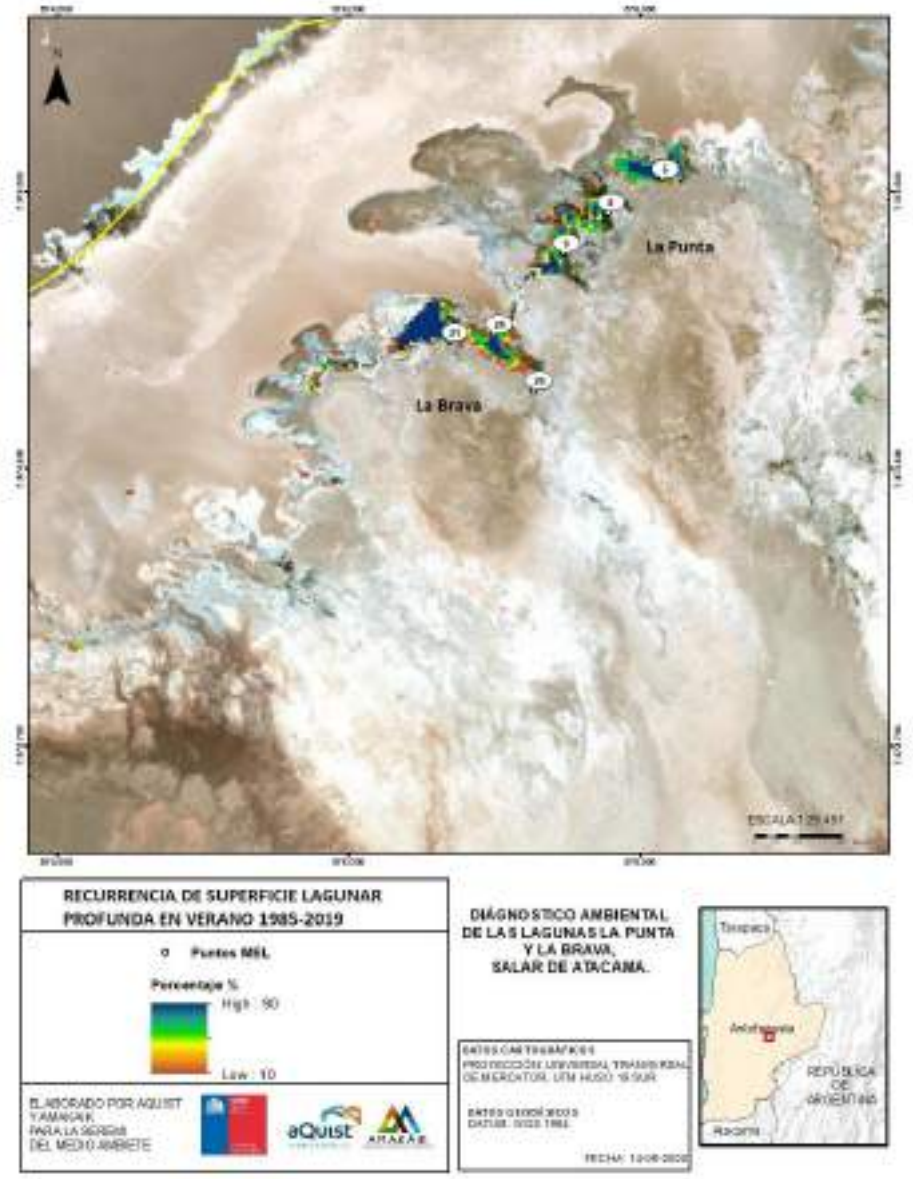


Figura 6-20), además en verano es cuando más se reducen ambas lagunas.

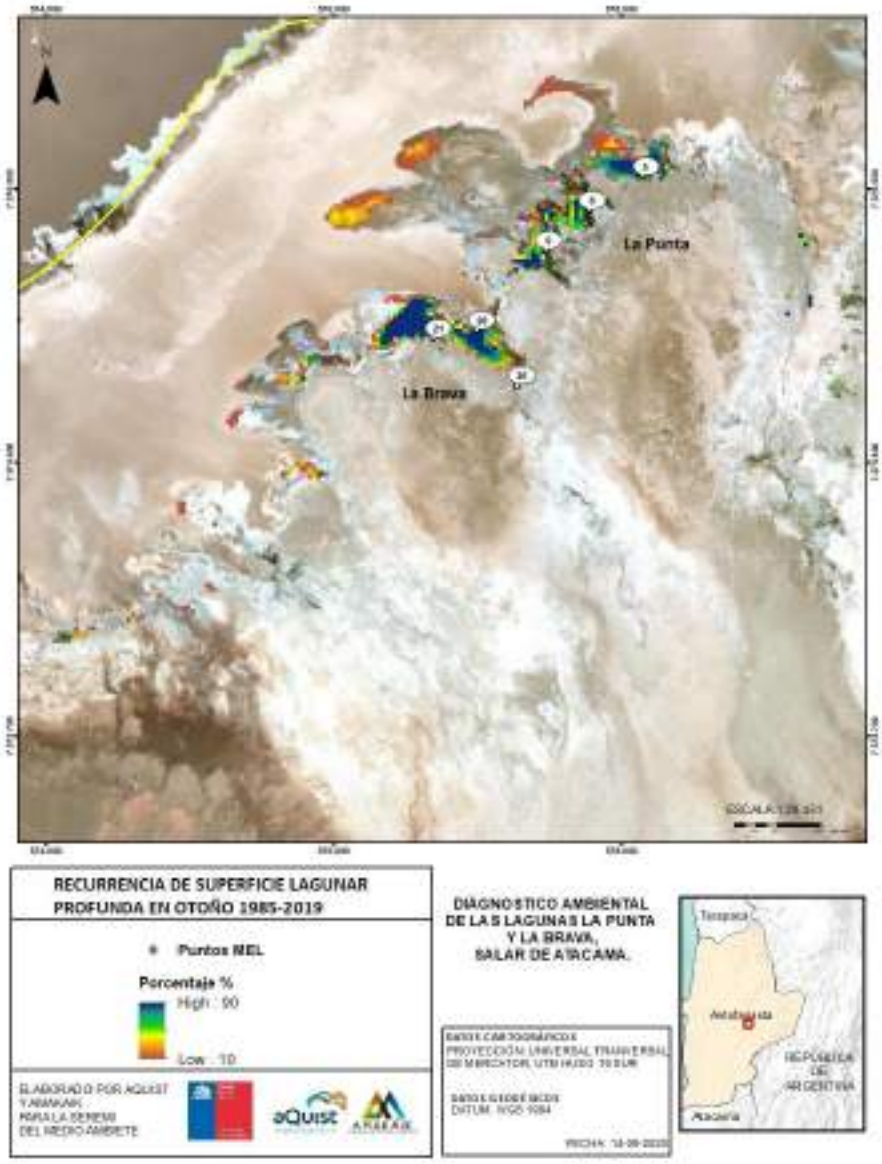


Figura 6-21 Recurrencia de superficie lagunar profunda en otoño, 1985 a 2019, La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia a partir de Biblioteca de índice NDWI reclasificado (Ver Anexo III)

En la Figura 6-21, durante otoño los cuerpos circunferenciales de superficie lagunar profunda, localizados hacia el oeste de La Punta se reducen, quedando solo cuerpos en los extremos a una distancia de 1 a 1,2 km desde los puntos 8 y 9, estos tienen recurrencia de 10% a 40%.

Hacia el oeste y noroeste del punto 5, se observan superficies reducidas de recurrencia 10 a 40%, como también hacia el suroeste de La Brava, donde solo se observan pixeles aislados.

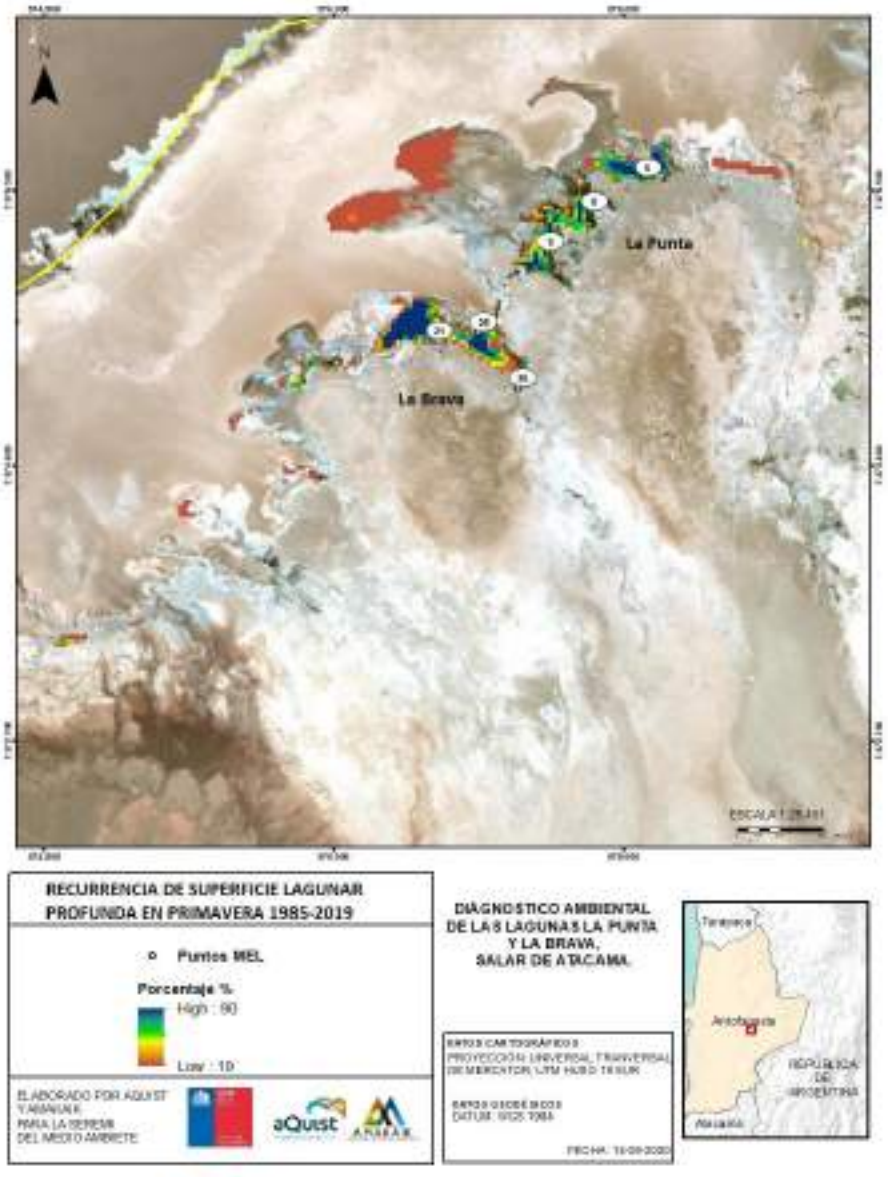
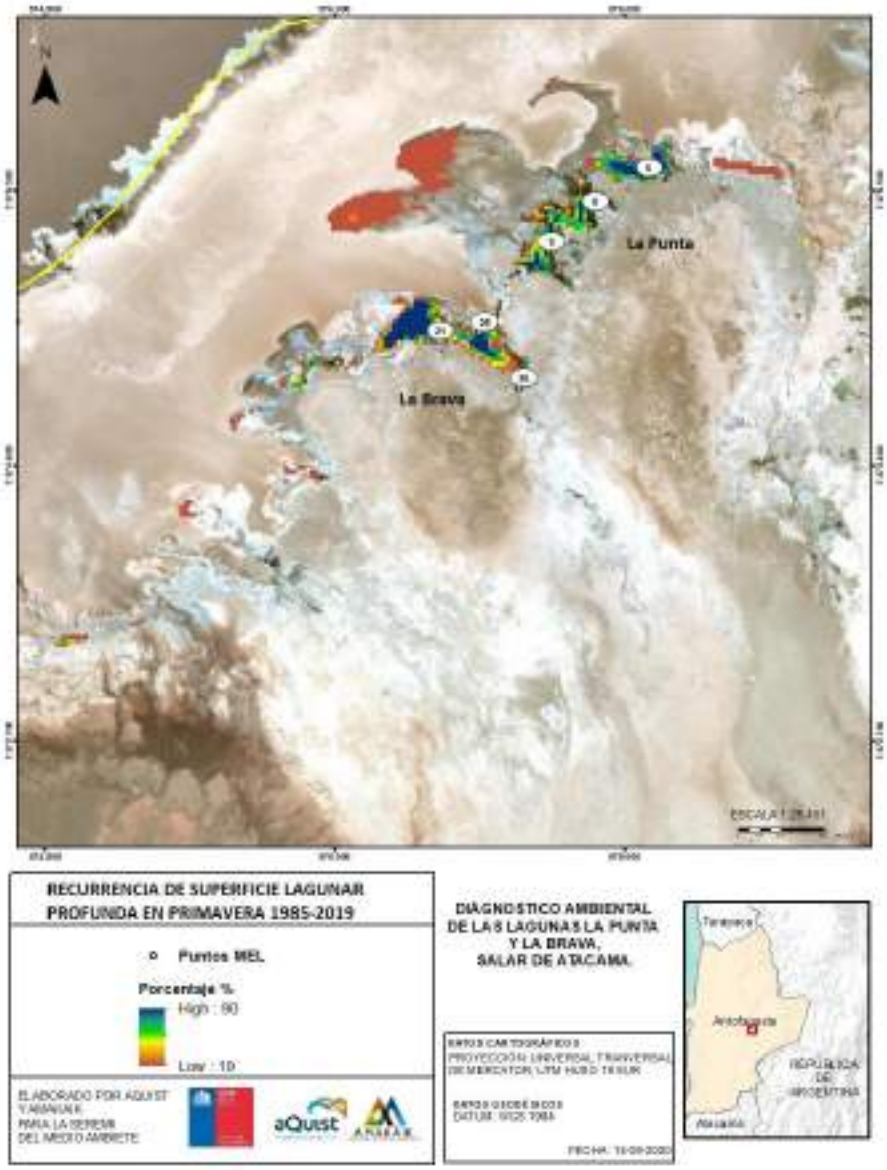


Figura 6-22 Recurrencia de superficie lagunar profunda en primavera, 1985 a 2019, La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia a partir de Biblioteca de índice NDWI reclasificado (Ver Anexo III)



En la Figura 6-22 los cuerpos circunferenciales hacia el oeste de La Punta desaparecen durante primavera, quedando solo superficies lagunares profundas de recurrencia baja (10%) en los extremos, localizados a una distancia de 0,8 a 1 km desde los puntos 8 y 9.

Las superficies en los bordes de los extremos norte de La Punta y suroeste de la Brava también desaparecen, salvo por pixeles aislados de recurrencia baja (10%).

La recurrencia y distribución de la superficie lagunar profunda alrededor de los puntos 8 y 9 es similar durante verano, otoño y primavera (

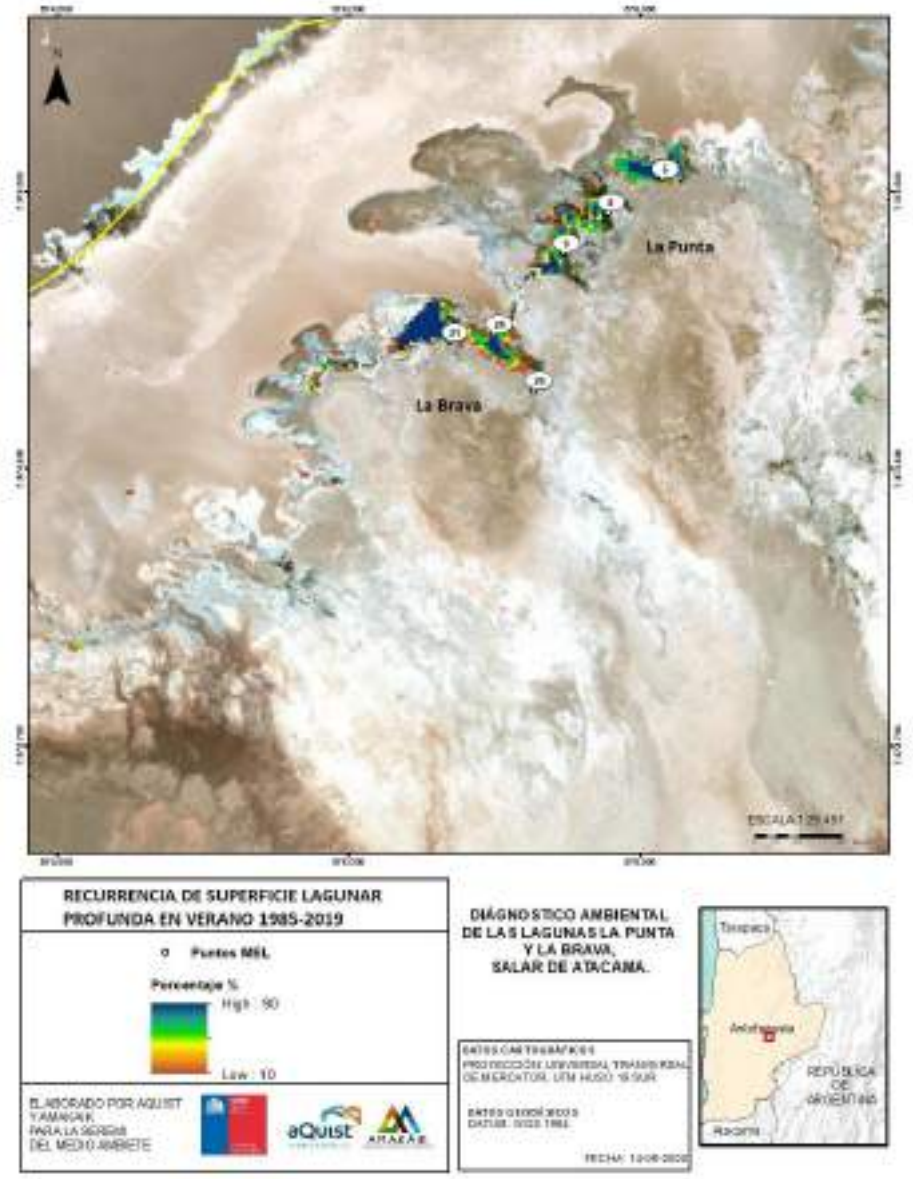

La Punta
La Brava
RECURRENCIA DE SUPERFICIE LAGUNAR PROFUNDA EN VERANO 1985-2019
Puntos MEL
Porcentaje %
High : 90
Low : 10
ELABORADO POR AQUIST Y AMAKAIK PARA LA SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE
DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS LA PUNTA Y LA BRAVA, SALAR DE ATACAMA.
REPÚBLICA DE ARGENTINA

Figura 6-20, Figura 6-21 y

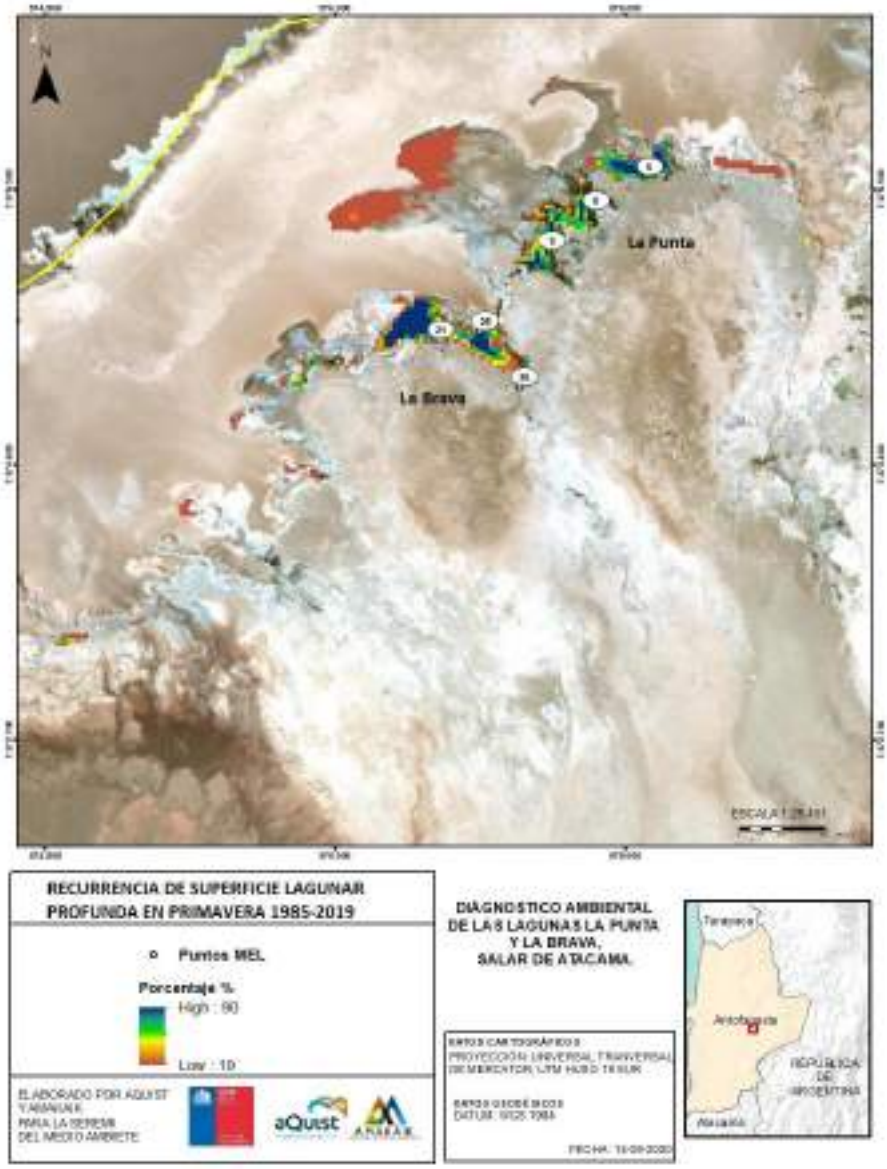


Figura 6-22).

Además, los cuerpos lacustres profundos que se forman alrededor de los puntos 21, 8, 9 y 5, han variado entre un 10% a un 80% del tiempo durante las 4 temporadas del año desde 1985 a 2019, registrándose mayores

variaciones en verano, otoño y primavera (

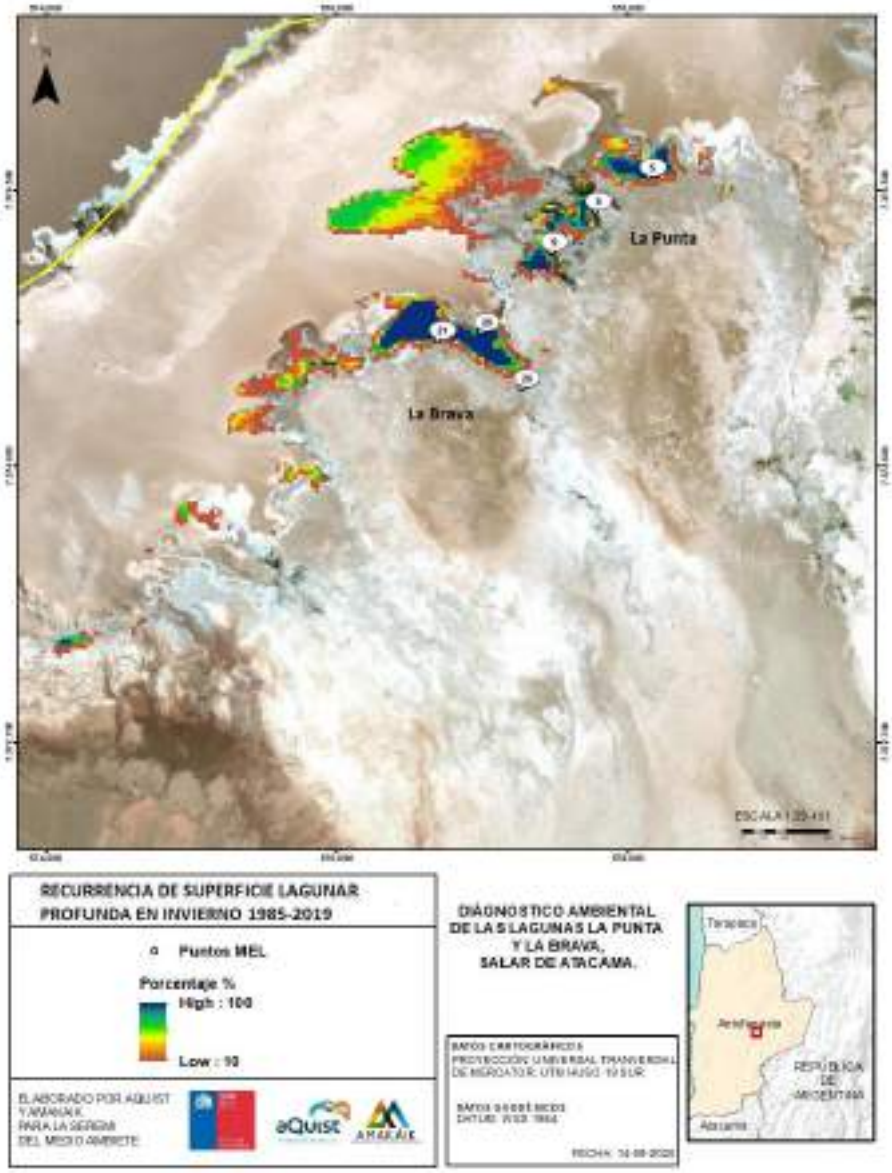


Figura 6-19,

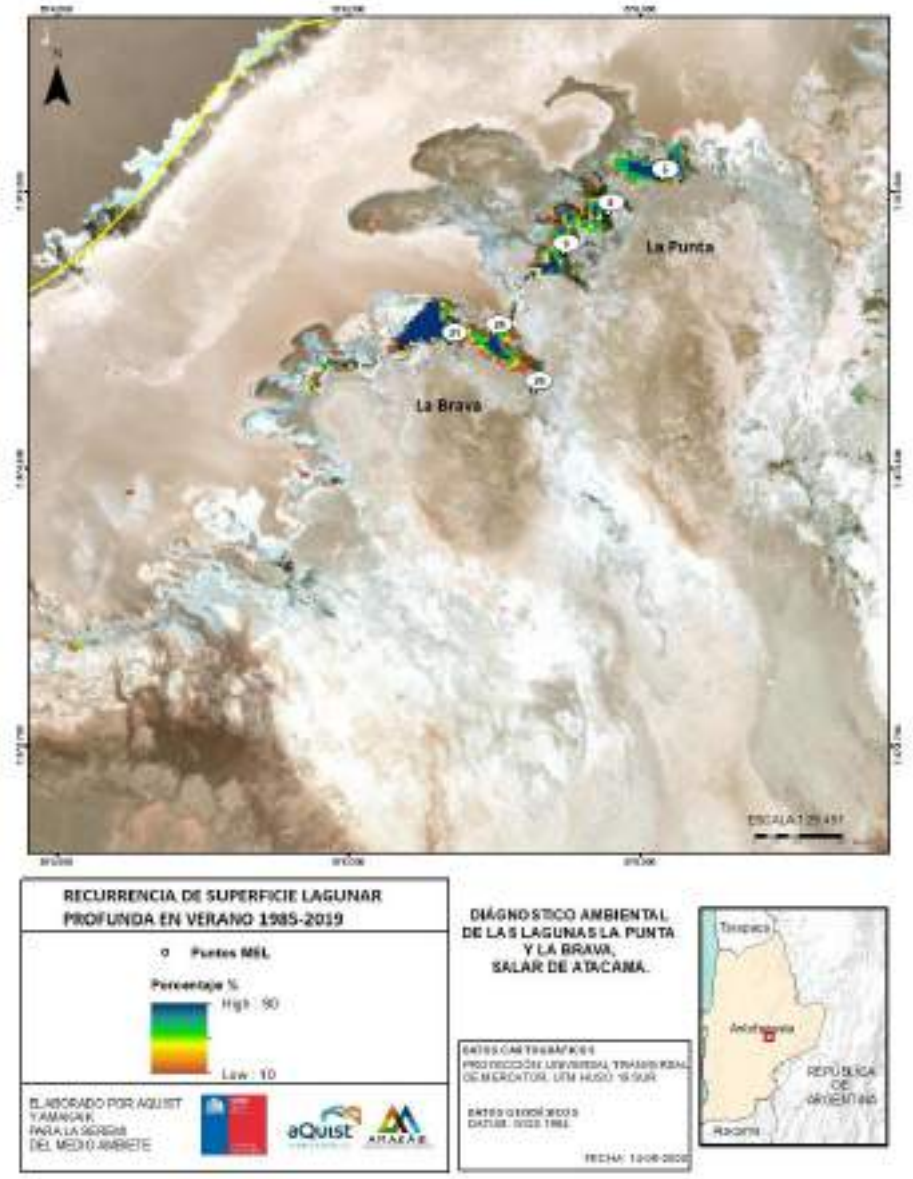

La Punta
La Brava
RECURRENCIA DE SUPERFICIE LAGUNAR PROFUNDA EN VERANO 1985-2019
Puntos MEL
Porcentaje %
High : 90
Low : 10
ELABORADO POR AQUIST Y AMAKAIK PARA LA SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE
DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS LA PUNTA Y LA BRAVA, SALAR DE ATACAMA.
REPÚBLICA DE ARGENTINA

Figura 6-20, Figura 6-21 y

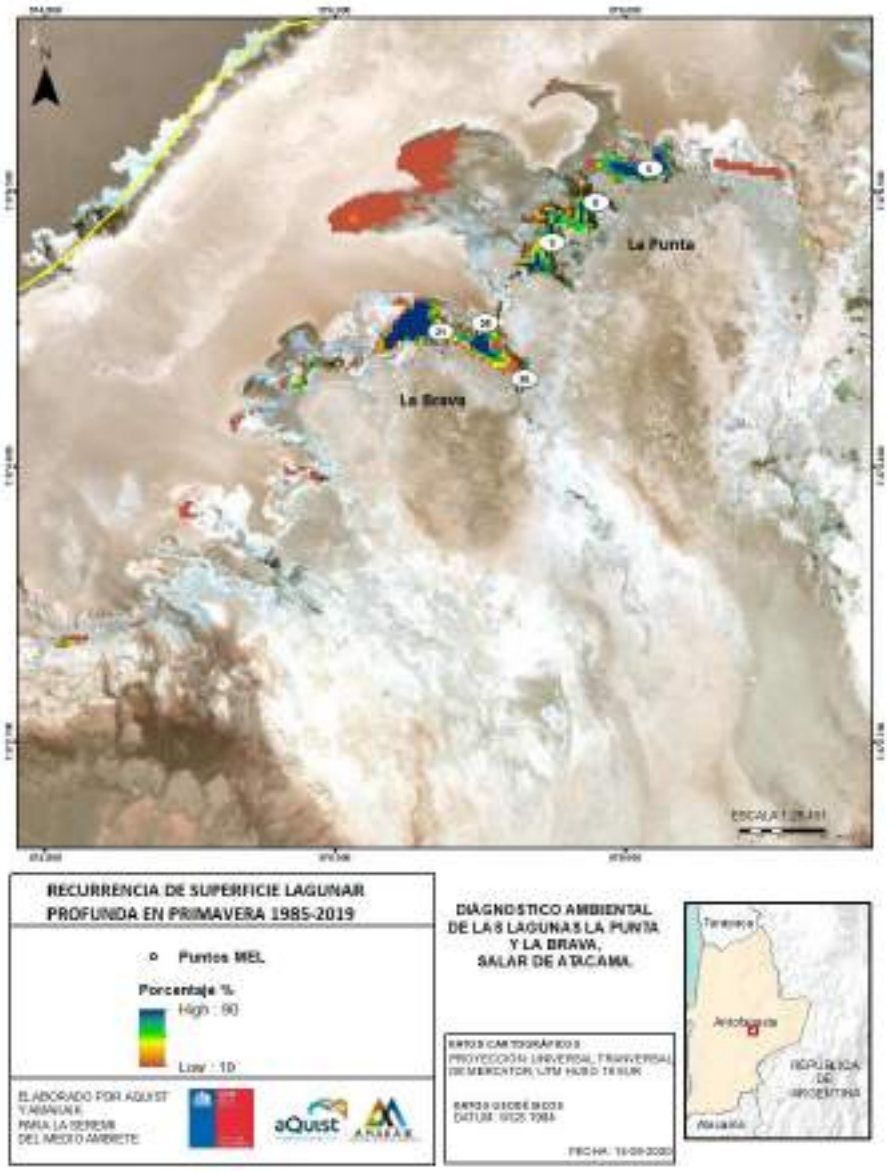


Figura 6-22).

Tabla 6-17 Cuerpos de superficies lagunares profundas que permanecen 90 a 100% de las temporadas, desde 1985 a 2019

Fuente: Elaboración propia a partir de Biblioteca de índice NDWI reclasificado (Ver Anexo III)

Temporada	La Punta	La Brava
	Cuerpo alrededor de punto 5 (ha)	Cuerpo alrededor de punto 21 (ha)
Invierno	4,32	14,58
Verano	2,79	7,29
Otoño	3,78	9,36
Primavera	3,33	7,47

Sin embargo, algunos cuerpos lacustres profundos han permanecido desde 1985 a 2019, para cada temporada, estimándose sus áreas para los formados alrededor de los puntos 5 y 21 (Tabla 6-17).

Los cuerpos permanentes de superficie lagunar profunda, formados alrededor del punto 21 (La Brava) son mayores en las 4 temporadas, respecto de los formados alrededor del punto 5 (La Punta) (Tabla 6-17). Además, los formados alrededor del punto 21 son similares durante verano y primavera, mientras que los formados alrededor de punto 5 son similares durante primavera y otoño.

d. Superficie de agua de Dilución Salina

Se estimó la superficie de agua en zona de dilución salina (borde sur del núcleo del Salar), localizada al noroeste de las lagunas La Punta y La Brava (Figura 4-1El área de estudio (Figura 4-1), comprende las lagunas La Punta y La Brava, localizadas en la zona marginal sur del Salar de Atacama (576.554 E/ 737.555.595 S, Datum WGS-84), Región de Antofagasta.

Tabla 4-1 Vértices de polígono área indirecta

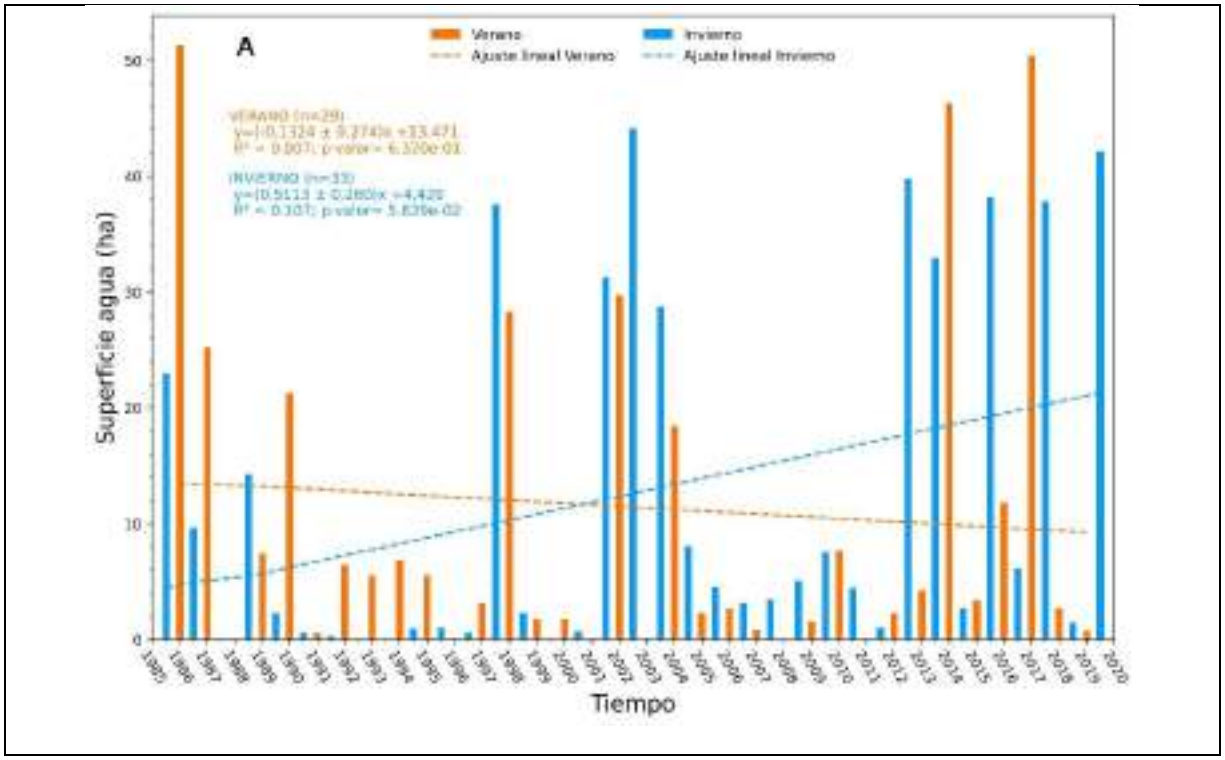
Vértices	Coordenadas UTM (Datum WGS84)	
	Este (m)	Norte (m)
1	573.516,216	7.377.604,584
2	579.389,978	7.377.604,584
3	579.389,978	7.373.085,491
4	573.505,633	7.373.096,075

Fuente: Elaboración propia

), durante la data histórica desde 1985 a 2019.

Durante el proceso de clasificación de agua, el software arrojó error en las siguientes temporadas: verano 1996, verano 2003, verano 2008, verano 2011, otoño 1998 e invierno 1999, por lo que se omitieron esos datos.

Se realizó un el análisis de series temporales cuyos resultados muestran un pobre ajuste a un modelo lineal y pendientes que no difieren significativamente de cero (invierno r^2=0,107, p-valor > 0,05; verano r^2=0,007, p-valor > 0,05; otoño r^2=0,107, p-valor > 0,05; primavera r^2=0,010, p-valor > 0,05). De este modo, los resultados para el análisis de series temporales para la superficie de la zona de dilución salina para todas las temporadas carecen de significancia estadística.



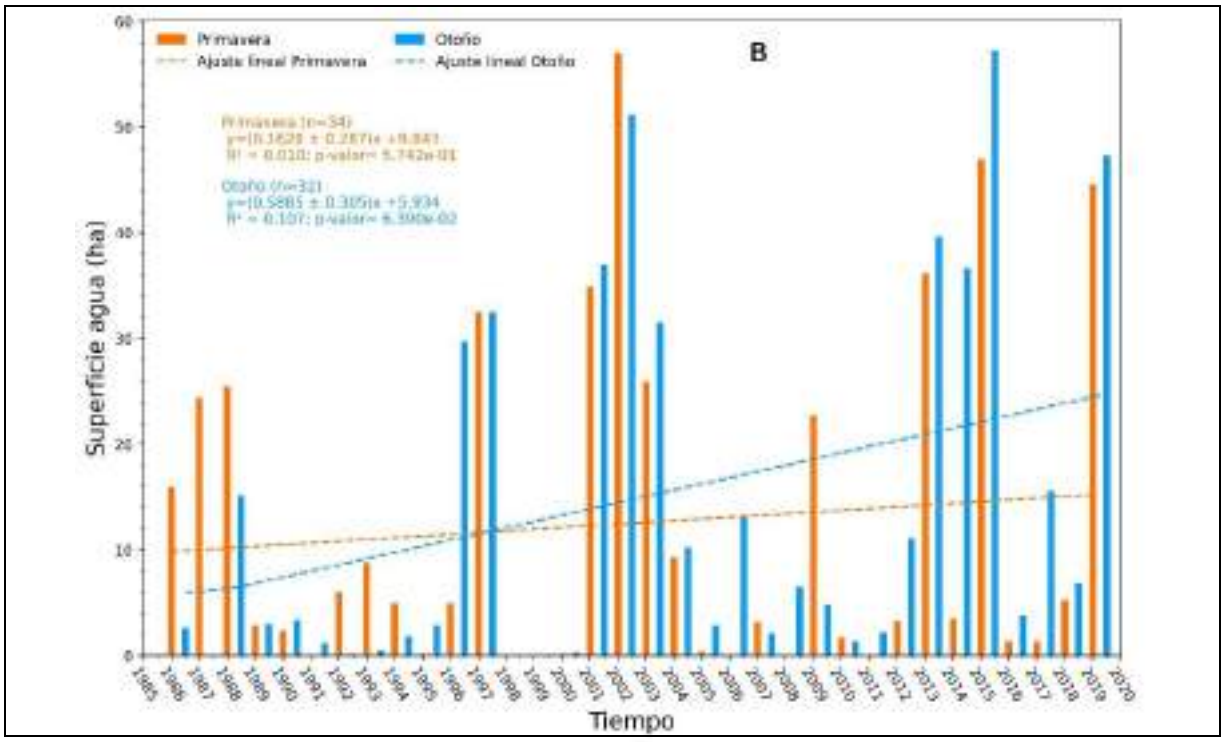


Figura 6-23 Superficie de agua en zona de dilución salina (borde sur del núcleo del Salar),1985- 2019, (A): verano e invierno, (B): otoño y primavera

Fuente: Elaboración propia

Los valores durante todas las temporadas presentan una elevada dispersión, fluctuando en un rango desde 0,00 ha hasta 57,24 ha. Aumentos coincidentes para las cuatro temporadas se registran durante 1998, 2001 a 2004, 2010 y 2013 a 2017 (Figura 6-23 A y B), los que coinciden con eventos de precipitación registrados en EM-Peine, EM-SCL, EM-Rockwood y EM-Tilopozo.

Al realizar una comparación con los valores de superficie lagunar de La Punta y La Brava, se observa un aumento pronunciado para ambas, desde 2000 a 2004 (

Figura 6-16 A y B, Figura 6-17 A y B).

A continuación, se presenta una descripción en mayor detalle para cada temporada.

Invierno

Esta temporada presenta un promedio de 13,18 ha y una desviación estándar de 15,66 ha. El valor del percentil 90 es 34,97 ha y el de percentil 10 es 0,53 ha. El rango de valores registrados para esta temporada está comprendido entre 0,00 ha y 44,10 ha, estimándose valores de 0,00 durante invierno 1992 y 1993. Desde la serie temporal se observan que los mayores aumentos se registraron durante 1997 (37,53 ha), 2001 (31,32 ha), 2002 (44,1 ha), 2012, (39,78 ha) 2013 (32, 94 ha), 2015 (38,16 ha), 2017 (37,8 ha) y 2019 (42,12 ha; Figura 6-23 A). Estos aumentos de superficie coinciden con eventos de precipitación registrados en EM-Peine durante julio 2002 (8,5 mm), agosto 2013 (9 mm) y septiembre 2019 (2 mm), con eventos de precipitación registrados en EM-SCL y EM-Rockwood durante agosto 1997 (2,2 mm), julio 2002 (17 mm) y julio 2013 (3,5mm) y en EM-Tilopozo durante julio 2013 (4,4 mm) y agosto 2013 (2 mm). Desde 1989 a 1996 y 2004 a 2011 no se observan aumentos notables (Figura 6-9, Figura 6-10 y Figura 6-11).

Al comparar la curva de verano e invierno, se observa que los aumentos de mayor magnitud previos al 2004, se registran durante invierno y menores en verano. Sin embargo, durante 2012 a 2019 esto se invierte (Figura 6-23 A).

Verano

Esta temporada presenta un promedio de 12,044 ha y una desviación estándar de 15,45 ha. El valor de percentil 90 corresponde a 31,14 ha y percentil 10 corresponde a 1,71 ha, con un máximo de 51,3 ha que se registra durante 1990 y el mínimo de 0,00 ha durante 2001.

A partir de la serie temporal se observan que los mayores aumentos se registran durante 1986 (51,3 ha), 1990 (21,24 ha), 1998 (28,26 ha), 2002 (29,7 ha), 2014 (46,26 ha) y 2017 (50,4 ha), concentrándose entre 1990 y 2017 (Figura 6-23 A). Estos aumentos coinciden con eventos de precipitación durante febrero 1986 (6 mm), enero 1990 (3,1 mm), febrero 1998 (8 mm) y febrero 2017 (45 mm) registrados en EM-Peine, y durante febrero 1998 (4 mm) en EM-SCL y enero 2014 (3,2 mm) registrados en EM-Tilopozo (Figura 6-9, Figura 6-10 y Figura 6-11).

Al comparar la curva de datos de verano e invierno, se observa que son similares, presentando ambos datos bajos durante 1992 a 1996 y de 2005 a 2011.

Primavera

Esta temporada presenta un promedio de 12,53 ha y una desviación estándar de 16,23 ha. El valor del percentil 90 corresponde a 35,8 ha, y percentil 10 corresponde a 0,00 ha. El valor mínimo de 0,00 ha se estimó durante 1991, 1998, 1999, 2006, 2008 y 2001, mientras que el máximo de 56,97 ha, durante la primavera 2002.

A partir de la serie temporal se observan que los mayores aumentos se registran durante 1997 (32,49 ha), 2001 (34,92 ha) y 2002 (56,97 ha). Recientemente, desde 2013 a 2019, se registran 3 observaciones con valores sobre el percentil 90, durante 2013 (36,18 ha), 2015 (46,89 ha) y 2019 (44,55 ha; Figura 6-23 B). Hay una coincidencia con un evento de precipitación de 2,5 mm durante octubre 2015 registrado en EM-SCL.

Al comparar la curva de observaciones de primavera y otoño se aprecia que éstas son similares, observándose aumentos coincidentes (Figura 6-23 B).

Otoño

Esta temporada presenta un promedio de 14,815 ha y una desviación estándar de 17,387 ha, con un máximo de 57,24 registrado durante otoño 2015, y mínimo de 0,00 ha registrado durante 1999. El valor del percentil 90 corresponde a 39,34 ha y percentil 10 corresponde a 0,52 ha.

A partir de la serie temporal se observa que los mayores aumentos se registran durante 2001 (36,99 ha), 2002 (51,12 ha), 2013 (39,6 ha), 2015 (57,24 ha) y 2019 (47,295 ha; Figura 6- 29 B), los que coinciden con eventos de precipitación durante mayo 2013 (14 mm) y abril 2019 (3,5 mm).

II. Base de datos Minera Escondida

Se presenta la información histórica (2002 a 2018) de los registros de la superficie lagunar total de La Punta y La Brava, más la superficie de dilución salina (borde sur del núcleo del salar) localizada al noroeste de las lagunas (Figura 4-1El área de estudio (Figura 4-1), comprende las lagunas La Punta y La Brava, localizadas en la zona marginal sur del Salar de Atacama (576.554 E/ 737.555.595 S, Datum WGS-84), Región de Antofagasta.

Tabla 4-1 Vértices de polígono área indirecta

Vértices	Coordenadas UTM (Datum WGS84)	
	Este (m)	Norte (m)
1	573.516,216	7.377.604,584
2	579.389,978	7.377.604,584
3	579.389,978	7.373.085,491
4	573.505,633	7.373.096,075

Fuente: Elaboración propia

). La información histórica corresponde a mediciones anuales durante verano e invierno y proviene de la base de datos del Anexo G, del Plan de Alerta Temprana 2018 de Minera Escondida.

Se debe tener en cuenta que la información del Plan de Alerta Temprana 2018 de Minera Escondida no publica los datos de superficie lagunar y de dilución salina por separado, sino la suma respectiva. Por otro lado, los polígonos usados en la medición de las lagunas y de dilución salina, son distintos a los utilizados en la base de datos propia, por lo que los resultados son distintos.

Además, la resolución espacial de los datos obtenidos es de 2,4 metros, a partir de las imágenes satelitales tipo Quickbird, WorldView – 2 y 3.

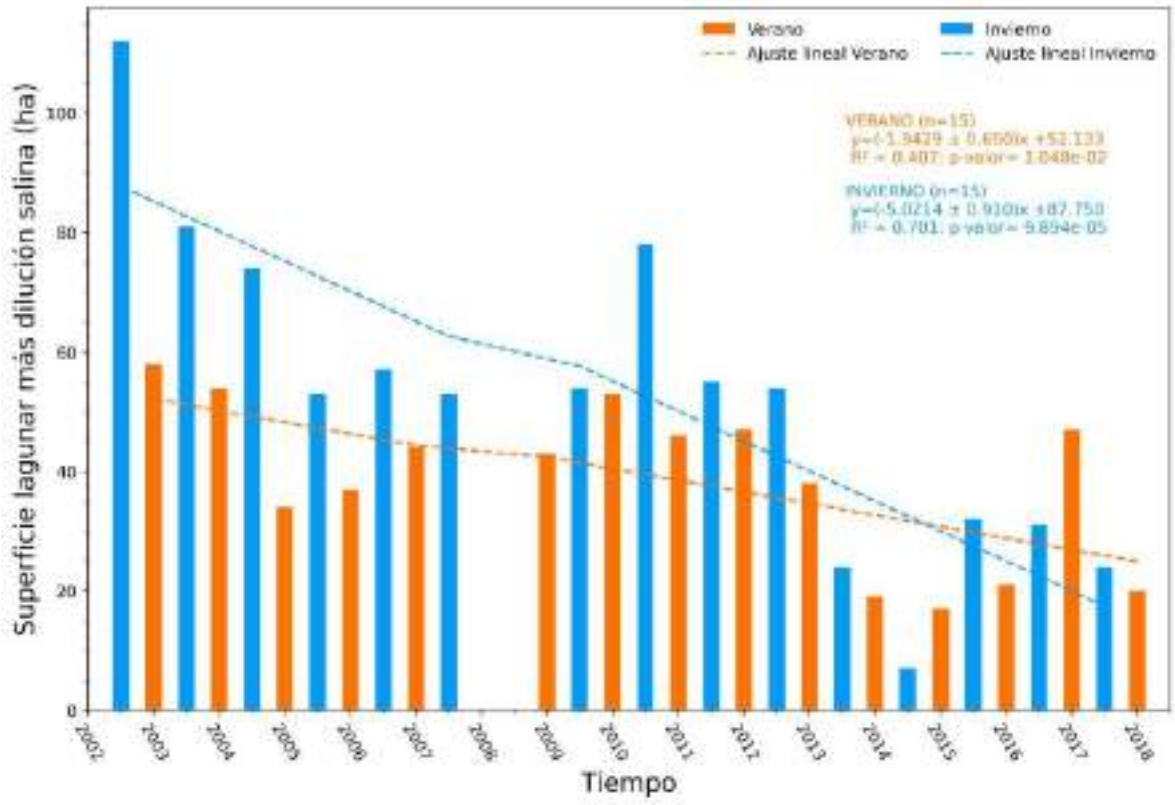


Figura 6-24 Superficie lagunar profunda y zona de dilución salina profunda, invierno y verano 2002 -2018

Fuente: Elaboración propia

Los valores de superficie lagunar más dilución salina profunda, durante invierno (r^2>0,701 y p-valor < 0,001) y verano (r^2>0,407 y p-valor < 0,05), 2002 a 2018, se ajustan a un modelo lineal con una pendiente significativamente negativa. Los mayores aumentos en la serie de invierno se registran durante 2002 y 2010 (

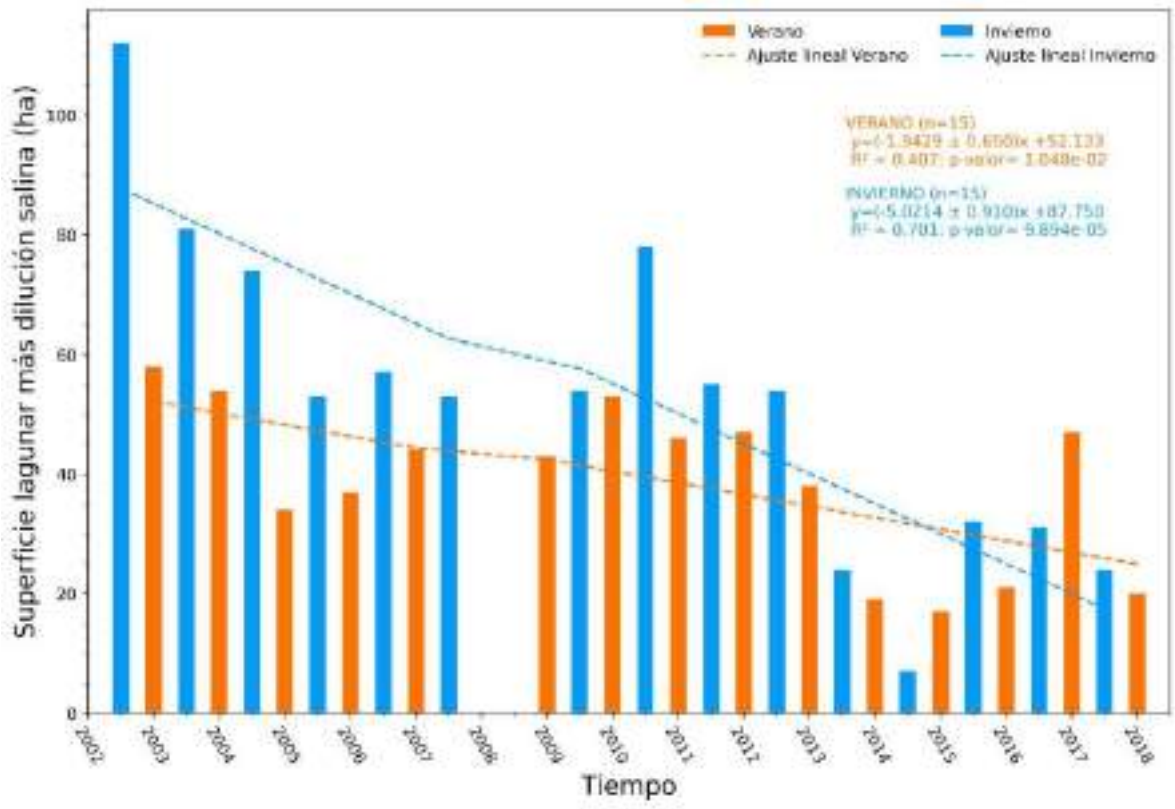


Figura 6-24). Desde 2013 a 2018 se registran valores de superficie menores a 40 ha, que contrasta con el período anterior 2002 a 2012, siendo el mínimo de 7 ha durante 2014. La curva de observaciones de verano presenta menos dispersión que invierno, observándose además valores menores a 22 ha, desde 2014 a 2016 y durante 2018, siendo el mínimo de 17 ha registrado durante 2015.

Durante el invierno de 2002 se observa la máxima areal de 112 ha, año donde las alzas se repiten tanto para superficies lagunares y de agua de dilución salina en la base de datos generada durante las 4 temporadas, lo que coincide con los eventos de precipitación durante julio 2002 de 8,5 mm en EM-Peine y de 17 mm en EM-SCL.

A modo de síntesis general, las superficies lagunares totales y profundas estimadas, de todas las temporadas, analizadas por separado desde 1985 a 2019, han disminuido significativamente según el análisis de series temporales (A, B y Figura 6-17 A y B). Las series temporales correspondientes a la estación de invierno presentan la mayor disminución, seguido por otoño. En estas estaciones, el cambio relativo porcentual fluctúa en un rango de -78,3% a -59,46% (Tabla 6-16). En cambio, las series temporales correspondientes a la estación de verano presentan una menor disminución, aunque igualmente significativo. Las series de primavera y verano presentan un el cambio relativo porcentual menor que los correspondientes al invierno y otoño, que fluctúan entre -53,09% a -51,53% (Tabla 6-16).

En relación a la superficie de agua de dilución salina estimada, se presenta una variabilidad sin correspondencia a un modelo lineal, cuya pendiente no presenta significancia estadística, de modo que no se puede afirmar alguna tendencia de aumento o disminución (Figura 6-23 A y B).

Finalmente, el registro de superficie lagunar profunda más dilución salina de Minera Escondida, de resolución temporal más reciente (2002 a 2018), presenta una disminución significativa para verano e invierno (

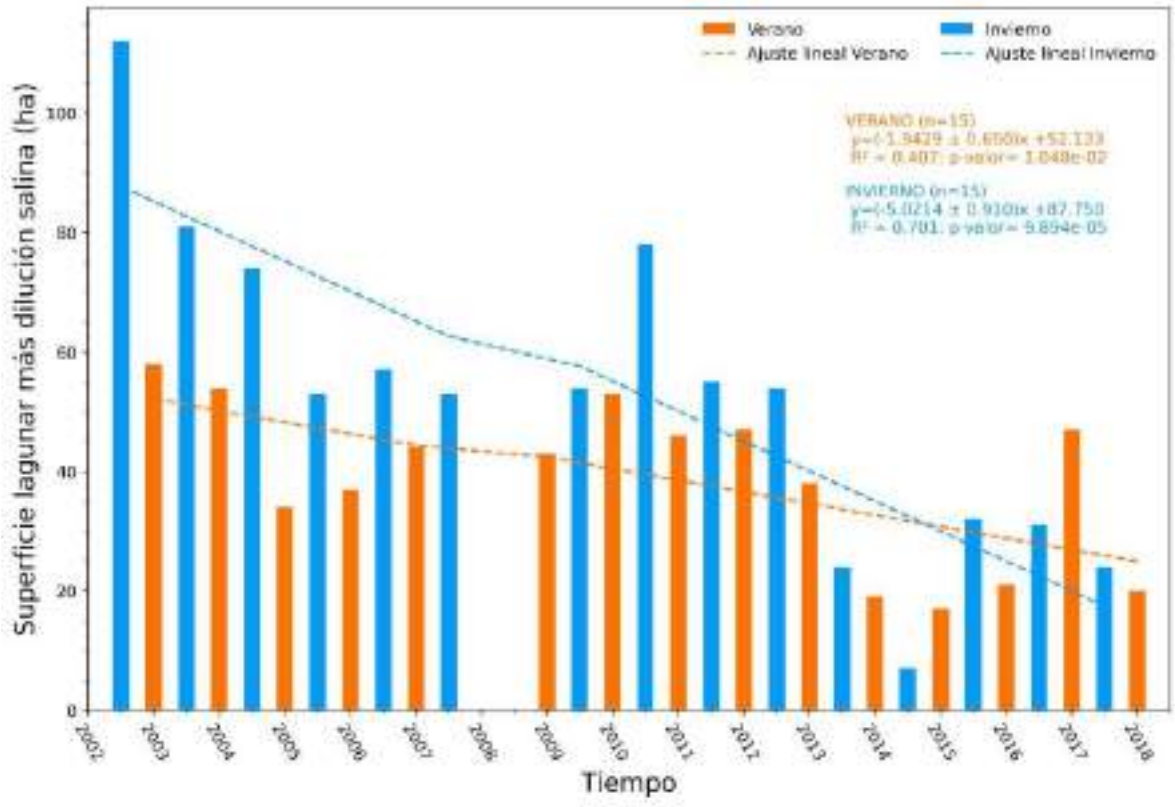


Figura 6-24).

6.2.1.5. **Niveles freáticos**

La información disponible de niveles freáticos corresponde a las mediciones que realizan las empresas Albemarle, Minera Escondida y SQM. En los alrededores de las lagunas existen actualmente barrenos y piezómetros, los que son medidos y reportados a la autoridad de manera periódica. Los puntos utilizados en este estudio corresponden a los que están ubicados en el área de influencia indirecta y que se pueden ver en la Figura 6-1. Se utilizó para este análisis información disponible mayormente desde el año 2013 y hasta el año 2019. En algunos casos fue posible obtener información de niveles de algunos puntos desde el año 2000.

El análisis de los niveles freáticos en los alrededores de la laguna no muestra un comportamiento o tendencia clara, ya que algunos pozos aumentan su nivel, otros mantienen un nivel estable y otros disminuyen su nivel. Las curvas de niveles freáticos se presentan agrupadas según los componentes espaciales definidos en Figura 6-1.

Se presentarán los valores promedio de niveles, desviación estándar, máximos y mínimos, ordenados por lagunas y su respectivo componente espacial. También se presenta el valor de cambio relativo, el que se determina de acuerdo con lo indicado en el punto 5.2.2.3 (Tabla 6-18). En la Figura 6-25 se destacan con asterisco (*) los p-valor < 0,05.

Tabla 6-18 Cambio relativo de niveles freáticos

Laguna	Componente espacial	Inicio	fin	Piezómetro	Cambio relativo (m)
La Brava	Borde	4-2013	10-2019	BA-05	-0,013
		1-2007	10-2018	TPZ-13C	0,059
	Sur	4-2013	10-2019	BA-04	-0,041
		4-2013	10-2019	BA-16	-0,026
		7-2013	10-2019	BA-25	-0,011
		1-2015	1-2019	L12-3	0,012
	Sur lejano	10-2013	10-2019	MP-03A	-0,155
		1-2000	7-2018	TPZ-10	-0,072
La Punta	Borde	4-2013	10-2019	BA-07	-0,048
		7-2013	10-2019	BA-13	-0,044
		4-2013	10-2019	BA-14	0,051
		4-2013	10-2019	BA-15	-0,013
	Sur	4-2013	10-2019	BA-08	-0,031
		10-2013	10-2019	MP-01A	-0,029
		10-2013	10-2019	MP-01B	0,081
	Sur lejano	1-2015	4-2019	L12-2	-0,008

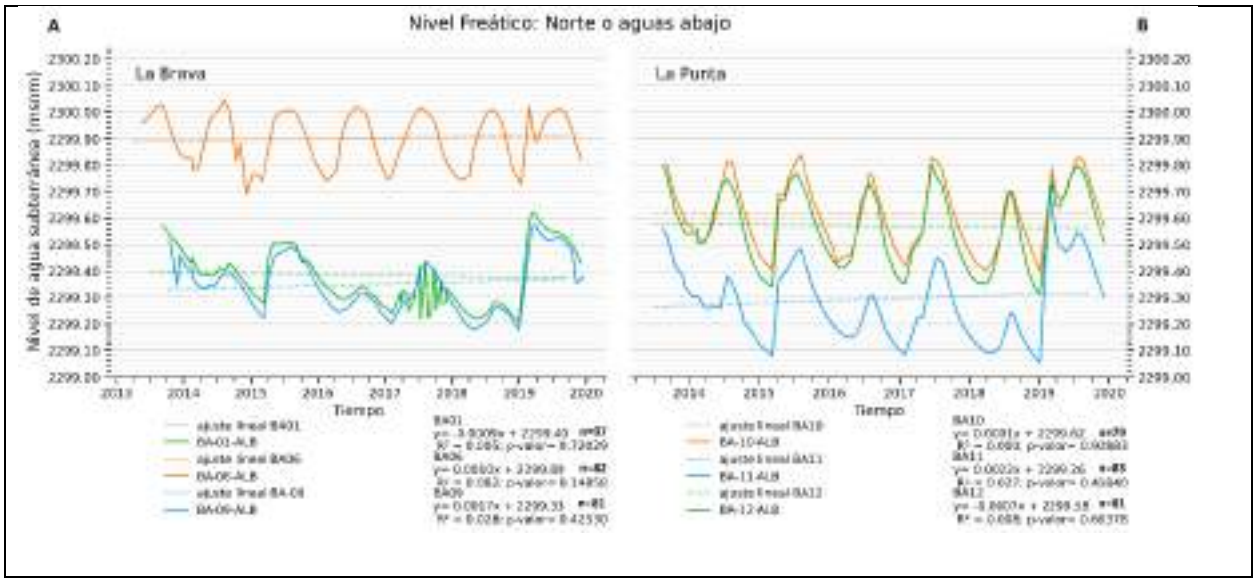
Fuente: Elaboración propia

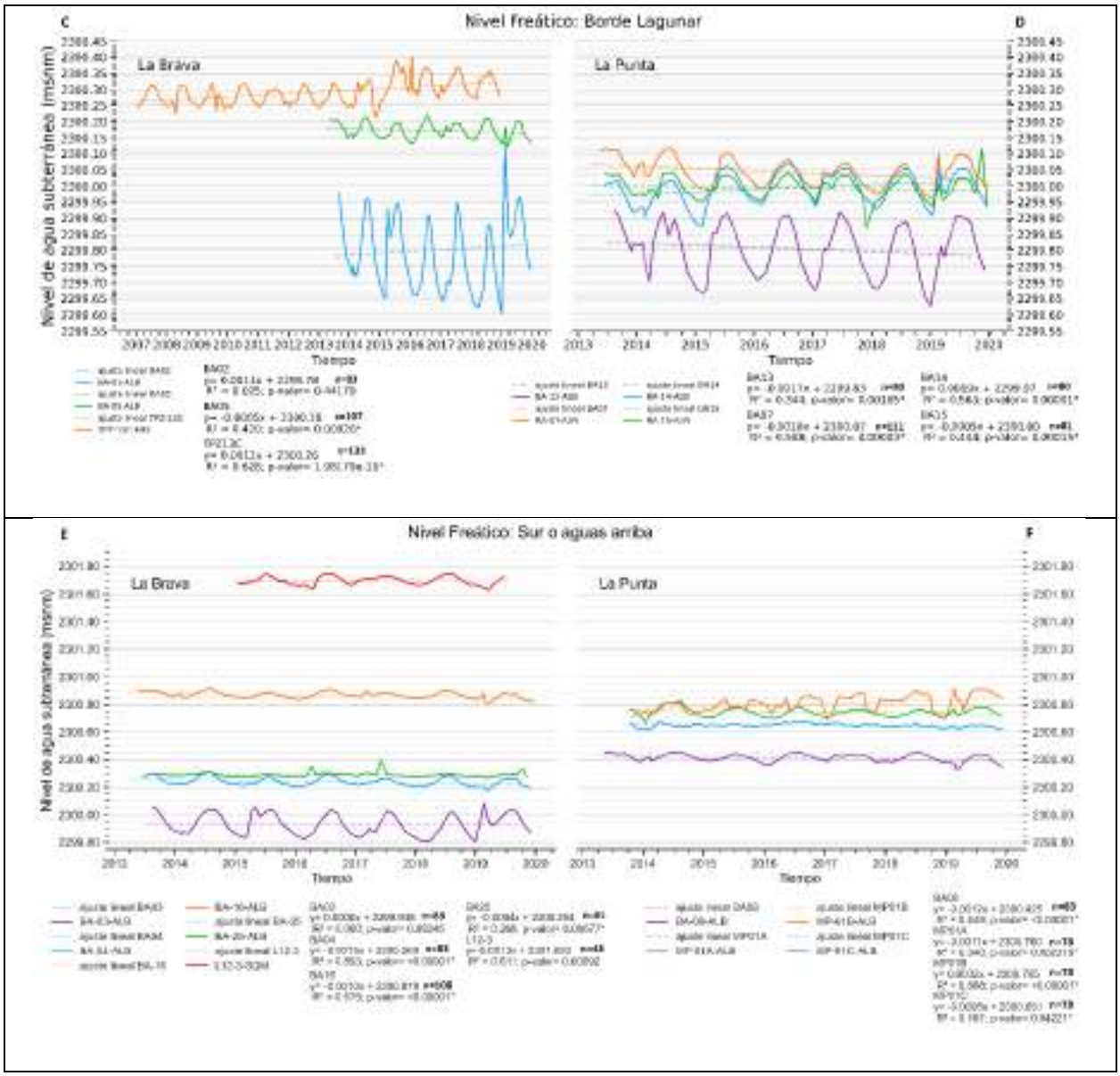
Tabla 6-19 Descripción estadística de niveles freáticos

Laguna	Componente espacial	Piezómetro	SD (m)	Promedio (msnm)	Máxima (msnm)	Mínima (msnm)	N observaciones

La Brava	Norte	BA-01	0,113	2.299,365	2.299,618	2.299,209	97
		BA-06	0,099	2.299,900	2.300,047	2.299,691	82
		BA-09	0,108	2.299,349	2.299,576	2.299,181	81
	Borde	BA-02	0,115	2.299,796	2.300,131	2.299,604	83
		BA-05	0,024	2.300,173	2.300,222	2.300,123	107
		TPZ-13C	0,039	2.300,291	2.300,400	2.300,213	133
	Sur	BA-03	0,076	2.299,936	2.300,082	2.299,806	83
		BA-04	0,030	2.300,240	2.300,307	2.300,180	83
		BA-16	0,024	2.300,866	2.300,913	2.300,802	108
		BA-25	0,016	2.300,290	2.300,390	2.300,268	81
		L12-3	0,032	2.301,695	2.301,750	2.301,628	48
	Sur lejano	MP-03A	0,082	2.301,920	2.302,113	2.301,736	79
		TPZ-10	0,059	2.301,756	2.301,940	2.301,620	329
		TPZ-7B	0,048	2.302,330	2.302,430	2.302,080	209
La Punta	Norte	BA-10	0,130	2.299,612	2.299,837	2.299,402	79
		BA-11	0,152	2.299,287	2.299,723	2.299,054	83
Laguna	**Componente espacial**	**Piezómetro**	**SD (m)**	**Promedio (msnm)**	**Máxima (msnm)**	**Mínima (msnm)**	**N observaciones**
La Punta		BA-12	0,139	2299,566	2299,800	2299,310	81
	Borde	BA-07	0,040	2300,043	2300,118	2299,957	111
		BA-13	0,079	2299,804	2299,920	2299,626	80
		BA-14	0,051	2299,995	2300,072	2299,877	80
		BA-15	0,035	2299,995	2300,115	2299,871	81
	Sur	BA-08	0,030	2300,411	2300,456	2300,329	83
		MP-01A	0,032	2300,744	2300,826	2300,665	78
		MP-01B	0,058	2300,811	2300,920	2300,698	78
		MP-01C	0,013	2300,645	2300,675	2300,615	78
	Sur lejano	L12-2	0,031	2302,543	2302,600	2302,490	52

Fuente: Elaboración propia




C
Nivel Freático: Borde Lagunar
D
La Brava
La Punta
Nivel de agua subterránea (msnm)
Tiempo
E
Nivel Freático: Sur o aguas arriba
F
La Brava
La Punta
Nivel de agua subterránea (msnm)
Tiempo

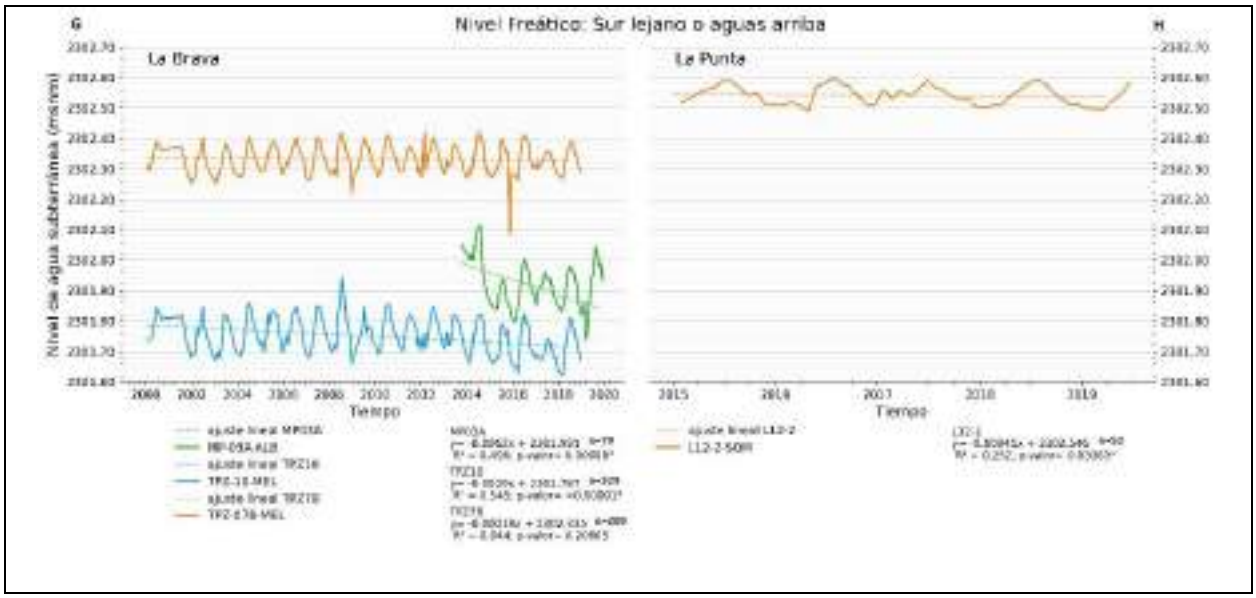


Figura 6-25 Niveles freáticos: (A, B) Norte o aguas abajo, (C, D) Borde lagunar, Sur o aguas arriba, (E, F) Sur lejano (G, H). Fuente: Elaboración propia

Los niveles freáticos presentan comportamiento diferenciado por componente espacial y laguna, los que se describen a continuación. El análisis de variación de niveles en los pozos y barrenos ha mostrado que el mayor descenso total es de -0,155 m durante el periodo 2013 a 2019 y el mayor ascenso total es de +0,081 m durante el periodo 2000 a 2018. Es por esta razón que se ha propuesto una definición para determinar si los cambios de niveles freáticos son “altos” o “leves”. Se dirá que los cambios de niveles son “leves” cuando el cambio total de nivel durante los periodos analizados se mueva en un rango de ±0,005 m a ±0,07 m. Por otra parte, se considera que el cambio total de nivel es alto cuando es superior a ±0,07 m durante los periodos analizados.

Comenzando la descripción de resultados con los niveles freáticos de los puntos ubicados aguas abajo de las lagunas (BA-01, BA-06, BA-09, BA-10, BA-11 y BA-12;

A y B), se aprecia que las mediciones oscilan constantemente, aumentando en invierno y disminuyendo en verano, excepto para BA-01 y BA-09, en los que se registró el máximo aumento de nivel durante otoño 2019. En relación a la dispersión de los datos, ésta es en general alta (SD promedio = 0,124 m; SD máximo = 0,152 m), mostrando una dispersión mayor en los puntos ubicados en la cercanía de Laguna La Punta (SD promedio La Brava = 0,107 m; SD promedio La Punta = 0,140 m; Tabla 6-15). Además, durante verano 2019 todos los niveles de este componente espacial registran un incremento pronunciado.

Los niveles freáticos medidos por los barrenos BA-10, BA-11 y BA-12, localizados en el componente espacial norte o aguas abajo de Laguna La Punta muestran una disminución del nivel freático para verano y otoño, en cambio, aumentan en invierno y primavera. Las alzas y descensos son irregulares y dispersos para este

componente espacial. Se destaca que para el barreno BA-11 se ha observado el nivel histórico más bajo en el verano de 2019 (

B). Los barrenos aguas abajo se localizan sobre suelo salino, sin embargo, ocasionalmente BA-10 y BA-12 están dentro de la extensión del espejo de agua superficial y esporádico de Laguna La Punta (

B) mientras que el barreno BA-11 queda siempre fuera del límite del espejo de agua de las lagunas (Figura 6-1).

Al realizar el análisis de series temporales a los registros correspondientes al período 2013 a 2019 se evidencia que los niveles freáticos ubicados aguas abajo de las lagunas, localizados a menor altitud y hacia el noroeste de las lagunas La Brava y La Punta (BA-01, BA-06, BA-09, BA-10, BA-11 y BA-12;

A y B), no presentan en ningún caso un coeficiente de determinación mayor a 0,10. Esto, a pesar de realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a la curva de tendencia obtenida desde la descomposición de las series (depurada de oscilaciones estacionales), lo que indica que no hay una correspondencia de las series con un modelo lineal, de modo que no se puede afirmar una tendencia de aumento o disminución significativo al largo del todo el período con respaldo estadístico (ver resultados de los ajustes lineales en Figura 6-25 A).

Ahora analizando los puntos de medición ubicados en el componente espacial correspondiente al borde de las lagunas (BA-02, BA-05, BA-15, TPZ-13C, BA-07, BA-13 y BA-14; Figura 2-25 C y D), se observa que los valores y oscilaciones de los niveles de BA-07, BA-14 y BA-15 (Laguna La Punta) coevolucionan con estrecha sincronía (Figura 6-25 D). No obstante, se aprecia que a lo largo del período medido (2013 a 2019), los valores de estos tres barrenos han llegado a converger hacia el presente. Entre estos tres barrenos, el valor máximo fue medido en BA-07 durante el invierno de 2014 (2300,118 msnm) y el mínimo en BA-15 durante el verano de 2018 (2299,871 msnm). Por otro lado, las mediciones realizadas en BA-13 presenta una mayor dispersión (SD = 0,079 m) que los tres barrenos anteriores (rango SD BA-07, BA-14 y BA-15 es de 0,051 m a 0,035 m;

Tabla 6-19), y cuyos valores están todos por debajo de los otros tres barrenos de Laguna La Punta. El valor mínimo medido en BA-13 es el valor más bajo de los puntos ubicados en el componente espacial borde de Laguna La Punta (2299,626 msnm).

Continuando con el análisis de series temporales para los puntos ubicados en el componente espacial borde de La Punta, con las mediciones realizadas entre 2013 y 2019 se encontró que las regresiones lineales aplicadas a las curvas de tendencia de las series de los niveles freáticos de los barrenos BA-13 (pendiente = -

0,0068 m/año; r^2=0,344; Wtest p-valor < 0,05), BA-15 (pendiente = -0,0010 m/año; r^2=0,444; Wtest p-valor < 0,001) y BA-07 (pendiente = -0,0072 m/año; r^2=0,508; Wtest p-valor < 0,001) presentan una tendencia de disminución significativa, con considerable correspondencia a un modelo lineal, mientras que la serie de BA-14 (pendiente = 0,0076 m/año; r^2=0,563, p-valor < 0,001) evidencia una tendencia de aumento significativo (

D).

En relación al componente espacial borde de Laguna La Brava, al realizar una regresión lineal con una serie de mayor extensión temporal, desde 2007 a 2018, se obtiene que la serie de TPZ-13C presenta una tendencia de aumento significativo (pendiente = 0,0048 m/año; r^2= 0,628, p-valor < 0,001). Se registra una concentración de valores relativamente más altos desde 2015 a 2019 (

C). Este piezómetro registra un incremento total de +0,081 m para el período analizado (Tabla 6-18).

Los otros dos puntos de medición ubicados en el componente borde de La Brava presentan registros desde invierno de 2013 hasta primavera de 2019. El ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) se aplicó a la serie del barreno BA-05 y se evidencia una disminución significativa. En tanto, al analizar la serie de BA-02 se evidencia que presenta un coeficiente de determinación inferior a 0,10 por lo que no hay correspondencia a un modelo lineal y no se puede afirmar una tendencia de aumento o disminución con respaldo estadístico. Esto se podría deber a la dispersión relativamente alta presentada en esta serie (SD = 0,115 m). Se destaca un agudo valor máximo durante verano de 2019.

Ahora con la atención en los puntos de medición de niveles freáticos ubicados en el componente espacial sur o aguas arriba, se dispone de registros entre 2013 y 2019 para BA-03, BA-04, BA-16, BA-25, y entre 2015 y 2019 para L12-3 (Figura 6-25 E y F). Tanto Laguna La Brava como La Punta presentan series estables de dispersión baja (SD promedio = 0,035 m; Tabla 6-19).

Al aplicar un ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a las curvas de tendencias de las series correspondientes al componte sur, se evidenció que la mayoría de las series de mediciones de niveles freáticos presentan una tendencia de disminución significativa, tanto en Laguna La Brava (BA-04 pendiente = -0,006 m/año; r^2=0,853; Wtest p-valor < 0,001; BA-16 pendiente = -0,004 m/año; r^2=0,575; Wtest p-valor < 0,001; BA-25 pendiente = -0,0016 m/año; r^2 = 0,268; Wtest p-valor=0,007), como en Laguna La Punta (BA-08 pendiente = -0,0048 m/año; r^2 =0,549; Wtest p-valor < 0,001; MP-01A pendiente = -0,0044 m/año; r^2 = 0,340; Wtest p-valor < 0,05; MP-01C pendiente = -0,001 m/año; r^2=0,167; Wtest p-valor < 0,05). Algunas series presentan una tendencia de aumento significativo como es el caso de las mediciones realizadas con los piezómetros L12-3 en

Laguna La Brava (pendiente = 0,0052 m/año; r^2=0,811; Wtest p-valor < 0,001) y MP-01B en Laguna La Punta (pendiente = 0,0128 m/año; r^2 de 0,868; Wtest p-valor < 0,001). Los cambios relativos son leves (Tabla 6-18 y

Tabla 6-19), excepto para MP-01B (La Punta) en el que la variación es de +0,081 m de aumento total para el período analizado.

Finalmente, los puntos de medición de niveles freáticos localizados en el componente espacial "sur lejano" (MP-03A, TPZ-10, TPZ-07B y L12-2), se analizaron del mismo modo. En el caso de los puntos de medición en Laguna La Brava se evidencia una tendencia de disminución significativa para dos de las tres series de mediciones, de acuerdo a la regresión lineal. Estos son TPZ-10 (pendiente = -0,0076 m/año; r^2=0,545; Wtest p-valor < 0,001; años 2000-2018) y MP-03A (pendiente = -0,0248 m/año; r^2=0,496; Wtest p-valor < 0,001; años 2014-2019), excluyendo a la serie de TPZ-07B cuyo ajuste lineal presenta un coeficiente de determinación inferior a 0,10. Las mediciones de MP-03A registran una disminución total de nivel de -0,155 m en el período señalado. El comportamiento de los niveles en el piezómetro MP-03A es irregular, en cambio para TPZ-7B el comportamiento es regular, excepto por una mínima anómala que se escapa de la tendencia general durante el verano de 2016.

Para este componente espacial, sur lejano, solo hay un punto de medición ubicado en la cercanía de Laguna La Punta. Éste es el piezómetro L12-2, que dispone de mediciones desde 2015 a 2019. El ajuste lineal aplicado a curva de tendencia de su serie de tiempo evidencia una tendencia de disminución significativa (pendiente = -0,0016 m/año; r^2= 0,252; Wtest p-valor < 0,05), cuya disminución total se considera leve (-0,008 m;

G, H).

Como síntesis general, la mayoría de los cambios relativos de los niveles son leves, estando en un rango absoluto entre 0,005 a 0,07 m, los que se estimaron para los componentes espaciales "borde lagunas" y "sur" de ambas lagunas. Al compararlos, se obtiene que solo cuatro varían positivamente desde 2013 a 2019 y uno desde 2007 a 2018. En cambio, los cambios relativos de disminución leve se registran en diez piezómetros, exceptuando los localizados en el componente espacial "sur lejano" de la Brava, que registran una mayor disminución total de -0,155 m desde 2013 a 2019 y de -0,072 m, desde 2000 a 2018 (Tabla 6-18). En tanto, las series de las mediciones de los piezómetros localizados en el componente espacial "aguas abajo" de ambas

lagunas, no presentan correspondencia a un modelo lineal por lo que no se puede afirmar un cambio significativo para los períodos analizados.

A continuación, se presentan los niveles medidos en los barrenos BA-05, BA-07 y BA-16 (Tabla 6-20 y

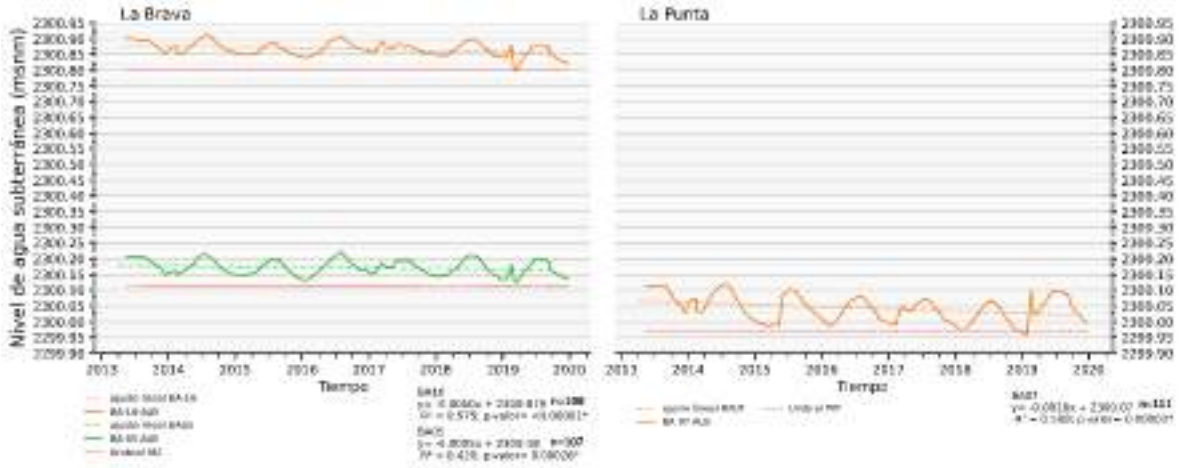


Figura 6-26) que pertenecen al Plan de Alerta Temprana de la empresa Albemarle.

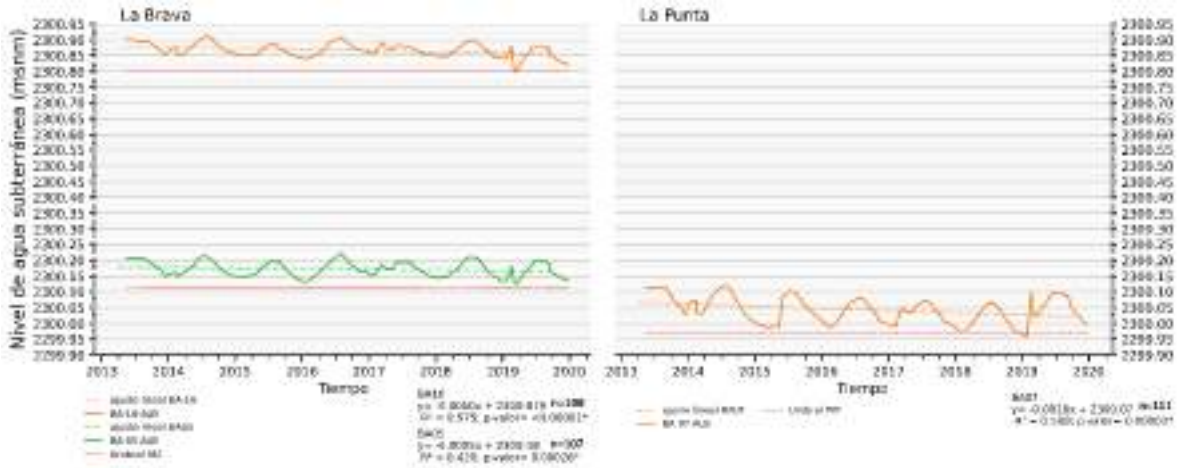


Figura 6-26 Piezómetros del Plan de Alerta Temprana, 2013 a 2019

Fuente: Elaboración propia

En la

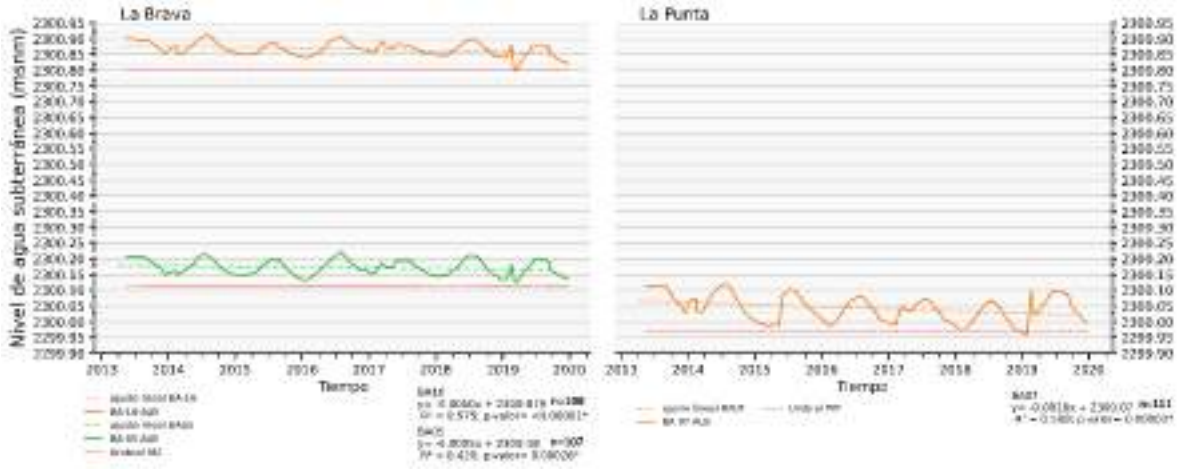


Figura 6-26 se observan las series de tiempo de las mediciones de niveles freáticos de los piezómetros que están en el Plan de alerta temprana de Albemarle, durante el período 2013 a 2019. El umbral de activación para barreno BA-07 fue superado el 5 y 26 de enero de 2019, registrándose una medición de 2.299,961 msnm y 2.299,957 msnm, respectivamente. El umbral de activación para el barreno BA-16 estuvo a 0,2 mm de alcanzarse. La medición de nivel freático más cercano al umbral para el barreno BA-05 es de 2.300,123 msnm, medido el 19 de marzo de 2019.

Tabla 6-20 Umbrales de niveles freáticos, Plan de Alerta Temprana

Barreno	Umbral PAT
BA-16	2.300,80 msnm
BA-07	2.299,97 msnm
BA-05	2.300,11 msnm

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.6. Niveles lagunares

Los niveles lagunares reportados por Minera Escondida en las reglillas ubicadas en las lagunas La Punta y La Brava, se trabajaron con la información disponible a partir del año 1995 hasta el año 2018. Por otra parte, la empresa Albemarle cuenta con información de niveles lagunares de sus limnímetros instalados en las lagunas La Punta y La Brava, desde el año 2013 y hasta el año 2019. Los niveles registrados por ambas empresas son de frecuencia mensual. Se realizó una descripción estadística, obteniendo promedios, mínimas, máximas y la

desviación estándar de los niveles lagunares (Tabla 6-21). Luego, la curva de tendencia obtenida a partir de cada serie de mediciones de los niveles lagunares se sometieron a una regresión lineal de mínimos cuadrados durante los períodos señalados.

Se presenta en la

Tabla 6-22 el cambio relativo, calculado como fue detallado en 5.2.2.3. En los gráficos se destacan con asterisco (*) los p- valor menor a 0,05.

Tabla 6-21 Descripción estadística de niveles lagunares de La Punta y La Brava

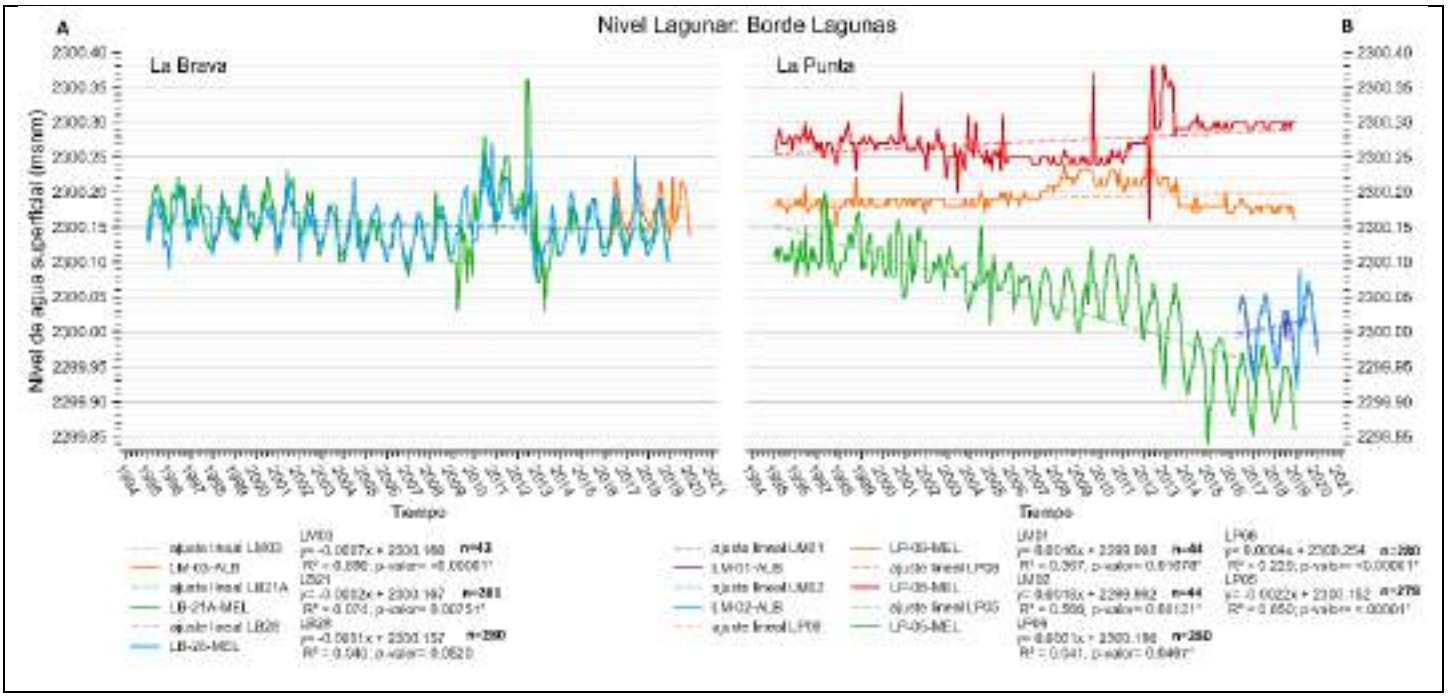
Laguna	Componente espacial	Reglillas y limnímetros	SD (m)	Promedio (msnm)	Máxima (msnm)	Mínima (msnm)	N observaciones
La Brava	Borde	LB-21 (A)	0,043	2.300,155	2.300,36	2.300,030	281
		LB-28 (B)	0,032	2.300,152	2.300,27	2.300,080	280
		LM-03	0,026	2.300,175	2.300,221	2.300,126	43
	Sur	LB-26 (C)	0,020	2.300,145	2.300,28	2.300,110	280
		LM-04	0,036	2.300,145	2.300,227	2.300,029	43
La Punta	Borde	LM-01	0,037	2.300,010	2.300,089	2.299,931	44
		LM-02	0,038	2.300,006	2.300,085	2.299,919	44
		LP- 05 (F)	0,074	2.300,047	2.300,200	2.299,840	278
		LP-08 (E)	0,029	2.300,272	2.300,380	2.300,160	280
		LP-09 (D)	0,017	2.300,192	2.300,240	2.300,150	280

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-22 Cambio relativo de niveles lagunares

Laguna	Componente espacial	Inicio	Fin	Reglillas y limnímetros	Cambio relativo (m)
La Brava	Borde	4-2016	10-2019	LM-03	0,011
	Sur	1-1995	10-2018	LB-26	-0,030
		4-2016	10-2019	LM-04	0,019
La Punta	Borde	4-2016	10-2019	LM-01	0,024
				LM-02	0,028
		1-1995	10-2018	LP-05	-0,213
				LP-08	0,035

Fuente: Elaboración propia



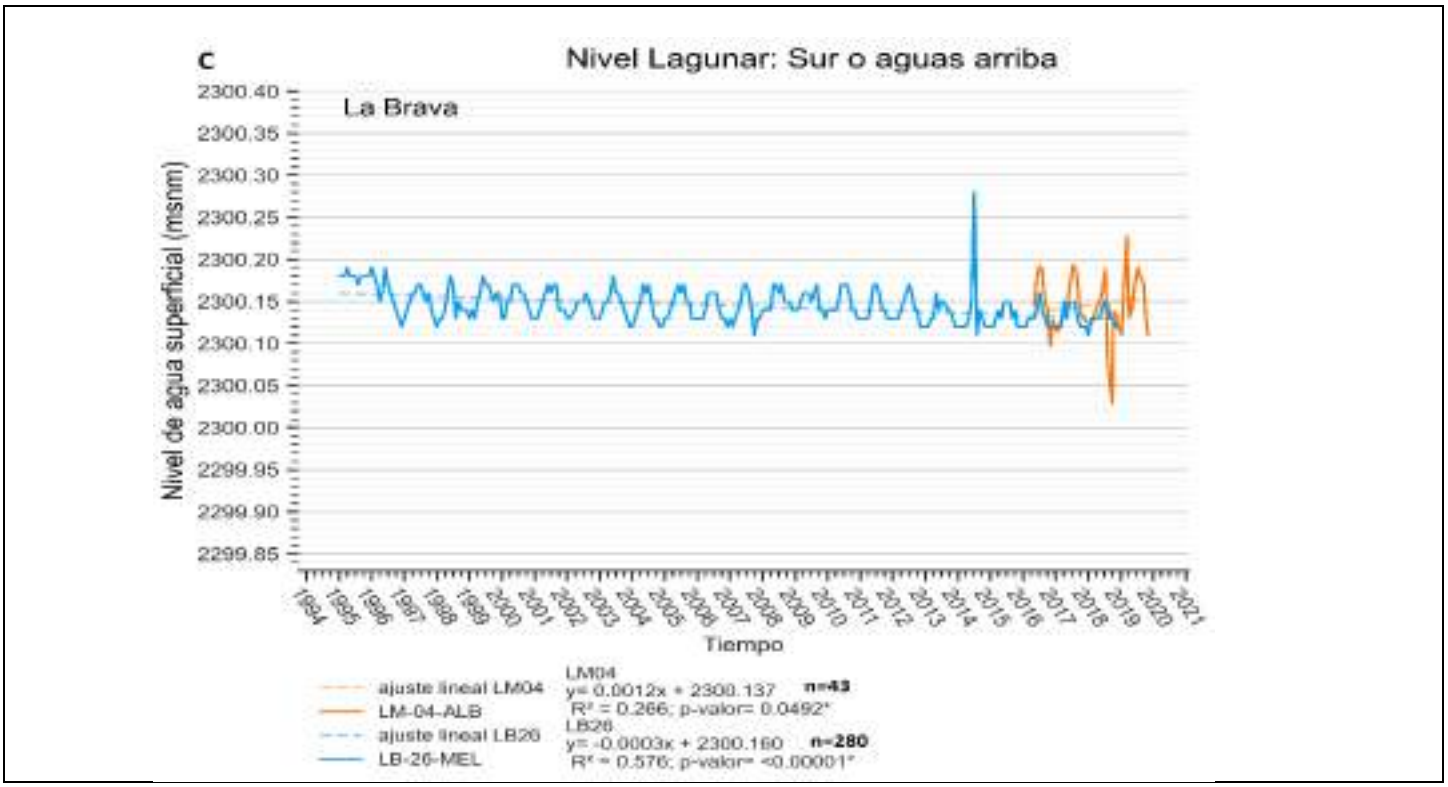


Figura 6-27 Niveles lagunares: (A, B) Borde y (C) Sur o aguas arriba

Fuente: Elaboración propia

Las series de tiempo de las mediciones disponibles para el componente espacial correspondiente al borde de las lagunas están ilustradas en Figura 6-27 A y B. Este componente espacial está representado por los puntos de medición LM-21 (A), LB-28 (B), LM-03, LM-01, LM-02, LP-05 (F), LP-08 (E) y LP-09 (D). Al examinar las series que corresponden a Laguna La Brava (

Figura 6-27 A), se destaca que durante los años 2010 a 2013 se registró un ascenso unimodal de valores relativamente altos con fluctuaciones estacionales. En la primavera de 2012 se registró el valor de nivel máximo medido por LB-21 (A) (2300,36 msnm). En tanto, se registra el valor máximo para Laguna La Punta durante otoño 2013 medido por LP-08 (E) (2300,380 msnm) y la mínima durante el verano de 2015 medido por LP-09 (D) (2300,150 msnm;

B y Tabla 6-21). LP-08 registró a partir de 2012 un ascenso de nivel que se mantiene hasta el presente, cuyos valores están por sobre los registrados entre 1995 y 2012. Esto se contrapone al registro medido en LP-05 que muestra un sostenido descenso de nivel a lo largo de la totalidad de la serie disponible (1995-2018), y exacerbado luego de 2014.

Al realizar un análisis de series temporales con las curvas de tendencias de las series de mediciones de niveles lagunares (Figura 6-27 A y B), se evidencia que de los tres puntos de medición ubicados en el componente borde de Laguna La Brava (Figura 2-27 A), solo la serie de LM-03 presenta correspondencia a un modelo lineal, donde se pudo determinar una tendencia de aumento significativo, cuya pendiente es de +0,0028 m/año (r^2 = 0,896; Wtest p-valor < 0,001). Esta serie, sin embargo, solo cuenta con mediciones desde 2016 hasta 2019. Los ajustes lineales aplicados a las series obtenidas a partir de las reglillas LB-21 (A) y LB-28 (B), en La Brava, que cuentan con registros de mayor extensión temporal (desde 1995 hasta 2018), presentan coeficientes de determinación menores a 0,10, por lo que no se puede determinar una tendencia de aumento o disminución con respaldo estadístico.

En tanto, las series disponibles desde puntos de medición ubicados en el componente borde de Laguna La Punta muestran una mayor complejidad al encontrar tendencias divergentes entre puntos. Las reglillas LP-05, LP-08 y LP-05 cuentan con mediciones desde 1995 hasta 2018. De éstas, el ajuste lineal aplicado a la curva de tendencia de la serie de LP-08 evidencia un de aumento significativo (pendiente = 0,0016 m/año; r^2=0,229; Wtest p-valor < 0,001), la serie de LP-05 muestra una tendencia de disminución significativa (pendiente = -0,0088 m/año; r^2 = 0,850; Wtest p-valor < 0,001) y la serie de LP-09 presenta un coeficiente de determinación menor a 0,10, por lo que no se puede determinar una tendencia de aumento o disminución para esta última reglilla (Figura 6-27 B).

Para este mismo componente (borde de Laguna La Punta), se dispone de mediciones tomadas de los limnímetros LM-01 y LM-02 entre 2016 a 2019. El ajuste lineal aplicado a la curva de tendencia de las series de estos puntos evidencia un aumento significativo de nivel (LM-02 pendiente = 0,0072 m/año; r^2=0,566; Wtest p-valor < 0,05; LM-01 pendiente = 0,0064 m/año; r^2=0,367; Wtest p-valor < 0,05;

Tabla 6-22).

En relación al comportamiento de los niveles aguas abajo de las lagunas (

C), se presentan dos puntos de monitoreo, LM-04 y LB-26. La reglilla LB-26 cuenta con mediciones desde los años 1995 a 2018, donde se destaca un valor sobresaliente durante invierno 2014. La profundidad de la columna de agua en LB-26 está en un rango de 0,001 a 0,080 m. Al aplicar un ajuste lineal a la curva de tendencia de la serie de LB-26, se observa una tendencia de disminución significativa con una pendiente de -0,0012 m/año (r^2=0,576; Wtest p-valor < 0,001). En tanto, el limnímetro LM-04 cuenta con mediciones entre los años 2016 a 2019, donde se destaca un valor bajo durante primavera de 2018. Al aplicar un ajuste lineal a la curva de tendencia de la serie de LM-04, se observa una tendencia de aumento significativo con una pendiente de 0,0048 m/año (r^2=0,266; Wtest p-valor < 0,05).

En la Tabla 6-21 se muestran los promedios de los niveles lagunares de los puntos de monitoreo ubicados en las lagunas La Punta y La Brava. Se registran los mayores valores de niveles promedio dentro del cuerpo de La Brava y en el extremo distal nororiente de La Punta. Al realizar una comparación histórica, entre las columnas de agua, se obtiene que desde el año 1998 a 2018 la profundidad de columna de agua de los niveles lagunares es mayor para Laguna La Punta que la Brava (MW test p-valor < 0,001).

Con respecto a la altitud geográfica, las reglillas localizadas en el borde oeste y dentro de las lagunas, están a una altitud menor, aproximadamente un metro por debajo de las localizadas en el borde oriente de las lagunas (Figura 6-2).

Los cambios relativos obtenidos, que se basan en ajustes lineales con correspondencia lineal considerable y pendientes significativamente distintas a cero, resultan para Laguna La Brava que entre 2016 a 2019 hay evidencia de una variación de aumento leve (LM-03: +0,011 m), y en Laguna La Punta se observa igualmente una variación de aumento para el mismo período histórico (LM-01: +0,024 m; LM-02: +0,028 m).

Luego, los cambios relativos de los niveles lagunares para el período de 1995 a 2018 evidencia una variación significativa tanto negativa como positiva en el borde de Laguna La Punta (LP-05: -0,213 m; LP-08: +0,035 m;

Tabla 6-22). Ambas reglillas están situadas a 600 metros de distancia en una recta diagonal inclinada.

6.2.1.7. Conductividad Eléctrica

Los valores de conductividad eléctrica medida en las lagunas y reportados por Minera Escondida están disponibles desde el año 1998 hasta el año 2018, durante los meses de enero, abril, julio y octubre. Por otra parte, la empresa Albemarle también mide conductividad eléctrica del agua de las lagunas en los puntos en que se ubican sus limnímetros y en sus piezómetros, como por ejemplo en MP-01C donde se realiza medición de la conductividad del agua ubicada a una profundidad de entre 0,3 a 0,9 m, desde 2013 a 2019, con una frecuencia de medición mensual.

Se presentan los valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los conjuntos de datos, ordenados por lagunas y su respectivo componente espacial (

Tabla 6-23).

El cambio relativo presentado en la Tabla 6-24, es calculado como fue detallado en 5.2.2.3. En los gráficos se destacan con asterisco (*) los p-valor < 0,05.

Tabla 6-23 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 6-24 Cambio relativo de conductividad eléctrica

Laguna	Componente espacial	Inicio	Fin	Punto de muestreo	Cambio relativo (µS/cm)
La Brava	Borde	1-1998	7-2018	LB28	-18.928,70
	Sur lejano	10-2013	10-2019	MP03A	1.010,81
La Punta	Borde	4-2016	10-2019	LM01	19.813,08
				LM02	15.818,63
		1-1998	7-2018	LP05	-12.345,44

Fuente: Elaboración propia

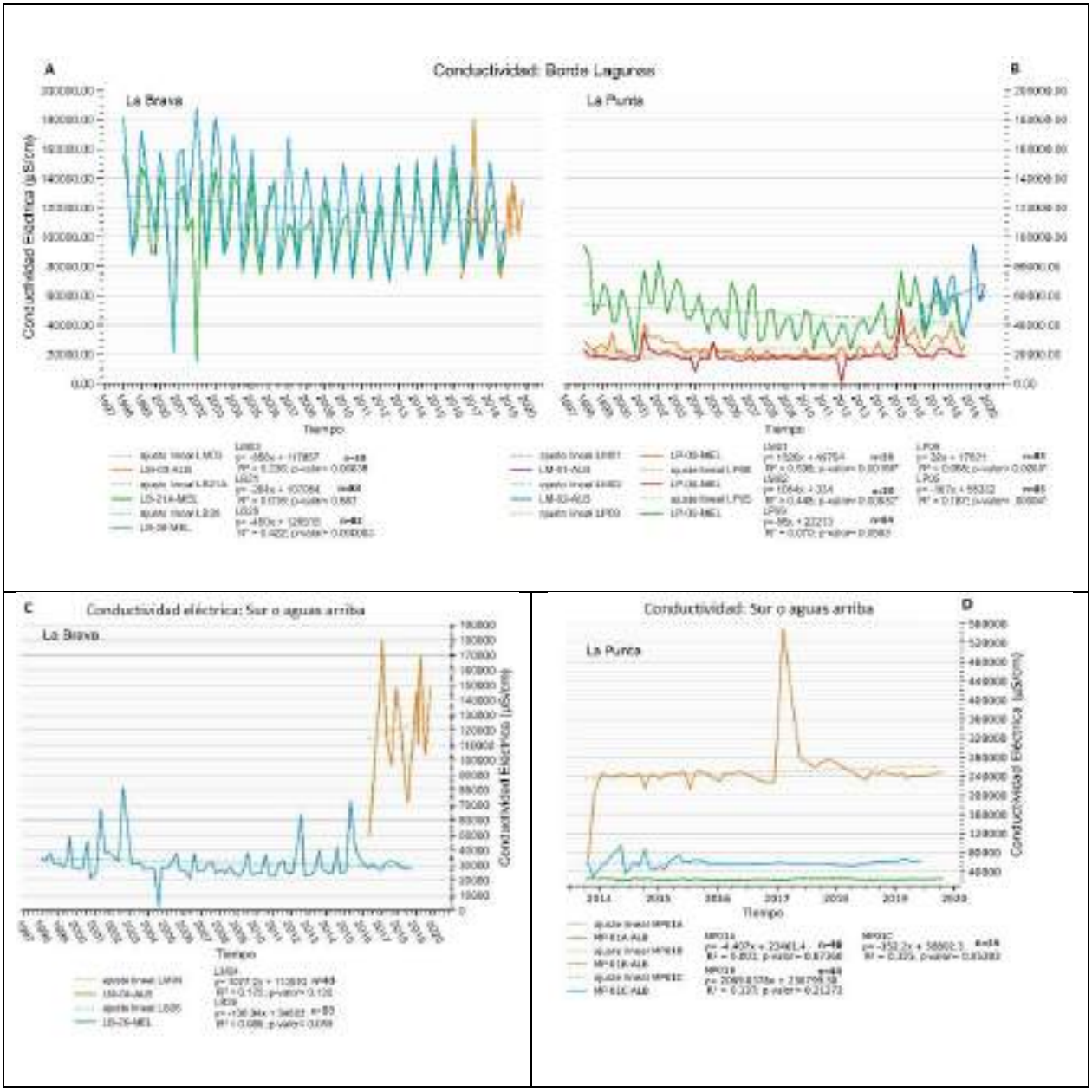


Figura 6-28 Conductividad eléctrica: (A, B) Borde, (C, D) Sur o aguas arriba, (E) Sur lejano

Fuente: Elaboración propia; Ejes con escala según el rango de cada serie

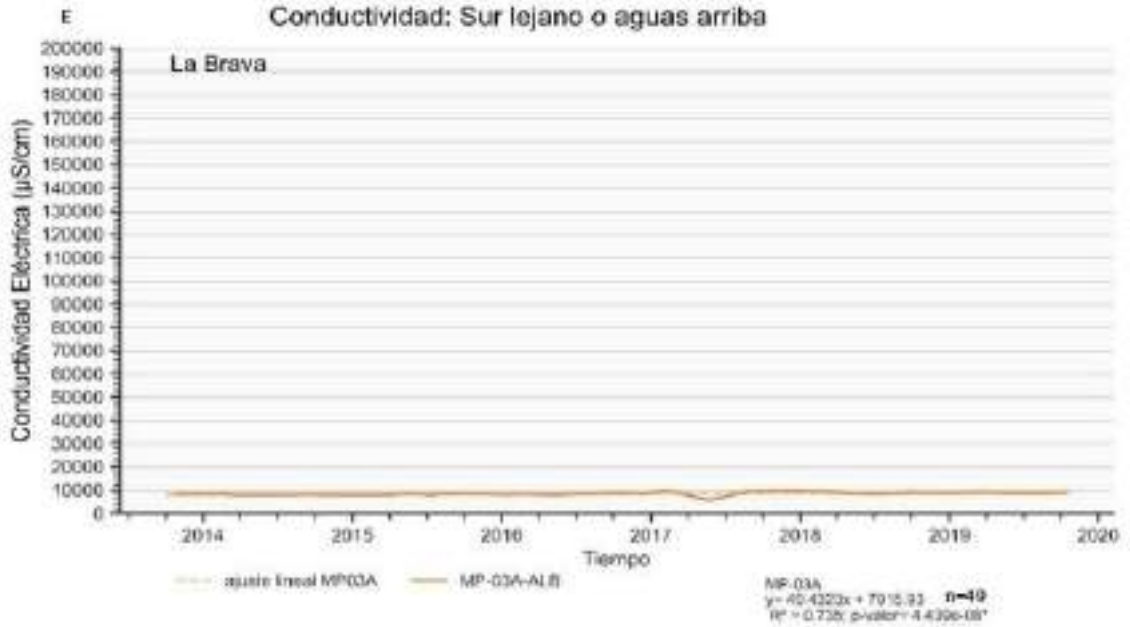
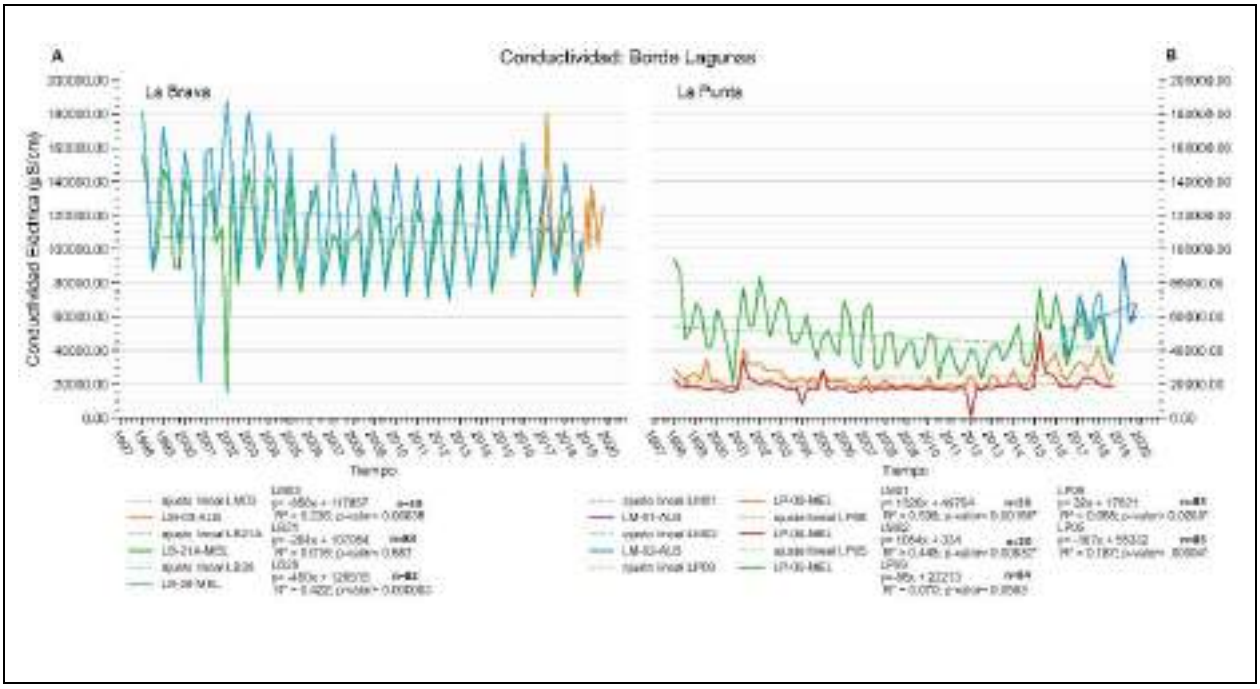


Figura 6-29 Conductividad eléctrica en laguna La Brava (E) Sur lejano

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los datos, se observa que las curvas de conductividad eléctrica en Laguna La Brava presentan valores mayores que los de Laguna La Punta, durante el período histórico comprendido entre los años 1998 y 2019 (



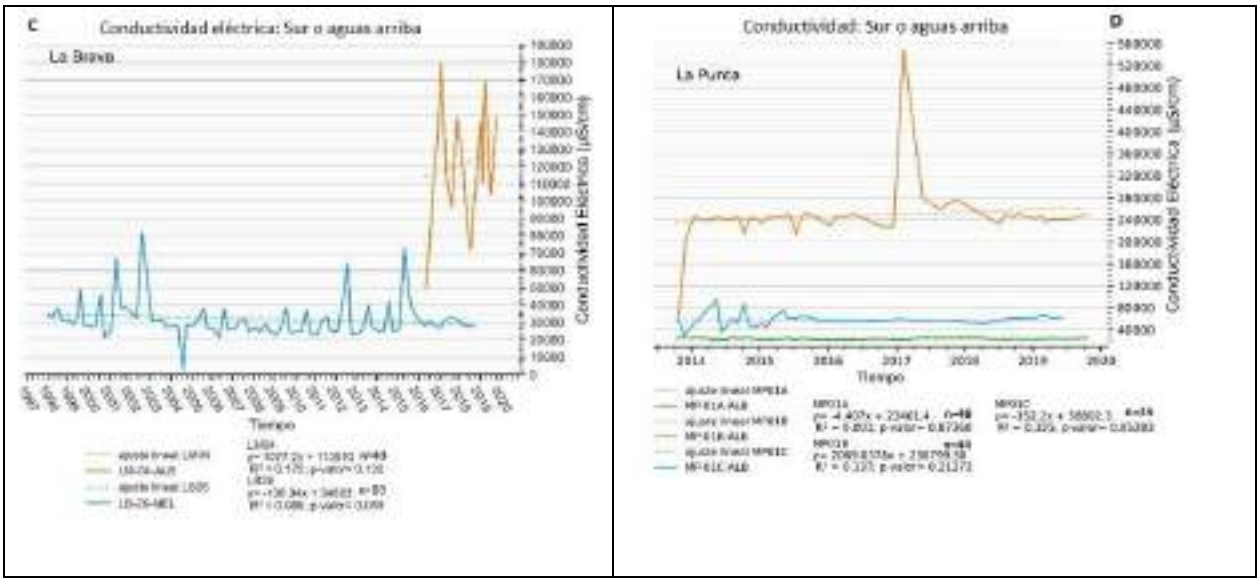


Figura 6-28 A, B y

Tabla 6-23).

Se calculó que la desviación estándar de Laguna La Brava es relativamente alta (SD promedio = 22.252 µS/cm) con respecto a la desviación estándar obtenido en La Punta (SD promedio = 16.664 µS/cm), por lo que los valores de conductividad eléctrica son dispersos. Se registran en La Brava dos valores anómalos (bajos) durante 2001 y 2002. Así también, las curvas de conductividad de La Punta en LP-08 y en LP-09 se observan estables, salvo por abruptas fluctuaciones luego de abril de 2015 (

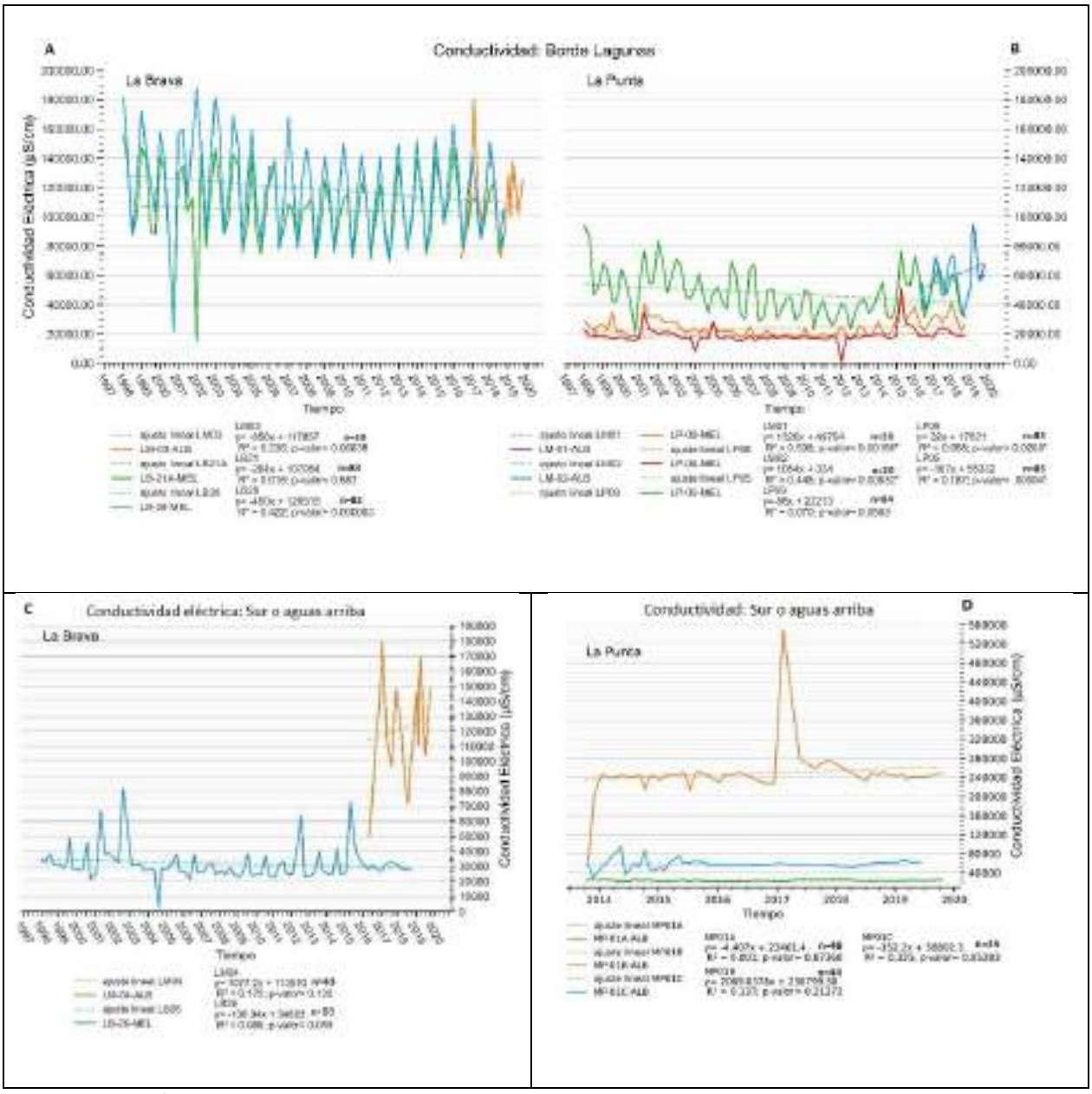


Figura 6-28 A y

Tabla 6-23). A modo general, hay un aumento de los valores en La Punta desde 2015 a 2019.

Luego, al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) sobre las curvas de tendencia de las series de conductividad medido en La Brava, se obtiene que solo la serie que corresponde a LB-28 evidencia una tendencia disminución significativa, cuya pendiente es -1.800 µS/cm/año (r^2 = 0,422; Wtest p-valor < 0,001; años 1998-2018). La serie de LB-21, que dispone de la misma extensión temporal de mediciones, presenta un coeficiente de determinación menor a 0,10, por lo que no se puede afirmar una tendencia de aumento o disminución con respaldo estadístico. En el caso de las mediciones tomas desde LM-03 (años 2016-2019) se registra un coeficiente de determinación considerable (r^2 = 0,236), pero al aplicar el Wtest para determinar si la pendiente del ajuste lineal es significativamente distinta a cero, se obtiene un p-valor > 0,05, por lo que es estadísticamente indistinguible de cero.

Repitiendo este análisis con los registros de conductividad obtenidos desde La Punta, se obtiene que para el período de 1998 a 2018, solo la serie de LP-05 presenta un coeficiente de determinación considerable, del que se evidencia una tendencia de disminución significativa hacia el presente (pendiente = -668 µS/cm/año; r^2 = 0,187; Wtest p-valor < 0,001). Se dispone además de dos series que provienen de mediciones de LM-01 y LM-02, cuyo registro está comprendido entre 2016 y 2019. Ambos evidencian una tendencia de aumento significativo de conductividad hacia el presente (LM-01 pendiente = 5280 µS/cm/año; r^2 = 0,538; Wtest p-valor < 0,05; LM-02 pendiente = 4216 µS/cm/año; r^2 = 0,448; Wtest p-valor < 0,05).

Con respecto a los valores medidos en piezómetros aguas arriba de Laguna La Punta, la curva de conductividad eléctrica en MP-01B muestra un aumento abrupto de 65.400 µS /cm hasta 201.500 µS/cm que se mantiene desde octubre de 2013 hacia el presente, observándose además un pulso de 548.000 µS /cm durante febrero de 2017 que se aleja de la tendencia. Las curvas de conductividad eléctrica en MP-01-A y MP-01C, desde 2014 a 2019, son estables (; Ejes con escala según el rango de cada serie

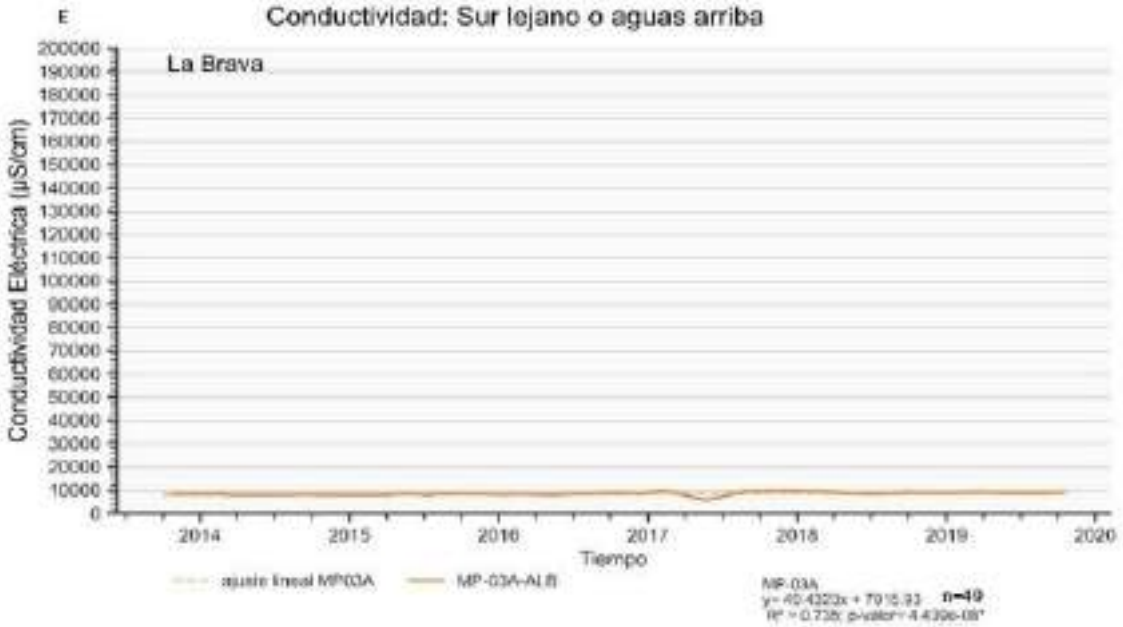


Figura 6-29 E). Ninguna de las curvas de conductividad de este componente espacial presenta los requisitos para afirmar una tendencia de aumento o disminución a partir de un ajuste lineal. La serie medida en MP-01C presenta un coeficiente de determinación considerable (r^2 = 0,325), pero con un p-valor (Wtest) >0,05 pero que se encuentra en el margen de lo que se puede considerar significativo. De este modo, se puede sugerir, pero no afirmar, que a partir de su ajuste lineal una tendencia de disminución de -608 µS/cm/año

Con respecto a aguas arriba de La Brava, para el período reciente 2016 a 2019, se observa una dispersión alta de datos en LM-04 (SD= 34883 µS/cm) y en LB-26 se observa una curva de conductividad eléctrica estable durante los años 2005 a 2012, observándose ascensos y descensos durante el período previo desde 1998 a 2011 y desde 2013 a 2019. Estas dos series tampoco cumplen los requisitos para afirmar una tenencia de aumento o descenso a partir de un ajuste lineal.

Para aguas arriba o sur lejano de La Brava, se observa que la curva de conductividad eléctrica en MP-03-A es constante desde 2013 a 2019 (; Ejes con escala según el rango de cada serie

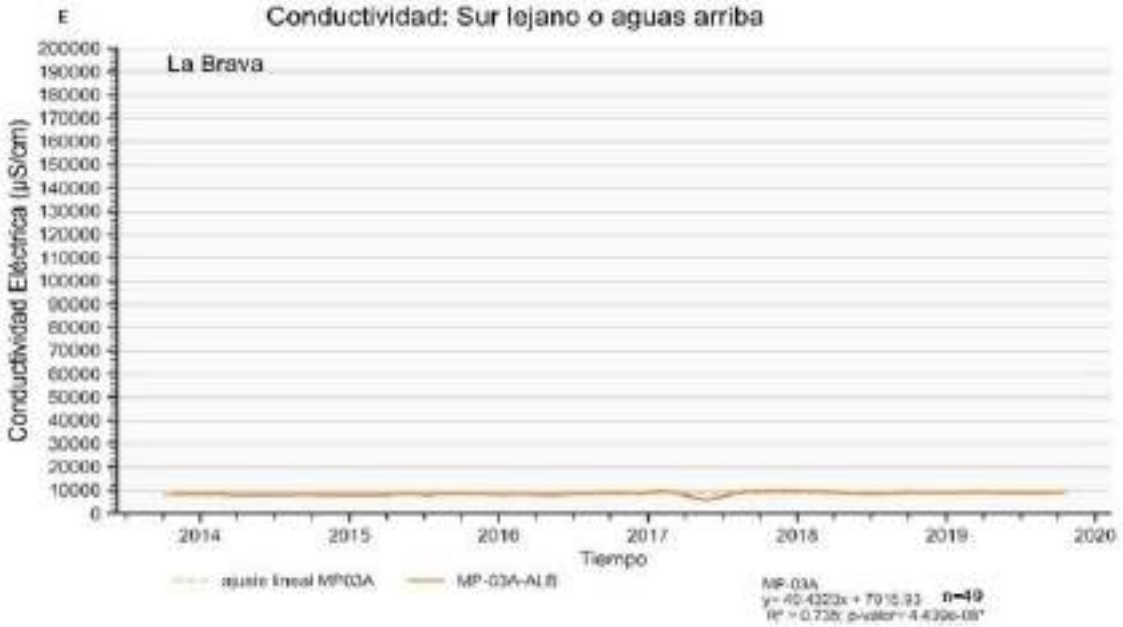


Figura 6-29 E). Para MP-03A no se presentan datos, dado que este piezómetro está ranurado a mayor profundidad que el resto.

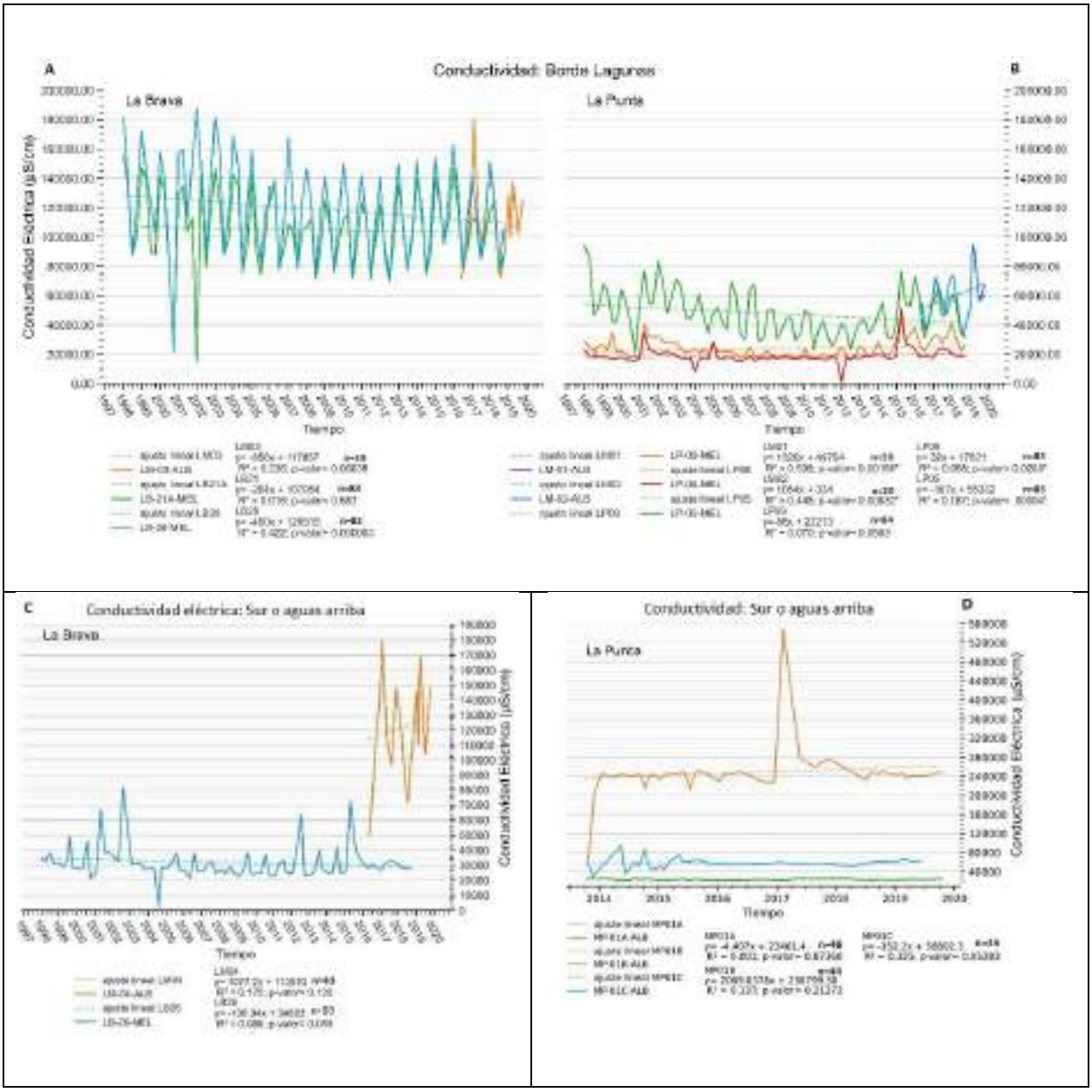


Figura 6-28 Conductividad eléctrica: (A, B) Borde, (C, D) Sur o aguas arriba, (E) Sur lejano

Al comparar los cambios relativos de los conjuntos de datos durante el período histórico 1998-2018, se observa una variación negativa en La Brava en LB-28 (-18.928 µS/cm) y también en La Punta en LP-05 (-12.345 µS/cm),

registrándose como mayor descenso el evidenciado para La Brava. Durante el período de 2016 a 2019, se evidencian variaciones positivas en LM-01 (+19813 µS/cm) y en LM-02 (+15818 µS/cm;

Tabla 6-24).

Al comparar los conjuntos de conductividades eléctricas de ambas lagunas considerando el período de 1998 a 2019, se observa que los valores son mayores en Laguna La Brava que en La Punta (MWtest p-valor < 0,001)

6.2.1.8. Parámetros in situ de lagunas superficiales

Los resultados para estos parámetros son obtenidos a través de la data generada por Minera Escondida a partir del año1996 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones del año y por Albemarle desde el año 2013 hasta 2019, con muestreos semestrales en invierno y verano, y Minera Zaldívar, con muestreos en 2016 y 2017. Cabe destacar que en estos últimos no hay continuidad respecto a los años.

Considerando la totalidad de los datos disponibles para parámetros *in situ* de lagunas superficiales, sin diferenciar origen de los datos, se obtienen los estadígrafos de la Tabla 6-24. Es posible observar una gran amplitud de la distribución de los datos al no discriminar entre empresa, puntos de muestreo, lagunas ni estación del año.

Tabla 6-25 Estadígrafos parámetros *in situ*

	N observaciones	Promedio	SD	Mínima	Máxima	Moda	Mediana
Temp (°C)	592	18,36	5,92	2,60	33,53	20,60	18,40
pH	592	8,15	0,37	4,20	9,00	8,20	8,18
OD (mg/L)	592	7,31	2,39	0,70	34,00	6,50	7,53
CE (mS/cm)	585	60,16	42,89	15,38	187,60	23,70	42,40
Sal (NaCl g/L)	243	31,70	24,93	0,00	87,20	0,00	23,70

Fuente: Elaboración propia. Temp: temperatura del agua; OD: oxígeno disuelto; CE: conductividad eléctrica; Sal: Salinidad

Al agrupar los datos espacialmente por laguna (Tabla 6-25), se observa que Laguna La Punta registra el mínimo de temperatura (2,6 °C), el mínimo valor de pH (4,2), la mínima concentración de oxígeno disuelto (0, 7 mg/L) y también la mínima conductividad eléctrica (15,38 mS/cm). En tanto, los valores máximos de temperatura (33,53 °C), OD (34 mg/L) y CE (187,6 mS/cm) se registran en Laguna La Brava y los máximos de pH (9,0) y Salinidad (87,20 NaCl g/L) se registran en Laguna La Punta.

Los promedios por laguna para cada parámetro fueron sometidos a los test estadísticos correspondientes, obteniéndose finalmente que existen diferencias significativas entre las lagunas La Punta y La Brava para los parámetros de temperatura (LB > LP), pH (LP>LB), conductividad (LB>>LP) y salinidad (LB>LP). En tanto las concentraciones de oxígeno disuelto no presentan diferencia significativa entre ambas lagunas. A continuación,

se analizan estas variables detalladamente. Para cada variable se muestran las series de tiempo agrupadas por laguna, y luego el detalle de la serie de tiempo de cada punto de muestreo, de modo que es posible observar desviaciones temporales y espaciales según fueron medidas.

Tabla 6-26 Estadígrafos por laguna de parámetros *in situ*

Parámetro	Temp		pH		OD (mg/L)		CE (mS/cm)		Sal (NaCl g/L)	
	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP
N observaciones	311	281	311	281	311	281	307	278	138	105
Promedio	19,66	16,93	8,05	8,26	7,21	7,41	83,51	34,37	39,07	22,03
SD	6,09	5,37	0,26	0,45	2,76	1,88	43,49	22,72	26,35	19,11
Mínima	3,10	2,60	6,00	4,20	1,10	0,70	21,00	15,38	0,00	0,00
Máxima	33,53	31,30	8,80	9,00	34,00	11,38	187,60	165,10	70,00	87,20
MWtest (p-valor)	0,001221342		1,56E-13		0,24751207		1,72E-27		5,96E-06	
Dif.sig.	sí		sí		no		sí		sí	

Fuente: Elaboración propia. Dif.sig: diferencia significativa; Temp: temperatura del agua; OD: oxígeno disuelto; CE: conductividad eléctrica; Sal: Salinidad; LB: La Brava; LP: La Punta

- **Temperatura del agua (°C)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-30), indicando la dispersión de los datos (±1 unidad de desviación estándar = ±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó un aumento progresivo de primavera a verano y una disminución de otoño a invierno. Esta tendencia es marcada a través de los años, lo que se refleja en la fuerte oscilación estacional de ambas curvas.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que Laguna La Punta muestra una tendencia a la disminución de la temperatura hacia el presente (pendiente = -0,087 °C/año), sin embargo, la curva de tendencia obtenida no presenta una correspondencia considerable a un modelo lineal ya que el r^2 del ajuste es inferior a 0,10 (r^2 = 0,07919), lo que invalida el p-valor (p-valor < 0,05) obtenido mediante Wtest para la pendiente. Laguna La Brava no presenta correspondencia a un modelo lineal y su pendiente no resulta significativamente distinto a cero (r^2 = 0,018019; p-valor > 0,05).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-33), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo. Este análisis se realizó con los puntos de muestreo LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26, ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones (n=76). El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando las observaciones del

período 1996-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren significativamente entre sí, entregando como resultado los pares indicados en la Tabla 6-26.

Tabla 6-27 Diferencias en puntos de muestreo de temperatura

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	0,00168
LBLB03	LBLB26	0,001576
LBLB21	LBLP02	0,002037
LBLB21	LBLP03	3,94E-05
LBLB26	LBLP02	0,001947
LBLB26	LBLP03	3,55E-05

Fuente: Elaboración propia.

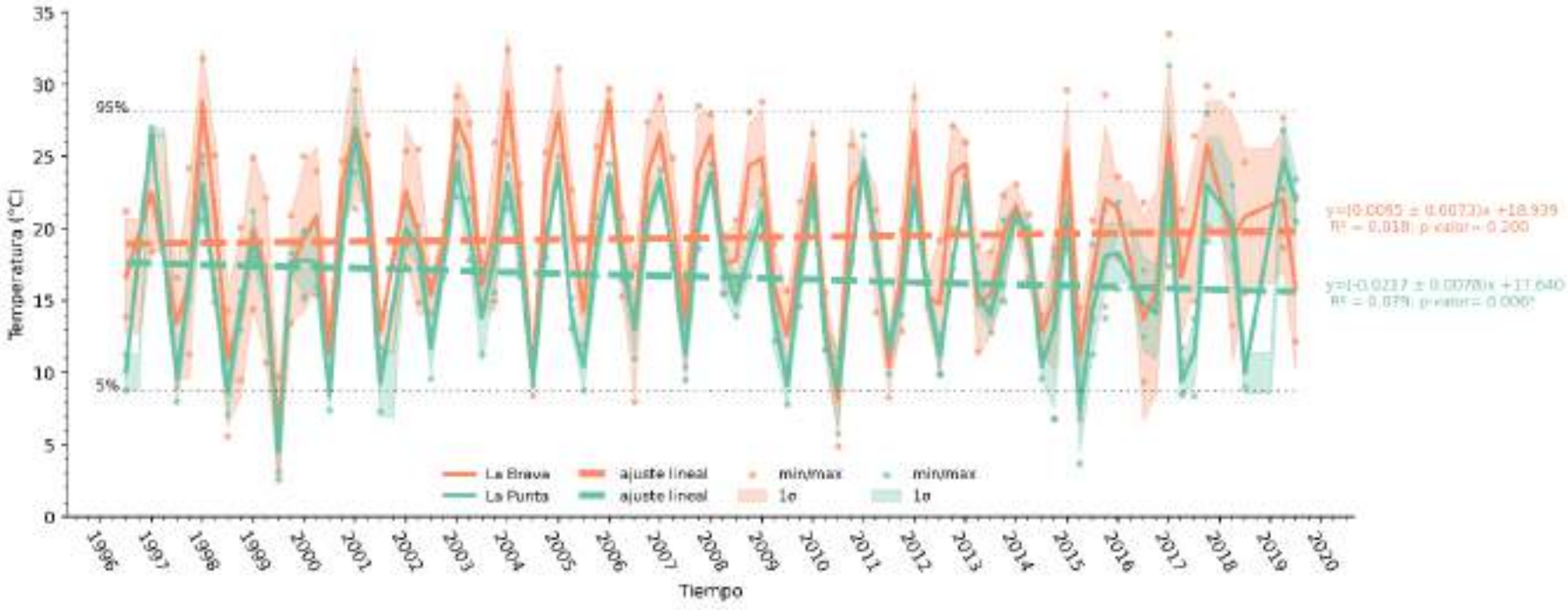


Figura 6-30 Análisis temporal y espacial de temperatura del agua de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

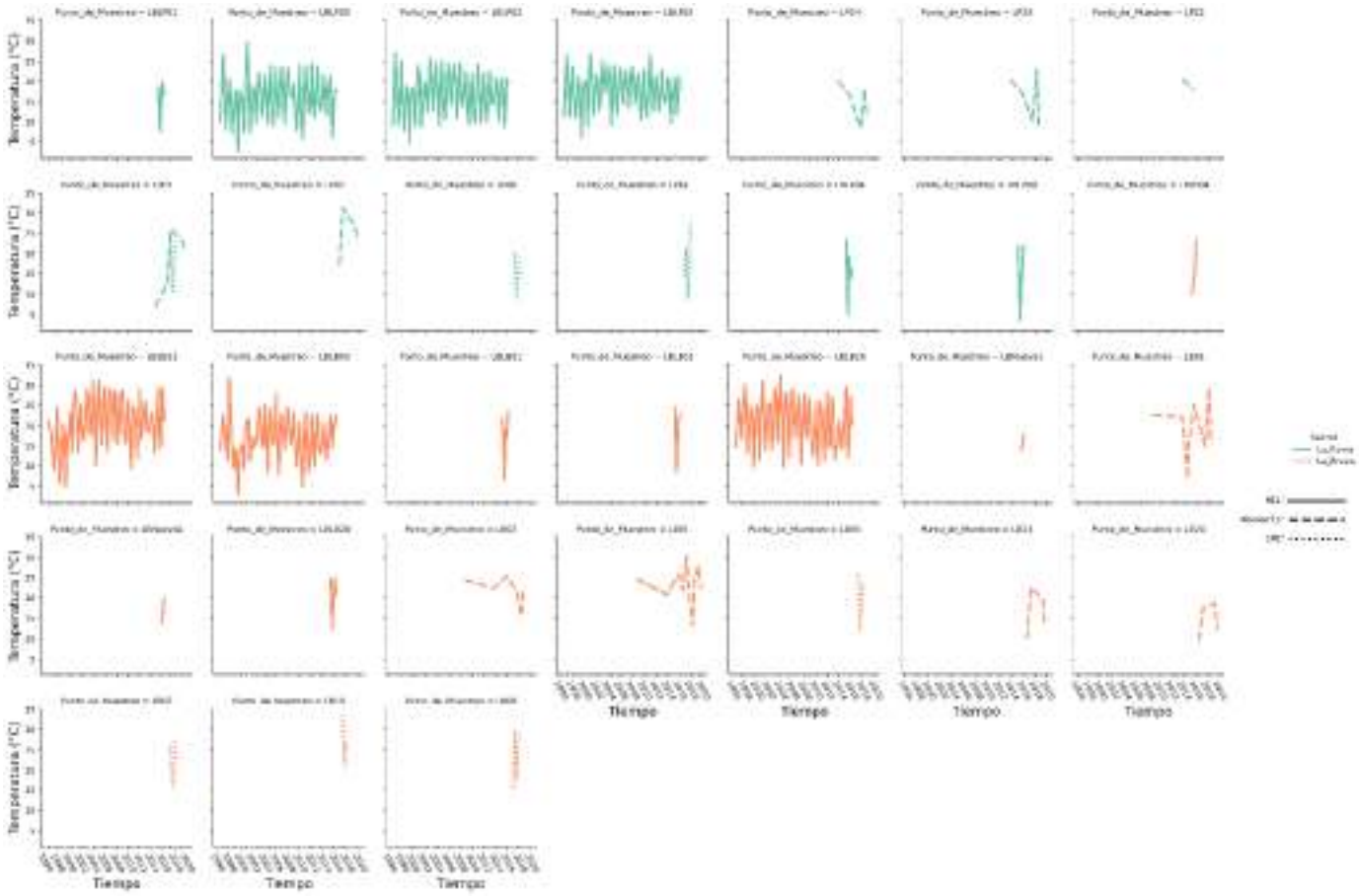


Figura 6-31 Análisis temporal de temperatura del agua por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia

- **pH**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-32), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó la curva de La Punta con valores significativamente mayores (más alcalina) a los de La Brava en la mayoría de los períodos evaluados. La diferencia de medianas entre lagunas para el pH resulta significativa con un p-valor < 0,001 según MWtest.

Respecto de los valores extremos, cabe destacar que el mínimo reportado (4,2) se registra en verano 1999 y el máximo (9,0) en verano 2016, ambos valores reportados en La Punta.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que Laguna La Punta muestra una tendencia al aumento significativo del pH hacia el presente (pendiente = +0,01636 por año), la que resulta linealmente determinada y significativa con un r^2 = 0,37848 y un p-valor < 0,001 (Wtest). La Brava no resulta significativa.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-35), se realizó el análisis con los puntos de muestreo LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03, LBLB26 ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones (n=76). El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando las observaciones del período 1996-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren significativamente entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-29.

Tabla 6-28 Diferencias en puntos de muestreo de pH

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	0,034187
LBLB03	LBLP02	1,45E-13
LBLB03	LBLP03	6,27E-19
LBLB03	LBLP05	8,75E-10
LBLB21	LBLB26	0,003005
LBLB21	LBLP02	3,64E-06
LBLB21	LBLP03	7,76E-10
LBLB21	LBLP05	0,001011
LBLB26	LBLP02	1,99E-16
LBLB26	LBLP03	2,65E-22
LBLB26	LBLP05	3,65E-12

Fuente: Elaboración propia.

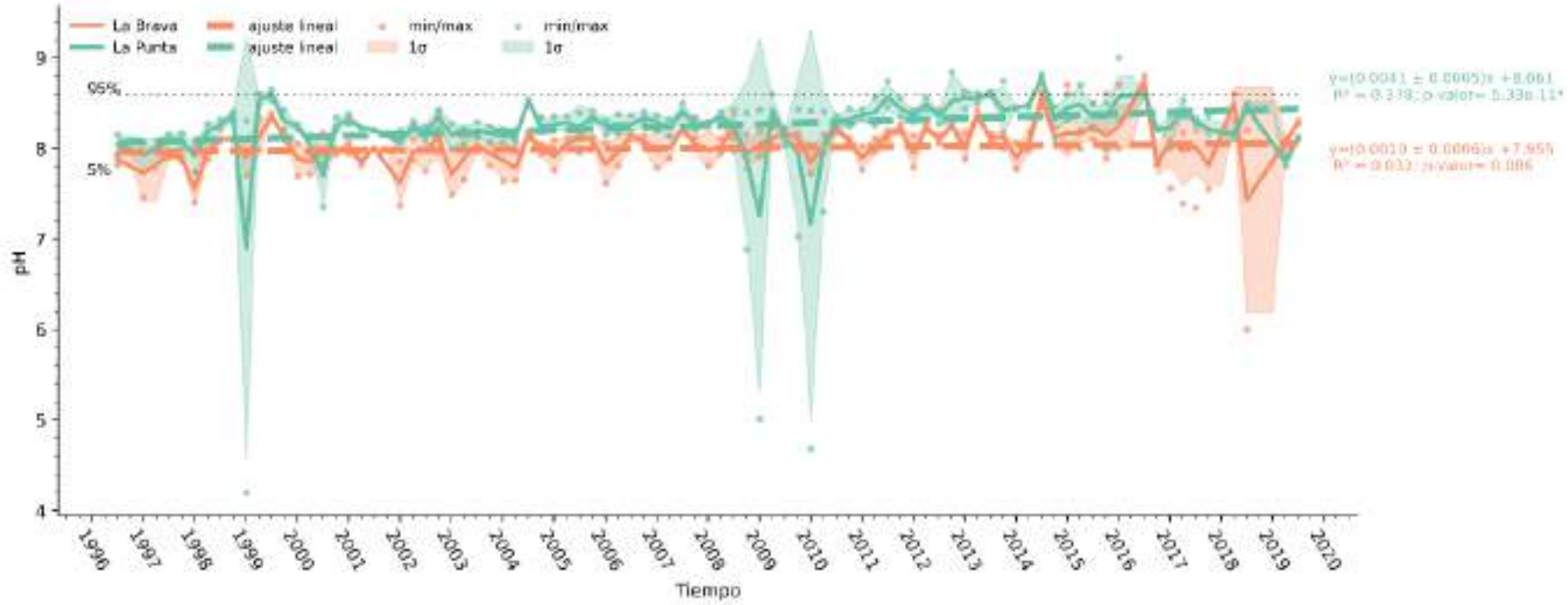


Figura 6-32 Análisis temporal y espacial de pH de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± ±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

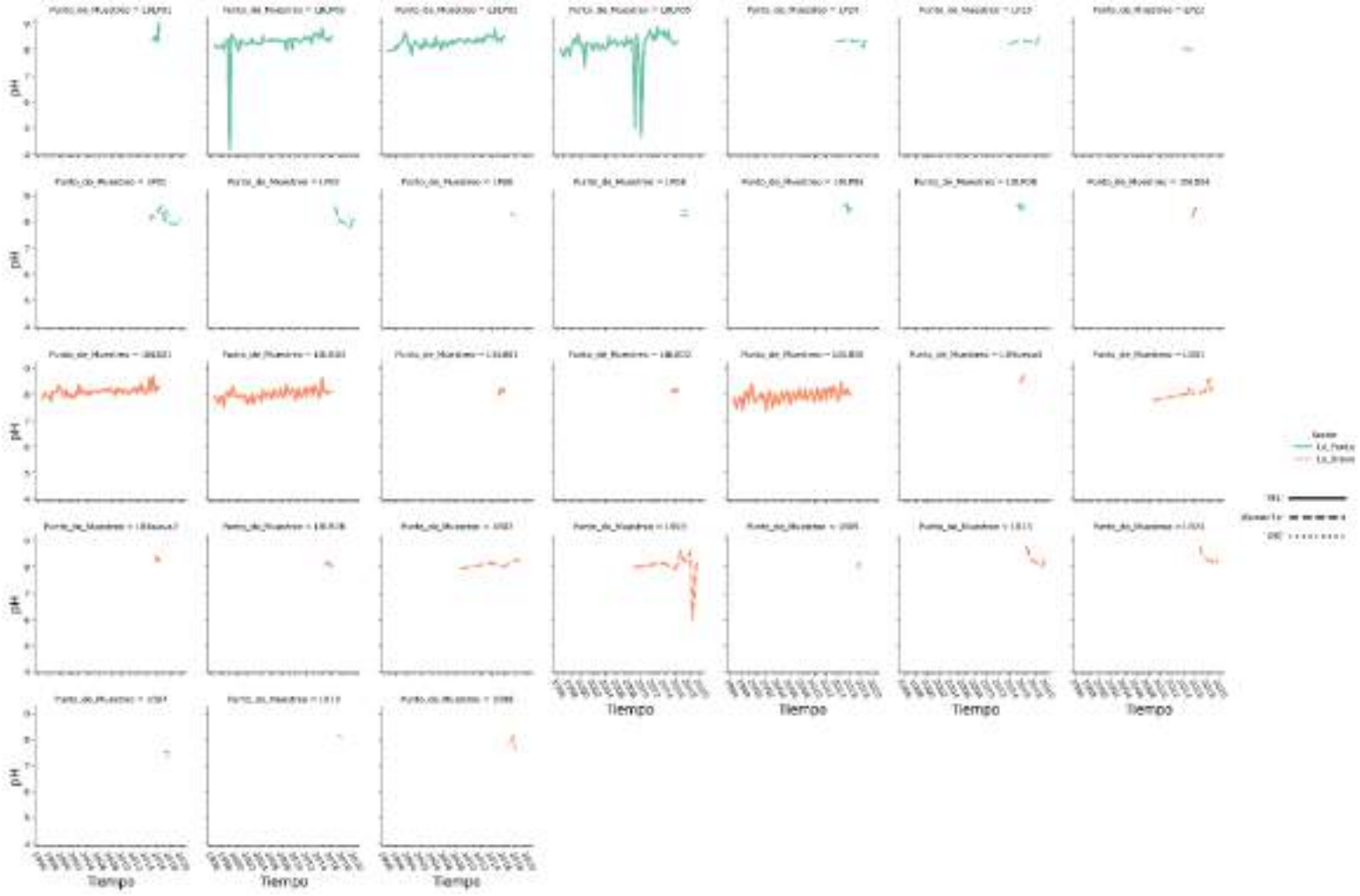


Figura 6-33 Análisis temporal de pH por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Oxígeno Disuelto (mg/L)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-34), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una tendencia a la disminución de las concentraciones de oxígeno hacia el presente, tanto en La Punta como en La Brava. El mínimo reportado (0,70 mg/L) en verano 2017 en La Punta y el máximo (14,39 mg/L) en otoño 2001 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se obtiene que la disminución observada tiene una pendiente en La Punta de -0,161 mg/L/año y en La Brava una pendiente de -0,105 mg/L/año, ambas con correspondencia a un modelo lineal y de pendiente significativamente distinto a cero, dado el r^2 de 0,54402 y 0,359701, respectivamente, y ambos p-valor < 0,05.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-37), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo. Este análisis se realizó con los puntos de muestreo LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26, ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones (n=76). El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares indicados en la Tabla 6-30.

Tabla 6-29 Diferencias en puntos de muestreo de Oxígeno Disuelto

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	3,69E-11
LBLB03	LBLP02	0,001753
LBLB03	LBLP03	0,003521
LBLB21	LBLB26	4,16E-11
LBLB21	LBLP02	0,009356
LBLB21	LBLP03	0,004792
LBLB21	LBLP05	2,6E-07
LBLB26	LBLP02	0,001787

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que el oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Los valores normales varían entre 7.0 y 8.0 mg/L, donde la fuente principal del oxígeno es el aire, el cual difunde rápidamente en el agua y las concentraciones se ven afectadas por la temperatura (Roldán, 2003).

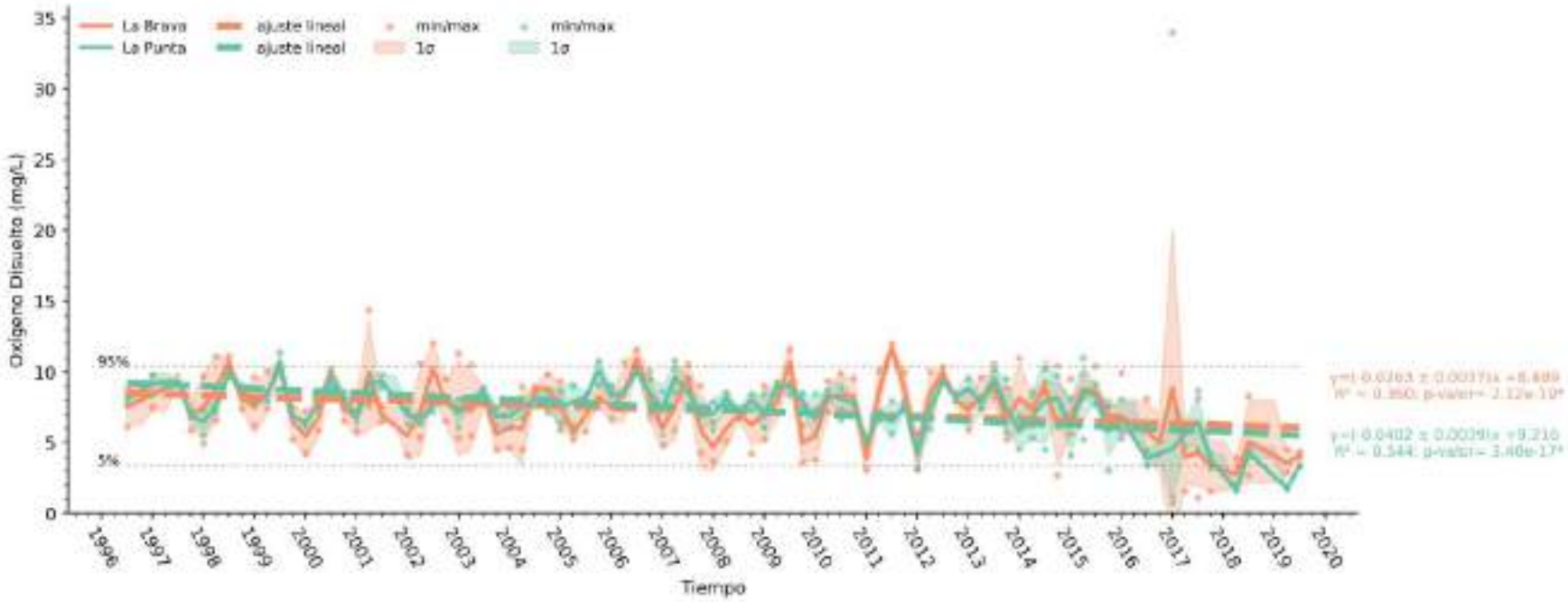


Figura 6-34 Análisis temporal y espacial de oxígeno disuelto de las Laguna La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

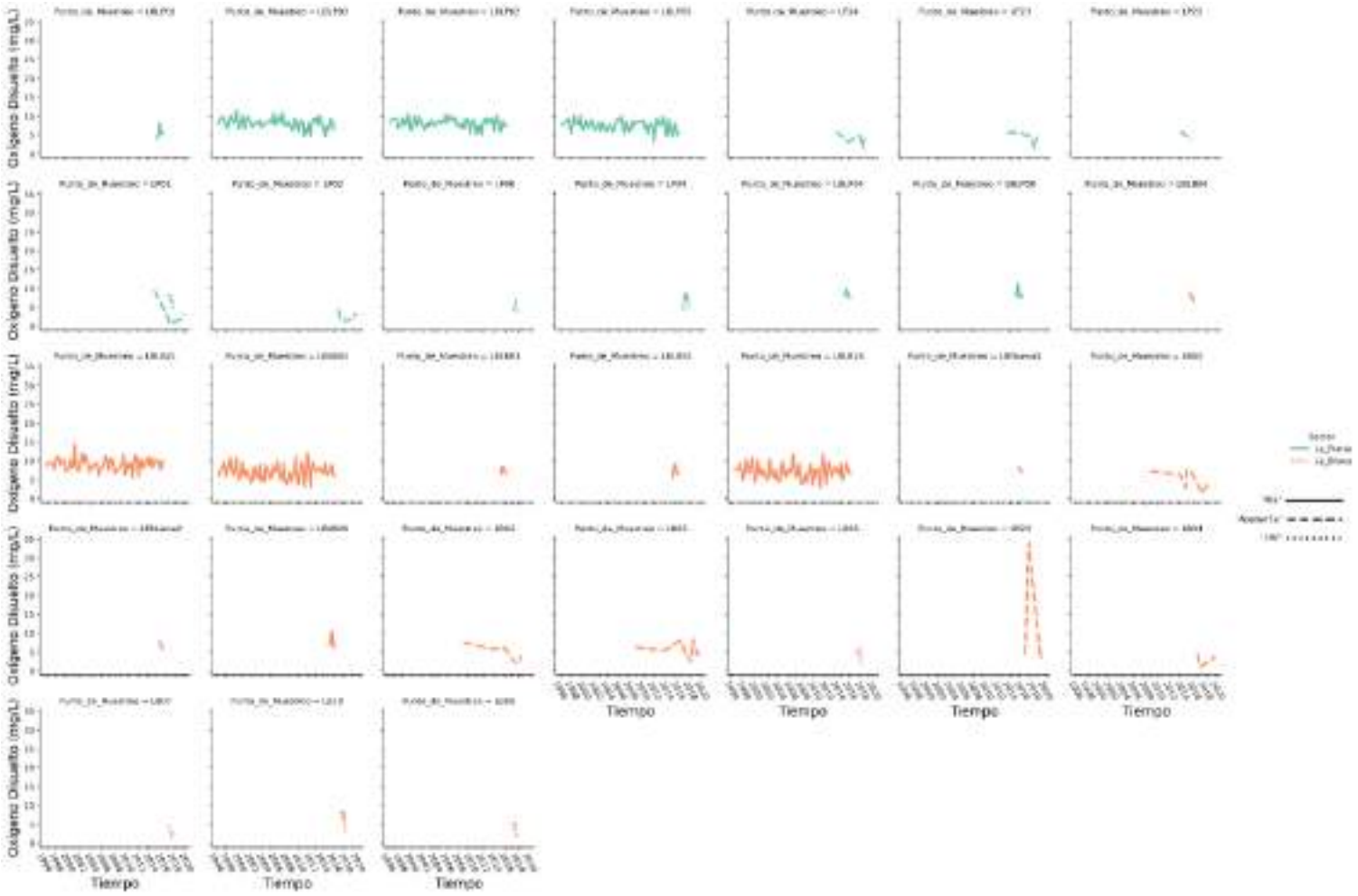


Figura 6-35 Análisis temporal de oxígeno disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Conductividad Eléctrica (mS/cm)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-36), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de conductividad de La Brava presenta promedios mayores que los de La Punta en el período de 1996 a 2016 de manera continua. Además, La Brava muestra una tendencia a la disminución de las conductividades hacia el presente, en tanto La Punta muestra la tendencia inversa, pero menos pronunciada. Ambos conjuntos difieren estadísticamente con un p-valor < 0,001 (MWtest; 1996-2016).

Por otra parte, ambas series de tiempo muestran variabilidad estacional, con mayores conductividades en verano y menores en invierno, comportamiento coincidente con la variabilidad de las curvas de temperatura.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la Laguna La Brava muestra correspondencia lineal y una pendiente significativamente negativa para las series conductividad hacia el presente (pendiente = -0,982 mS/cm/año; r^2 = 0,4391; Wtest p-valor < 0,001).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-39), se realizó el análisis con los puntos de muestreo LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26, ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones (n=76). El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-29.

Cabe destacar que la conductividad depende de la presencia de iones, su concentración, y la temperatura de medición y la variación de la conductividad estaría directamente relacionada con el aumento de la temperatura del agua (Ramírez y Viña 1998), la cual disminuiría el volumen del agua, concentrando principalmente iones (sólidos disueltos).

Tabla 6-30 Diferencias en puntos de muestreo de Conductividad Eléctrica

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	2,27E-16
LBLB03	LBLP02	1,61E-47
LBLB03	LBLP03	4,88E-32
LBLB03	LBLP05	2,4E-07
LBLB21	LBLB26	5,53E-19
LBLB21	LBLP02	4,11E-09
LBLB21	LBLP03	0,001714
LBLB21	LBLP05	0,007874
LBLB26	LBLP02	5,57E-52
LBLB26	LBLP03	1,06E-35
LBLB26	LBLP05	4,81E-09

Punto A	Punto B	p-valor
LBLP02	LBLP03	0,015085
LBLP02	LBLP05	3,85E-19
LBLP03	LBLP05	5,24E-10

Fuente: Elaboración propia.

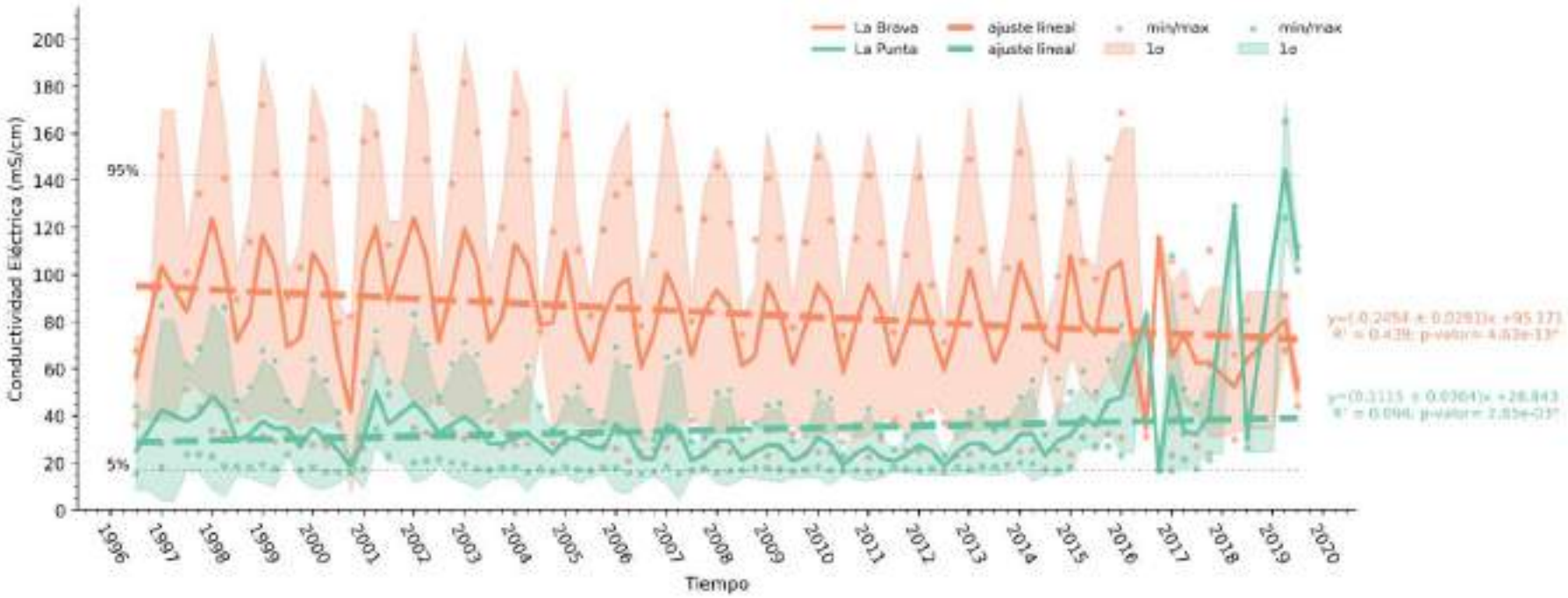


Figura 6-36 Análisis temporal y espacial de conductividad de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

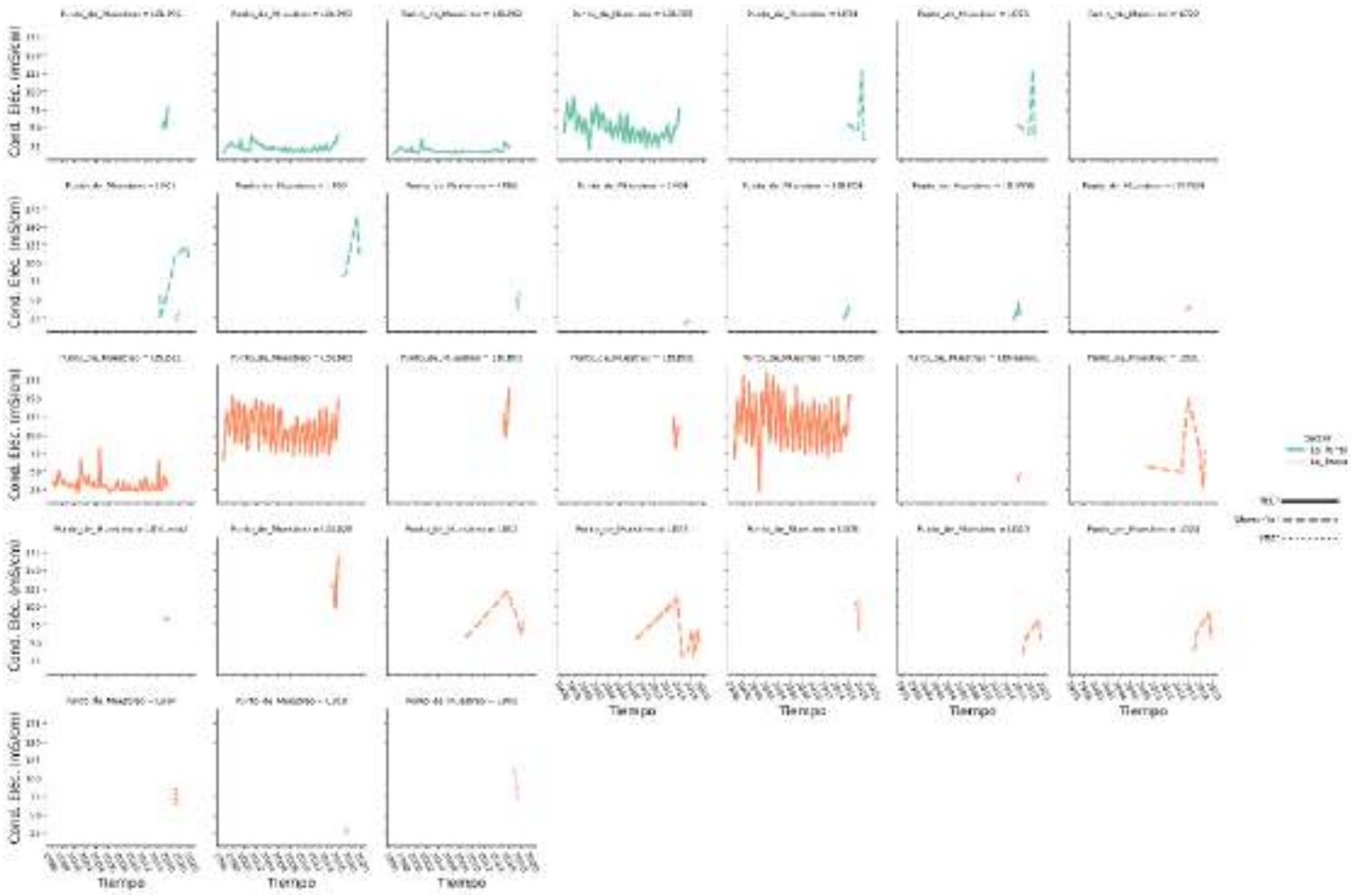


Figura 6-37 Análisis temporal de conductividad eléctrica por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Salinidad (NaCl g/L)**

Los valores de salinidad reportados por Minera Escondida son a partir de 2010 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones de cada año y por Albemarle desde el 2015 hasta 2019, con muestreos semestrales en invierno y verano. Este rango de la serie de tiempo difiere del utilizado para los otros parámetros *in situ*.

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-38), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de salinidad de La Brava presenta el mismo patrón de variación hasta el año 2016, con medianas mayores que los de La Punta de manera continua, difiriendo ambos conjuntos de manera significativa con p-valor < 0,001 (MWtest).
Al igual que la conductividad, la salinidad muestra tendencia a la disminución en La Brava y a un ligero aumento en La Punta hacia el presente, además de mostrar también la variabilidad estacional ya registrada en temperatura y conductividad. El mínimo reportado (9,3 NaCl g/L) en invierno 2012 y el anómalo máximo (87,2 NaCl g/L) en invierno 2019 en La Punta, considerando que hasta el año 2016 La Punta siempre registró salinidades inferiores a La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que la serie de La Punta presenta una tendencia de aumento significativo, con una pendiente de 1.053 NaCl g/L/año hacia el presente, mientras que la serie de La Brava con una pendiente negativa de -2.0654 NaCl g/L/año. La regresión lineal en la serie de la Punta da un r^2 = 0,142651 y el Wtest un p-valor < 0,05, en tanto en la serie de La Brava resultó con r^2 = 0,21579 y un p-valor < 0,05.

Aumentando la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, todas las variables *in situ* presentaron un p-valor<0.05 en el KWtest, excepto salinidad que no se presenta suficiente continuidad de la serie temporal, por lo que no se puede determinar correctamente con los datos existentes si puntos de muestreo difieren significativamente entre sí.

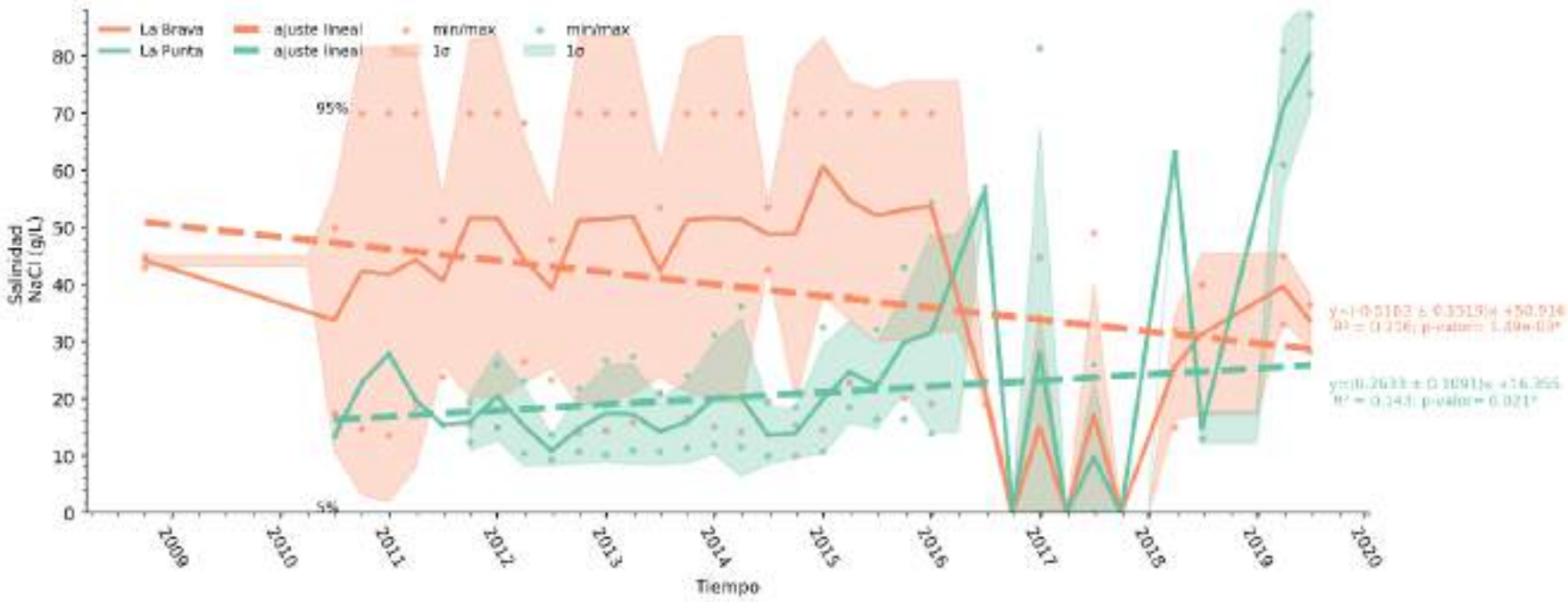


Figura 6-38 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

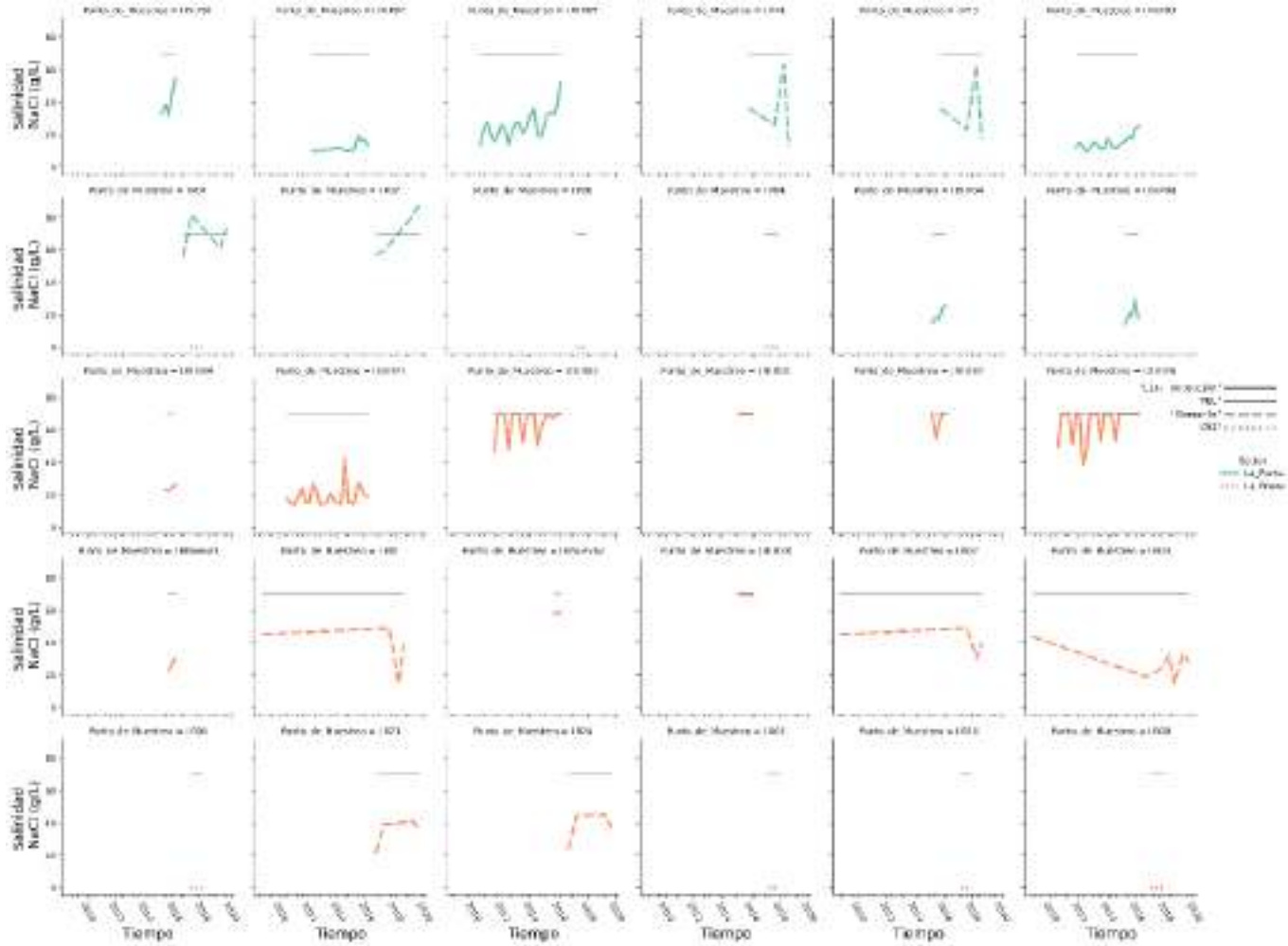


Figura 6-39 Análisis temporal de salinidad por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.9. Macroelementos de lagunas superficiales

La determinación química de los macroelementos fue obtenido a través de la data generada por Minera Escondida a partir del año 1996 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones del año, Albemarle desde el año 2013 hasta 2019, con muestreos semestrales en invierno y verano, y Minera Zaldívar, con muestreos en 2016 y 2017. Cabe destacar que en estos últimos no hay continuidad respecto a los años.

Teniendo en cuenta la totalidad de los datos disponibles para los macroelementos de lagunas superficiales, sin diferenciar origen de los datos, se obtienen los estadígrafos de la Tabla 6-30. Se observa una gran amplitud de la distribución de los datos al no discriminar entre empresa, puntos de muestreo, lagunas ni estación del año.

Tabla 6-31 Estadígrafos macroelementos de lagunas superficiales

Parámetro	N observaciones	Promedio	SD	Mínima	Máxima	Moda	Mediana
Bicarbonato ($NaHCO_3$ mg/L)	538	375,89	209,09	0	1516	280	322,00
Calcio Disuelto (Ca mg/L)	496	457,54	413,24	12	5700	173	319,50
Carbonato (CO_3 mg/L)	534	145,40	142,62	0	821	5	93,65
Cloruro (Cl mg/L)	542	24637,35	22762,30	5	150259	7743	14214,50
Fluoruro (F mg/L)	263	0,44	0,22	0	1,6	0,5	0,50
Magnesio Disuelto (Mg mg/L)	495	1192,40	1038,28	1	4613	2889	721,96
Potasio (K mg/L)	77	2497,37	1912,24	0,35	7256	1841	1680,79
Sodio Disuelto (Na mg/L)	496	13306,45	14635,99	1620	149400	28330	6481,50
Sulfato (SO_4 mg/L)	542	3117,65	2625,83	157	15328	3300	2246,40

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se presentan los datos de manera espacial, por laguna (Tabla 6-31). Se observa que la Laguna La Punta registra el máximo de bicarbonato (1516 mg/L), el mayor valor de calcio disuelto (5700 mg/L), valores máximos de cloro (150259 mg/L), registros máximos de fluoruro (1,60 mg/L). En tanto, los valores mínimos de calcio disuelto (803 mg/L), carbonato (430 mg/L), cloro (135029 mg/L) y fluoruro (1,10 mg/L) se registran en la Laguna La Brava. Por su parte, los máximos de magnesio disuelto (4613 mg/L), potasio (7256 mg/L), sodio disuelto (149400 mg/L) y sulfato (15328 mg/L) se registran en Laguna La Punta.

Los promedios por laguna para cada parámetro fueron sometidos a los test estadísticos correspondientes, obteniéndose finalmente que existen diferencias significativas entre las lagunas La Punta y La Brava para los parámetros de calcio disuelto (LB>LP), carbonato (LB>LP), cloro (LB>LP), fluoruro (LB>LP), magnesio disuelto (LB>LP), potasio (LB>LP), sodio disuelto (LB>LP) y sulfato (LB>LP). En tanto las concentraciones de bicarbonato no presentan diferencia significativa entre ambas lagunas.

Tabla 6-32 Estadígrafos por laguna de macroelementos

Parámetro	Bicarbonato (mg/L)		Calcio Disuelto (mg/L)		Carbonato (mg/L)		Cloro (mg/L)		Fluoruro (mg/L)		Magnesio Disuelto (mg/L)		Potasio (mg/L)		Sodio Disuelto (mg/L)		Sulfato (mg/L)	
	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP
N observaciones	278,00	260,00	253,00	243,00	277,00	257,00	282,00	260,00	113,00	150,00	253,00	242,00	44,00	33,00	253,00	243,00	282,00	260,00
Promedio	393,03	357,57	639,32	268,27	202,89	83,44	36250,81	12041,21	0,34	0,51	1825,44	530,59	3355,71	1352,91	20826,43	5477,00	4465,60	1655,64
SD	255,57	141,90	497,71	144,36	168,73	65,00	23935,04	12433,11	0,21	0,19	1094,35	311,40	2104,34	608,60	17092,31	3642,50	2781,50	1372,71
Mínima	0,00	0,00	81,00	12,00	1,00	0,00	6397,00	5,00	0,00	0,00	1,00	106,10	0,35	536,00	2093,00	1620,00	188,00	157,00
Máxima	1516,00	965,80	5700,00	803,00	821,00	430,00	150259,00	135029,00	1,60	1,10	4613,00	2080,00	7256,00	2999,00	149400,00	24320,00	15328,00	9755,50
MWtest (p-valor)	0,404751666		6,30587E-24		8,78452E-15		1,55974E-25		8,79875E-11		1,83332E-34		1,87323E-26		3,03132E-26		8,23488E-19	
Dif.sig.	No		sí		sí		sí		sí		sí		sí		sí		sí	

Fuente: Elaboración propia. Dif.sig: diferencia significativa; LB: La Brava; LP: La Punta

- **Carbonato (mg/L)**

Se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-40), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una tendencia a la disminución de las concentraciones de carbonato hacia el presente tanto en La Punta como en el sistema lagunar La Brava. El mínimo reportado (1,12 mg/L) en otoño 2009 en La Punta y el máximo (1516 mg/L) en verano 1998 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo Laguna La Brava muestra una correspondencia lineal y una pendiente significativamente negativa para la serie de concentración de carbonato hacia el presente (pendiente = -20,301 mg/L/año; r^2 = 0,4179; Wtest p-valor < 0,001).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-41), se realizó el análisis con los puntos de muestreo LBLP03 (n=75), LBLP02 (n=75), LBLP05 (n=75), LBLB21 (n=76), LBLB03 (n=76) y LBLB26 (n=75), ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones. El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-33.

Tabla 6-33 Diferencias en puntos de muestreo de Carbonato

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	0,034187
LBLB03	LBLP02	1,45E-13
LBLB03	LBLP03	6,27E-19
LBLB03	LBLP05	8,75E-10
LBLB21	LBLB26	0,003005
LBLB21	LBLP02	3,64E-06
LBLB21	LBLP03	7,76E-10
LBLB21	LBLP05	0,001011
LBLB26	LBLP02	1,99E-16
LBLB26	LBLP03	2,65E-22
LBLB26	LBLP05	3,65E-12

Fuente: Elaboración propia.

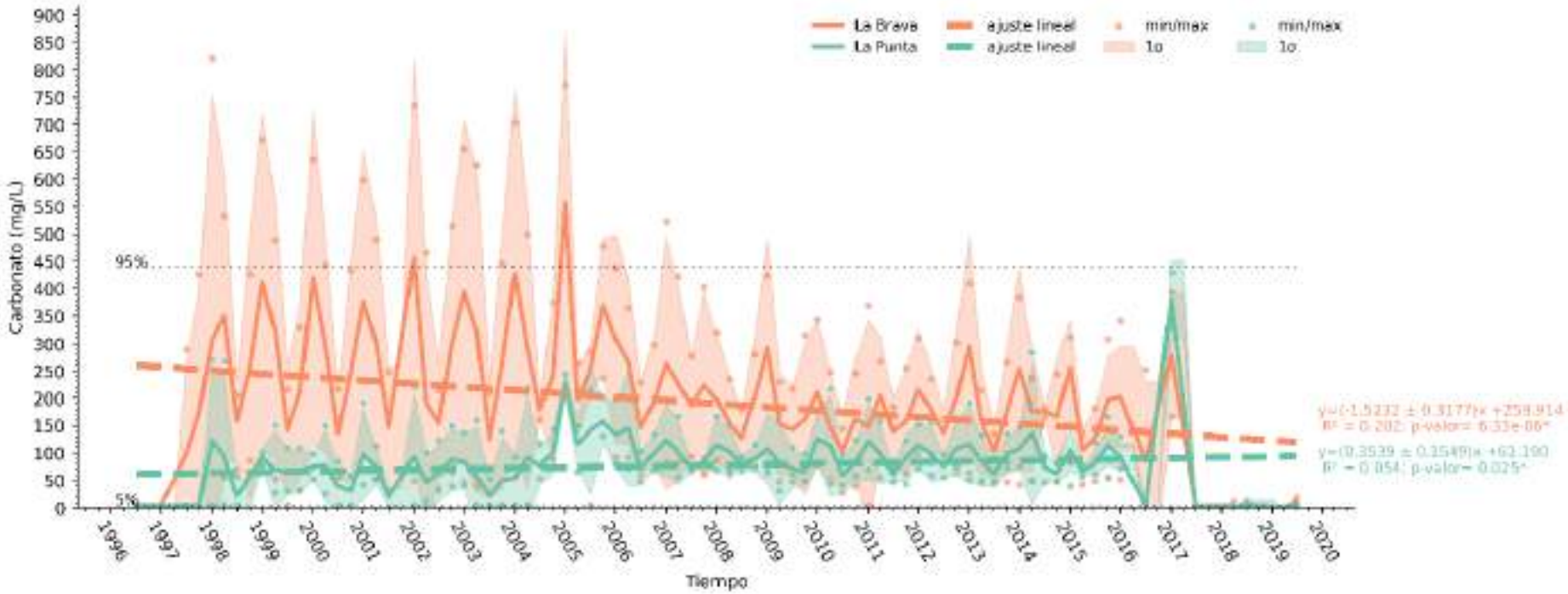


Figura 6-40 Análisis temporal y espacial de carbonato de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

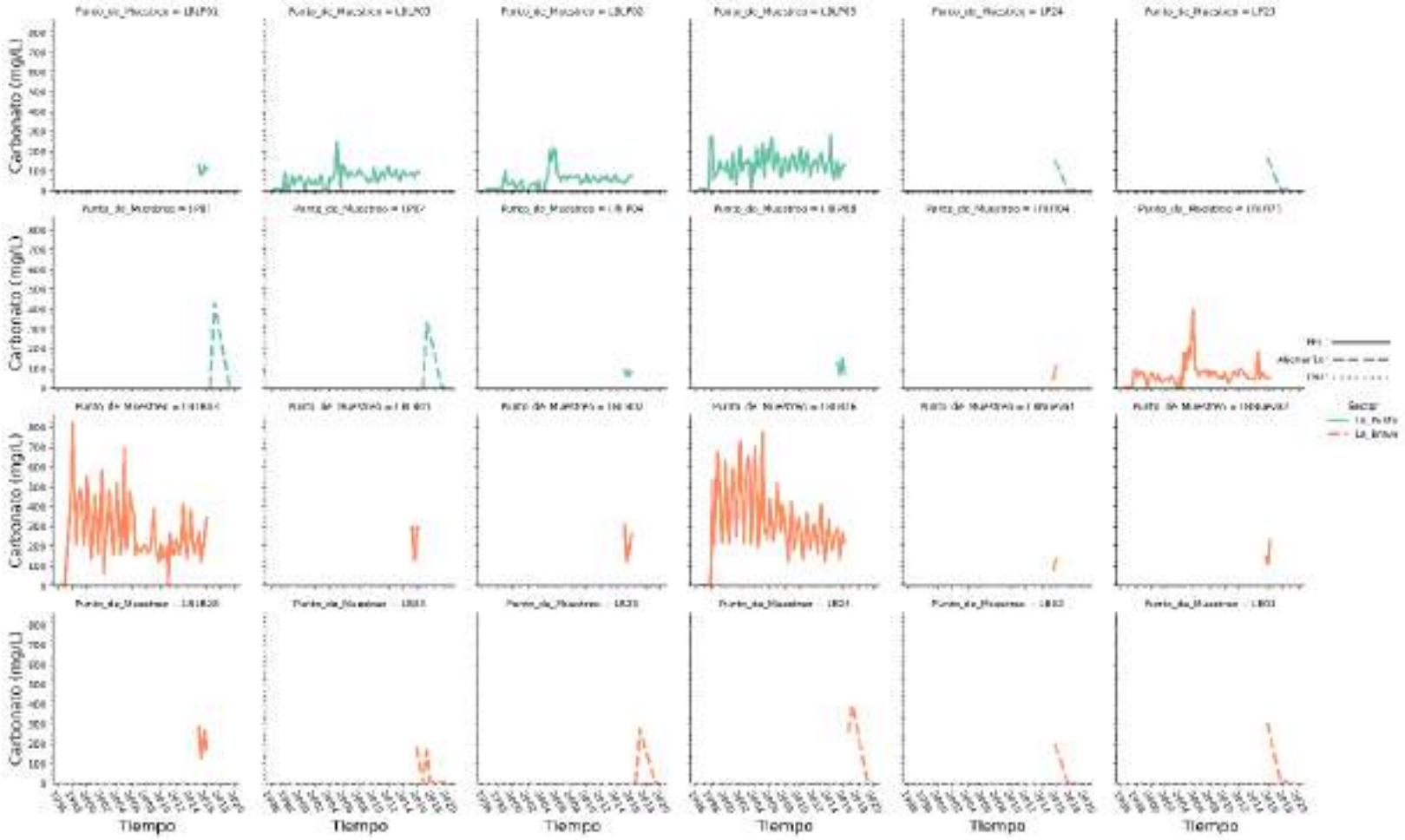


Figura 6-41 Análisis temporal de carbonato por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Bicarbonato (mg/L)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-42), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de bicarbonato presenta tendencia a la baja a partir del año 2004 para ambas lagunas. Además, La Punta muestra una tendencia al aumento de las concentraciones de bicarbonato hacia el presente, en tanto La Punta muestra la tendencia inversa, pero menos pronunciada. Ambos conjuntos difieren estadísticamente con un p-valor < 0,001 (MWtest; 1996-2019). Por otra parte, ambas series de tiempo muestran variabilidad estacional, con mayores registros de concentraciones en invierno y menores en verano.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa tendencias de disminución de concentraciones de bicarbonato. Se obtiene una pendiente en la serie de La Punta de -10.532 mg/L/año y en la serie La Brava una pendiente de -20.301 mg/L/año, ambas resultan con ajuste lineales de considerable correspondencia a un modelo lineal con pendiente significativamente distinto a cero, visto a partir de un r^2 de 0,4179 y 0,5884, respectivamente, y un p-valor < 0,001(Wtest) en ambos casos.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-41), se realizó el análisis con los puntos de muestreo LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26, ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones (n=76). El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,05, utilizando los datos del período 1996-2016. Posteriormente, se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, como es el caso de LBLB03 y LBLP03 con un p-valor < 0,05, a su vez, se observaron diferencias significativas entre los puntos de muestreo LBLP02 Y LBLO03 con un p-valor < 0,05.

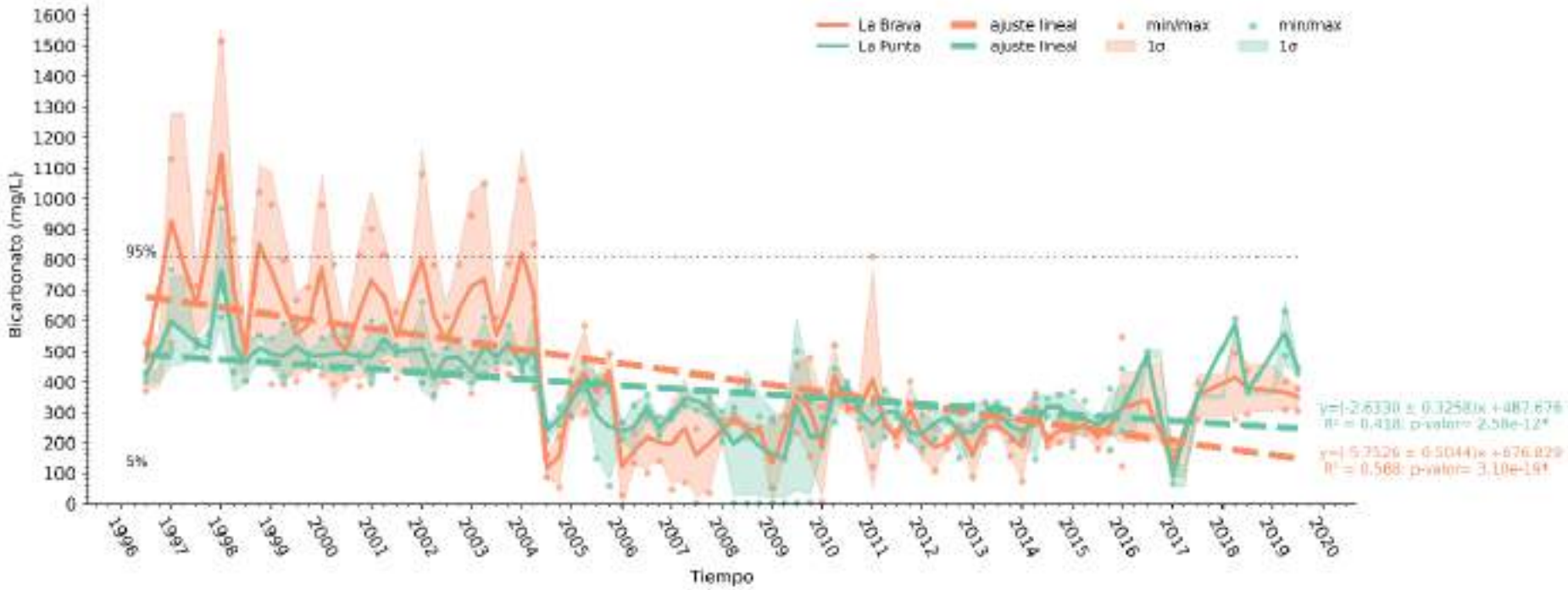


Figura 6-42 Análisis temporal y espacial de bicarbonato de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

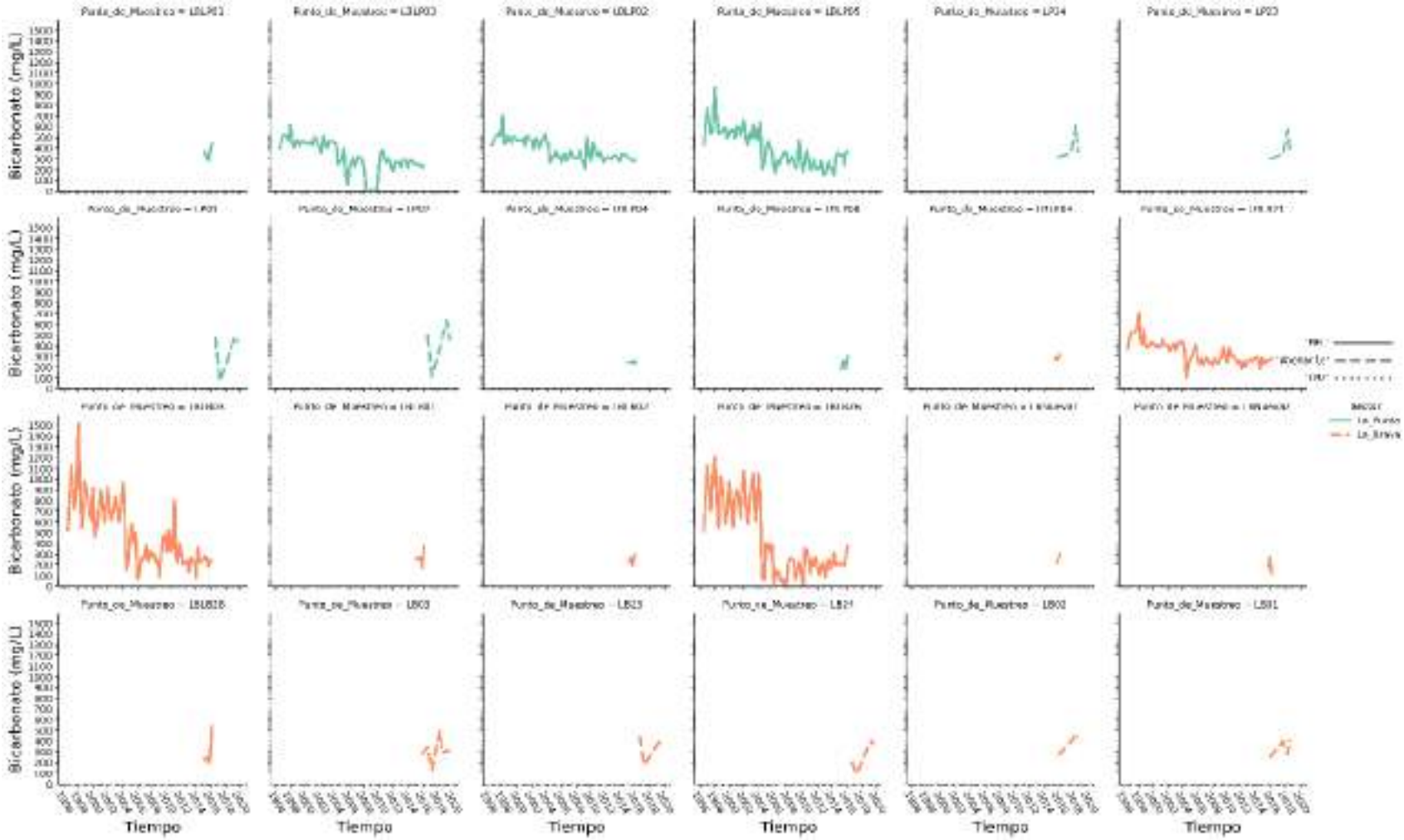


Figura 6-43 Análisis temporal de bicarbonato por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Calcio Disuelto (mg/L)**

Para los análisis de concentraciones de calcio disuelto, se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-44), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una tendencia a la disminución de las concentraciones de calcio disuelto hacia el presente en La Brava. El mínimo reportado (12 mg/L) en primavera 2000 en La Punta y el máximo (5700 mg/L) en invierno 1996 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que ningún sistema lagunar muestra un coeficiente de determinación mayor 0,10 para las series temporales de concentraciones de calcio disuelto. Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-47), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo (LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26; todas con n=76).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, el KW test arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-34.

Tabla 6-34 Diferencias en puntos de muestreo de calcio disuelto.

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB21	2,27E-19	LBLB21
LBLP02	1,89E-27	LBLP02
LBLP03	5,15E-27	LBLP03
LBLP05	3,38E-05	LBLP05
LBLB26	2,46E-25	LBLB26
LBLP05	1,23E-05	LBLP05
LBLP02	1,75E-34	LBLP02
LBLP03	5,5E-34	LBLP03
LBLP05	2,89E-08	LBLP05
LBLP05	4,08E-10	LBLP05
LBLP05	6,94E-10	LBLP05

Fuente: Elaboración propia.

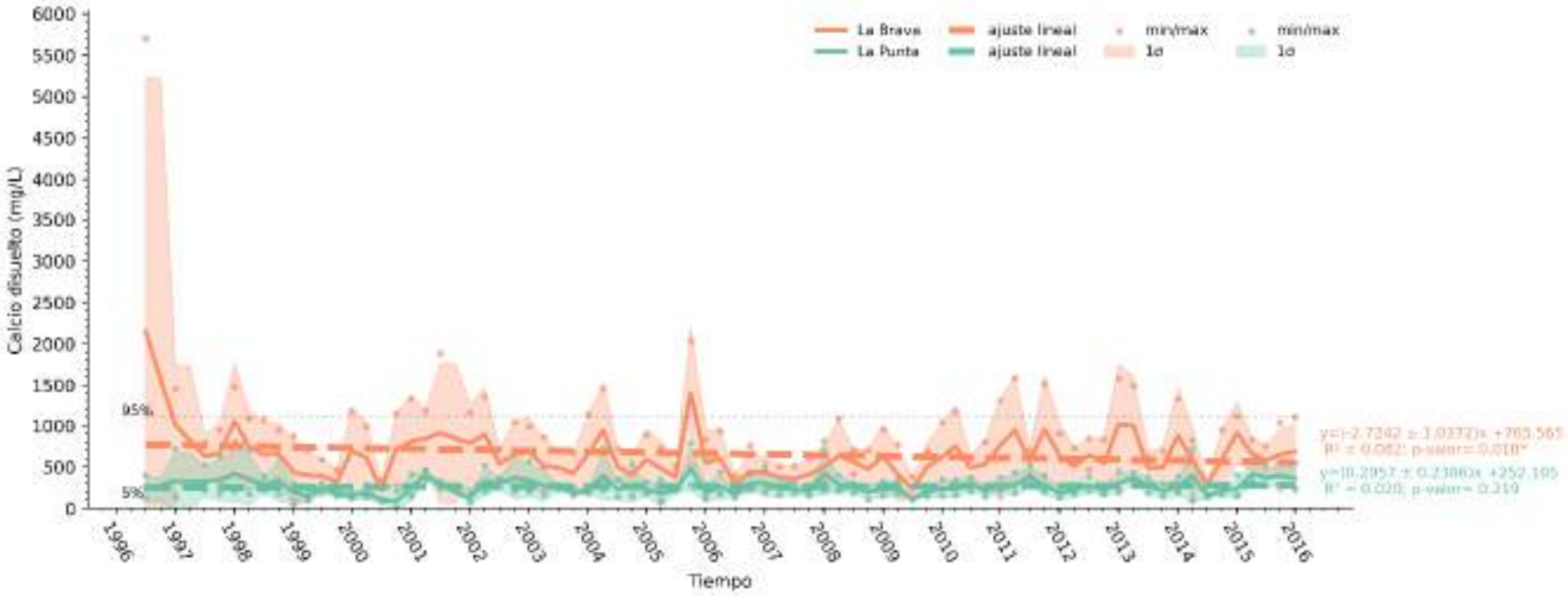


Figura 6-44 Análisis temporal y espacial de calcio disuelto de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

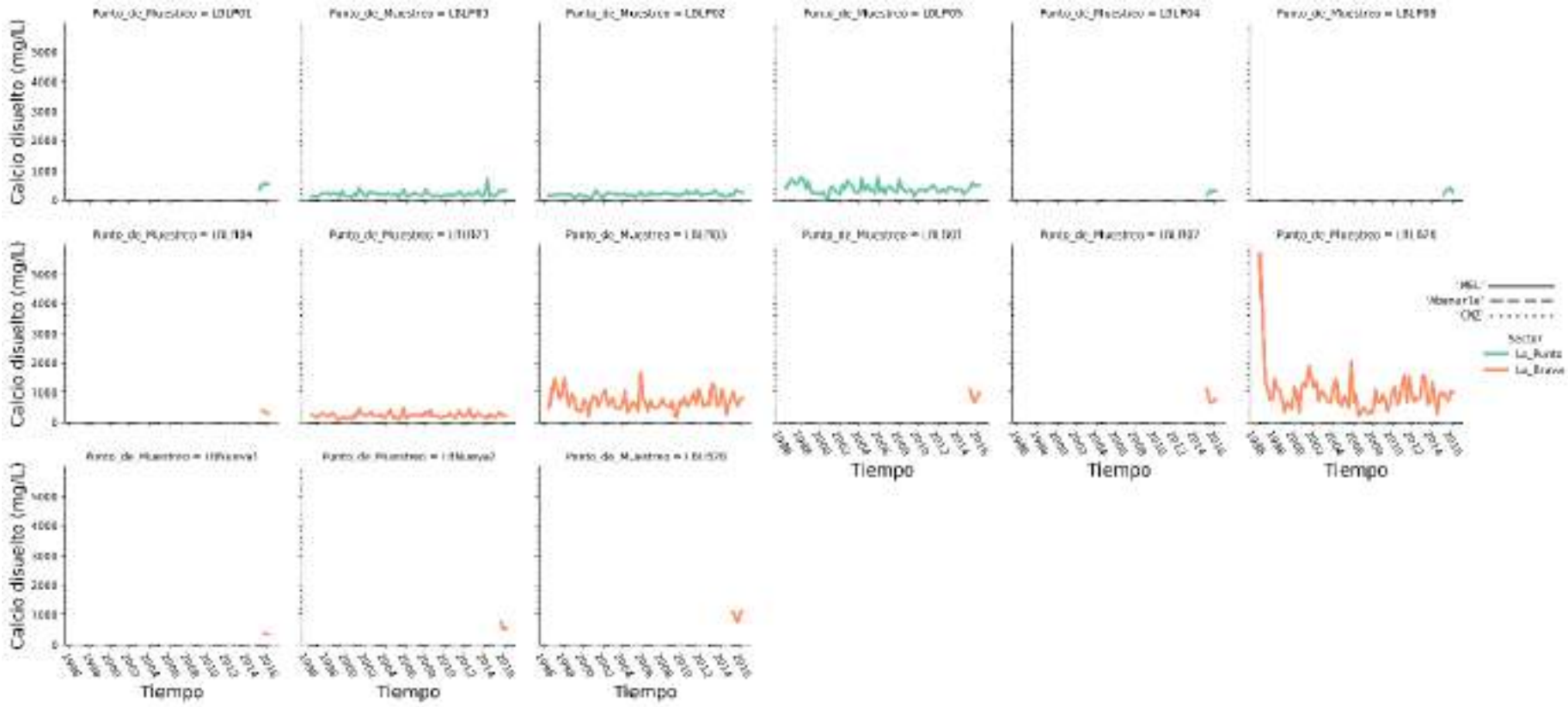


Figura 6-45 Análisis temporal de calcio disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Cloruro (mg/L)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-46), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una tendencia a la disminución de las concentraciones de cloruro hacia el presente, tanto en La Brava como en la Punta. A su vez, se puede observar un pulso de aumento en el año 2019 en ambos sistemas lagunares. El valor mínimo reportado (13 mg/L) en otoño 2002 en La Punta y el anómalo máximo (15025 mg/L) en verano 1997 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que la Laguna La Punta muestra una tendencia al aumento de concentraciones de cloruro hacia el presente (pendiente = +480 mg/L/año), la que resulta significativa con un r^2 = 0,2223 y un p-valor < 0,001 (Wtest). Por su parte, La Brava muestra una tendencia a la baja en sus concentraciones de cloruro (pendiente = -925,48 mg/L/año), la que resulta significativa con un r^2 = 0,6044 y un p<0,001 (Wtest).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-49), el KWtest (considerando LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26; todas con n=76) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algunos de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-35.

Tabla 6-35 Diferencias en puntos de muestreo de cloruro

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	5,78E-16
LBLB03	LBLP02	3,68E-47
LBLB03	LBLP03	2,19E-31
LBLB03	LBLP05	9,14E-08
LBLB21	LBLB26	6,86E-19
LBLB21	LBLP02	2,92E-09
LBLB21	LBLP03	0,001816
LBLB21	LBLP05	0,018386
LBLB26	LBLP02	2,98E-52
LBLB26	LBLP03	1,52E-35
LBLB26	LBLP05	1,16E-09

Fuente: Elaboración propia.

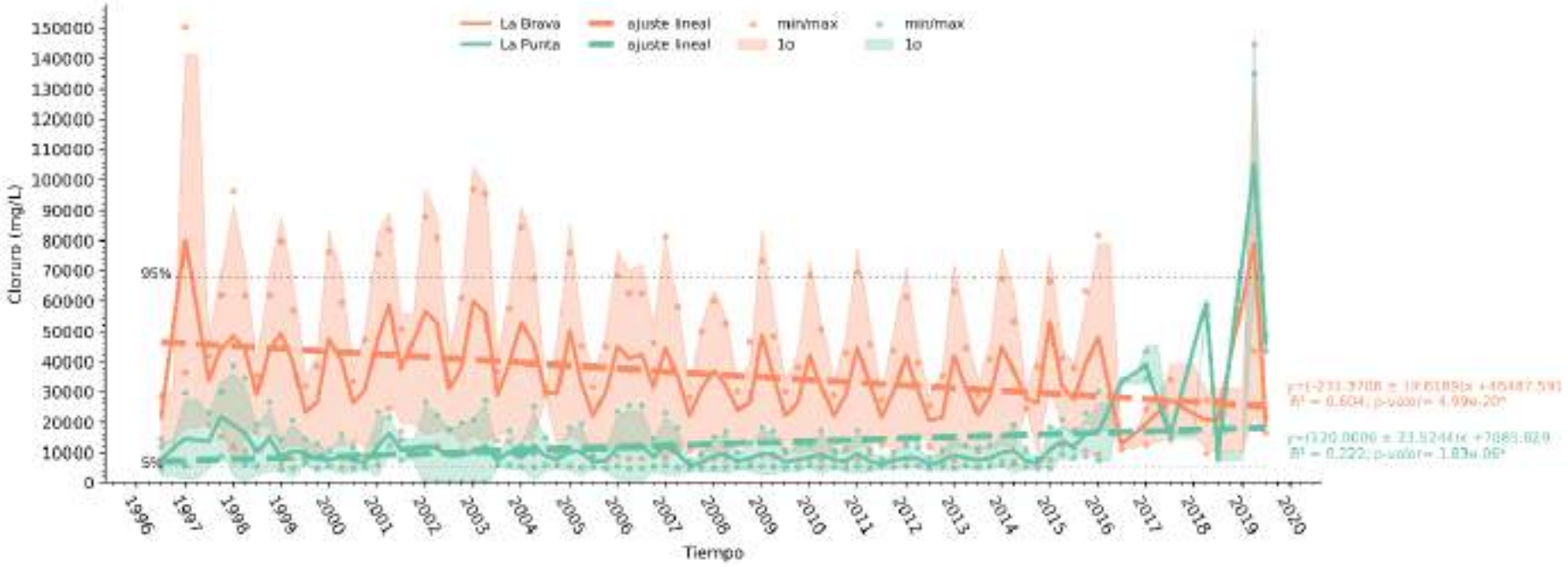


Figura 6-46 Análisis temporal y espacial de cloruro de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

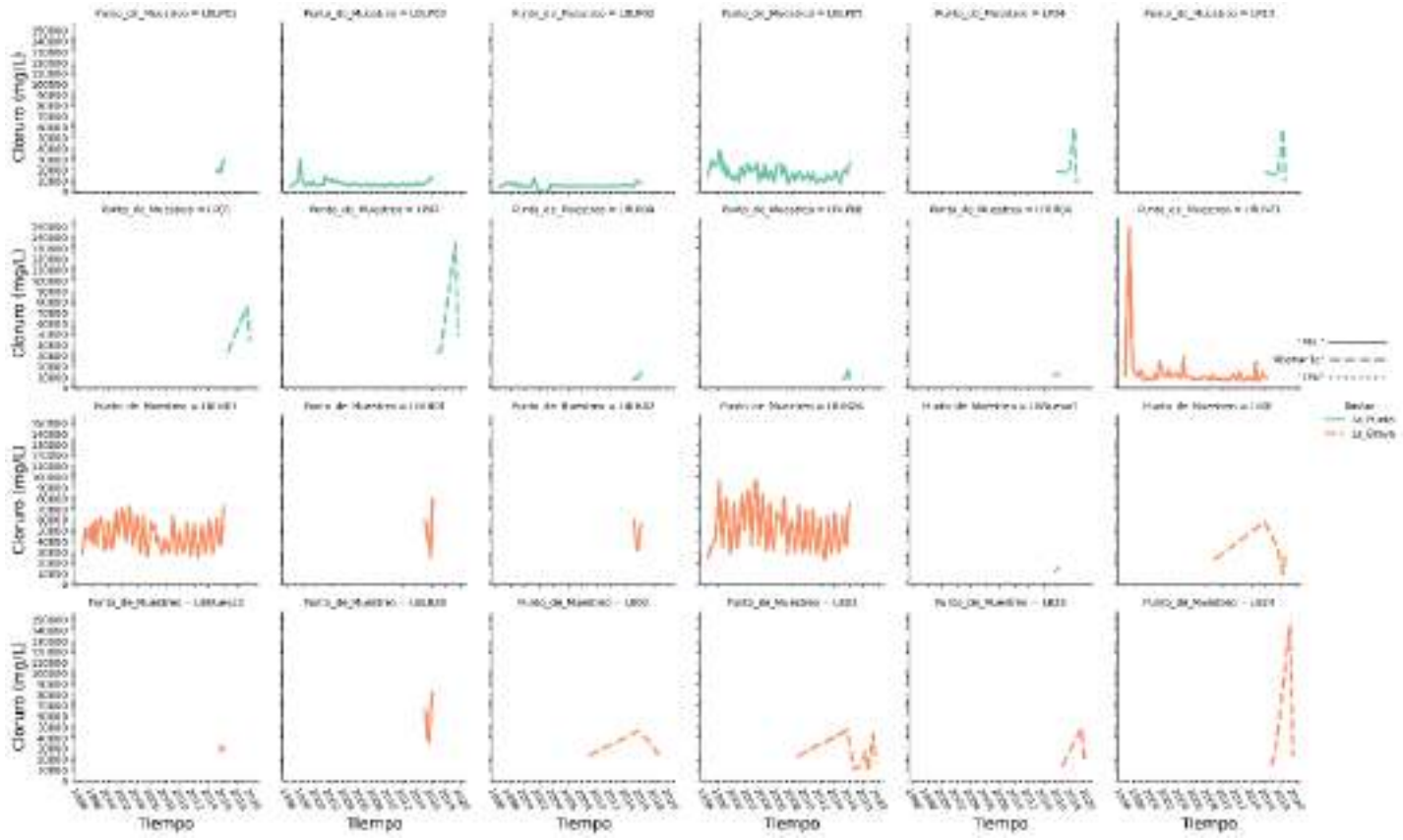


Figura 6-47 Análisis temporal de cloruro por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Fluoruro (mg/L)**

Los valores de fluoruro reportados por Minera Escondida son a partir de 2010 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones de cada año, se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-48), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de salinidad de La Brava presenta el mismo patrón de variación hasta el año 2016, con promedios mayores que los de La Punta de manera continua, difiriendo ambos conjuntos de manera significativa con p-valor < 0,001 (MWtest).

Los valores de fluoruro muestran una leve tendencia al aumento en La Punta y en mayor proporción en La Brava hacia el presente, además de mostrar también la variabilidad estacional ya registrada en los parámetros *in situ.* El mínimo reportado (0,1 mg/L) en invierno 2012 y el máximo (1,6 mg/L) en invierno 2019 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo el sistema de Laguna La Brava muestran una baja pero considerable correspondencia con un modelo lineal, además de una pendiente significativamente distinta a cero para la serie de la concentración de fluoruro. El sistema de La Punta con respecto a la concentración de fluoruro hacia el presente presenta un coeficiente de determinación inferior a 0,10 para la regresión lineal. Para La Brava se obtuvo entonces una pendiente negativa de -0,0195 mg/L/año. El coeficiente de determinación para la Punta es $r^2 = 0,004$ y un p-valor > 0,05 (Wtest), en tanto para La Brava resultó con $r^2 = 0,2488$ y un p-valor < 0,001.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (considerando LBLP03 n=45, LBLP02 n=45, LBLP05 n=45, LBLB21 n=38, LBLB03 n=32 y LBLB26 n=18), todos los macroelementos presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, excepto fluoruro que no se presenta suficiente continuidad de la serie temporal, por lo que no se puede determinar correctamente con los datos existentes si puntos de muestreo difieren significativamente entre sí.

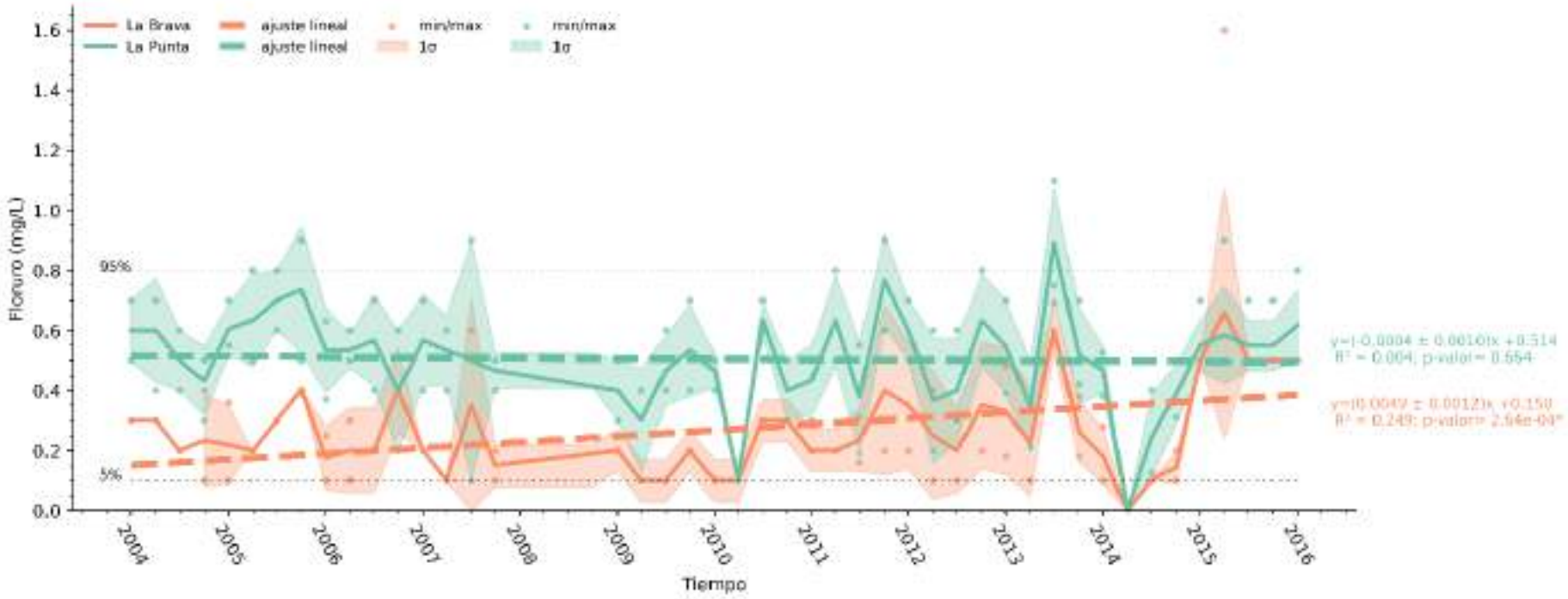


Figura 6-48 Análisis temporal y espacial de fluoruro de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

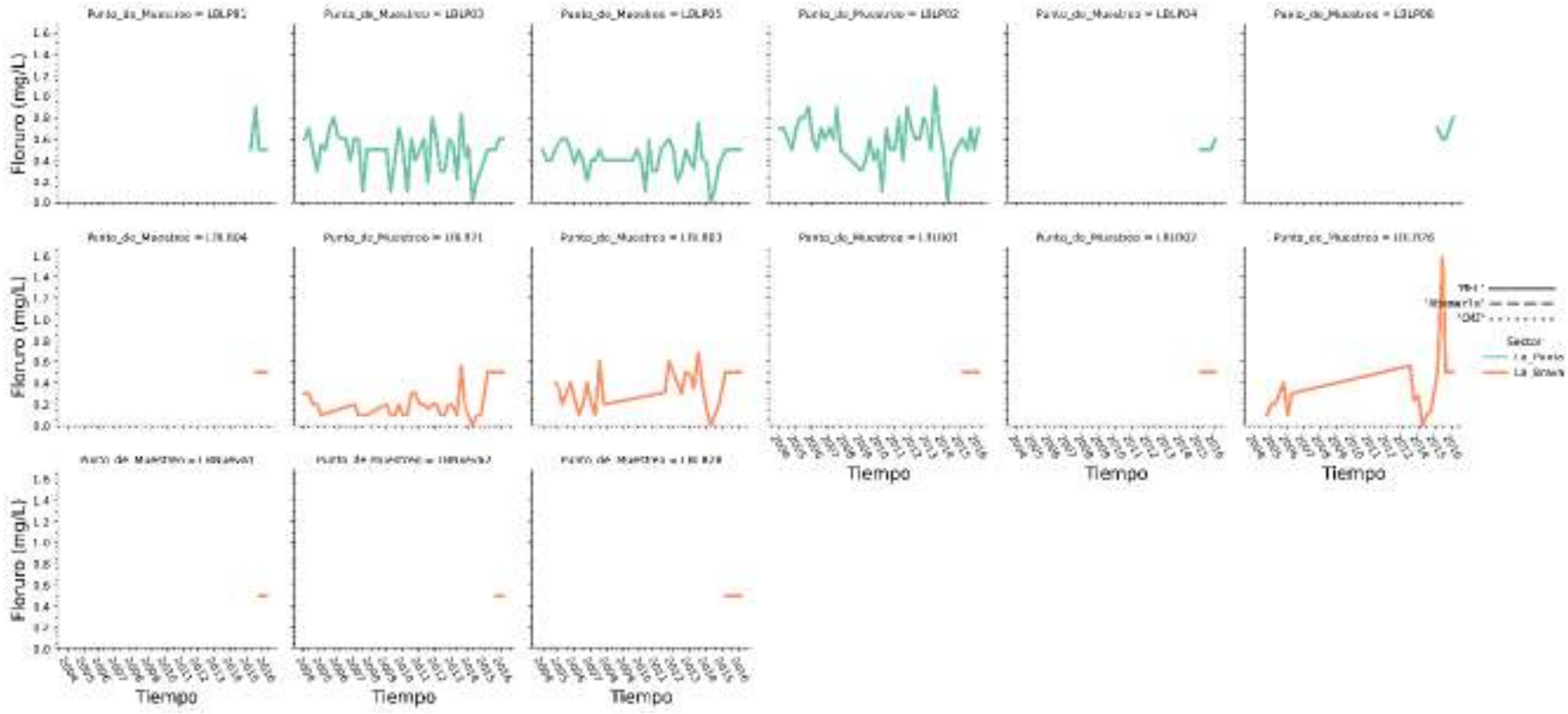


Figura 6-49 Análisis temporal de fluoruro por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Magnesio Disuelto (mg/L)**

Las concentraciones de magnesio disuelto se analizaron a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-50), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de magnesio disuelto presenta tendencia a la baja a partir del año 2003 para ambas lagunas. Ambos conjuntos difieren estadísticamente con un p-valor < 0,001 (MWtest). Por otra parte, ambas series de tiempo muestran variabilidad estacional, con mayores valores de concentraciones en invierno y menores en verano.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se evidencia que ambos coeficientes de determinación son inferiores a 0,10, por lo que no se puede hablar de una correspondencia a un modelo lineal para las series temporales de concentración de magnesio disuelto (La Brava r^2=0,069; La Punta r^2=0,057).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (considerando LBLP03 n=75, LBLP02 n=76, LBLP05 n=76, LBLB21 n=76, LBLB03 n=76 y LBLB26 n=76; Figura 6-53), el KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algunos de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-36.

Tabla 6-36 Diferencias en puntos de muestreo de magnesio disuelto

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB21	LBLB21	8,92E-13
LBLP02	LBLP02	1,05E-42
LBLP03	LBLP03	1,22E-28
LBLP05	LBLP05	3,98E-09
LBLB26	LBLB26	7,5E-16
LBLP02	LBLP02	8,05E-10
LBLP03	LBLP03	0,000377
LBLP02	LBLP02	2,33E-48
LBLP03	LBLP03	2,87E-33
LBLP05	LBLP05	1,13E-11
LBLP03	LBLP03	0,03528

Fuente: Elaboración propia.

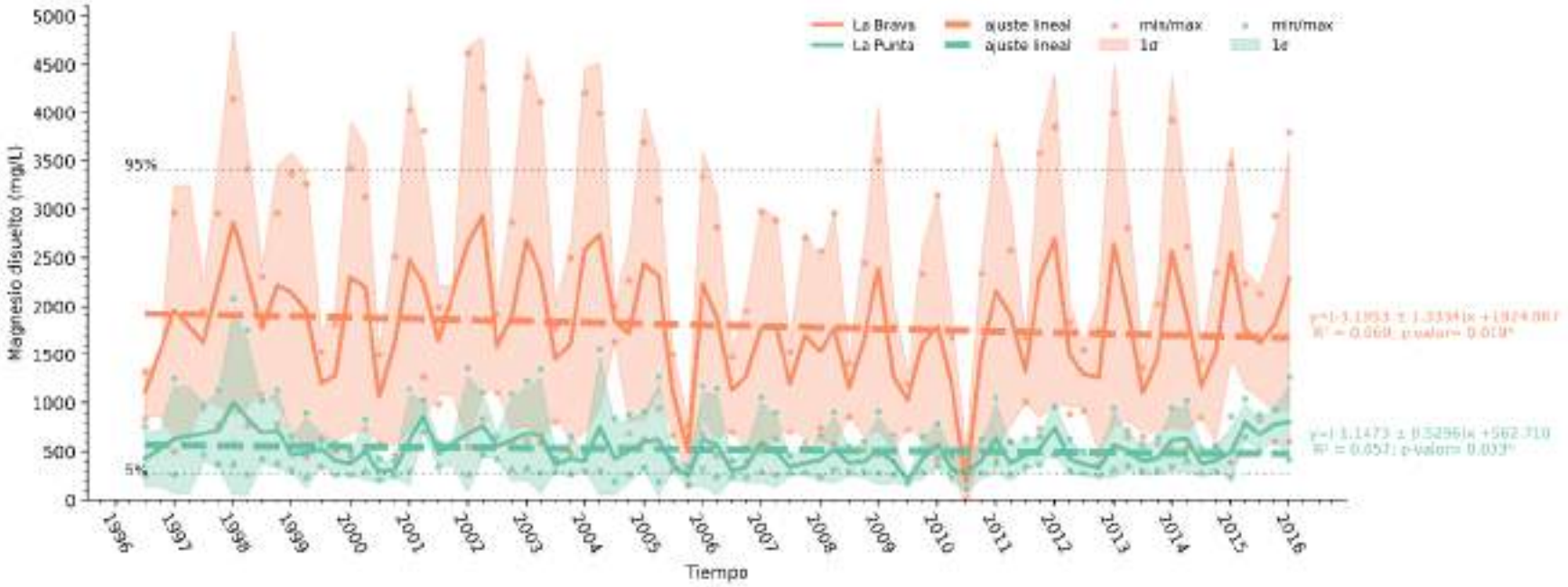


Figura 6-50 Análisis temporal y espacial de magnesio disuelto de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

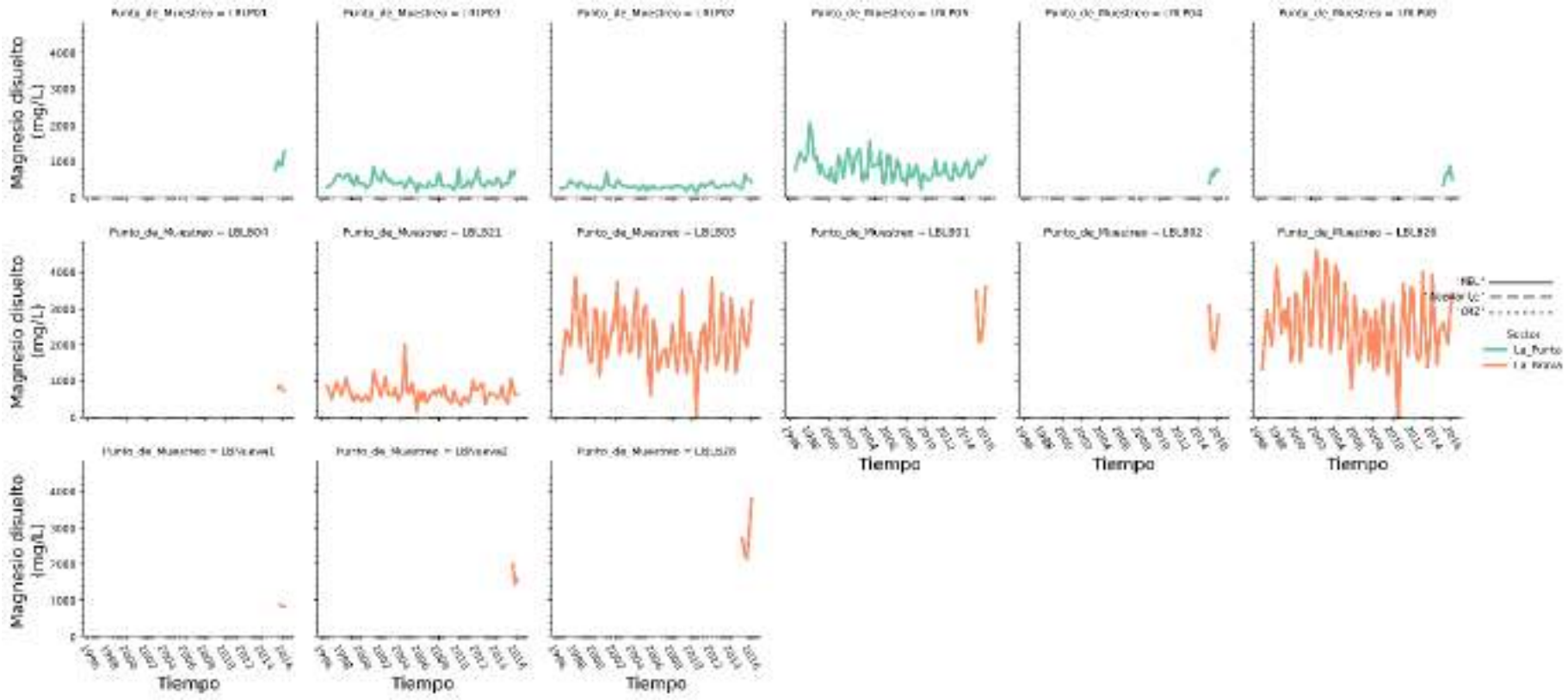


Figura 6-51 Análisis temporal de magnesio disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Potasio Disuelto (mg/L)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-52), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de concentración de potasio disuelto presenta tendencia a la baja para ambas lagunas. Ambos conjuntos difieren significativamente con un p-valor < 0,001 (MWtest). Por otra parte, ambas series de tiempo muestran variabilidad estacional, con mayores valores de concentraciones en invierno y menores en verano.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que presentan disminuciones significativas de concentraciones de potasio disuelto. Se obtiene también que la disminución observada tiene una pendiente para la serie de La Punta de -23,6816 mg/L/año y en La Brava una pendiente de -116.917 mg/L/año. Ambas regresiones lineales presentan correspondencia a un modelo lineal y pendientes significativamente distintas a cero, dado los r^2 de 0,2773 (La Punta) y 0,5661 (La Brava), y ambos p-valor < 0,001 (Wtest).

Posteriormente, al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (considerando LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26; todas con n=76; Figura 6-55), el KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algunos de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-37.

Tabla 6-37 Diferencias en puntos de muestreo de potasio disuelto

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	3,82E-15
LBLB03	LBLP02	6,89E-39
LBLB03	LBLP03	5,93E-28
LBLB03	LBLP05	5,02E-07
LBLB21	LBLB26	2,72E-14
LBLB21	LBLP02	1,76E-06
LBLB21	LBLP03	0,00964
LBLB21	LBLP05	0,016877
LBLB26	LBLP02	1,8E-37
LBLB26	LBLP03	9,13E-27
LBLB26	LBLP05	1,7E-06

Fuente: Elaboración propia

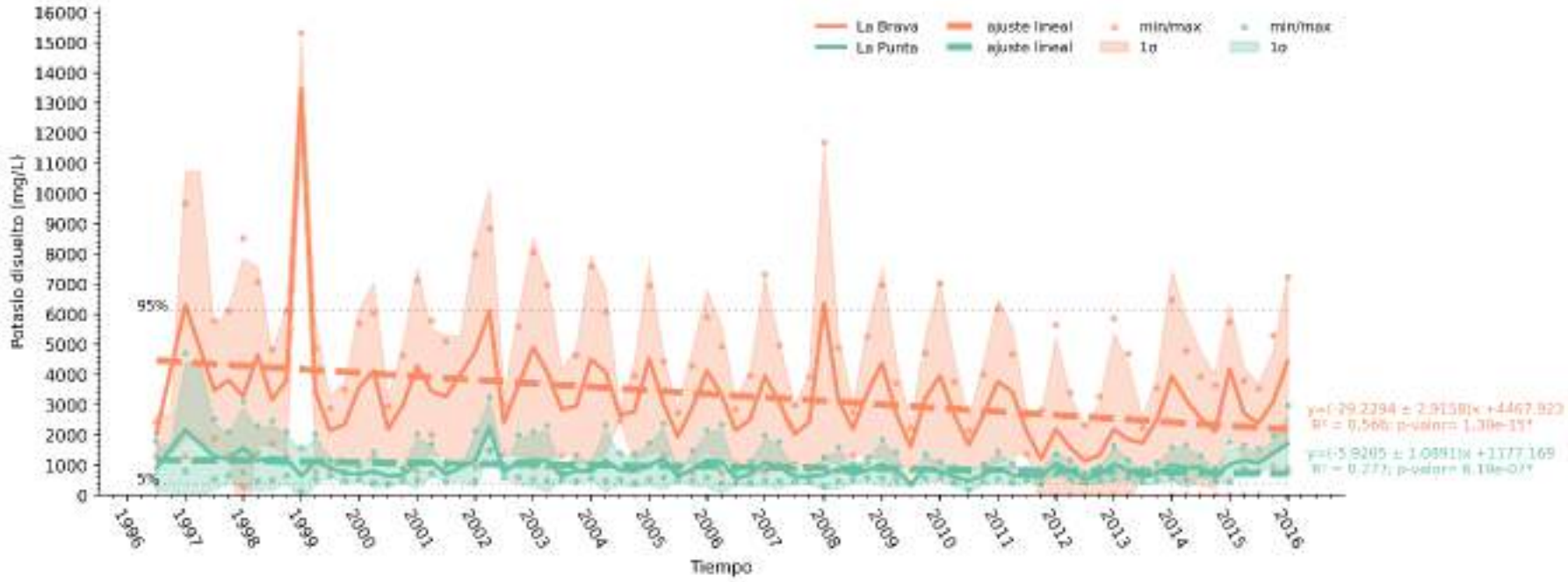


Figura 6-52 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

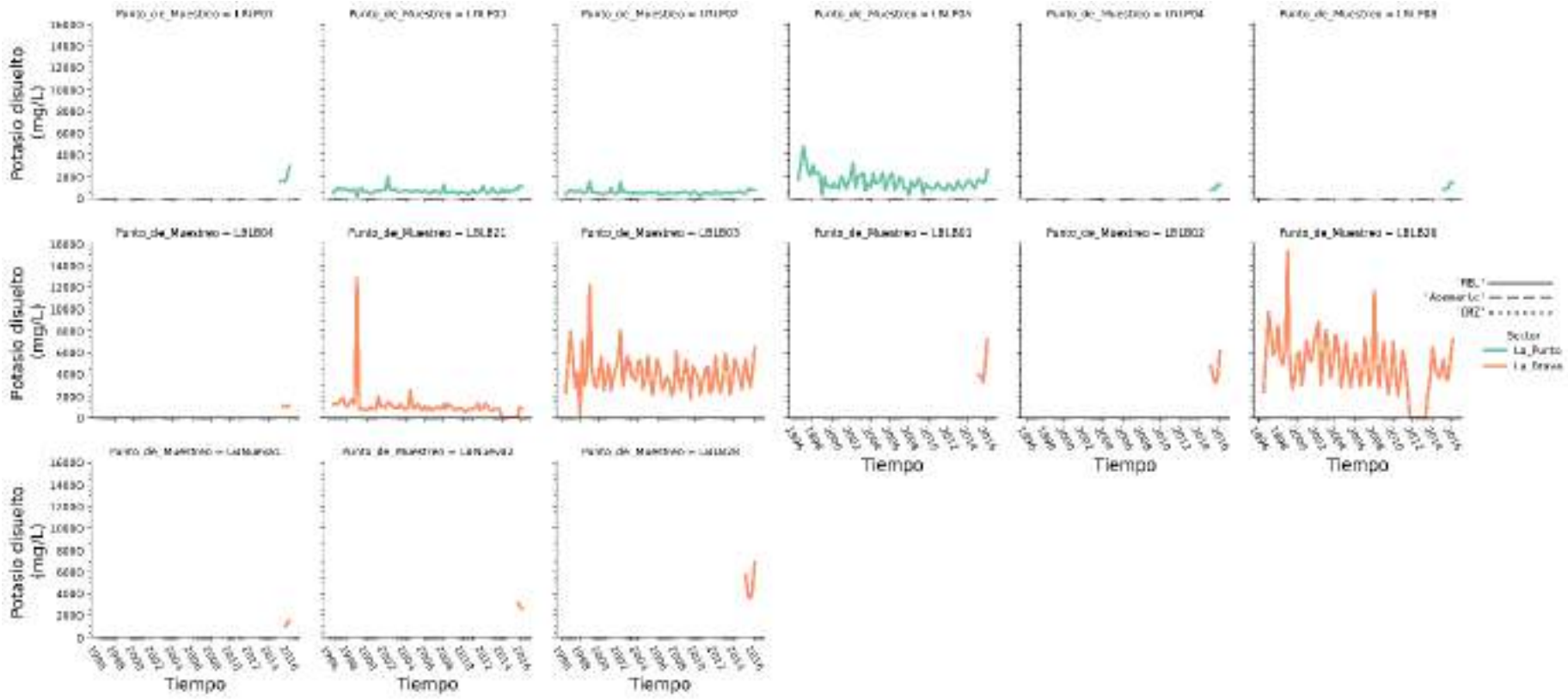


Figura 6-53 Análisis temporal de potasio disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Sodio Disuelto (mg/L)**

Se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-54), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, donde se observó una leve tendencia al aumento de las concentraciones de sodio disuelto hacia el presente tanto en La Punta como en el sistema lagunar La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie de Laguna La Punta obtiene un coeficiente de determinación superior a 0,10 y así una pendiente para el ajuste lineal significativamente negativa para la concentración de sodio disuelto hacia el presente (pendiente = -140,0676 mg/L/año; r^2 = 0,3593; Wtest p-valor < 0,001).

El KWtest (considerando LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26; todas con n=76) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2016.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-57), se realizó el análisis con los puntos de muestreo LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26, ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones (n=76). Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-38.

Tabla 6-38 Diferencias en puntos de muestreo de sodio disuelto

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	2,84E-15
LBLB03	LBLP02	2,84E-42
LBLB03	LBLP03	3,04E-31
LBLB03	LBLP05	3,54E-08
LBLB21	LBLB26	3,98E-17
LBLB21	LBLP02	8,68E-08
LBLB21	LBLP03	0,001023
LBLB26	LBLP02	2,24E-45
LBLB26	LBLP03	6,6E-34
LBLB26	LBLP05	1,96E-09
LBLP02	LBLP05	1,15E-14

Fuente: Elaboración propia.

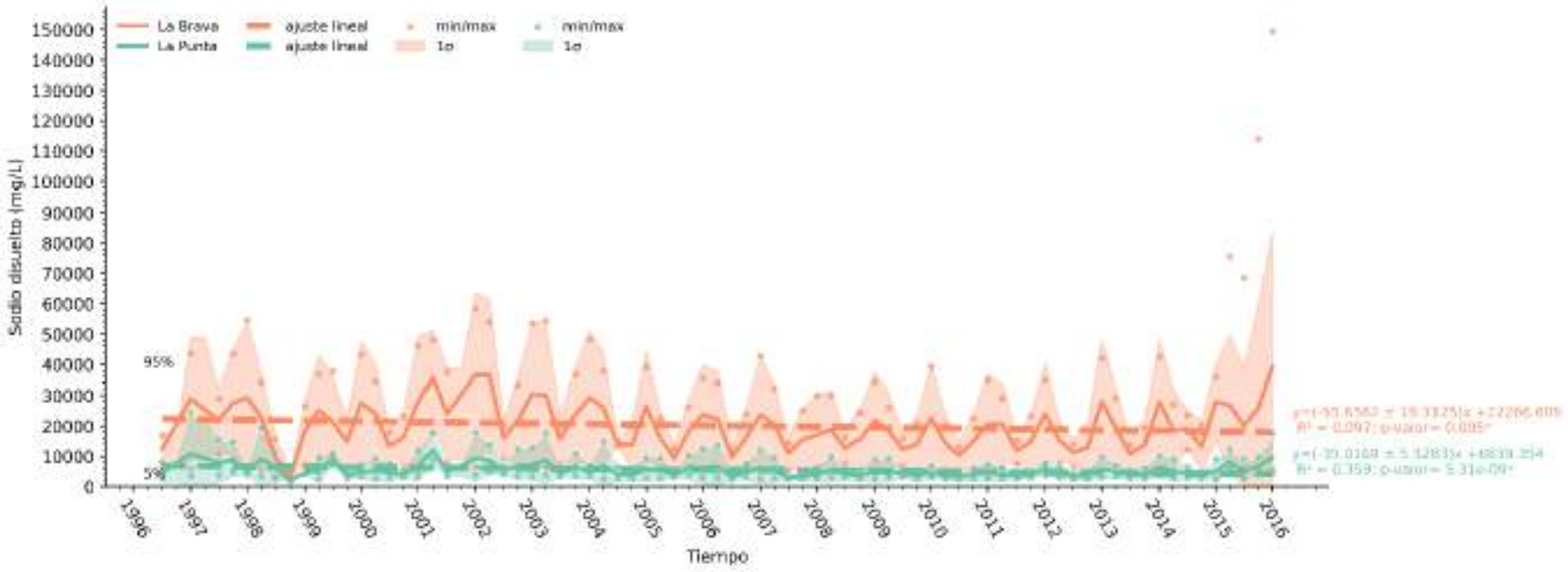


Figura 6-54 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

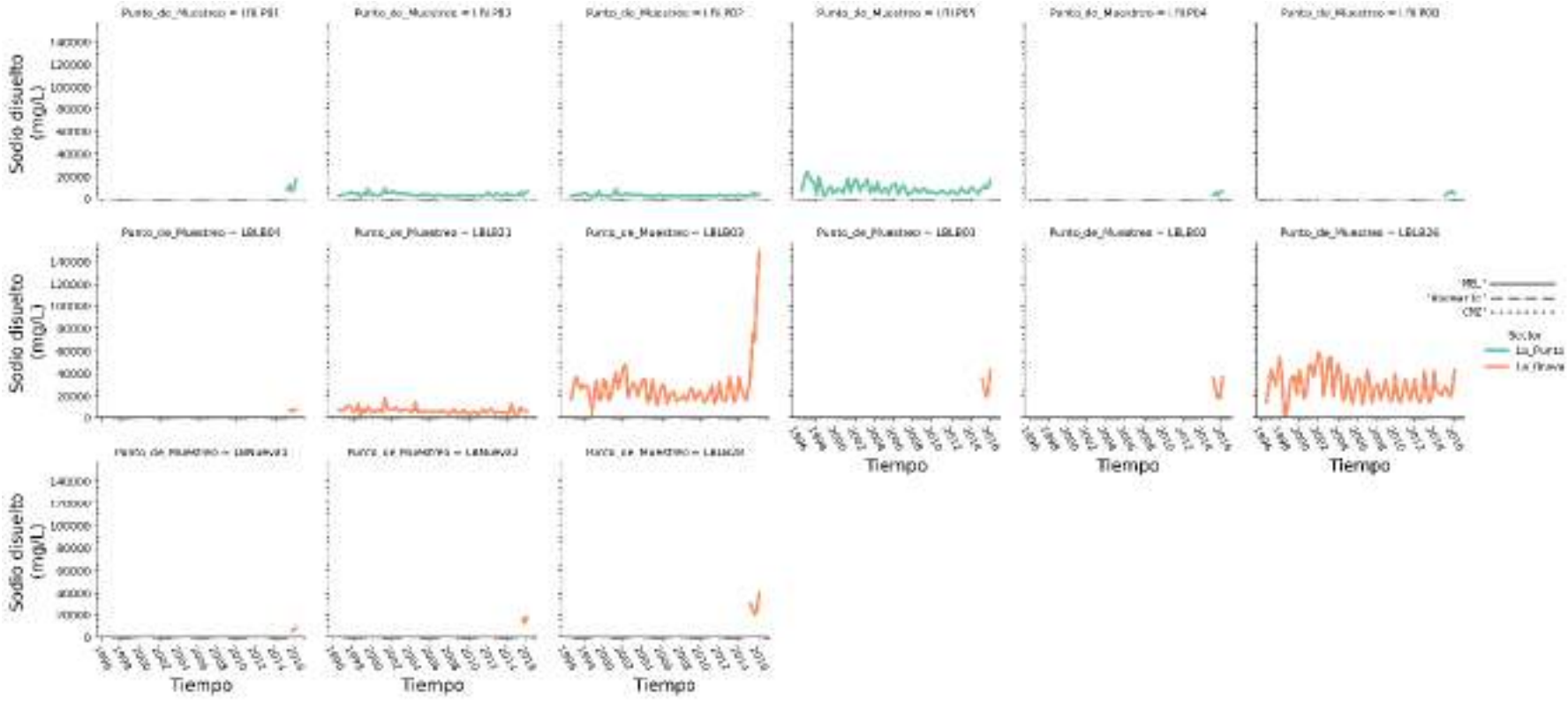


Figura 6-55 Análisis temporal de sodio disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Sulfato (mg/L)**

Para las concentraciones de sulfato, se analizó el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-56), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de sulfato de La Brava presenta en promedio valores mayores que los de La Punta en el período de 1996 a 2016 de manera continua. Además, ambos sistemas lagunares muestran una tendencia al aumento de las concentraciones de sulfato hacia el presente. Ambos conjuntos difieren estadísticamente con un p-valor < 0,001 (MWtest).

Por otra parte, ambas series de tiempo muestran variabilidad estacional, con mayores concentraciones en verano y menores en invierno, comportamiento coincidente con la variabilidad de las curvas de la temperatura.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que ambas lagunas muestran una tendencia de aumento significativo de concentración de sulfato, la serie de La Punta con una pendiente de 85,805 mg/L/año hacia el presente, y la serie de La Brava con una pendiente positiva de 95.232 mg/L/año. Esto se afirma según los valores de r^2 = 0,3613 y p-valor < 0,001 (Wtest) para La Punta y r^2 = 0,3128 y p-valor < 0,001 (Wtest) para la Brava.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (considerando LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26; todas con n=76; Figura 6-59), el KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-38.

Tabla 6-39 Diferencias en puntos de muestreo de sulfato

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	7,53E-06
LBLB03	LBLP02	1,08E-26
LBLB03	LBLP03	3,71E-19
LBLB03	LBLP05	2,47E-08
LBLB21	LBLB26	1,27E-10
LBLB21	LBLP02	1,06E-08
LBLB21	LBLP03	6,25E-05
LBLB26	LBLP02	1,2E-36
LBLB26	LBLP03	1,11E-27
LBLB26	LBLP05	4,48E-14
LBLP02	LBLP05	3,95E-06

Fuente: Elaboración propia.

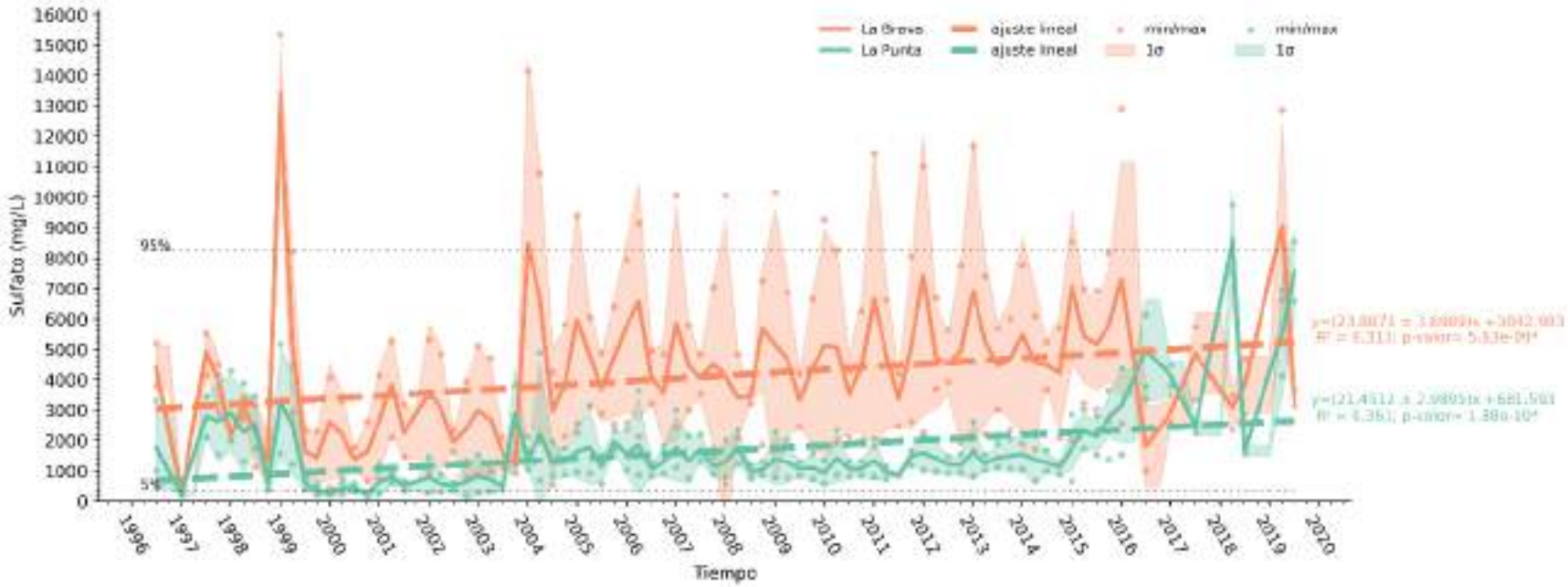


Figura 6-56 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

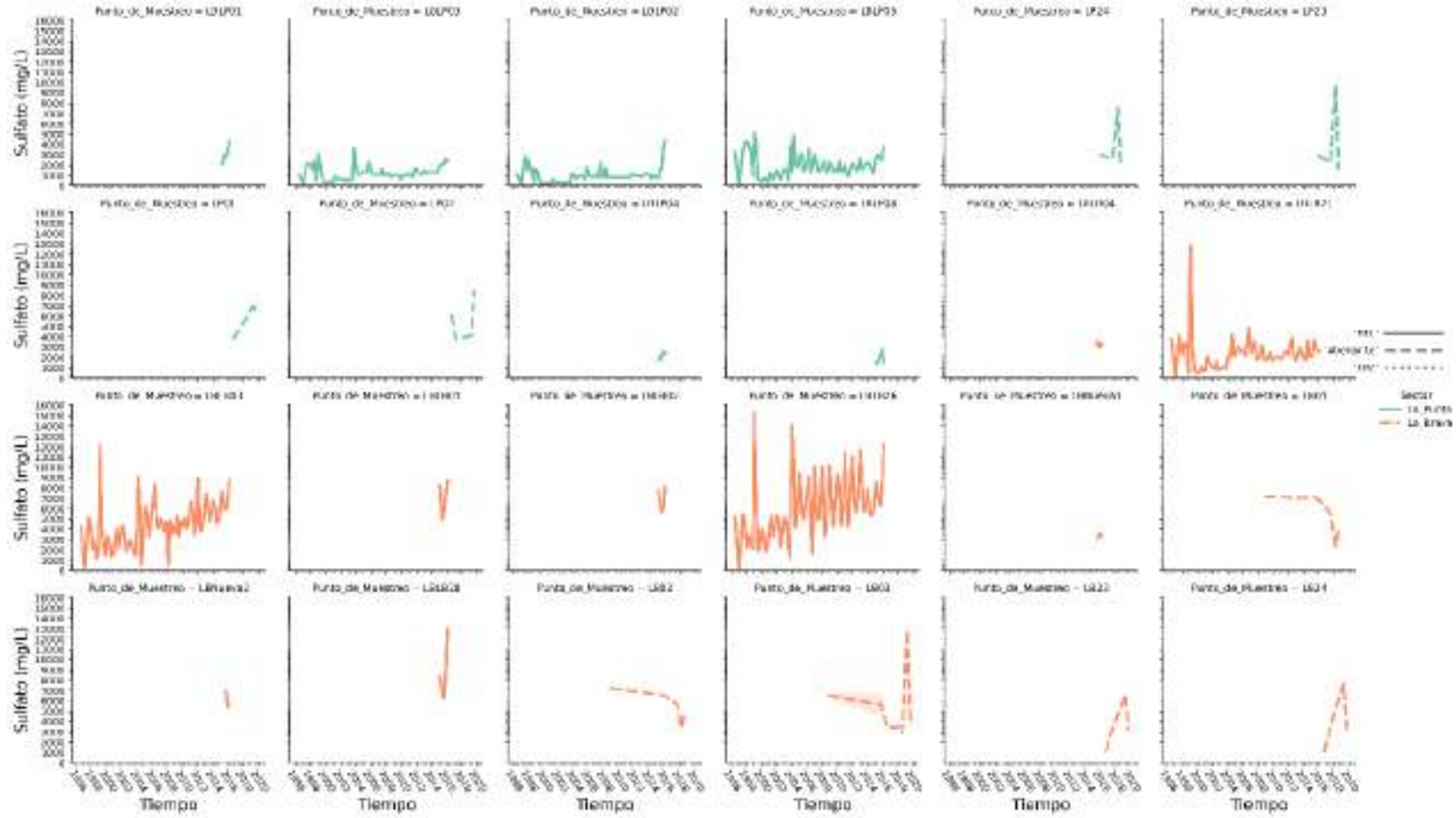


Figura 6-57 Análisis temporal de sulfato por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.10. Metales de lagunas superficiales

La determinación química de los metales en las lagunas superficiales fue obtenidos a través de la data generada por Minera Escondida a partir del año 1996 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones del año, Albemarle desde el año 2013 hasta 2019, con muestreos semestrales en invierno y verano, y Minera Zaldívar, con muestreos en 2016 y 2017. Cabe destacar que en estos últimos no hay continuidad respecto a los años.

Teniendo en cuenta la totalidad de los datos disponibles para los metales de lagunas superficiales, sin diferenciar origen de los datos, se obtienen los estadígrafos de la Tabla 6-40. Se observa una gran amplitud de la distribución de los datos al no discriminar entre empresa, puntos de muestreo, lagunas ni estación del año.

Tabla 6-40 Estadígrafos de metales en lagunas superficiales.

Parámetro	N observaciones	Promedio	SD	Mínima	Máxima	Moda	Mediana
Arsénico Disuelto (As mg/L)	350	3,798425239	4,079111827	0,0008	26,525	0,002	2,304
Boro Disuelto (B mg/L)	318	97,00050071	87,93121715	0,002	448	0,002	58,98915
Cadmio Disuelto (Cd mg/L)	356	0,000247895	0,000443623	0,000006	0,005	0,00003	0,00003
Cobre Disuelto (Cu mg/L)	355	0,005150361	0,007919037	0,00003	0,0948	0,005	0,004
Hierro Disuelto (Fe mg/L)	357	0,016058288	0,023738966	0	0,274	0,006	0,009
Litio Disuelto (Li mg/L)	207	117,3984086	128,3287527	0	1106	0,0003	61,7
Plomo Disuelto (Pb mg/L)	371	0,288626156	1,119457182	0	6,468	0,00003	0,001
Zinc Disuelto (Zn mg/L)	348	0,014266193	0,026831027	0	0,2302	0,0005	0,008

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se presentan los datos de manera espacial, por laguna (Tabla 6-41). Se observa que la Laguna La Punta registra el máximo de arsénico disuelto (19,40 mg/L), el mayor valor de boro disuelto (449 mg/L), valores máximos de cadmio disuelto (0,01 mg/L), registros máximos de cobre disuelto (0,09 mg/L). En tanto, los valores mínimos de hierro disuelto (0,01 mg/L), litio disuelto (0,01 mg/L), plomo disuelto (0,02 mg/L) y zinc disuelto (0,01 mg/L) se registran en la Laguna La Brava.

Tabla 6-41 Estadígrafos por laguna de metales

Parámetro	Arsénico Disuelto (mg/L)		Boro Disuelto (mg/L)		Cadmio Disuelto (mg/L)		Cobre Disuelto (mg/L)		Hierro Disuelto (mg/L)		Litio Disuelto (mg/L)		Plomo Disuelto (mg/L)		Zinc Disuelto (mg/L)	
	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP
N observaciones	44,00	32,00	164,00	154,00	182,00	174,00	182,00	173,00	181,00	176,00	108,00	99,00	194,00	177,00	178,00	170,00
Promedio	6,82	2,24	142,44	48,61	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	178,16	51,11	0,32	0,26	0,01	0,01
SD	4,55	1,05	100,15	27,67	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	151,41	32,84	1,10	1,14	0,02	0,03
Mínima	1,18	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máxima	19,40	4,75	448,00	181,10	0,01	0,00	0,09	0,02	0,20	0,27	1106,00	193,30	6,47	6,47	0,21	0,23
MWtest (p-valor)	1,96027E-12		8,83614E-15		0,34267263		0,001566208		0,48738086		0,012052686		1,29127E-09		0,47354821	
Dif.sig.	sí		sí		no		sí		no		sí		sí		no	

Fuente: Elaboración propia. Dif.sig: diferencia significativa; LP: La Punta; LB: La Brava

- **Arsénico Disuelto (mg/L)**

Se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-58), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una leve tendencia al aumento de las concentraciones de arsénico disuelto hacia el presente tanto en La Punta como en el sistema lagunar La Brava. El mínimo reportado (0,0008 mg/L) en otoño 2008 en La Punta y el máximo (26,52 mg/L) en primavera 2013 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que tanto las series de Laguna La Punta, como La Brava muestran una baja pero considerable correspondencia con un modelo lineal y una leve pendiente significativamente positiva de concentración de arsénico hacia el presente. Los valores para las pendientes son 0,0552 mg/L/año y 0,2744 mg/L/año, con un r^2 de 0,1378 y 0,1636, con p-valor < 0,001 (Wtest), respectivamente para La Punta y La Brava.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-59), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo (LBLP03 n=52, LBLP02 n=52, LBLP05 n=51, LBLB21 n=51, LBLB03 n=52 y LBLB26 n=52). El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-42.

Tabla 6-42 Diferencias de puntos de muestro de arsénico disuelto

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	0,011054
LBLB03	LBLP02	1,35E-09
LBLB03	LBLP03	1,03E-05
LBLB03	LBLP05	0,020797
LBLB21	LBLB26	0,004618
LBLB26	LBLP02	1,94E-10
LBLB26	LBLP03	2,34E-06
LBLB03	LBLB21	0,011054
LBLB03	LBLP02	1,35E-09
LBLB03	LBLP03	1,03E-05
LBLB03	LBLP05	0,020797

Fuente: Elaboración propia.

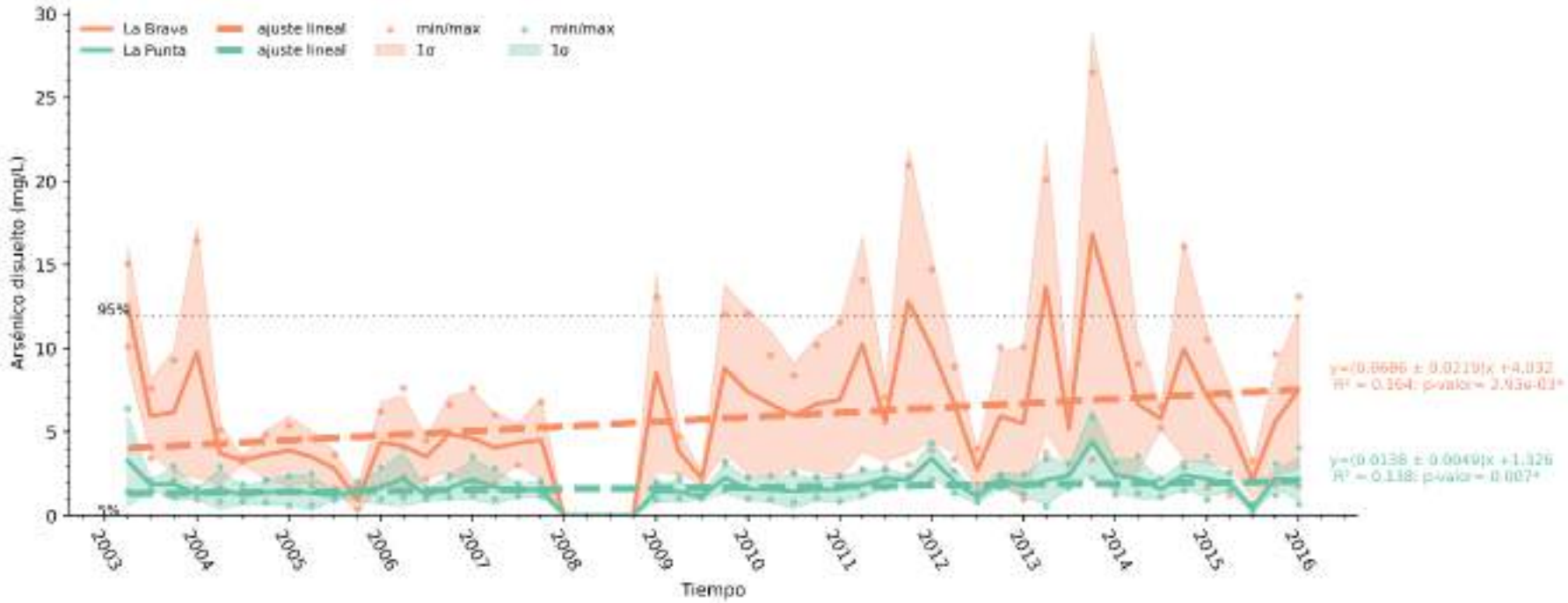


Figura 6-58 Análisis temporal y espacial de Arsénico disuelto de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

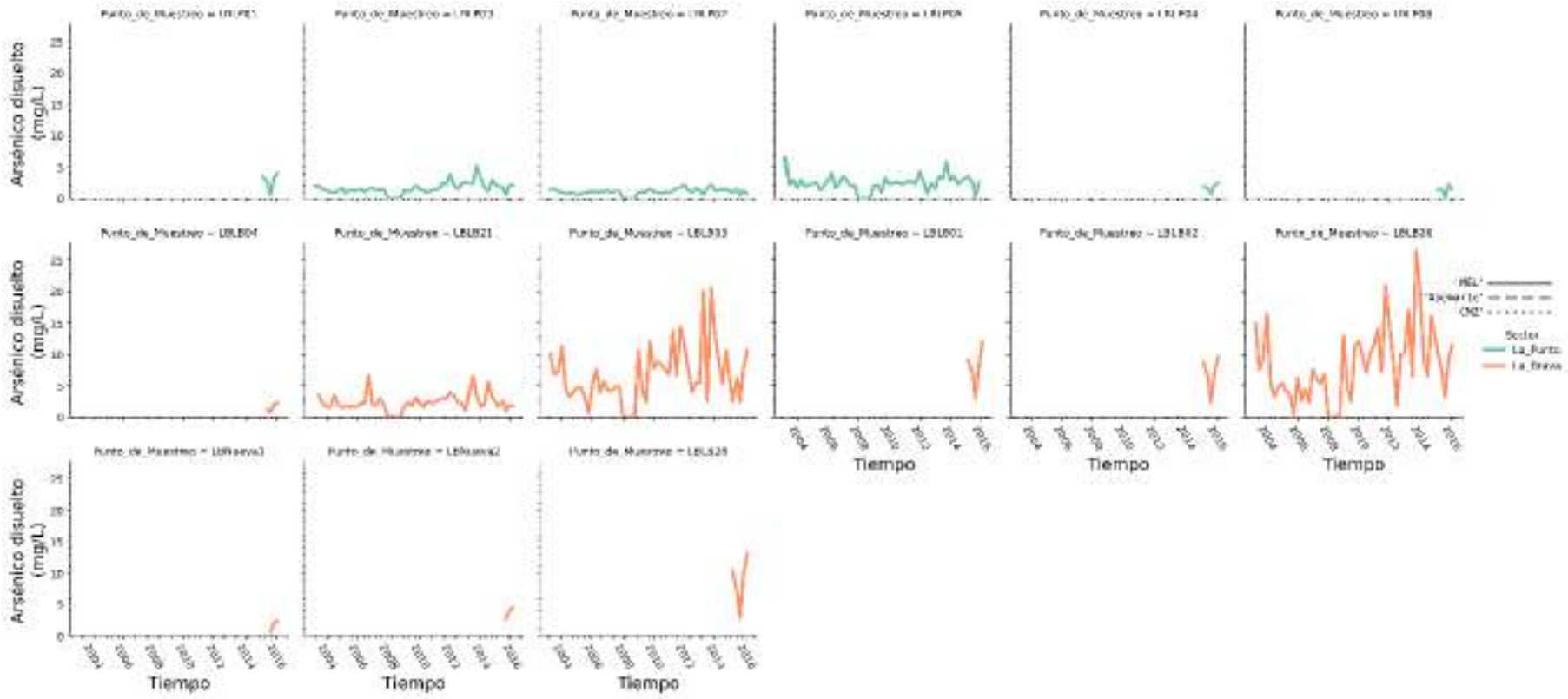


Figura 6-59 Análisis temporal de arsénico disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Boro Disuelto (mg/L)**

Se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-60), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una leve tendencia a la disminución de las concentraciones de boro disuelto hacia el presente tanto en La Punta como en el sistema lagunar La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo serie de Laguna La Punta muestra un coeficiente de determinación >0,10, así como una pendiente significativamente positiva concentración de boro disuelto hacia el presente (pendiente = 1.598 mg/L/año; r^2 = 0,3403; p-valor < 0,001).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-63), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo (LBLP03 n=49, LBLP02 n=44, LBLP05 n=47, LBLB21 n=44, LBLB03 n=46 y LBLB26 n=49). El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2016.

Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-43.

Tabla 6-43 Diferencias en puntos de muestreo de boro disuelto

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	0,034187
LBLB03	LBLP02	1,45E-13
LBLB03	LBLP03	6,27E-19
LBLB03	LBLP05	8,75E-10
LBLB21	LBLB26	0,003005
LBLB21	LBLP02	3,64E-06
LBLB21	LBLP03	7,76E-10
LBLB21	LBLP05	0,001011
LBLB26	LBLP02	1,99E-16
LBLB26	LBLP03	2,65E-22
LBLB26	LBLP05	3,65E-12

Fuente: Elaboración propia.

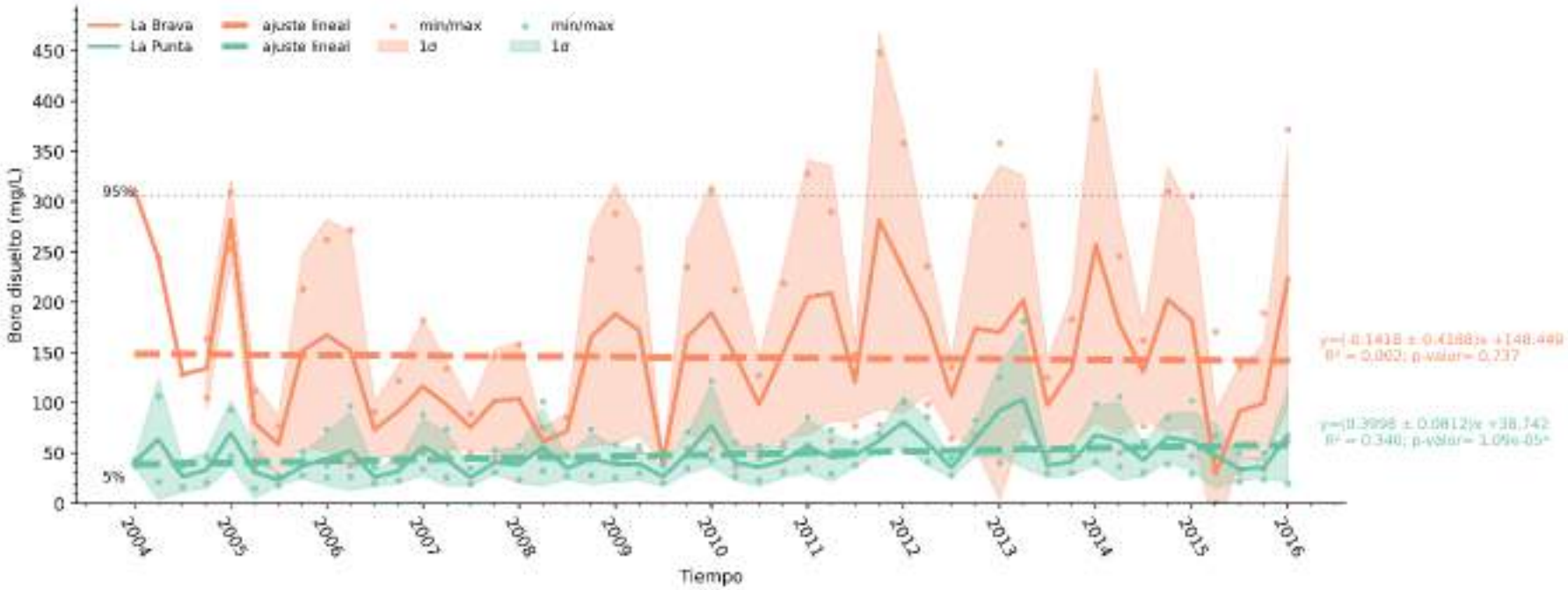


Figura 6-60 Análisis temporal y espacial de boro disuelto de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

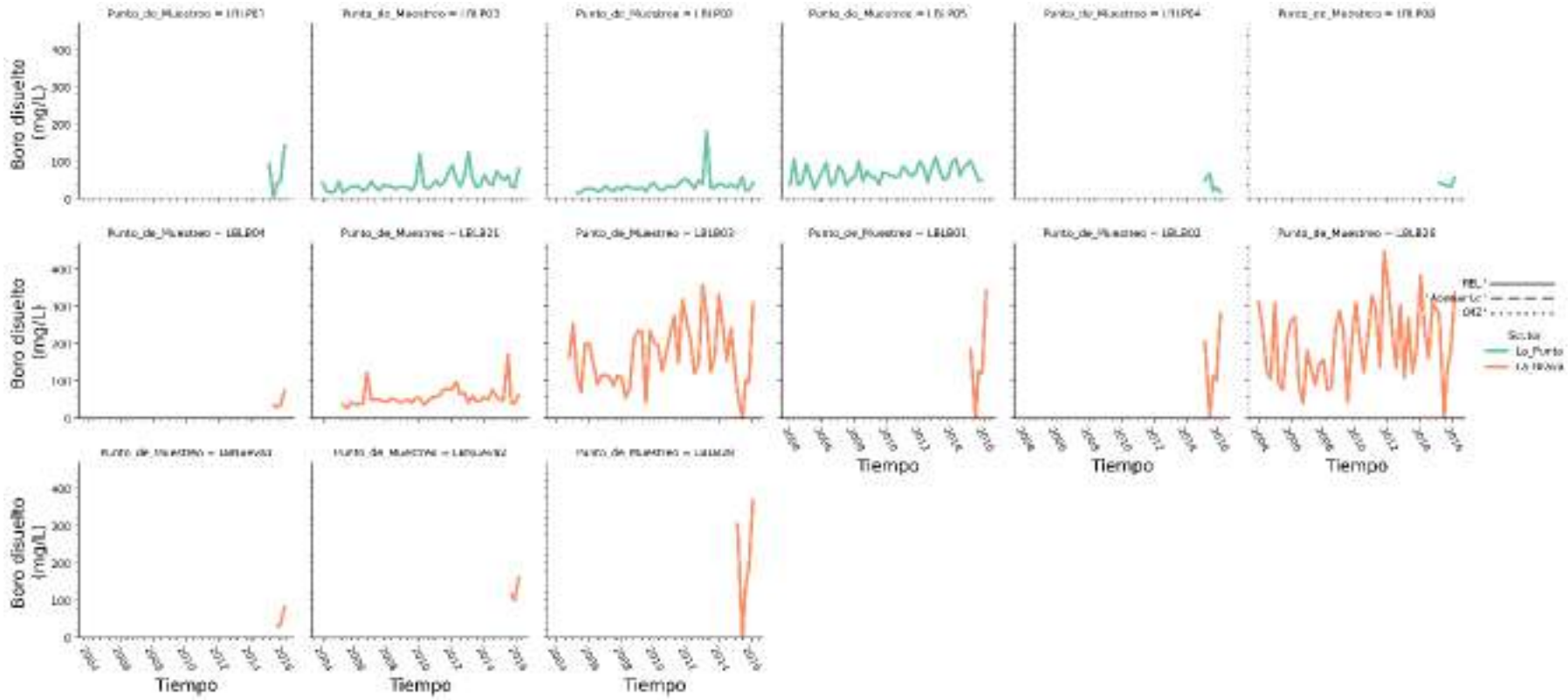


Figura 6-61 Análisis temporal de boro disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Cadmio Disuelto (mg/L)**

Los valores de cadmio disuelto reportados por Minera Escondida son a partir de 2010 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones de cada año, se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-62), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una leve tendencia al aumento, a su vez, la curva de cadmio disuelto de La Brava presenta el mismo patrón de variación hasta el año 2016, con promedios mayores que los de La Punta de manera continua. No hay evidencia de diferencias significativas entre ambos conjuntos (p-valor > 0,05 MWtest).

Los valores de cadmio disuelto muestran una leve tendencia al aumento en La Punta y en mayor proporción en La Brava hacia el presente, además de mostrar también la variabilidad estacional ya registrada en los parámetros *in situ.* El mínimo reportado (0,000006 mg/L) en invierno 2014 y el máximo (0,0005 mg/L) en otoño 2015 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que ambas lagunas muestran una tendencia de aumento significativo de concentración de cadmio disuelto. La serie de La Punta presenta una pendiente significativamente positiva de 0,00004 mg/L/año hacia el presente (r^2 = 0,4124; Wtest p-valor < 0,001), a su vez, La Brava presenta una pendiente significativamente positiva de 0,00005 mg/L/año (r^2 = 0,3932; Wtest p-valor < 0,001).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-63), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo (LBLP03 n=53, LBLP02 n=53, LBLP05 n=53, LBLB21 n=51, LBLB03 n=53 y LBLB26 n=53). El ANOVA de una vía arroja como resultado que no se determinan diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor > 0,05, utilizando los datos del período 2010-2016. Se pudo ocupar ANOVA para este conjunto de datos ya que los puntos de muestreo para esta variable presentan normalidad (Test de Shapiro-Wilk, todo p-valor > 0,05) y homocedasticidad (Test de Bartlett p-valor > 0,05).

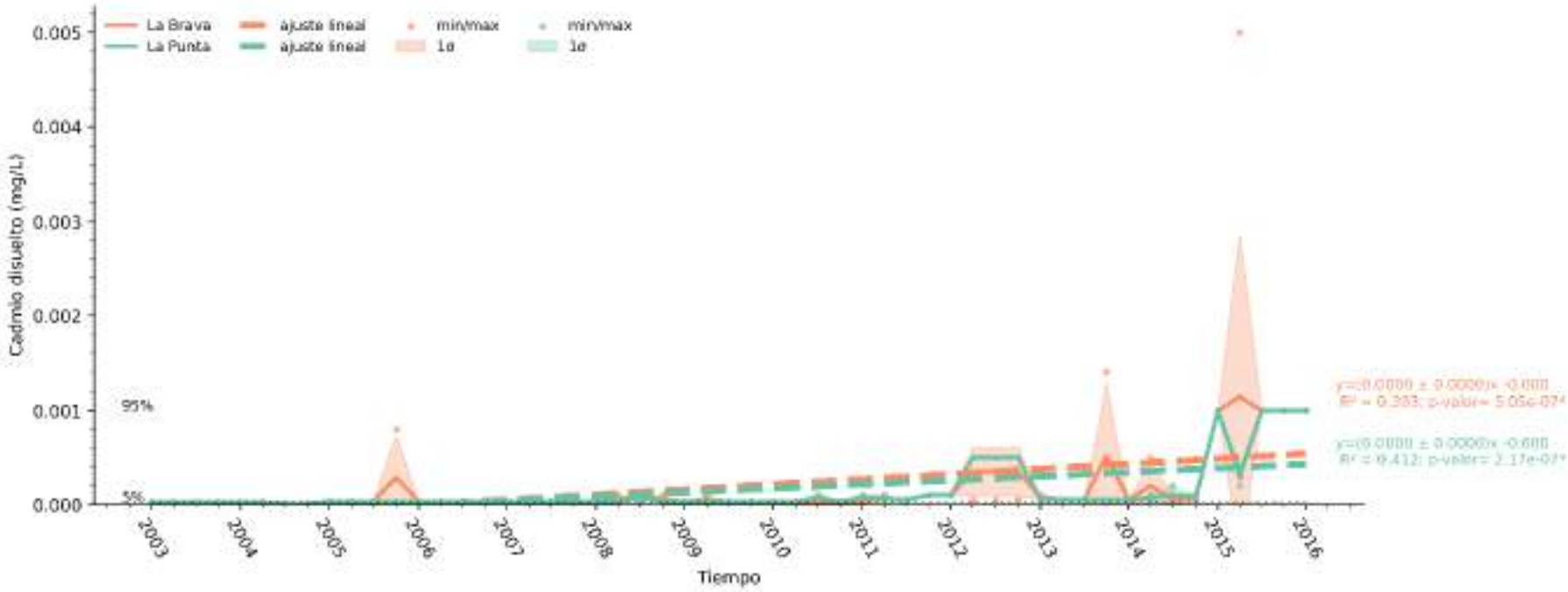


Figura 6-62 Análisis temporal y espacial de cadmio disuelto de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

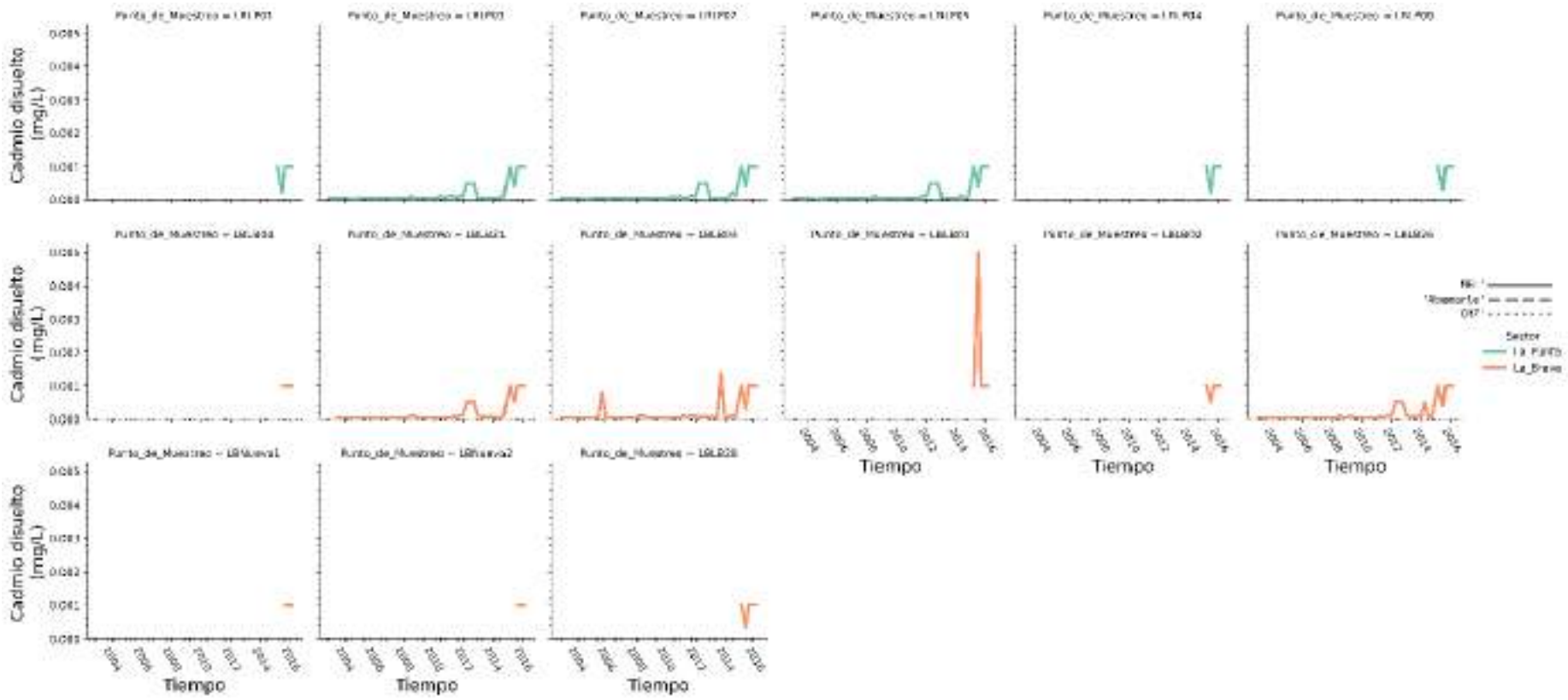


Figura 6-63 Análisis temporal de cadmio disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Cobre Disuelto (mg/L)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-64), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó un leve aumento en la tendencia de concentraciones de cobre disuelto, tomando datos desde el 2003 hasta el 2016.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que la serie de Laguna La Punta muestra una leve tendencia al aumento de concentración de cobre disuelto hacia el presente (pendiente = 0,00023 mg/L/año), resultando con un considerable coeficiente de determinación y un pendiente significativamente distinto a cero (r^2 = 0,636; Wtest p< 0,001). La serie de La Brava por su parte, también resulta significativa (r^2 = 0,1662; Wtest p-valor < 0,05) con la pendiente = 0,00033 mg/L/año.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-65), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo. Este análisis se realizó con los puntos de muestreo LBLP03 (n=53), LBLP02 (n=53), LBLP05 (n=53), LBLB21 (n=51) y LBLB03 (n=53), LBLB26 (n=53), ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones. El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,05 utilizando los datos del período 2003-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, obteniendo como resultado que LBLB26 y LBLP02 presentan diferencias significativas con un p-valor < 0,05.

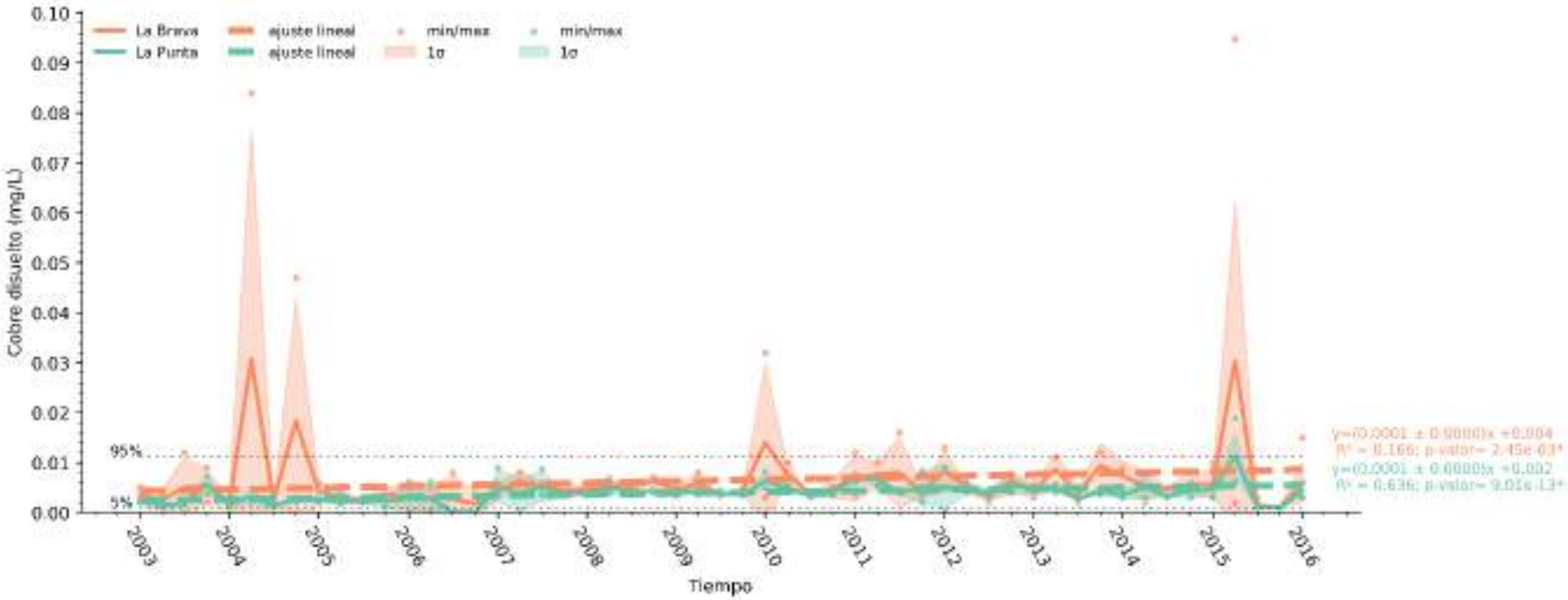


Figura 6-64 Análisis temporal y espacial de cobre disuelto de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± ±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

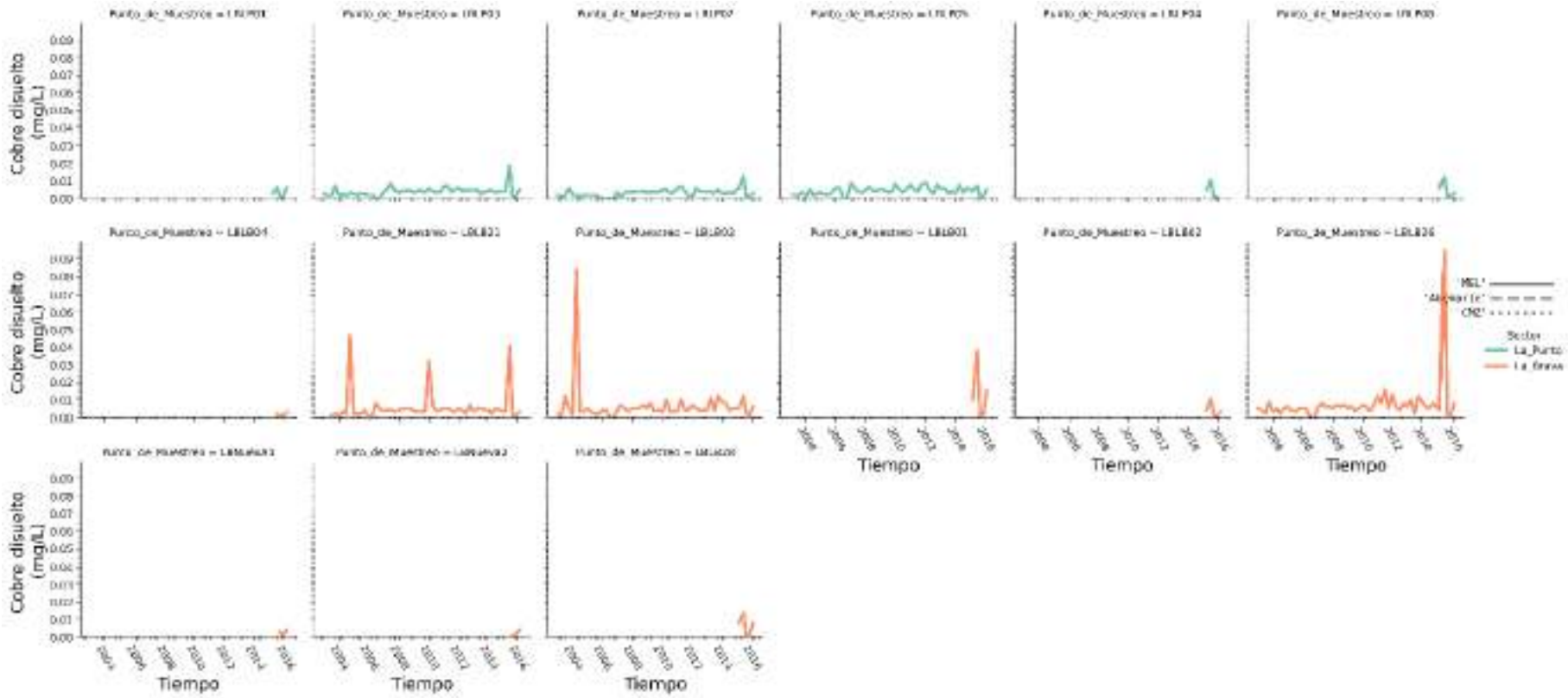


Figura 6-65 Análisis temporal de cobre disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Hierro Disuelto (mg/L)**

Los valores de hierro disuelto reportados por Minera Escondida son a partir de 1996 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones de cada año, se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-66), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una leve tendencia al aumento en La Punta, mientras que en La Brava presenta el mismo patrón a la inversa. También se observan promedios mayores en La Punta de manera continua. Se representan diferencias significativas entre ambos conjuntos con p-valor < 0,05 (MWtest).

Los valores de hierro disuelto muestran una leve tendencia al aumento en La Punta y en mayor proporción en La Brava hacia el presente, además de mostrar también la variabilidad estacional ya registrada en los parámetros *in situ.* El mínimo reportado (0,000006 mg/L) en invierno 2014 y el máximo (0,0005 mg/L) en otoño 2015 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie de La Punta muestra un coeficiente de determinación considerable (r^2>0,10), con una pendiente significativamente positiva para la concentración de hierro disuelto hacia el presente (pendiente = 0,0008 mg/L/año; r^2= 0,3308; Wtest p-valor < 0,05). A su vez, el ajuste lineal aplicado a la serie de La Brava no presenta una correspondencia a un modelo lineal dado su bajo coeficiente de determinación (r^2>0,081).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos metales de lagunas superficiales presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, pero para el caso del hierro disuelto, se presenta un p-valor de 0,512 (considerando LBLP03 n=54, LBLP02 n=53, LBLP05 n=54, LBLB21 n=51, LBLB03 n=52 y LBLB26 n=53), lo que indica que los puntos de muestreo con los datos existentes no difieren significativamente entre sí.

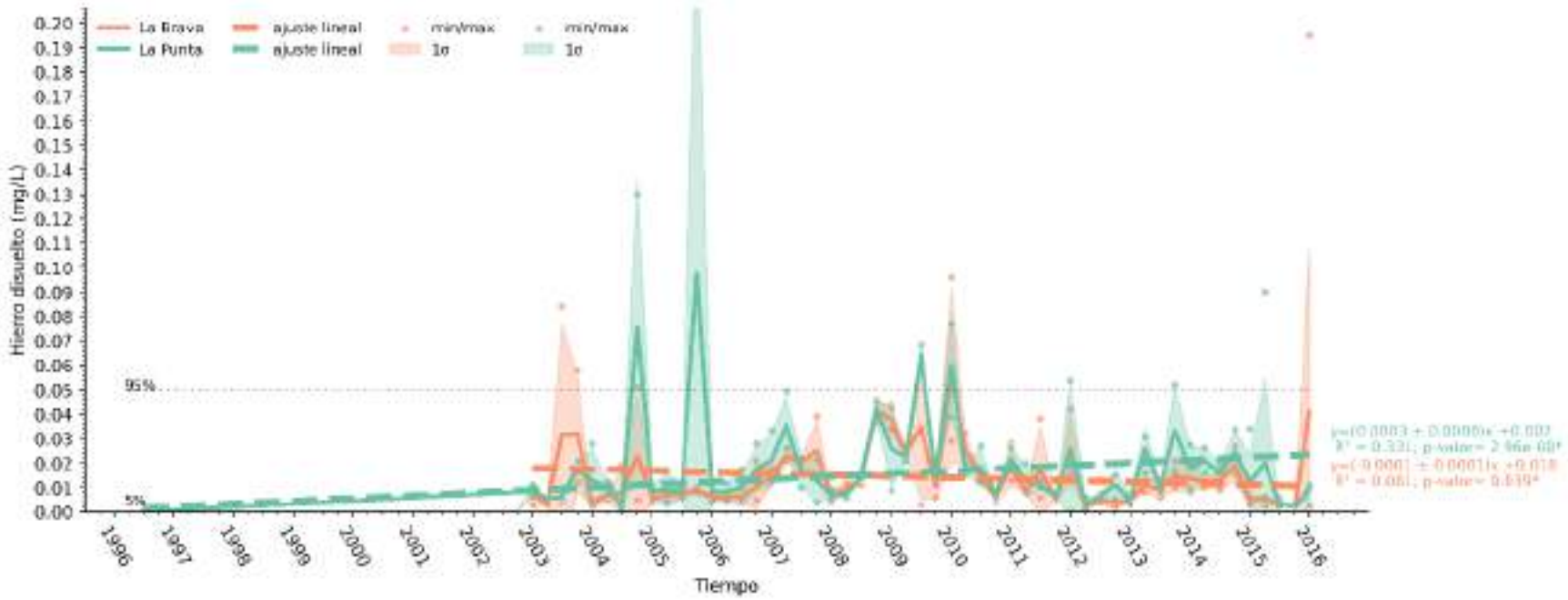


Figura 6-66 Análisis temporal y espacial de hierro disuelto de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

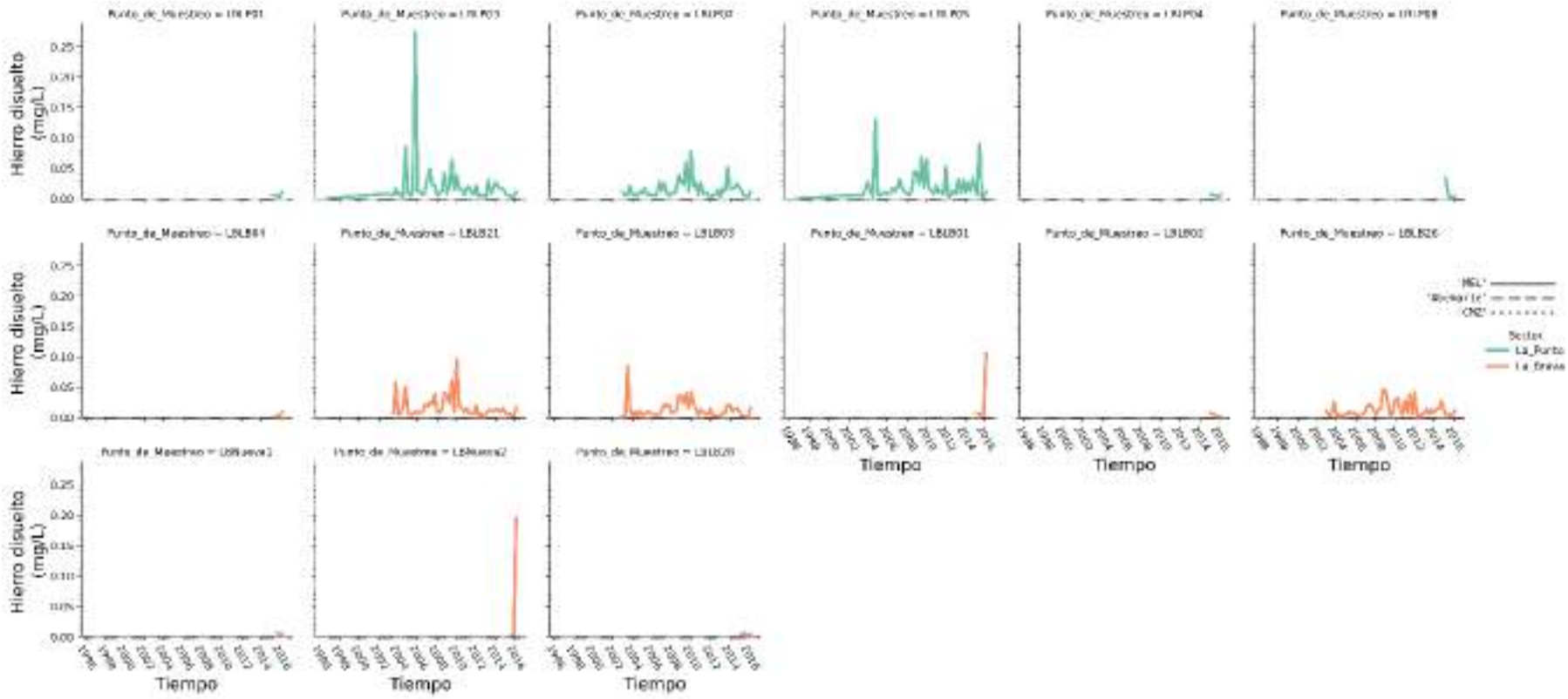


Figura 6-67 Análisis temporal de hierro disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Litio Disuelto (mg/L) (No Metálico)**

Los valores de litio disuelto reportados por Minera Escondida son a partir de 2009 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones de cada año, se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-68), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una leve tendencia a la disminución tanto en La Punta como en La Brava. También se observan promedios mayores en La Punta de manera continua. Se representan diferencias significativas entre ambos conjuntos con un p-valor < 0,001 (MWtest). El mínimo reportado (1,1 mg/L) en invierno 2015 en La Punta y el máximo (57,1 mg/L) en invierno 2015 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie de La Brava presenta un coeficiente de determinación sobre 0,10 para la concentración de litio disuelto, con una pendiente de -9.47 mg/L/año, aunque estadísticamente indistinguible de cero, hacia el presente, (r^2= 0,1106 y Wtest p-valor > 0,05). A su vez, la serie de litio disuelto de La Punta no presenta una correspondencia a un modelo lineal (r^2 = 0,024).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos metales de lagunas superficiales presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, para el caso del litio disuelto, no presenta suficiente continuidad de la serie temporal, lo que indica que los puntos de muestreo con los datos existentes difieren significativamente entre sí.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-69), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo. Este análisis se realizó con los puntos de muestreo LBLP03 (n=29), LBLP02 (n=29), LBLP05 (n=28), LBLB21 (n=28) y LBLB03 (n=26), LBLB26 (n=29), ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones. El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001 utilizando los datos del período 2009-2016. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, pero no se obtuvo ningún par de estaciones con un p-valor < 0,05, por lo que no hay evidencia de qué puntos estarían difiriendo de otros. Esto puede ser producto de la baja cantidad de observaciones.

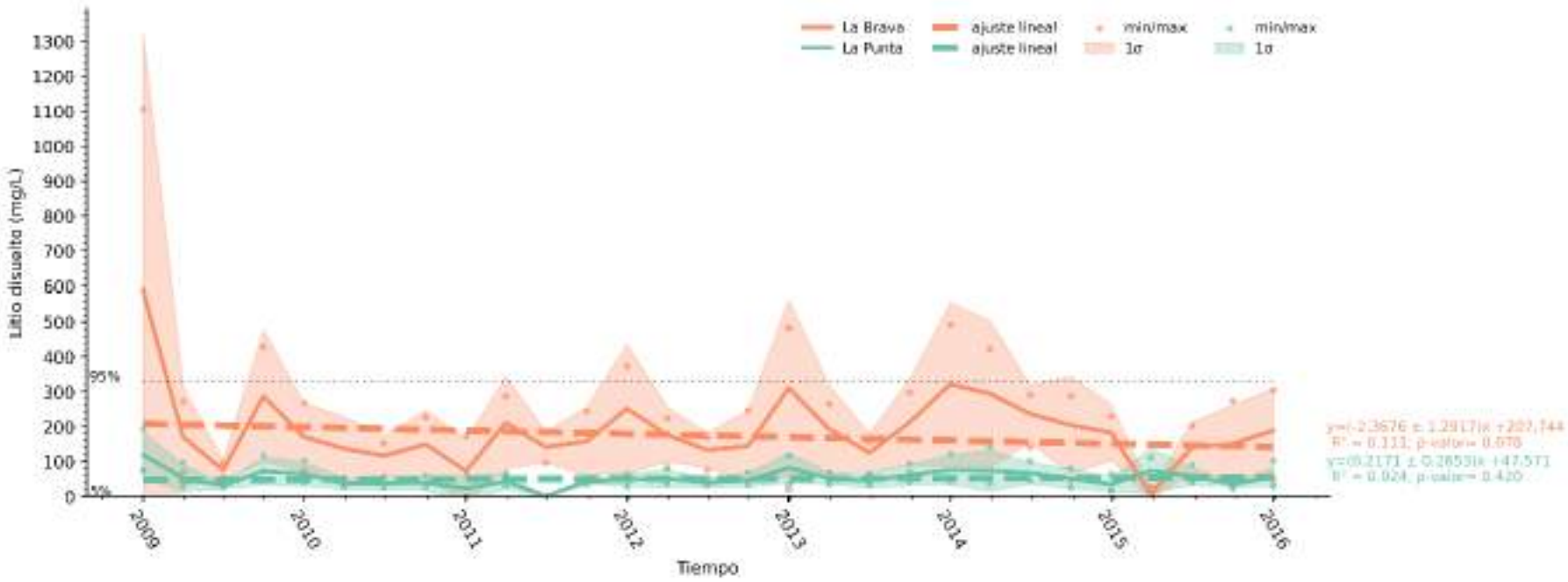
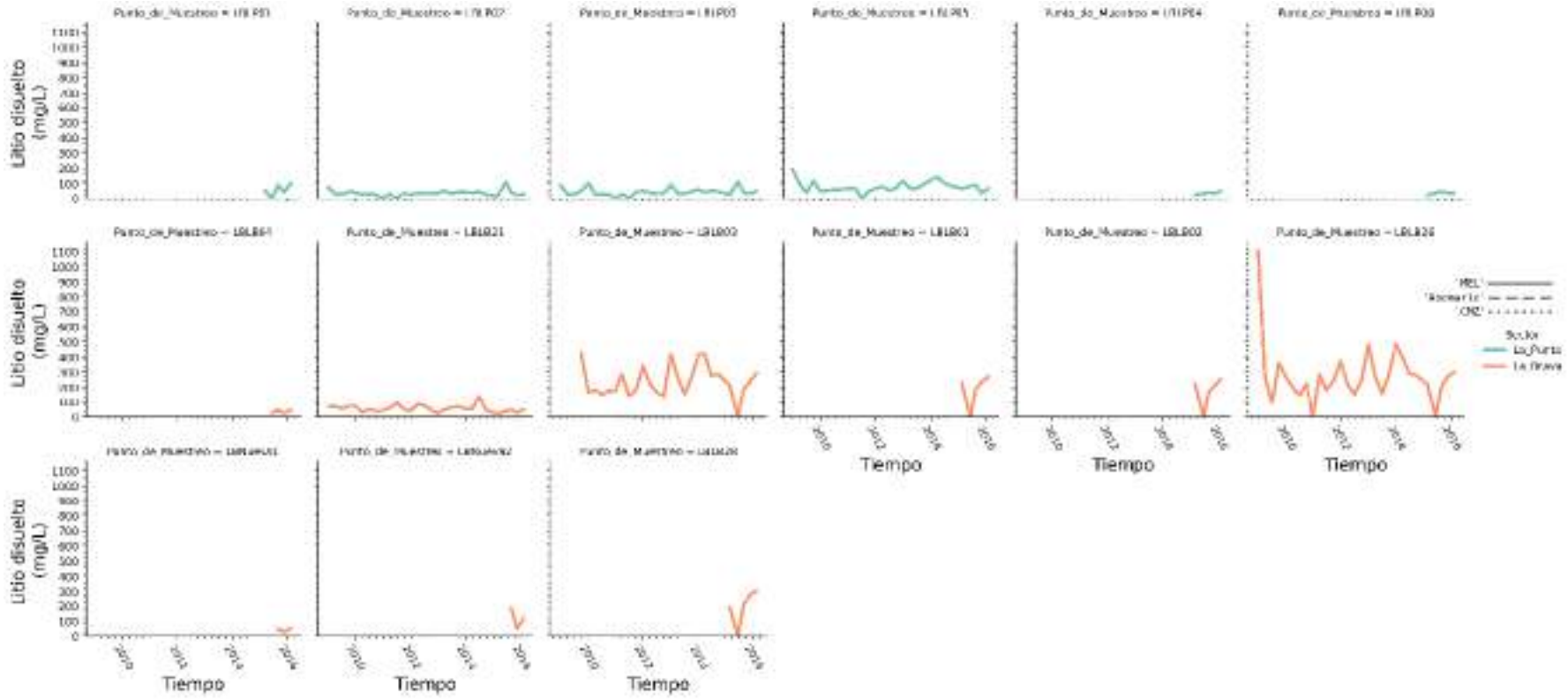


Figura 6-68 Análisis temporal y espacial de litio disuelto de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± ±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.


Litio disuelto (mg/L)
Tiempo
Punto_de_Muestreo = LBLB01
Punto_de_Muestreo = LBLB02
Punto_de_Muestreo = LBLB03
Punto_de_Muestreo = LBLB04
Punto_de_Muestreo = LBLB05
Punto_de_Muestreo = LBLB06
Punto_de_Muestreo = LBLB07
Punto_de_Muestreo = LBLB08
Punto_de_Muestreo = LBLB09
Punto_de_Muestreo = LBLB10
Punto_de_Muestreo = LBLB11
Punto_de_Muestreo = LBLB12
Punto_de_Muestreo = LBLB13
Punto_de_Muestreo =

- **Plomo Disuelto (mg/L)**

Los valores de plomo disuelto reportados por Minera Escondida son a partir de 2003 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones de cada año, se analiza el set de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-70), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una tendencia al aumento tanto en La Punta como en La Brava. También se observan promedios mayores en La Punta de manera continua. Por su parte, no se representan diferencias significativas entre ambos conjuntos con p-valor > 0,05 (MWtest).

Los valores de plomo disuelto muestran una tendencia al aumento en La Brava y en mayor proporción en La Punta hacia el presente, el mínimo reportado (0,0001 mg/L) en primavera 2018 en La Punta y el máximo anómalo (6468 mg/L) en verano 2014 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que se presentan tendencias de aumento significativo de concentraciones de plomo disuelto, y se obtiene también que el aumento observado tiene una pendiente en La Punta de 0,07408 mg/L/año (r^2 de 0,6585; Wtest p-valor < 0,01) y en La Brava una pendiente de 0,08112 mg/L/año (r^2=0,3424; Wtest p-valor < 0,001).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos metales de lagunas superficiales presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, pero para el caso del plomo disuelto, se presenta un p-valor > 0,05 (considerando LBLP03 n=53, LBLP02 n=53, LBLP05 n=53, LBLB21 n=51, LBLB03 n=53 y LBLB26 n=53), lo que indica que los puntos de muestreo con los datos existentes no difieren significativamente entre sí.

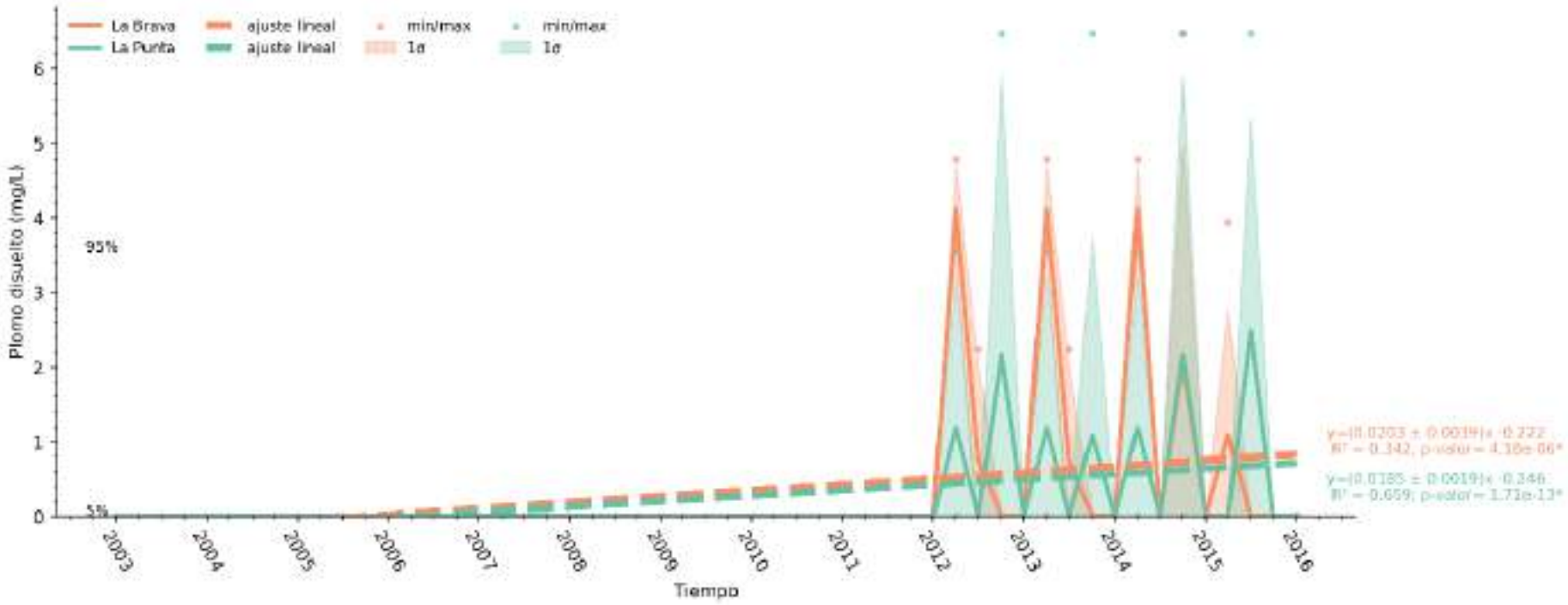


Figura 6-70 Análisis temporal y espacial de plomo disuelto de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

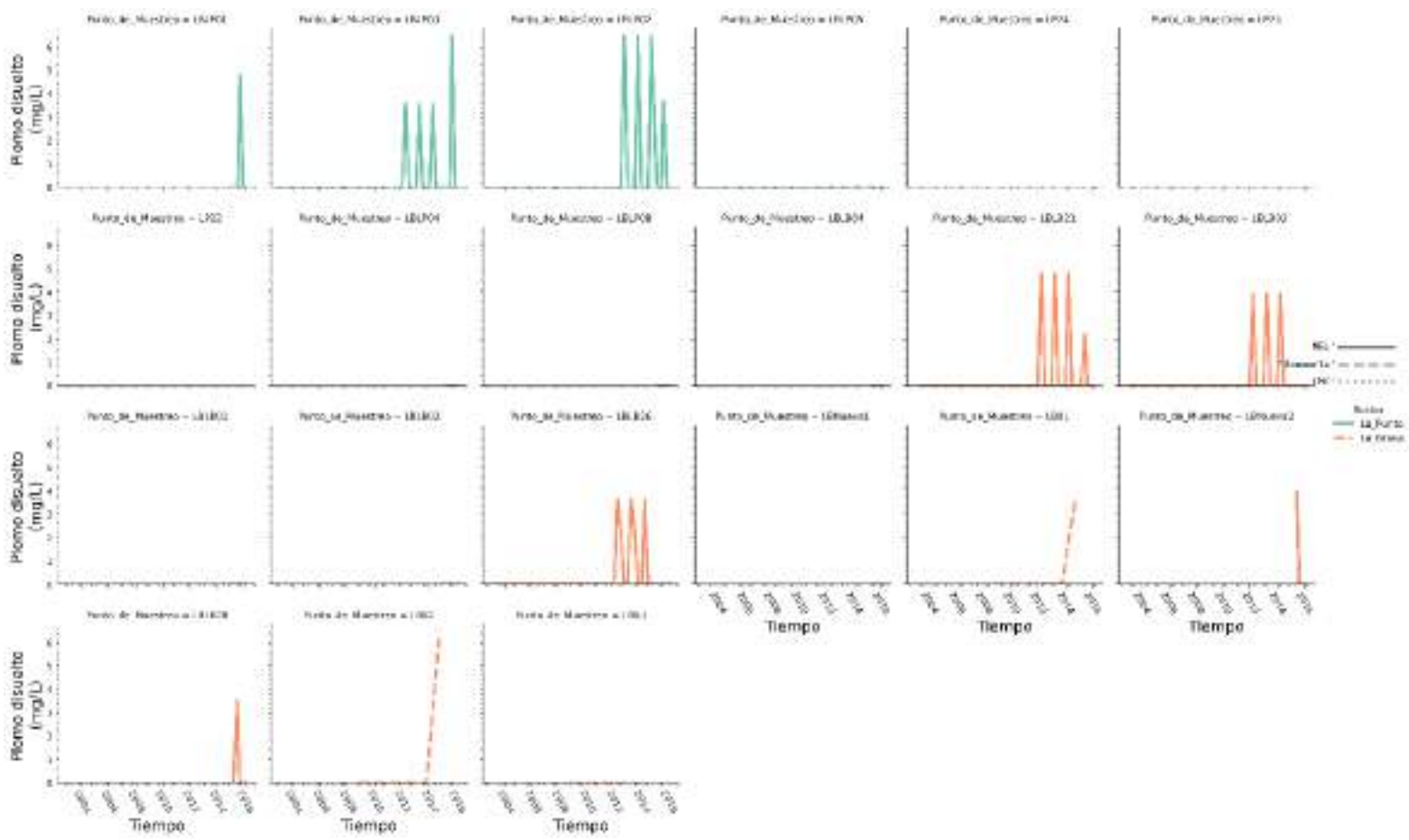


Figura 6-71 Análisis temporal de plomo disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Zinc Disuelto (mg/L)**

Los valores de zinc disuelto reportados por Minera Escondida son a partir de 2003 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones de cada año, se analiza el set de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-72), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una tendencia al aumento tanto en La Punta como en La Brava. También se observan promedios mayores en La Punta de manera continua. Por su parte, no se representan diferencias significativas entre ambos conjuntos con p-valor > 0,05 (MWtest).

Los valores de zinc disuelto muestran una tendencia al aumento en La Brava y en mayor proporción en La Punta hacia el presente, el mínimo reportado (0,0007 mg/L) en invierno 2015 y el máximo anómalo (0,2302 mg/L) en otoño 2015 en La Punta.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series presentan tendencia de aumento significativo de concentraciones de plomo disuelto, donde el aumento observado tiene una pendiente en La Punta de 0,0032 mg/L/año (r^2=0,3658; Wtest p-valor < 0,001) y en La Brava una pendiente de 0,0020 mg/L/año (r^2=0,4668; Wtest p-valor < 0,001).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos metales de lagunas superficiales presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, pero para el caso del zinc disuelto, se presenta un p-valor de 0,943025 (considerando LBLP03 n=52, LBLP02 n=52, LBLP05 n=53, LBLB21 n=50, LBLB03 n=52 y LBLB26 n=52), lo que indica que los puntos de muestreo con los datos existentes no difieren significativamente entre sí.

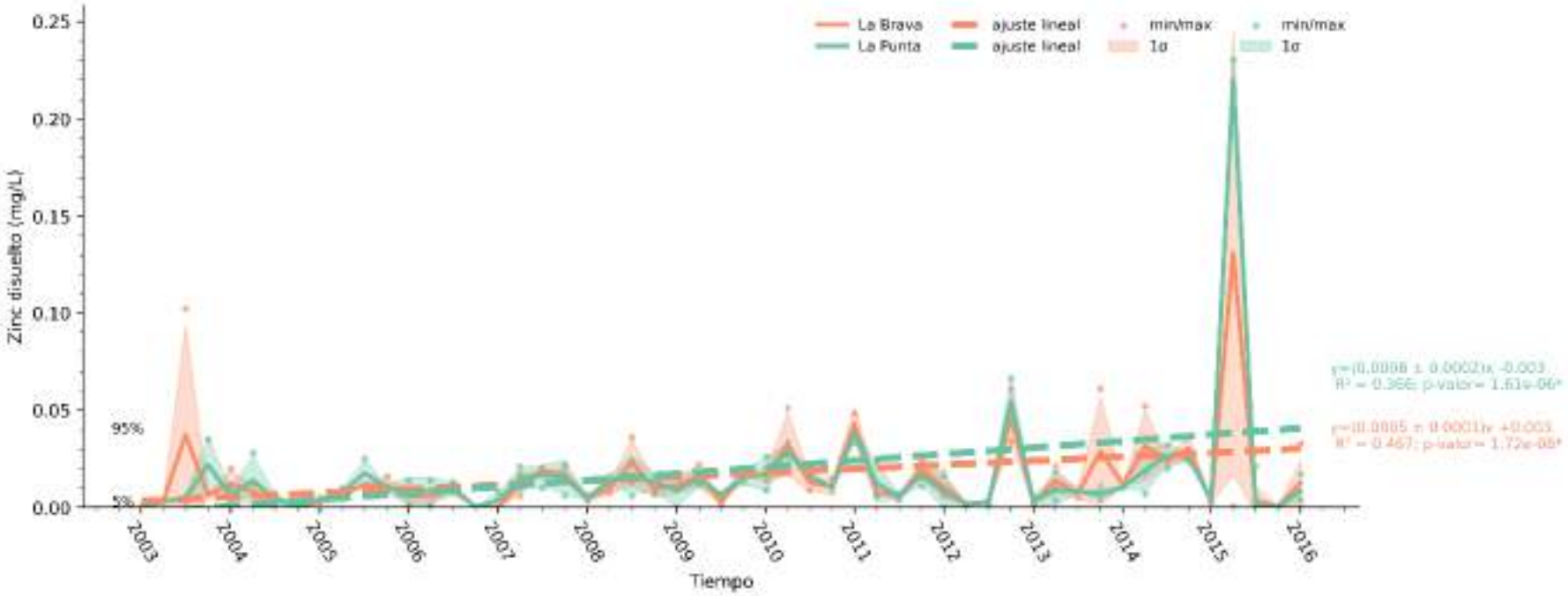


Figura 6-72 Análisis temporal y espacial de zinc disuelto de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

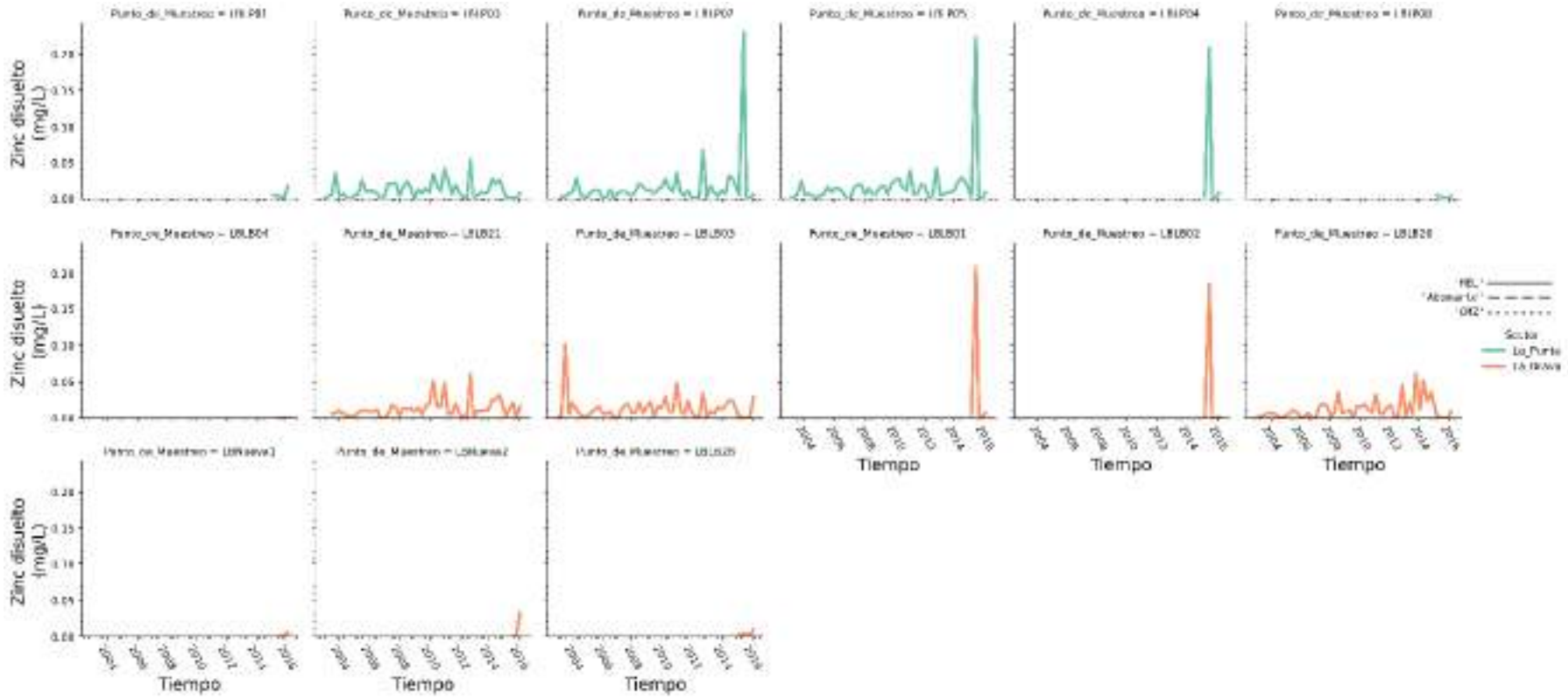


Figura 6-73 Análisis temporal de zinc disuelto por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.11. Nutrientes de lagunas superficiales

La determinación química de los nutrientes en lagunas superficiales es obtenida a través de la data generada por Minera Escondida a partir del año 1996 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones del año, Albemarle desde el año 2013 hasta 2019, con muestreos semestrales en invierno y verano, y Minera Zaldívar, con muestreos en 2016 y 2017. Cabe destacar que en estos últimos no hay continuidad respecto a los años.

Teniendo en cuenta la totalidad de los datos disponibles para los nutrientes de lagunas superficiales, sin diferenciar origen de los datos, se obtienen los estadígrafos de la Tabla 6-44. Se observa una gran amplitud de la distribución de los datos al no discriminar entre empresa, puntos de muestreo, lagunas ni estación del año.

Tabla 6-44 Estadígrafos de nutrientes en aguas superficiales

Parámetro	N observaciones	Promedio	SD	Mínima	Máxima	Moda	Mediana
Amonio (NH_4 mg/L)	534	0,120374204	0,156321105	0,000005	1,37	0,01	0,0685
Fósforo (P mg/L)	91	0,877098901	1,14332725	0,02	4,78	0,05	0,4
Nitrato (NO_3 mg/L)	536	0,69070482	1,218008869	0,02	8,4125	0,046	0,24
Nitrito (NO_2 mg/L)	376	0,009280396	0,053023157	0	0,5	0,0002	0,0011
Nitrógeno (N mg/L)	144	1,093361111	2,581859268	0,01	30,6	0,6	0,6
Ortofosfato (PO_4 µg/L)	538	1166,586701	1253,874968	0,005	5990	0,5	653,5
Ortofosfato (PO_4 mg/L)	535	0,994474383	1,32874313	0,000005	5,99	0,01	0,438

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se presentan los datos de manera espacial, por laguna (Tabla 6-45). Se observa que Laguna La Brava registra el máximo y mínimo para todos los nutrientes medidos.

Tabla 6-45 Estadígrafos por laguna de nutrientes

Parámetro	Amonio (mg/L)		Fósforo (mg/L)		Materia Orgánica (%)		Nitrógeno (mg/L)		Nitrato (mg/L)		Nitrito (mg/L)		Ortofosfato (µg/L)		Ortofosfato (mg/L)	
	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP
N observaciones	278,00	256,00	58,00	33,00	53,00	36,00	84,00	60,00	264,00	272,00	205,00	171,00	278,00	260,00	276,00	259,00
Promedio	0,17	0,07	1,09	0,51	13,09	10,15	1,24	0,89	0,85	0,53	0,01	0,00	1764,67	527,10	1,75	0,19
SD	0,19	0,08	1,34	0,50	20,47	16,58	3,32	0,73	1,44	0,93	0,07	0,02	1441,14	494,02	1,44	0,45
Mínima	0,00	0,01	0,02	0,04	1,90	2,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,50	0,00	0,01
Máxima	1,37	0,53	4,78	1,48	81,70	66,90	30,60	3,22	8,41	7,40	0,50	0,19	5990,00	5120,00	5,99	5,12
MWtest (p-valor)	7,23479E-11		0,148204153		0,091674925		0,080902221		0,023218228		0,368394876		1,26247E-12		1,39091E-23	
Dif.sig.	sí		no		no		no		sí		no		sí		Sí	

Fuente: Elaboración propia. Dif.sig: diferencia significativa; LP: La Punta; LB: La Brava

- **Amonio (mg/L)**

Para las concentraciones de amonio en lagunas superficiales, se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-74), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una tendencia a la disminución de las concentraciones de amonio hacia el presente tanto en La Punta como en el sistema lagunar La Brava. El mínimo reportado (0,00005 mg/L) en verano 2011 y el máximo (1,37 mg/L) en invierno 2017 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que tanto las series de Laguna La Punta, como La Brava muestran una leve tendencia de disminución significativa de concentración de amonio hacia el presente, con pendientes de -0,0076 mg/L/año y -0,0128 mg/L/año, con r^2 de 0,5313 y 0,7568, y con p-valor < 0,001, respectivamente.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-75), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo. El KWtest (considerando LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2016.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-75), se realizó el análisis con los puntos de muestreo LBLP03NH (n=67), LBLP02 (n=70), LBLP05 (n=71), LBLB21 (n=64), LBLB03 (n=72) y LBLB26 (n=69), ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-46.

Tabla 6-46 Diferencias en puntos de muestreo de amonio

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	1,46E-08
LBLB03	LBLP02	5,47E-12
LBLB03	LBLP03	2,56E-10
LBLB03	LBLP05	2,02E-09
LBLB21	LBLB26	0,000125
LBLB26	LBLP02	5,34E-07
LBLB26	LBLP03	8,05E-06
LBLB26	LBLP05	3,97E-05

Fuente: Elaboración propia.

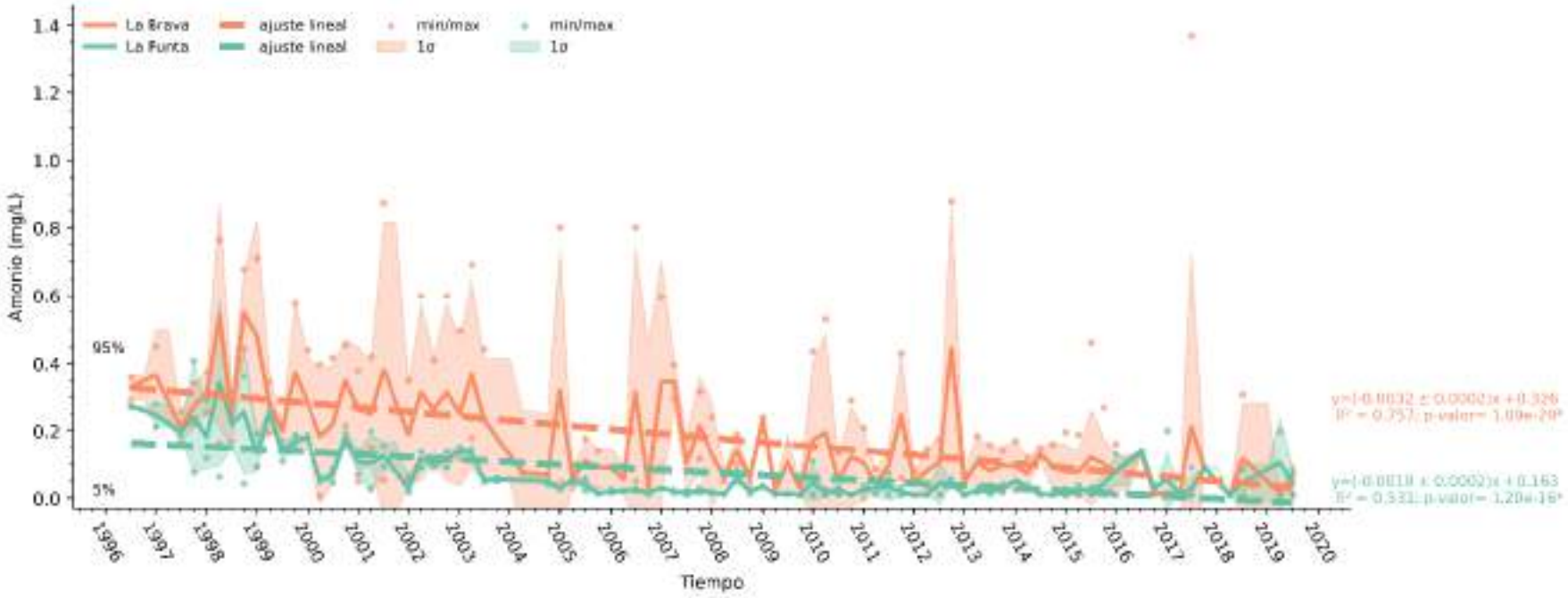


Figura 6-74 Análisis temporal y espacial de amonio de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

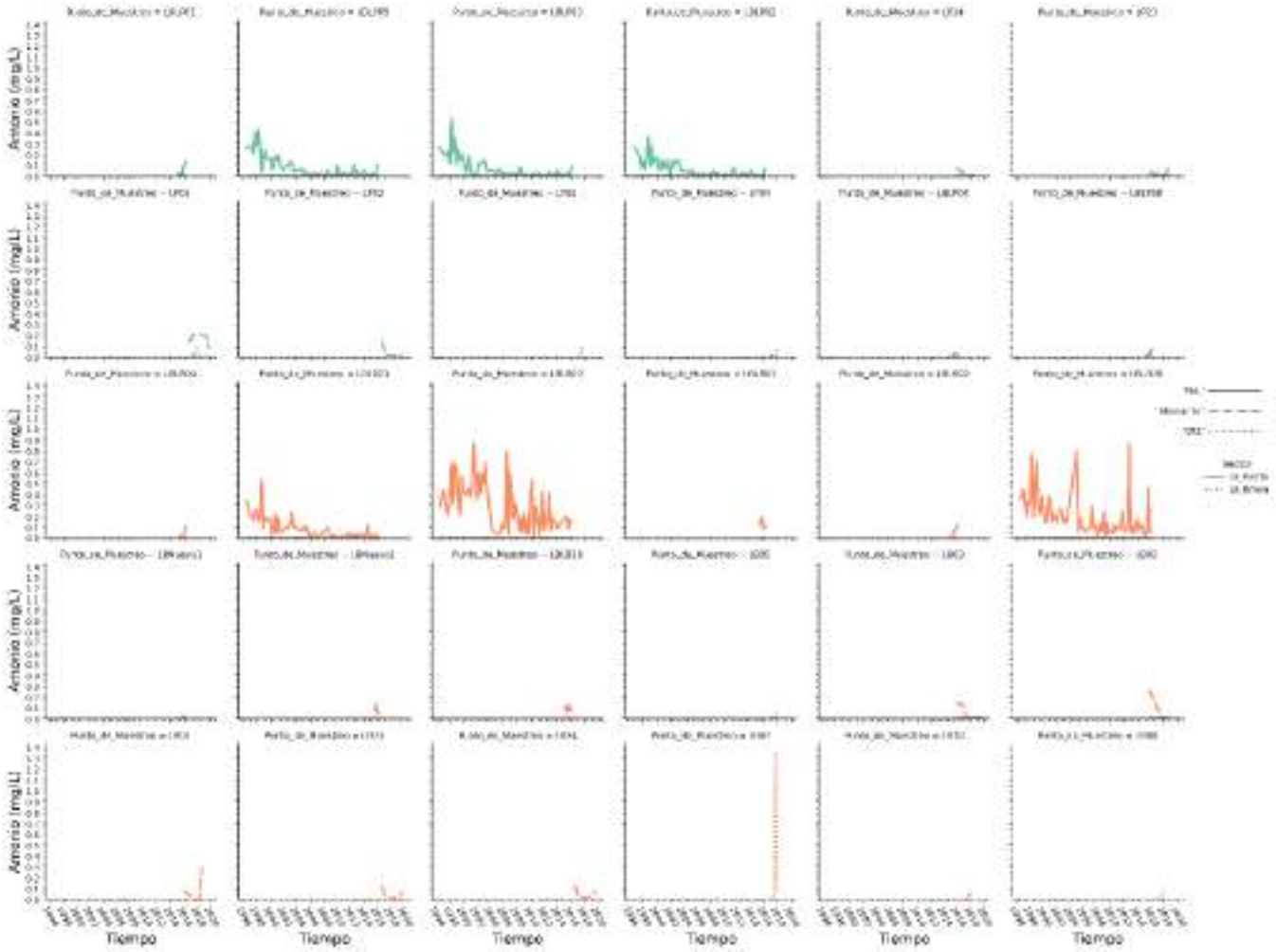


Figura 6-75 Análisis temporal de amonio por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Fósforo (mg/L)**

Los valores de fósforo reportados por Minera Escondida son a partir de 2003 hasta el 2016, Compañía Minera Zaldívar 2016 y 2017, y Albemarle en los años 2015 al 2019 con muestreos en las cuatro estaciones de cada año, se analiza el set de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-76), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una tendencia a la disminución tanto en La Punta como en La Brava. Por su parte, no Se representan diferencias significativas entre ambos conjuntos con p-valor > 0,05 (MWtest).

Los valores de concentraciones de fósforo muestran una tendencia a la disminución en La Punta y en mayor proporción en La Brava hacia el presente, el mínimo reportado (0,02 mg/L) en otoño 2017 y el máximo (1,08 mg/L) en invierno 2017 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series presentan tendencias de disminución significativas de concentraciones de fósforo, donde la pendiente obtenida para la serie de La Punta es de -0,3176 mg/L/año (r^2=0,6137; Wtest p-valor < 0,001) y para la serie de La Brava de -0,794 mg/L/año (r^2=0,7113; Wtest p-valor < 0,001).

Aumentando la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos nutrientes de lagunas superficiales presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, pero en el caso del fósforo, no se presenta suficiente continuidad de la serie temporal, por lo que no se puede determinar correctamente con los datos existentes sí puntos de muestreo difieren significativamente entre sí.

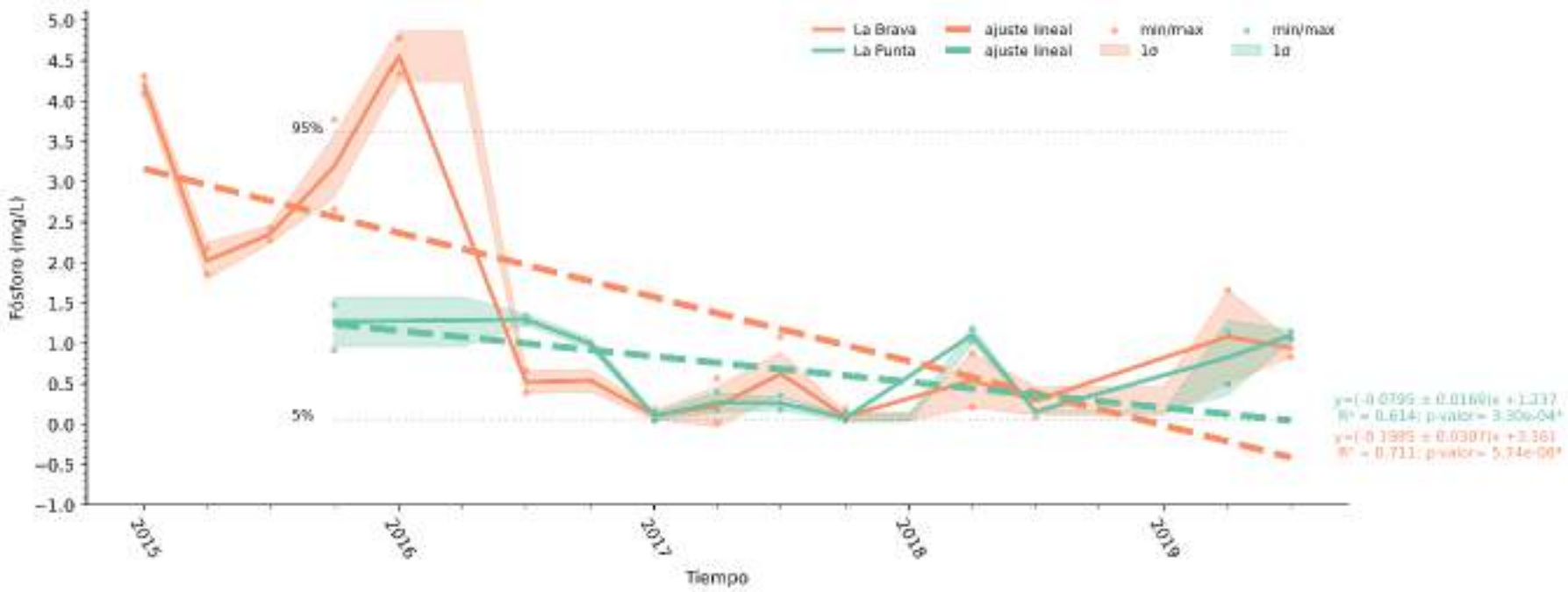


Figura 6-76 Análisis temporal y espacial de fósforo de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

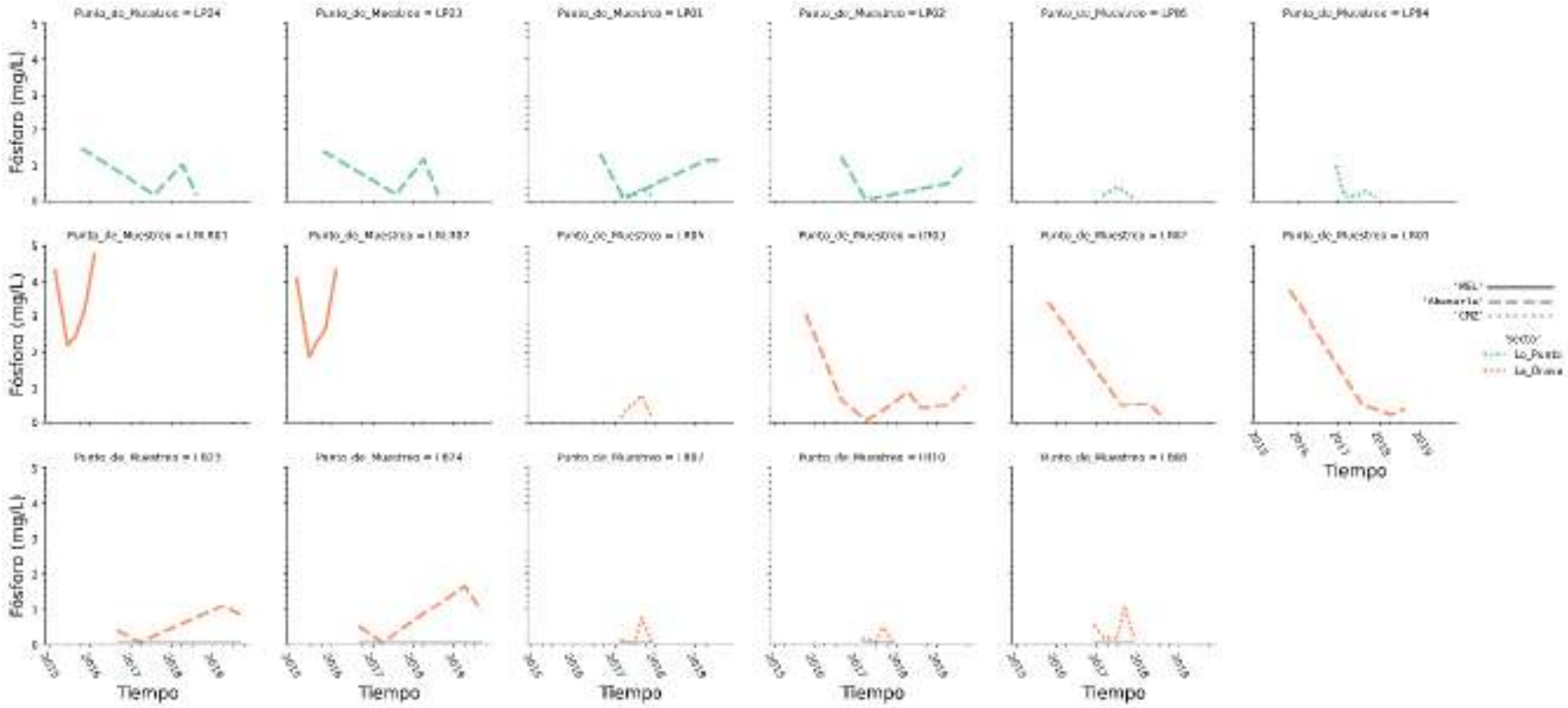


Figura 6-77 Análisis temporal de fósforo por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Materia Orgánica (%)**

Los valores de materia orgánica reportados por Minera Escondida son a partir de 2015 hasta el 2016, Compañía Minera Zaldívar 2016 y 2017, se analiza el set de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-78), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una tendencia al aumento tanto en La Punta como en La Brava, alcanzando un máximo en 2017 y cayendo abruptamente en 2018. Por su parte, no se representan diferencias significativas entre ambos conjuntos con un p-valor > 0,05 (MWtest).

Los valores de concentraciones de materia orgánica porcentual muestran una tendencia al aumento en La Punta y en mayor proporción en La Brava hacia el presente, el mínimo reportado (1,9%) en invierno 2015 y el máximo (81,7%) en otoño 2017 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series presentan tendencias de aumento significativo de porcentaje de materia orgánica, donde el aumento observado tiene una pendiente en la serie de La Punta de 9,758 %/año (r^2=0,8898; Wtest p-valor < 0,001) y en La Brava una pendiente de11,148 %/año (r^2=0,7813; Wtest p-valor=0,001), para el período de 2015 a 2018.

Aumentando la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos nutrientes de lagunas superficiales presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, pero en el caso de la materia orgánica, no se presenta suficiente continuidad de la serie temporal, por lo que no se puede determinar correctamente con los datos existentes sí puntos de muestreo difieren significativamente entre sí.

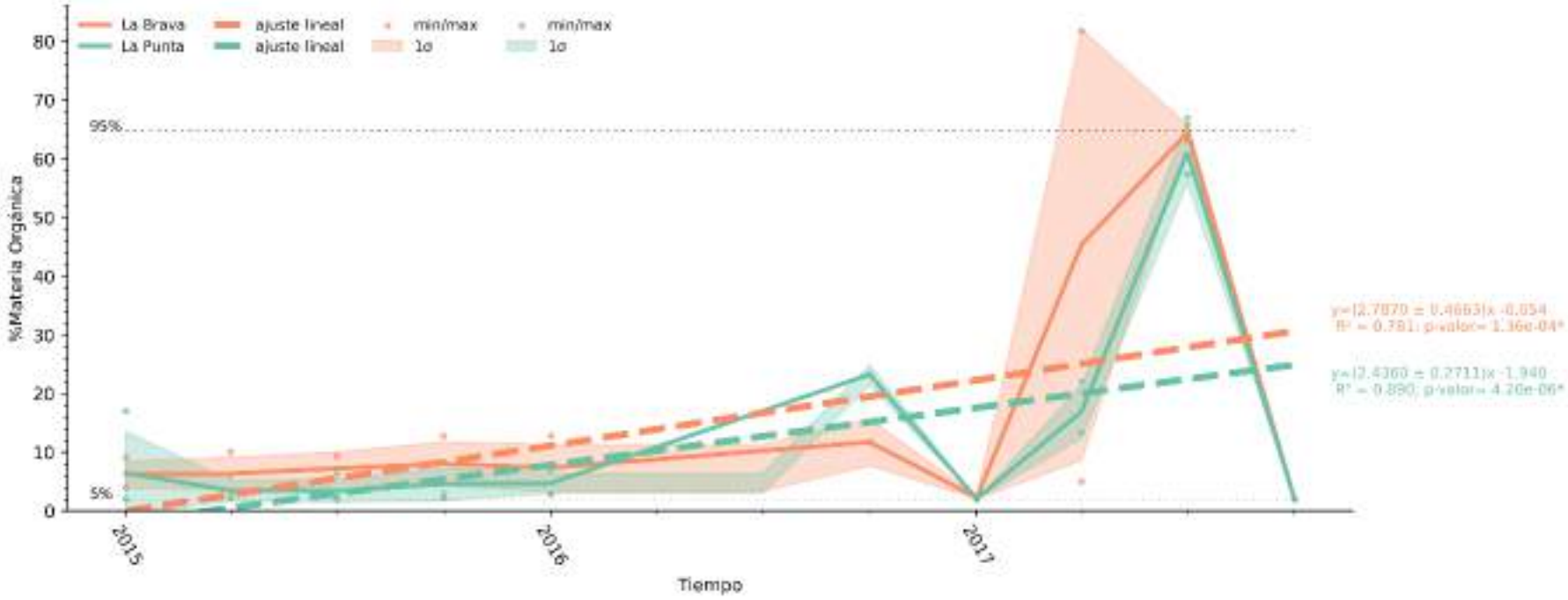


Figura 6-78 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

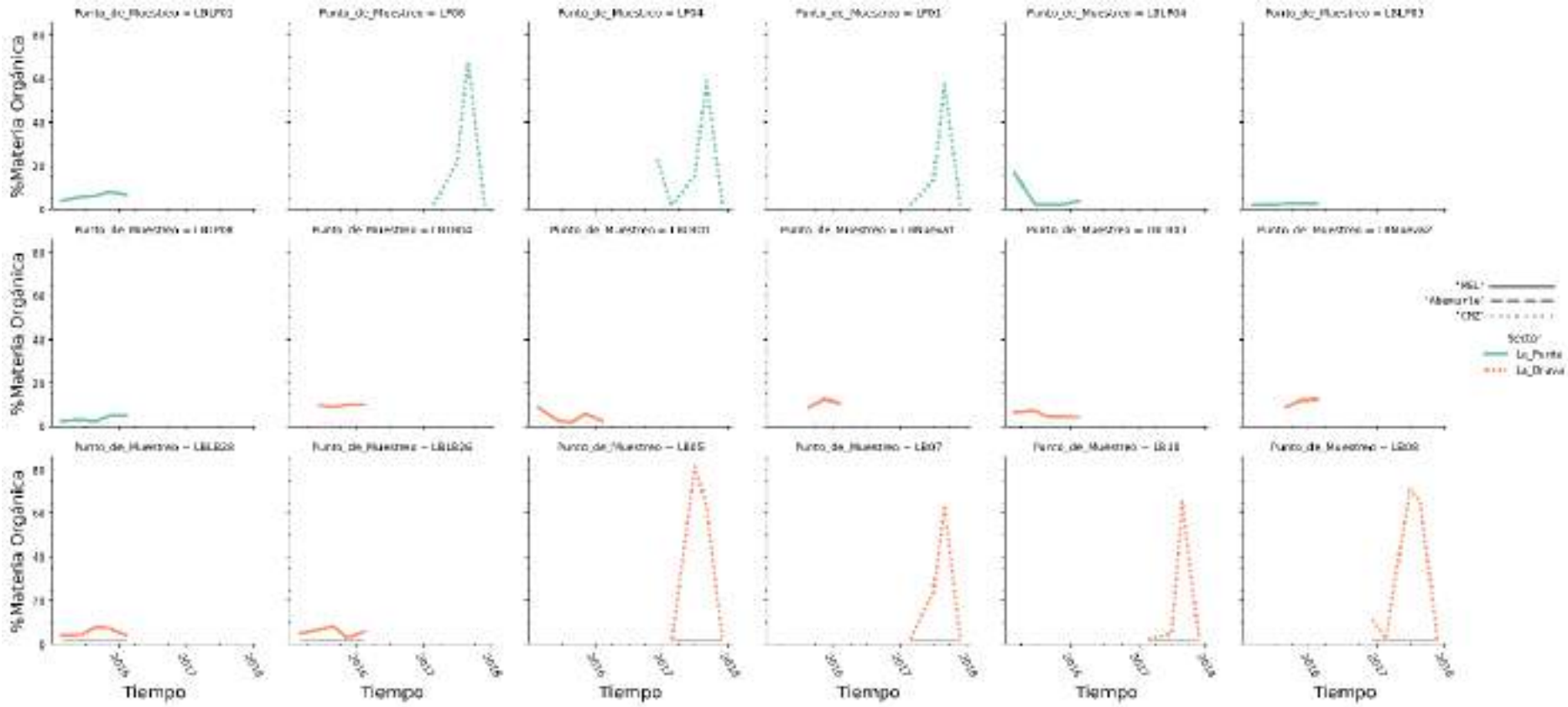


Figura 6-79 Análisis temporal de materia orgánica por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Nitrógeno (mg/L)**

Los registros de concentraciones de nitrógeno reportados por Minera Escondida son a partir de 2015 hasta el 2016, Compañía Minera Zaldívar 2016 y 2017, al igual que Albemarle se presentan datos del 2015 al 2019. Se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-80), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una tendencia a la disminución tanto en La Punta como en La Brava, alcanzando un máximo en 2017 en La Brava. Por su parte, no se representan diferencias significativas entre ambos conjuntos con p-valor > 0,05 (MWtest).

Los valores de concentraciones de nitrógeno muestran una tendencia al aumento en La Punta y en mayor proporción en La Brava hacia el presente, el mínimo reportado (0,011 mg/L) en invierno 2017 y el máximo anómalo (30,6 mg/L) en primavera 2017 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series presentan tendencias de disminución de concentraciones de nitrógeno, aunque en ambos casos éstos presentan un bajo coeficiente de determinación (La Brava r^2=0,067; La Punta r^2=0,123), así también como p-valores inferiores a 0,05 (Wtest), por lo que no se puede afirmar alguna tendencia con respaldo estadístico.

Aumentando la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos nutrientes de lagunas superficiales presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, pero en el caso del nitrógeno, no se presenta suficiente continuidad de la serie temporal, por lo que no se puede determinar correctamente con los datos existentes sí puntos de muestreo difieren significativamente entre sí.

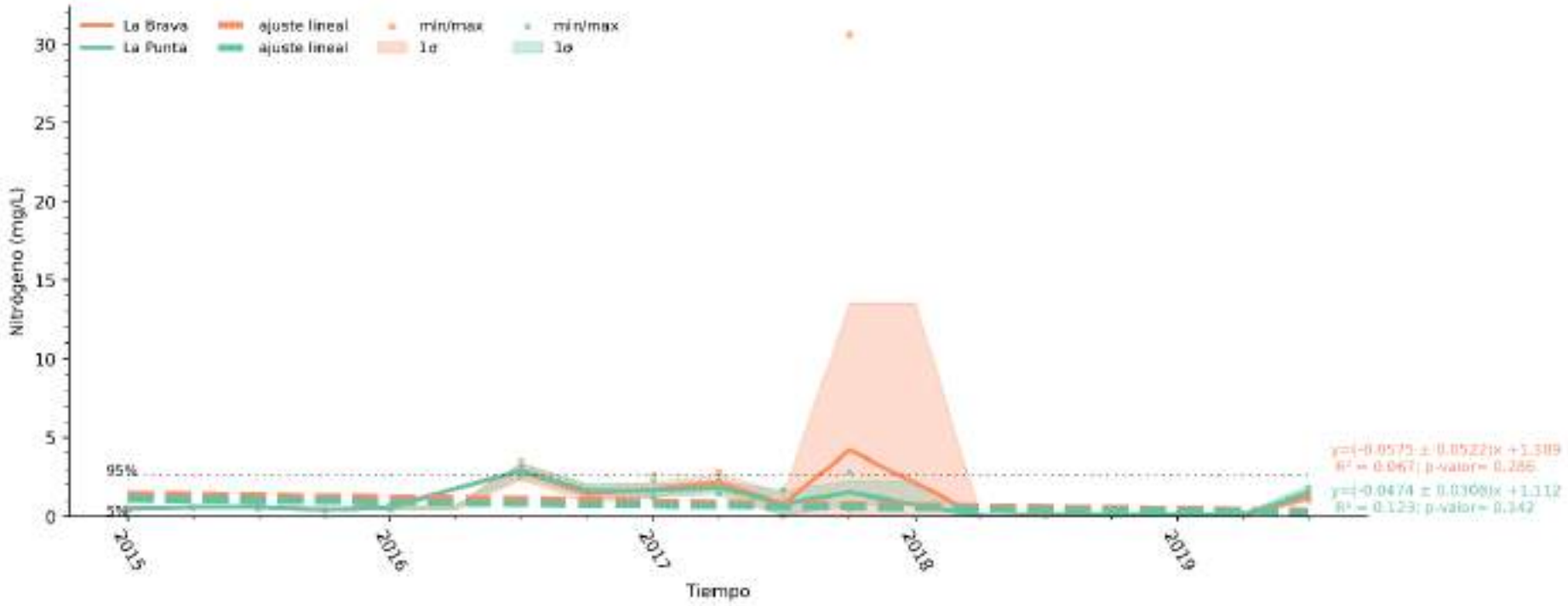


Figura 6-80 Análisis temporal y espacial de nitrógeno de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

Figura 6-81 Análisis temporal de nitrógeno por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Nitrato (mg/L)**

Los valores de concentraciones de nitrato se analizan a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-82), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de nitrato de La Brava presenta el mismo patrón de variación hasta el año 2019, con promedios mayores que los de La Punta de manera continua, ambos conjuntos no presentan diferencias de manera significativa con p-valor > 0,05 (MWtest).

Los valores de nitrato muestran una leve tendencia al aumento en La Punta y en mayor proporción en La Brava hacia el presente, además de mostrar también la variabilidad estacional ya registrada en los parámetros *in situ.* El mínimo reportado (0,02 mg/L) en verano 2003 y el máximo (8,41 mg/L) en verano 2005 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series ambas lagunas muestran una tendencia de aumento significativo de concentración de nitrato. La serie de La Punta presenta una tendencia positiva, con una pendiente de 0,0408 mg/L/año (r^2 = 0,1832; Wtest p-valor < 0,001) hacia el presente, mientras que la serie de La Brava con una pendiente positiva de 0,0488 mg/L/año (r^2 = 0,103; Wtest p-valor = 0,001). El coeficiente de determinación calculado a partir del ajuste aplicado a la serie de tiempo de concentración de nitrógeno en La Brava se encuentra en el límite de lo que hemos definido como considerable, por lo que se debe tomar la afirmación de un aumento como sujeto a error.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-83), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo. Este análisis se realizó con los puntos de muestreo LBLP03 (n=75), LBLP02 (n=74), LBLP05 (n=75), LBLB21 (n=56) y LBLB03 (n=67), LBLB26 (n=64), ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones. El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,05 utilizando los datos del período 1997-2019. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, pero no se obtuvo ningún par de estaciones con un p-valor > 0,05, por lo que no hay evidencia de qué puntos estarían difiriendo de otros.

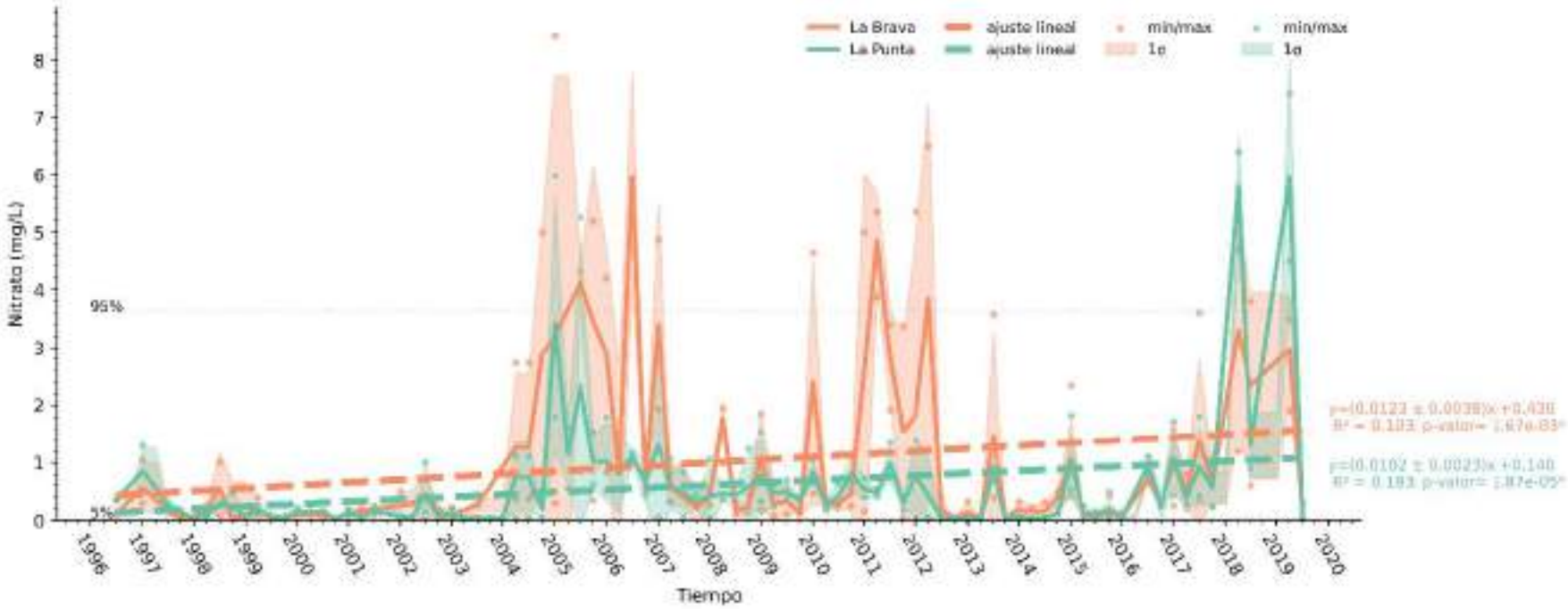


Figura 6-82 Análisis temporal y espacial de nitrato de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

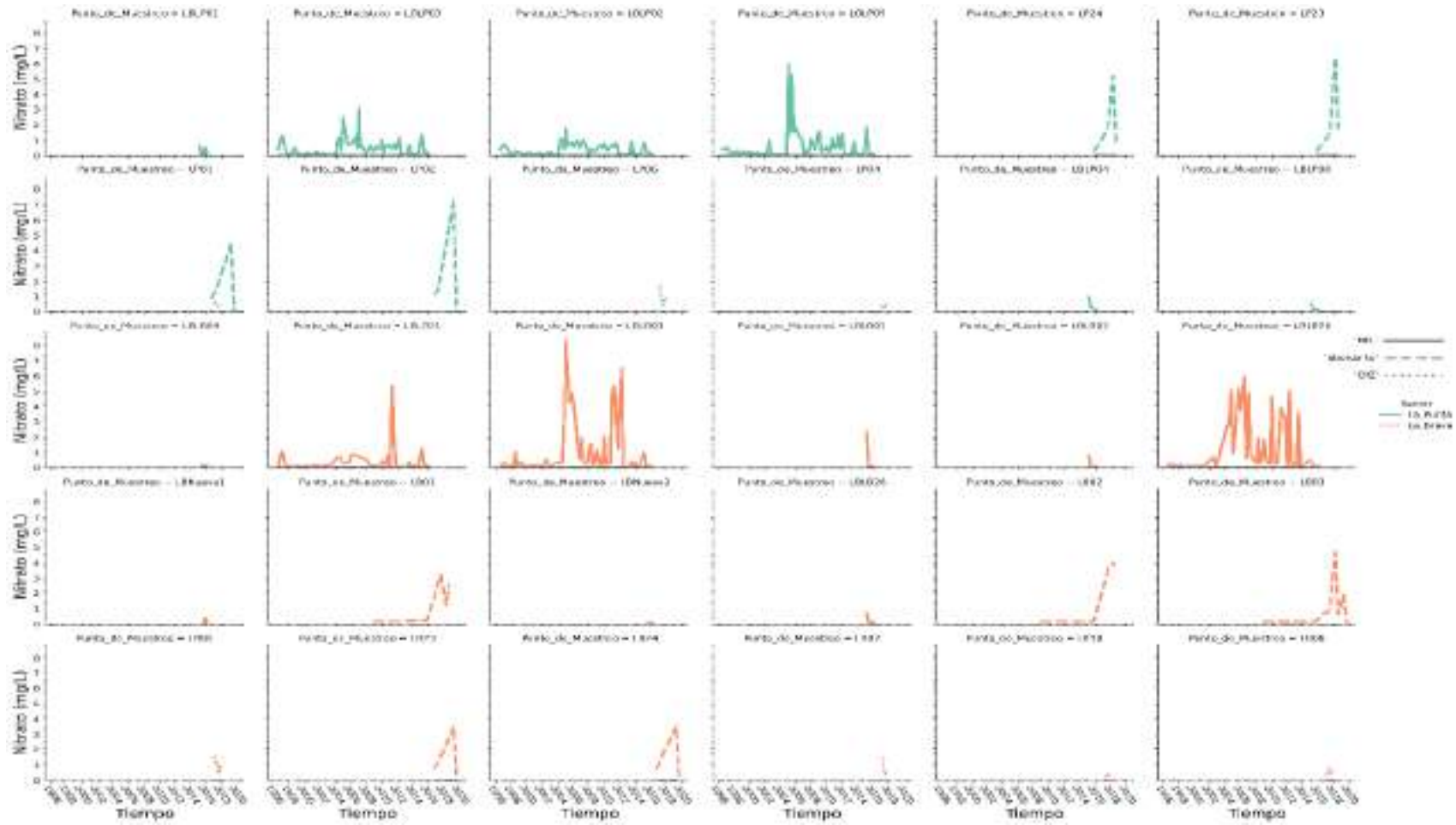


Figura 6-83 Análisis temporal de nitrato por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Nitrito (mg/L)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-84), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de concentraciones de nitrito presenta una leve tendencia a la baja para ambas lagunas. Además, La Brava muestra un máximo de concentración de nitrito en 2008, en tanto La Punta se observa el registro más alto en 1997, pero menos pronunciada. Ambos conjuntos difieren significativamente con un p-valor < 0,05 (MWtest).

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que el coeficiente de determinación para las series de ambas lagunas es < 0,10, por lo que no hay correspondencia a un modelo lineal, y más, no se puede afirmar alguna tendencia con respaldo estadístico.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos nutrientes de lagunas superficiales presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, pero para el caso de la concentración de nitrito, se presenta un p-valor > 0,05 (considerando LBLP03 n=42, LBLP02 n=40, LBLP05 n=41, LBLB21 n=43, LBLB03 n=44 y LBLB26 n=41), lo que indica que los puntos de muestreo con los datos existentes no difieren significativamente entre sí.

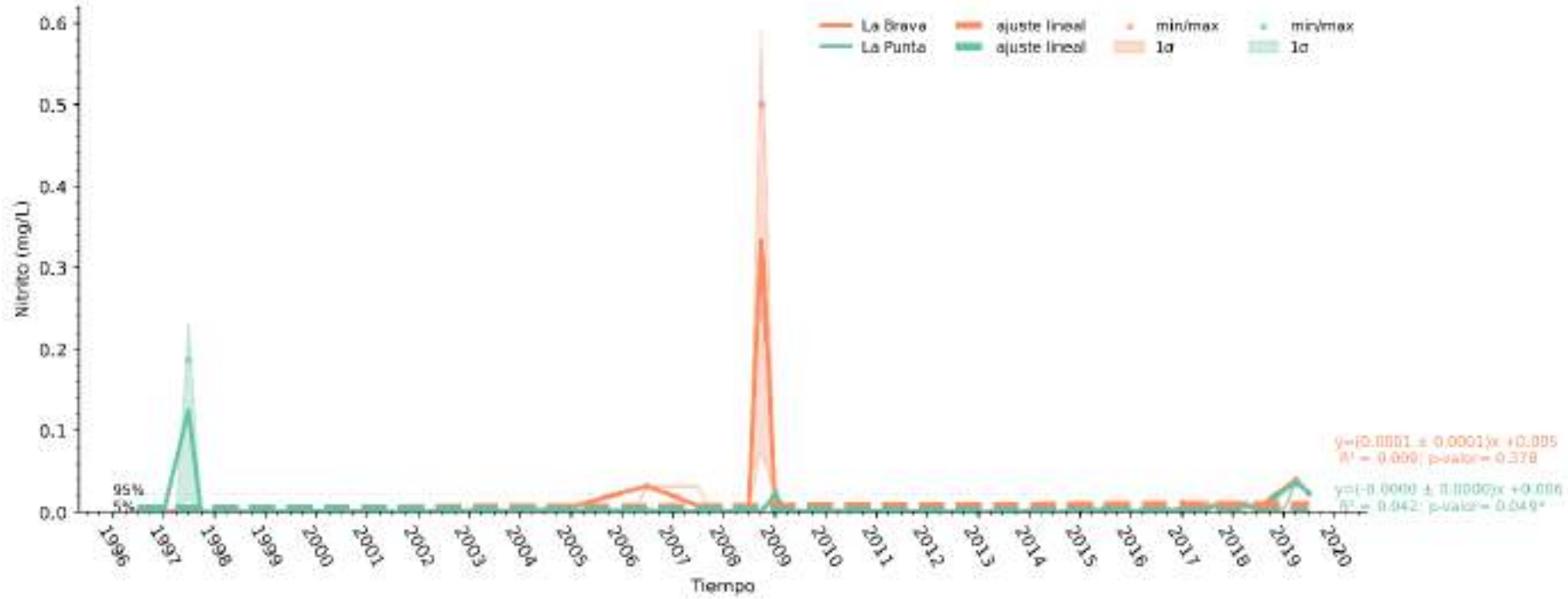


Figura 6-84 Análisis temporal y espacial de nitrito de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± ±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

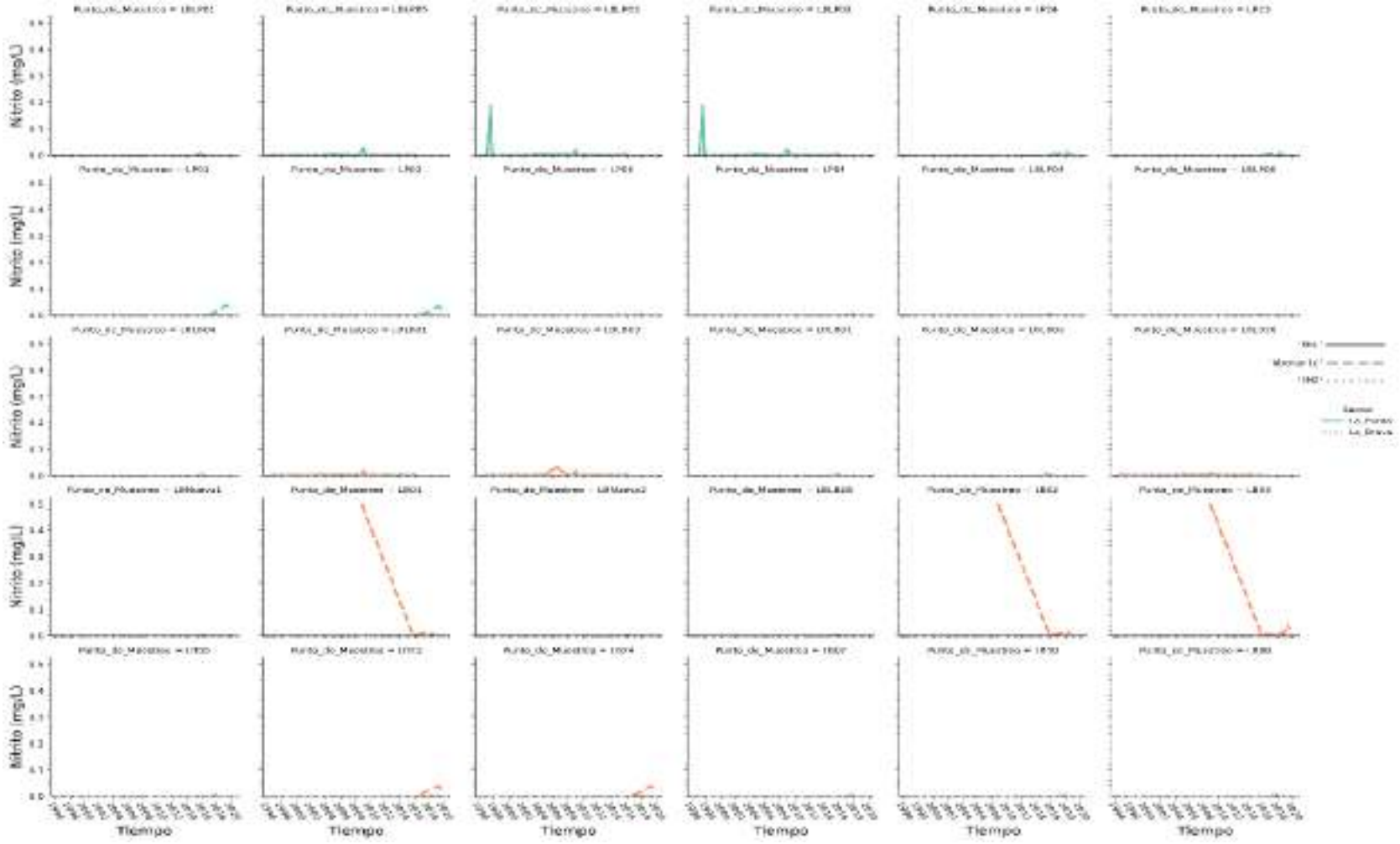


Figura 6-85 Análisis temporal de nitrito por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Ortofosfato (µg/L)**

Analizando el set de datos a una resolución temporal estacional para ambas lagunas (Figura 6-86), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de concentración de ortofosfato (µg/L), presenta tendencia a la baja para ambas lagunas, en tanto La Brava muestra la tendencia a la disminución de manera más progresiva. Los conjuntos de ambas lagunas difieren significativamente con un p-valor < 0,001 (MWtest). El menor registro de concentraciones de ortofosfato se encuentra en primavera 2003 (0,0005 µg/L) y el mayor registro anómalo se encuentra en verano 2007 (5990 µg/L) en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series presentan tendencias de disminución significativas de concentraciones de ortofosfato (µg/L), donde la pendiente para el ajuste de la serie de La Punta es -11,808 µg/L/año (r^2=0,2000; Wtest p-valor < 0,001) y en La Brava de -59,49 µg/L/año (r^2=0,3934; Wtest p-valor < 0,001).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-87), se realizó el análisis con los puntos de muestreo LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26 (todos con n=76), ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones. El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 1996-2019. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-47.

Tabla 6-47 Diferencias en puntos de muestreo de ortofosfato.

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	1,67E-07
LBLB03	LBLP02	6,65E-28
LBLB03	LBLP03	4,29E-19
LBLB03	LBLP05	2,14E-06
LBLB21	LBLB26	8,91E-10
LBLB21	LBLP03	0,001292
LBLB26	LBLP02	1,99E-32
LBLB26	LBLP03	7,57E-23
LBLB26	LBLP05	1,95E-08
LBLP02	LBLP05	1,09E-08
LBLP03	LBLP05	0,000198

Fuente: Elaboración propia.

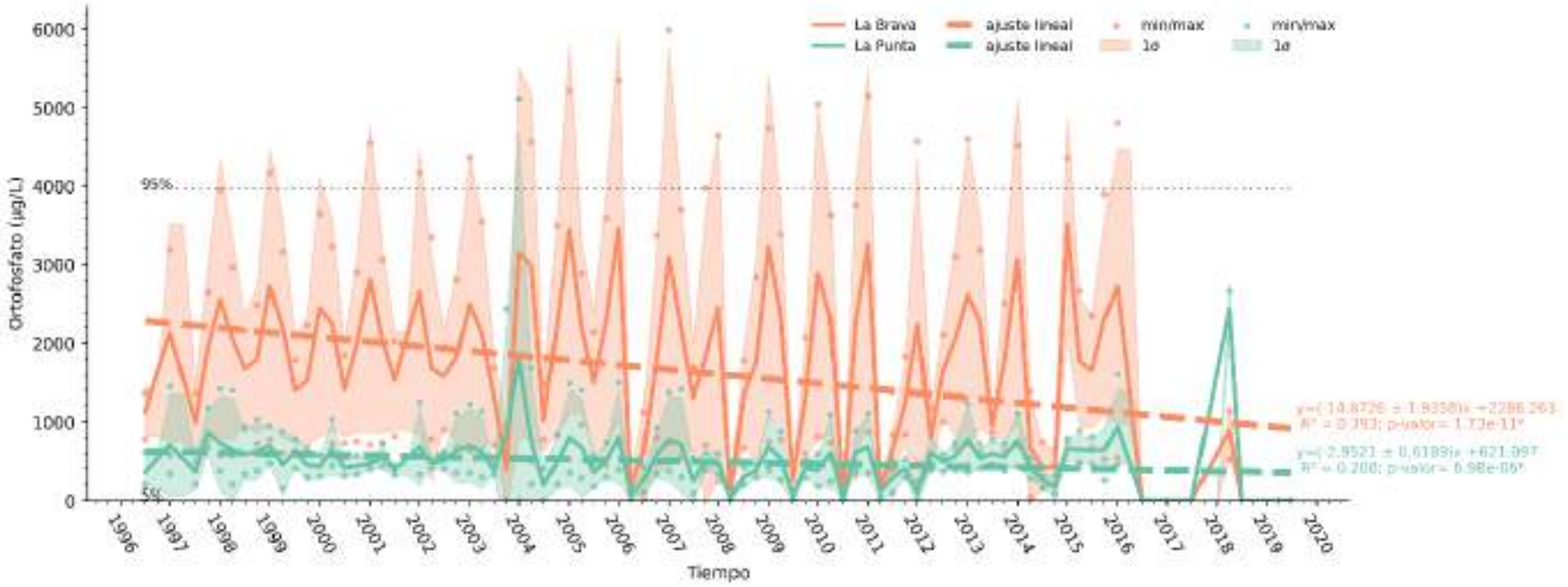


Figura 6-86 Análisis temporal y espacial de ortofosfato de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

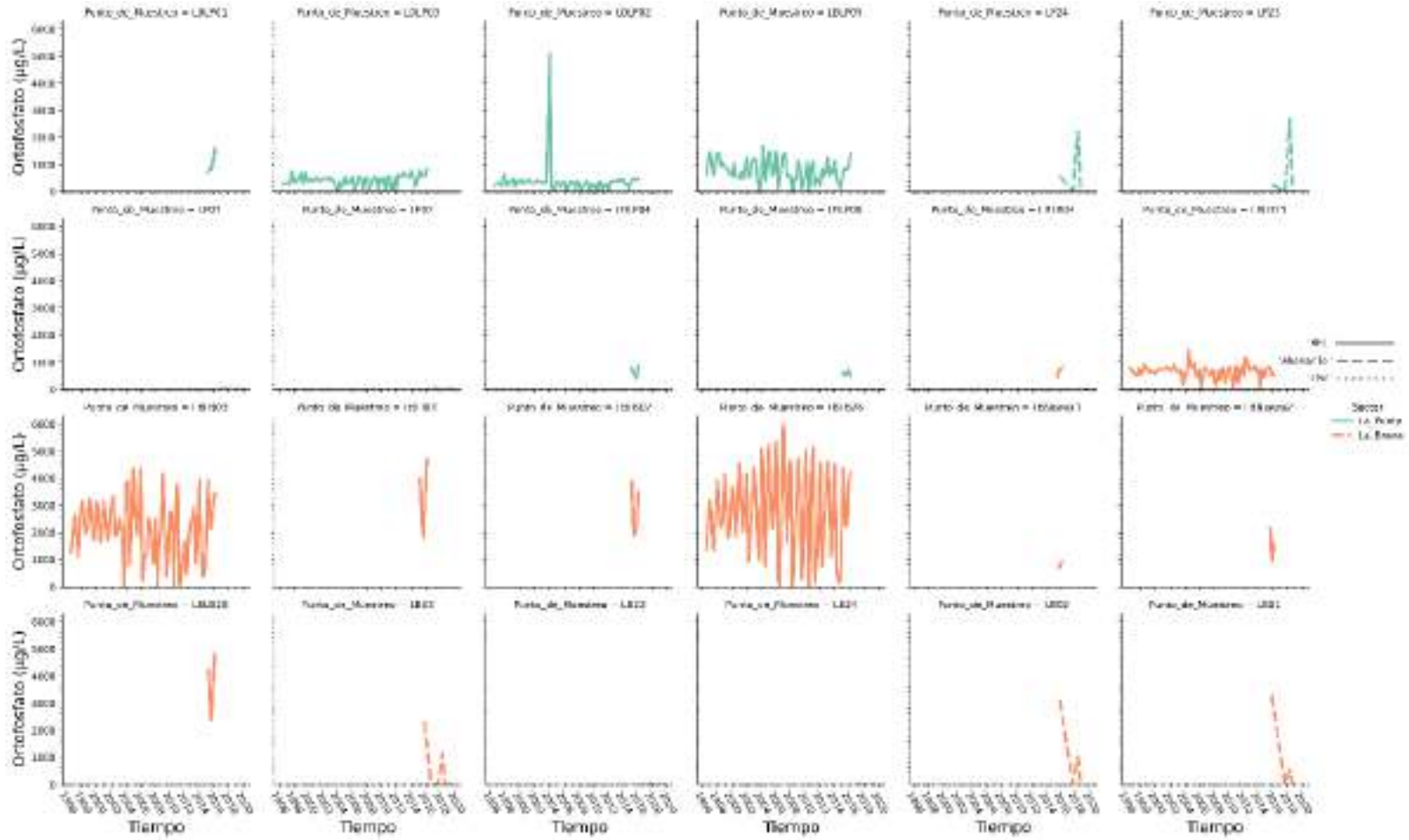


Figura 6-87 Análisis temporal de ortofosfato por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Ortofosfato (mg/L)**

Los valores de concentraciones de ortofosfato (mg/L) reportados por Minera Escondida son a partir de 2010 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones de cada año y por Compañía Minera Zaldívar desde el 2016 hasta el 2017. Se analiza el set de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-88), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de ortofosfato de La Brava presenta el mismo patrón de tendencia a la baja, con promedios mayores que los de La Punta de manera continua, difiriendo ambas curvas de manera significativa con p-valor < 0,001 (MWtest). El mínimo reportado (0,000005 mg/L) en primavera 2003 y el máximo (5,99 mg/L) en verano 2007 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series ambas lagunas muestran una tendencia significativa de concentraciones de ortofosfato (mg/L), la serie de La Punta presenta una tendencia aumento significativo, con una pendiente de 0,010 mg/L/año (r^2=0,1706; Wtest p-valor < 0,001) hacia el presente, mientras que la serie de La Brava con una pendiente negativa de -0,0348 mg/L/año (r^2=0,1611; Wtest p-valor < 0,001).

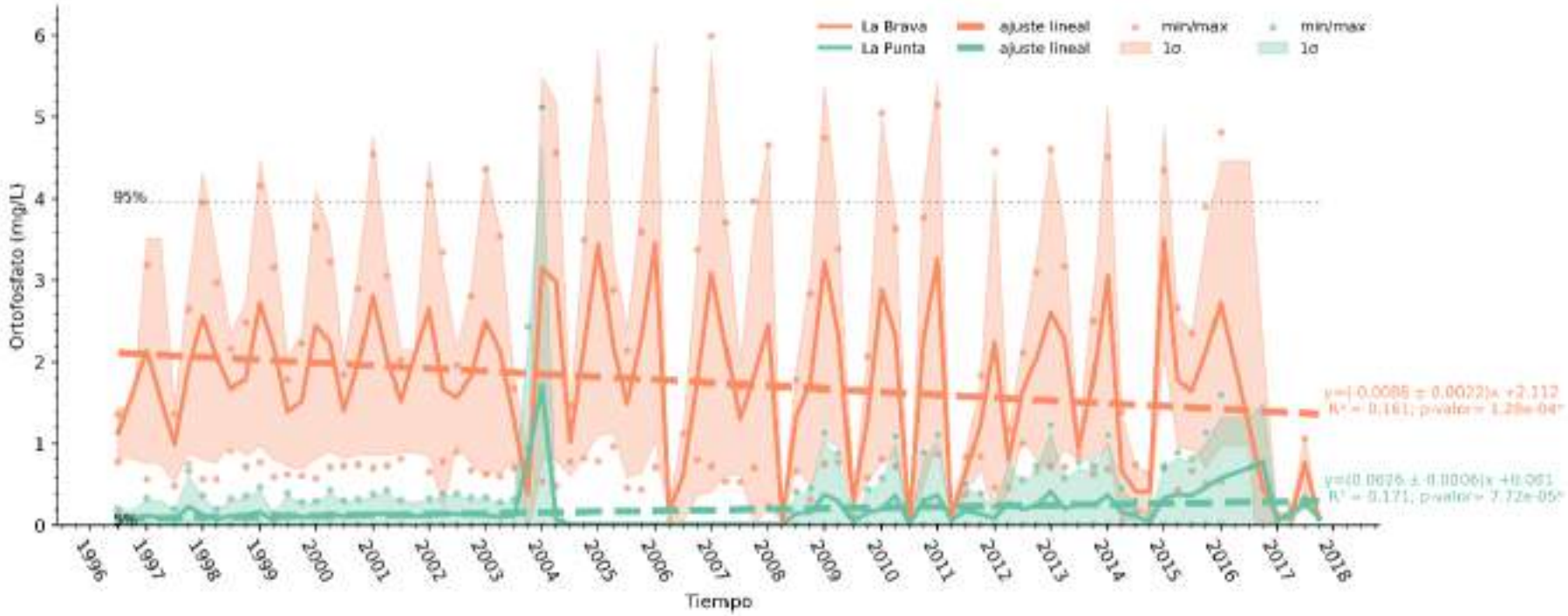


Figura 6-88 Análisis temporal y espacial de salinidad de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

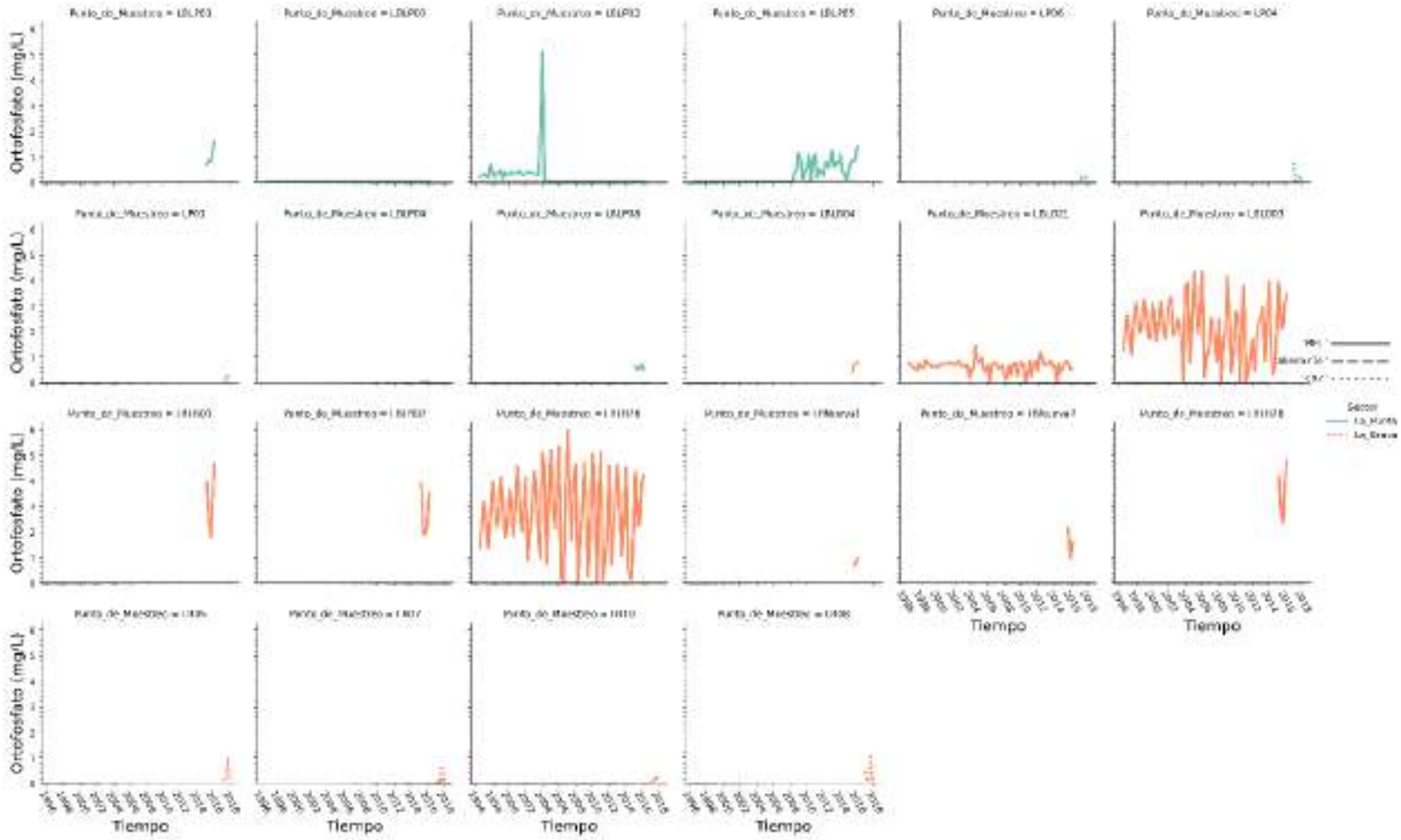


Figura 6-89 Análisis temporal de ortofosfato por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.12. Otros parámetros de aguas superficiales

- **Clorofila a (mg/L)**

Los valores de concentraciones de clorofila *a* se analizan a una resolución temporal estacional para ambas lagunas (Figura 6-90), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de clorofila 'a' presenta una distribución atípica entre los resultados encontrados, con promedios mayores en el sistema lagunar La Punta en el año 2015 y en el año 2018 a 2019 con promedios mayores en La Brava, ambos conjuntos no presentan diferencias de manera significativa con p-valor > 0,05 (MWtest). El mínimo reportado (0,003 mg/L) en verano 2015 en La Brava y el máximo (31,9 mg/L) en otoño 2014 en La Punta.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que la serie de La Brava presenta una tendencia de aumento significativo, con una pendiente de 1.61 mg/L/año (r^2=;0,8809 Wtest p-valor < 0,001) hacia el presente, mientras que la serie de La Punta presenta un coeficiente de determinación menor a 0,10, por lo que no se puede estimar una tendencia de aumento o disminución lineal (r^2=0,0250; Wtest p-valor > 0,05).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos parámetros de aguas superficiales presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, excepto clorofila *a* no había suficiente continuidad de la serie temporal, por lo que se puede determinar correctamente qué puntos difieren significativamente de otros.

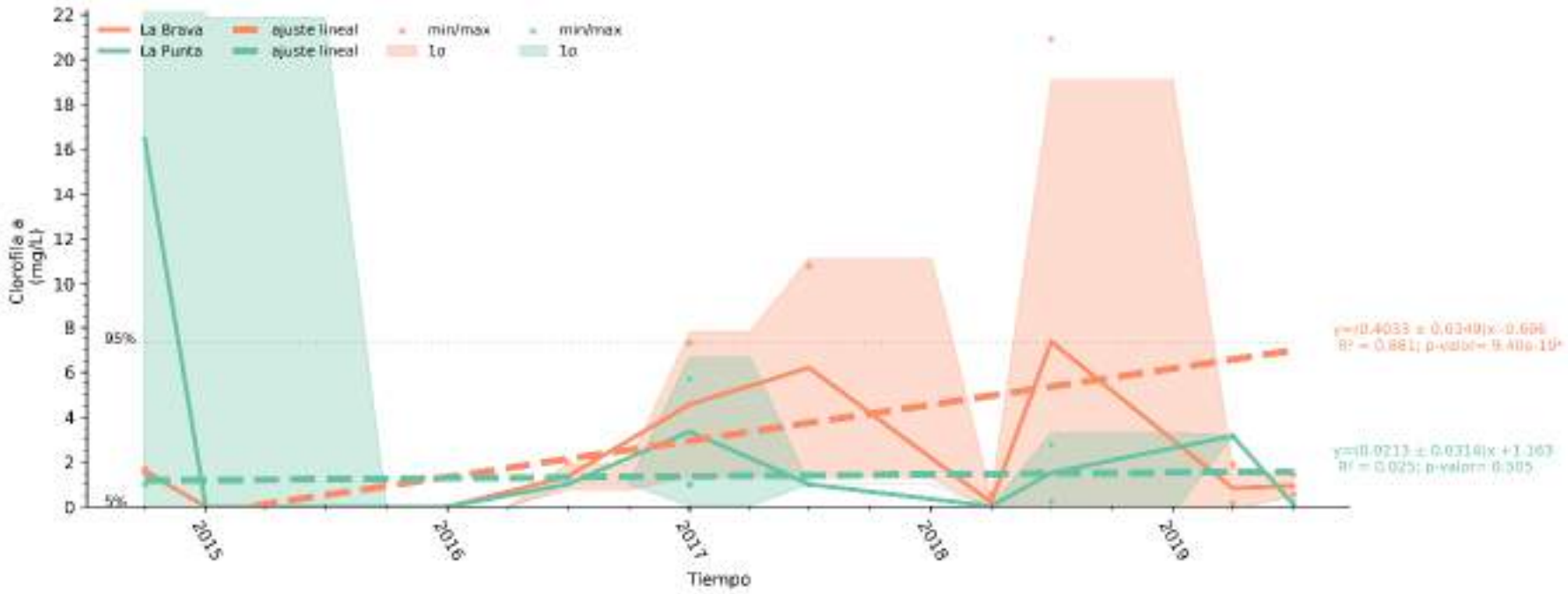


Figura 6-90 Análisis temporal y espacial de clorofila 'a' de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

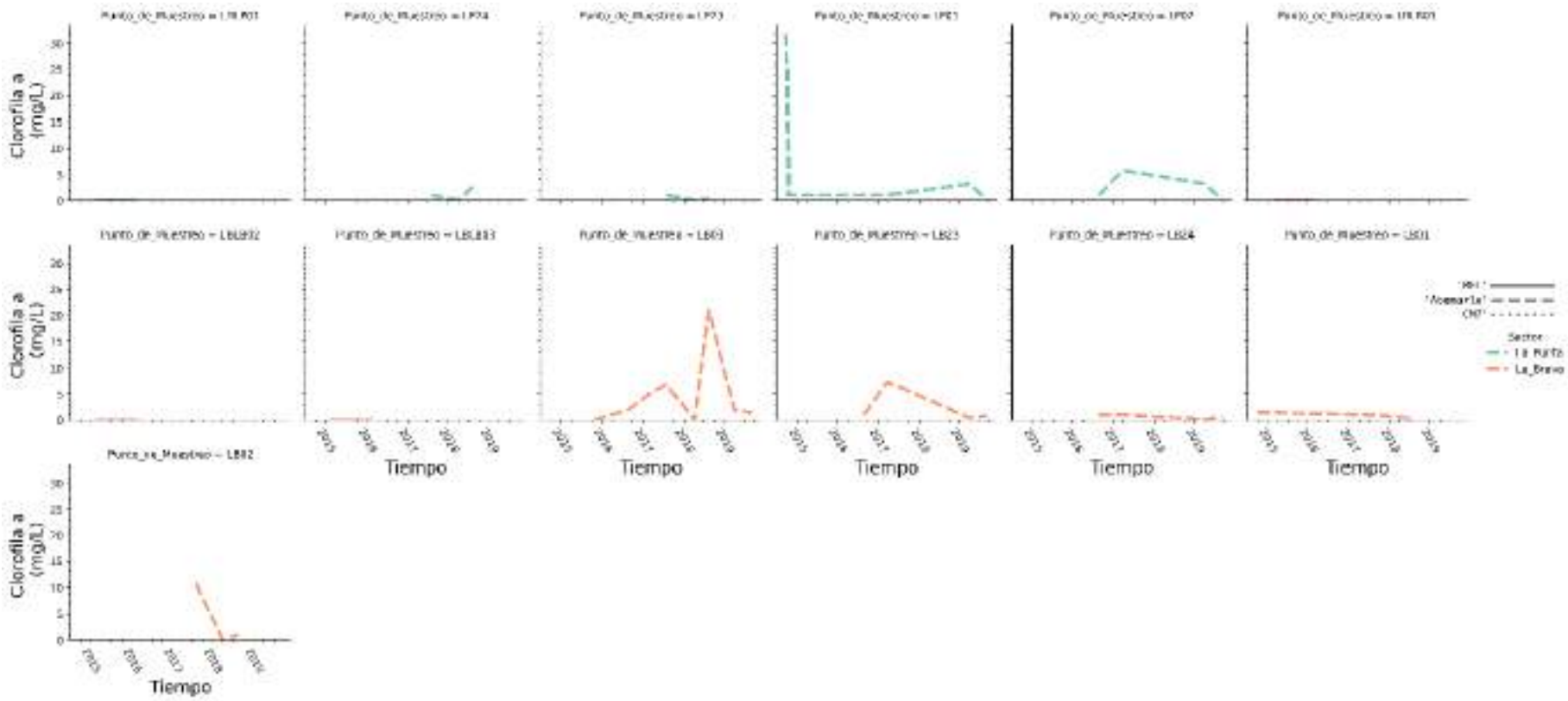


Figura 6-91 Análisis temporal de clorofila ‘a’ por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Alcalinidad (CaCO3 mg/L)**

Los valores de alcalinidad reportados por Minera Escondida son a partir de 1996 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones de cada año, y Albemarle desde el año 2013 hasta 2019, con muestreos semestrales en invierno y verano. Se analiza el set de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-91), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una leve tendencia al aumento tanto en La Punta como en La Brava. También se observan promedios mayores en La Brava de manera continua. Se representan diferencias significativas entre ambos conjuntos con p-valor < 0,001 (MWtest).

El mínimo reportado (223 $CaCO_3$ mg/L) en otoño 2009 en La Punta y el máximo (2400 $CaCO_3$ mg/L) en verano 2013 en La Brava. Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie de La Punta muestra una tendencia de aumento significativo de alcalinidad, con una pendiente de 0,7880 mg/L/año hacia el presente, (r^2= 0,3816; Wtest p-valor < 0,001). A su vez, La Brava presenta un coeficiente de determinación inferior a 0,10 por lo que se puede determinar una tendencia (r^2= 0,034; Wtest p-valor > 0,05).

El KWtest (considerando LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26; todo con n=76) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-48.

Tabla 6-48 Diferencias en puntos de muestreo de Alcalinidad

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB21	4,26E-32	LBLB21
LBLP02	1,27E-20	LBLP02
LBLP03	4,51E-25	LBLP03
LBLP05	5E-05	LBLP05
LBLB26	1,07E-31	LBLB26
LBLP05	3,57E-13	LBLP05
LBLP02	2,54E-20	LBLP02
LBLP03	9,94E-25	LBLP03
LBLP05	6,08E-05	LBLP05
LBLP05	2,31E-06	LBLP05
LBLP05	7,07E-09	LBLP05

Fuente: Elaboración propia.

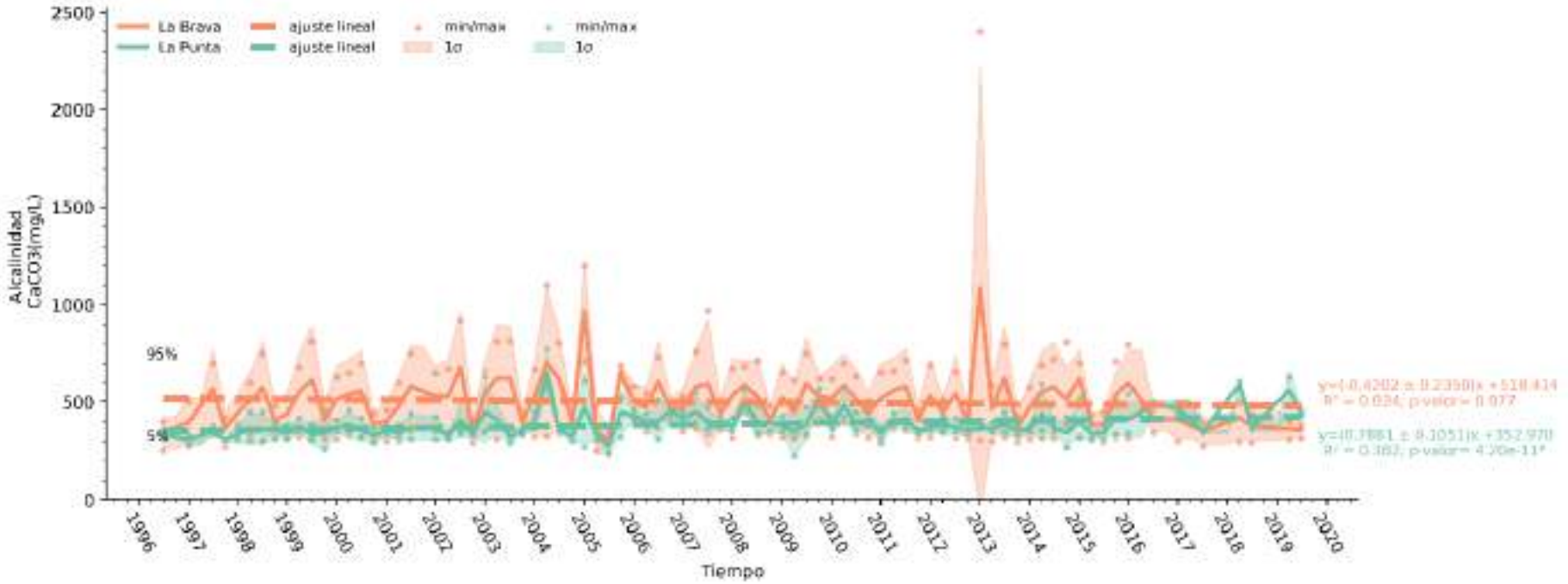


Figura 6-92 Análisis temporal y espacial de alcalinidad de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± ±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

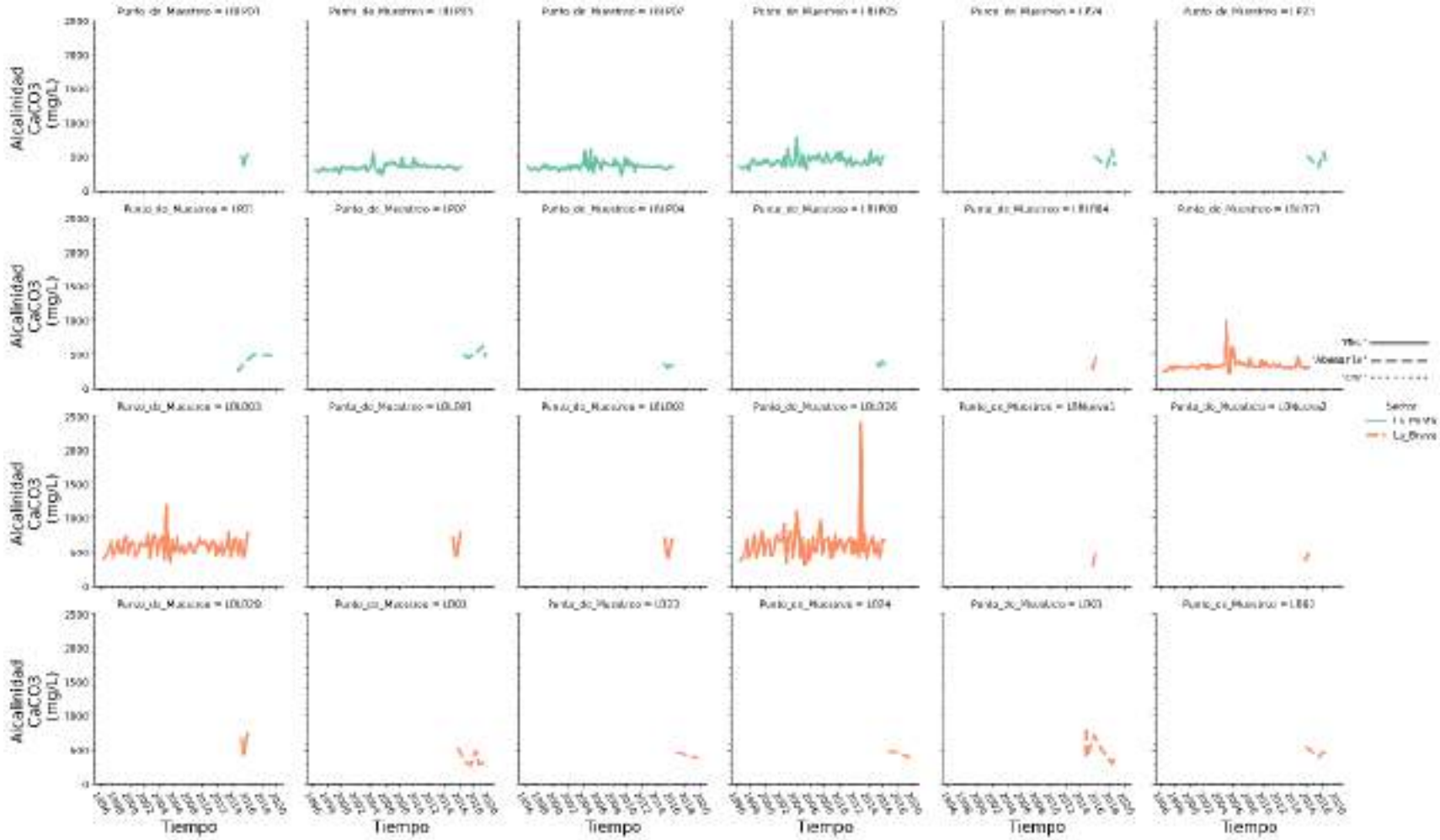


Figura 6-93 Análisis temporal de alcalinidad por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Turbidez (NTU)**

Se analiza el set de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-94), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una leve tendencia a la disminución de turbidez hacia el presente tanto en La Punta como en el sistema lagunar La Brava. El mínimo reportado (0,2 NTU) en otoño 2017 en La Brava y el máximo (32,6 NTU) en verano 2016 en La Punta.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series ambas lagunas muestran una tendencia de disminución significativa de turbidez. La Punta presenta una tendencia negativa, con una pendiente de -0,8504 NTU/año (r^2=0,2877; Wtest p-valor < 0,05) hacia el presente, mientras La Brava con una pendiente negativa de -0,1572 NTU/año (r^2=0,1988; Wtest p-valor < 0,05).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos parámetros de aguas superficiales presentaron un p-valor <0.05 en el KWtest, excepto turbidez donde no había suficiente continuidad de la serie temporal, por lo que no se pudo determinar correctamente con los datos existentes que puntos de muestreo difieren significativamente entre sí.

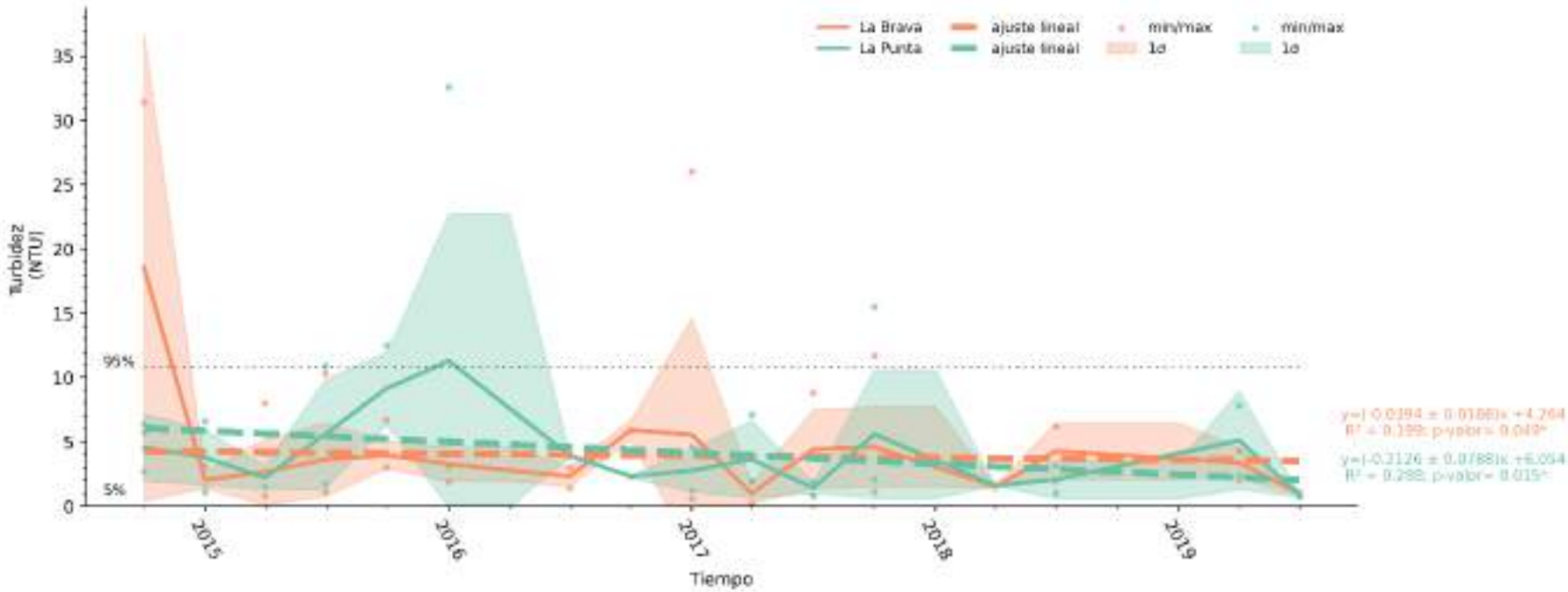


Figura 6-94 Análisis temporal y espacial de turbidez de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

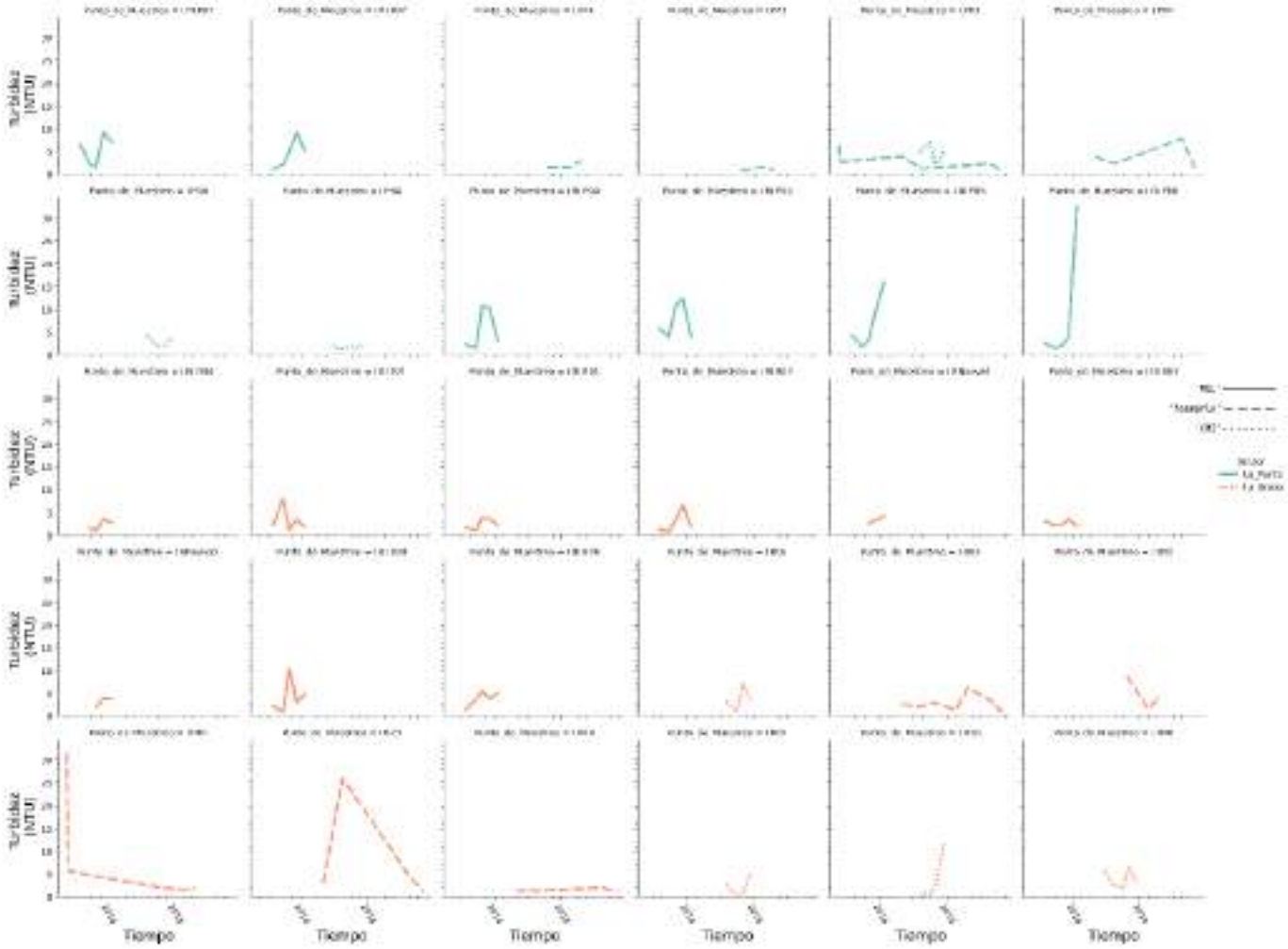


Figura 6-95 Análisis temporal de turbidez por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Sólidos Totales Disueltos (mg/L)**

Se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-96), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó una leve tendencia a la disminución de sólidos totales disueltos hacia el presente tanto en La Punta como en el sistema lagunar La Brava. El mínimo reportado (8659 mg/L) en primavera 2014 en La Punta y el máximo (241805 mg/L) en verano 2002 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que la serie de La Punta presenta una tendencia de disminución significativa, con una pendiente de -415,12 mg/L/año (r^2=0,3156; Wtest p-valor < 0,001) hacia el presente, mientras que La Brava con una pendiente negativa de -1492,8 mg/L/año (r^2=0,3603; Wtest p-valor < 0,001).

El KWtest (considerando LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26; todo con n=76) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-49.

Tabla 6-49 Diferencias en puntos de muestreo de Sólidos Totales Disueltos

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	6,83E-16
LBLB03	LBLP02	2,91E-47
LBLB03	LBLP03	1,96E-31
LBLB03	LBLP05	8,1E-08
LBLB21	LBLB26	1,19E-18
LBLB21	LBLP02	2,32E-09
LBLB21	LBLP03	0,001628
LBLB21	LBLP05	0,01801
LBLB26	LBLP02	4,31E-52
LBLB26	LBLP03	2,24E-35
LBLB26	LBLP05	1,32E-09
LBLP02	LBLP05	2,91E-18
LBLP03	LBLP05	2,9E-09

Fuente: Elaboración propia.

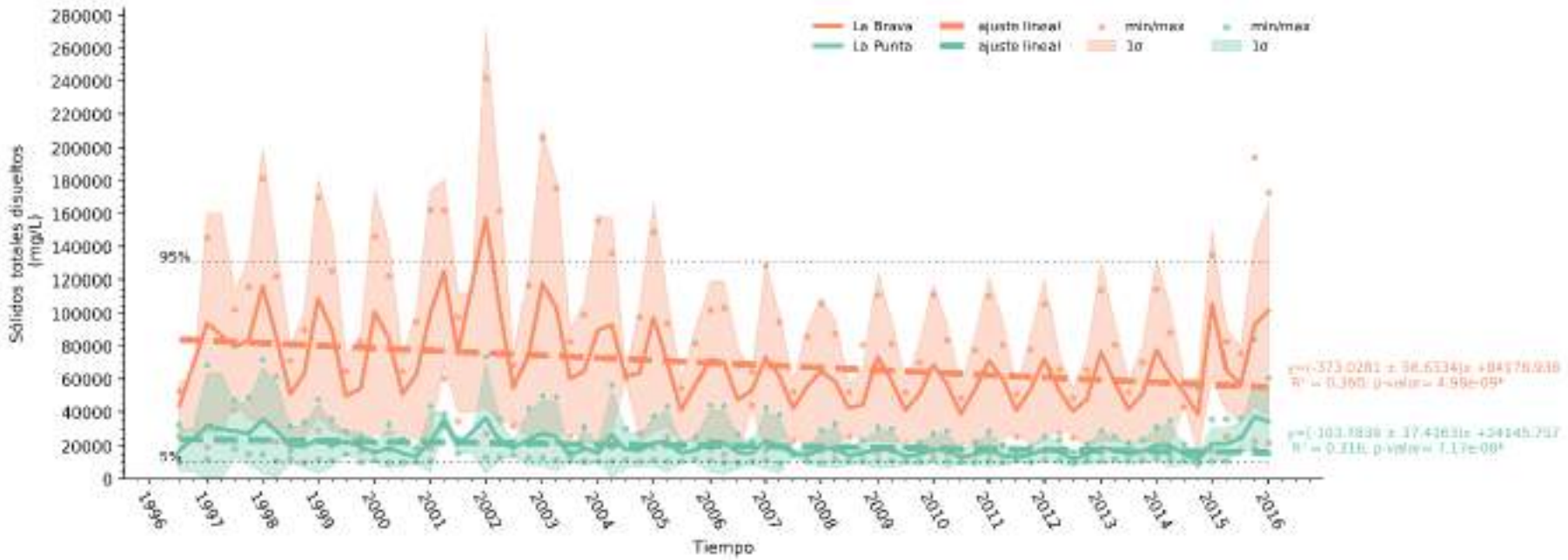


Figura 6-96 Análisis temporal y espacial de sólidos totales disueltos de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

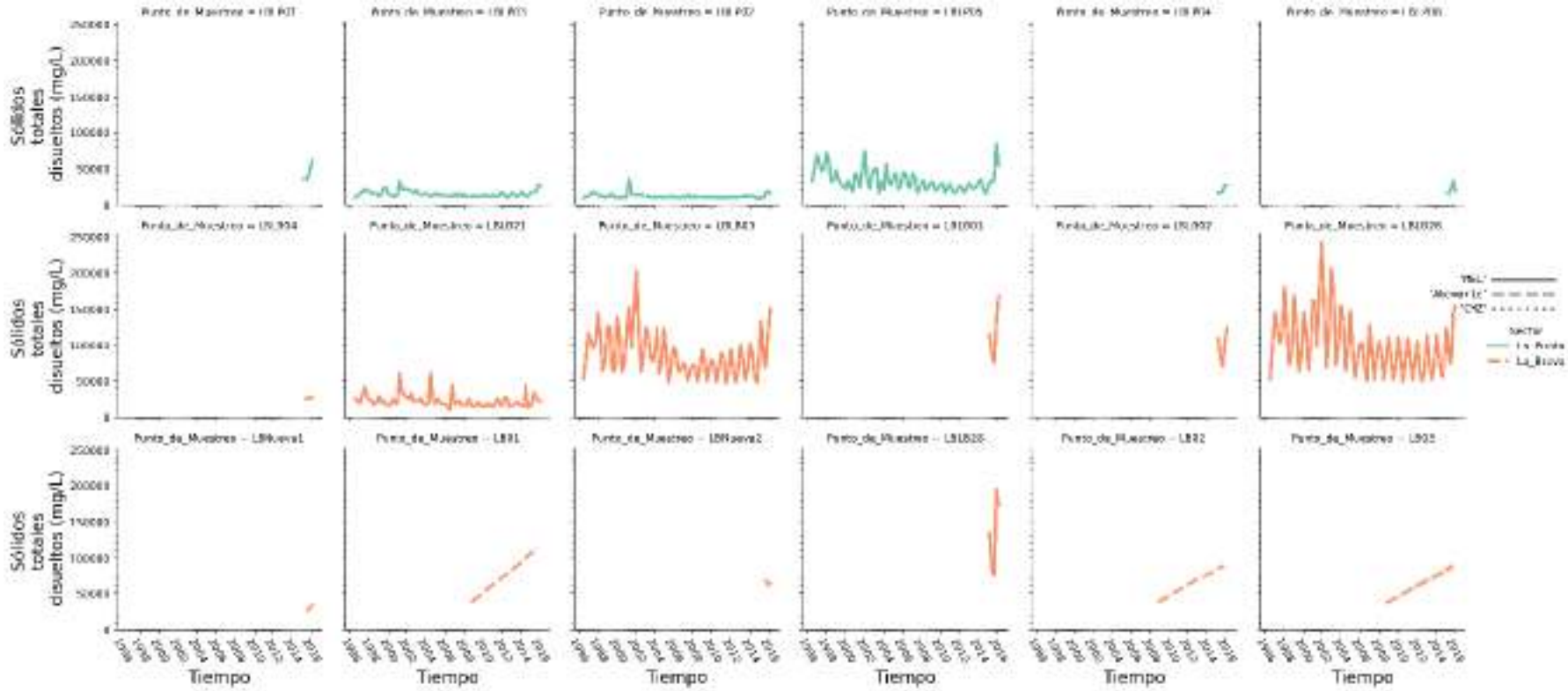


Figura 6-97 Análisis temporal de sólidos totales disueltos por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Sólidos Totales Suspendidos (mg/L)**

Se analiza el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-98), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó tendencia a la disminución de sólidos totales suspendidos hacia el presente tanto en La Punta como en mayor proporción en La Brava. El mínimo reportado (1,62 mg/L) en invierno 2013 en La Punta y el máximo (79,8 mg/L) en otoño 2001 en La Brava.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series de ambas lagunas muestran una tendencia de disminución significativa de sólidos totales suspendidos. La serie de La Punta presenta una tendencia negativa, con una pendiente de -1,7744 mg/L/año (r^2=0,5855; Wtest p-valor < 0,001) hacia el presente, mientras que La Brava con una pendiente negativa de -7,3632 mg/L/año (r^2=0,5441; Wtest p-valor < 0,001).

El KWtest (considerando LBLP03, LBLP02, LBLP05, LBLB21, LBLB03 y LBLB26; todo con n=75) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, entregando como resultado los pares de la Tabla 6-50.

Tabla 6-50 Diferencias en puntos de muestreo de Sólidos Totales Suspendidos

Punto A	Punto B	p-valor
LBLB03	LBLB21	1,52E-10
LBLB03	LBLP02	7,69E-22
LBLB03	LBLP03	1,38E-16
LBLB03	LBLP05	2E-06
LBLB21	LBLB26	1,59E-14
LBLB21	LBLP02	0,008855
LBLB26	LBLP02	1,73E-27
LBLB26	LBLP03	1,56E-21
LBLB26	LBLP05	1,46E-09
LBLP02	LBLP05	1,7E-05
LBLP03	LBLP05	0,004043
LBLB03	LBLB21	1,52E-10
LBLB03	LBLP02	7,69E-22

Fuente: Elaboración propia.

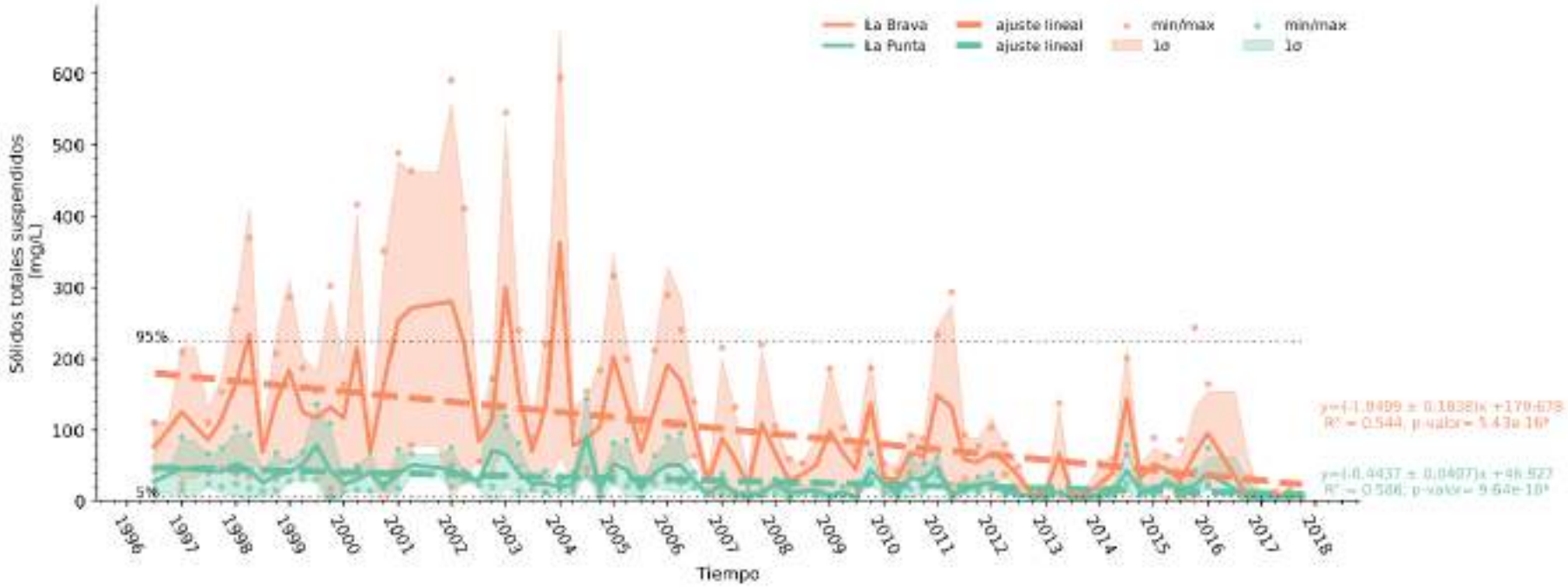


Figura 6-98 Análisis temporal y espacial de sólidos totales suspendidos de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

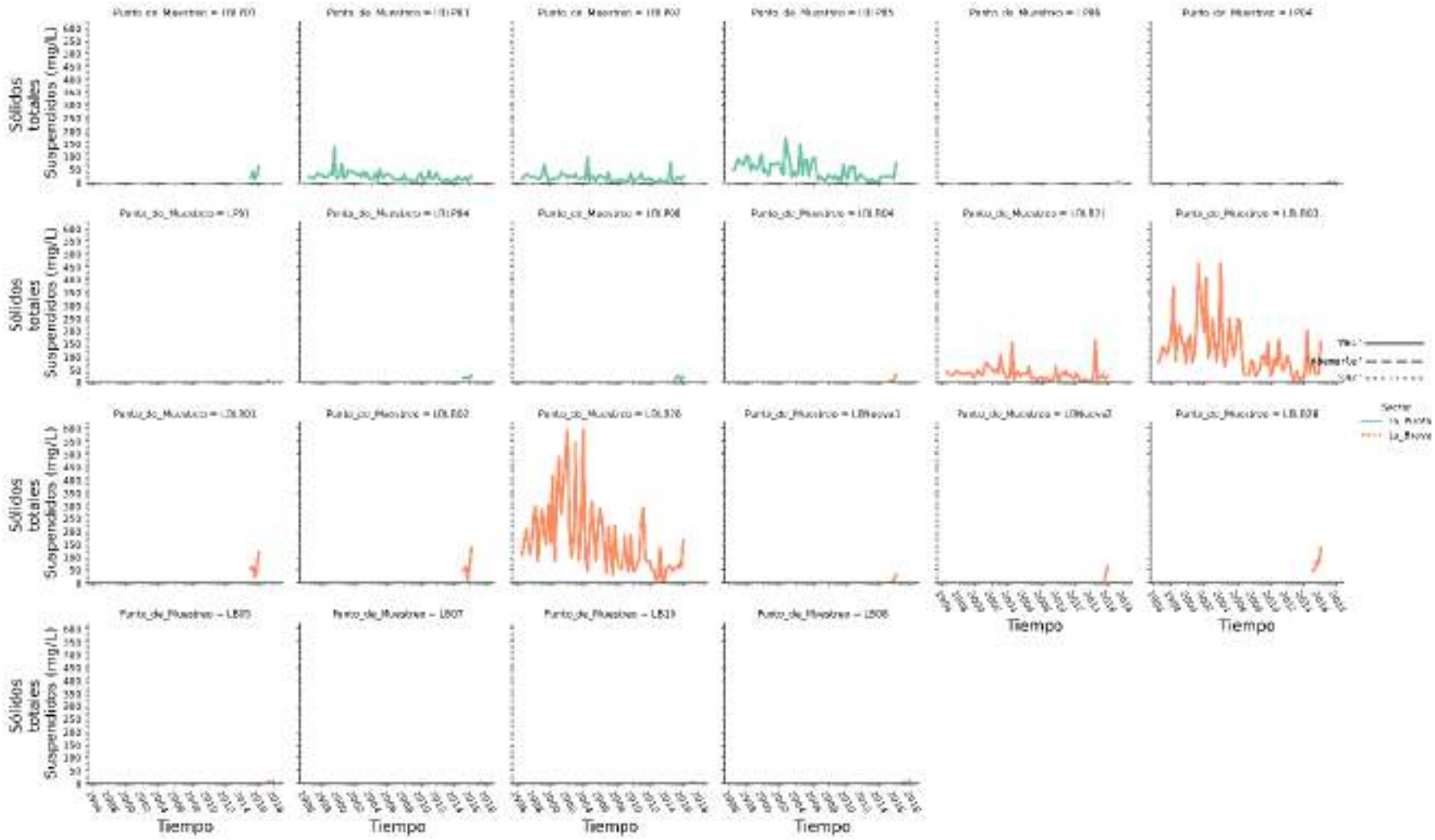


Figura 6-99 Análisis temporal de sólidos totales suspendidos por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.13. Otros parámetros de sedimentos de lagunas superficiales

Los resultados de estos parámetros son obtenidos a través de la data generada por Minera Escondida a partir del año1996 hasta el 2016, con muestreos en las cuatro estaciones del año. Considerando la totalidad de los datos disponibles para otros parámetros de sedimentos de lagunas superficiales, sin diferenciar origen de los datos, se obtienen los estadígrafos de la Tabla 6-51. Es posible observar una gran amplitud de la distribución de los datos al no discriminar entre empresa, puntos de muestreo, lagunas ni estación del año.

Tabla 6-51 Estadígrafos otros parámetros químicos de lagunas superficiales.

Parámetro	Observaciones	Promedio	SD	Mínima	Máxima	Moda	Mediana
Materia Orgánica Sedimento (%)	35	13,10	3,39	6,83	21,77	12,75	12,82
Arsénico Sedimento (mg/Kg)	134	228,51	194,09	8,90	943,00	116,00	138,30
Boro Sedimento (mg/Kg)	134	1.466,29	1.411,99	43,44	9.204,00	1.575,00	1.247,09
Cadmio Sedimento (mg/Kg)	134	0,27	0,50	0,0367	4,45	0,10	0,10
Cobre Sedimento (mg/Kg)	133	25,33	29,32	0,60	127,00	6,00	15,00
Fósforo Sedimento (mg/Kg)	176	63,79	52,77	0,50	319,05	30,00	49,78
Hierro Sedimento (mg/Kg)	134	174,10	161,80	7,00	1.268,00	107,00	123,92
Plomo Sedimento (mg/Kg)	134	1,98	2,88	0,04	15,80	0,70	0,79
Zinc Sedimento (mg/Kg)	134	6,88	8,68	0,04	75,75	5,00	5,00

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se presentan los datos de manera espacial, por laguna (Tabla 6-52). Se observa que Laguna La Punta registra el máximo de arsénico sedimento (943 mg/Kg), el mayor valor de boro sedimento (9240 mg/Kg), valores máximos de cadmio sedimento (4,45 mg/Kg), hierro sedimento (1268 mg/Kg) y materia orgánica sedimento (21,77 %). En tanto, los valores máximos de cobre sedimento (127 mg/Kg) y zinc sedimento (75,75 mg/Kg) se registran en Laguna La Brava.

Tabla 6-52 Estadígrafos por laguna de metales

Parámetro	Arsénico Sedimento (mg/Kg)		Boro Sedimento (mg/Kg)		Cadmio Sedimento (mg/Kg)		Cobre Sedimento (mg/Kg)		Hierro Sedimento (mg/Kg)		Materia Orgánica Sedimento (mg/Kg)		Fósforo Sedimento (mg/Kg)		Plomo Sedimento (mg/Kg)		Zinc Sedimento (mg/Kg)	
	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP
N observaciones	86,00	48,00	86,00	48,00	86,00	48,00	85,00	48,00	86,00	48,00	21,00	14,00	111,00	65,00	86,00	48,00	86,00	48,00
Promedio	286,47	124,67	2.006,77	497,93	0,35	0,14	25,07	25,81	216,69	97,80	14,20	11,45	74,55	45,43	2,34	1,36	7,14	6,42
SD	217,33	63,38	1.461,39	535,97	0,62	0,09	24,01	37,21	179,04	82,78	3,73	1,96	56,74	39,24	3,36	1,58	6,92	11,25
Mínima	15,60	8,90	270,20	43,44	0,04	0,04	1,04	0,60	7,00	12,50	6,83	6,96	0,50	0,50	0,04	0,04	0,04	0,60
Máxima	943,00	341,00	9.204,00	2.662,00	4,45	0,40	123,80	127,00	1.268,00	335,00	21,77	13,66	319,05	185,00	15,80	6,80	49,10	75,75
MWtest (p-valor)	1,66169E-10		1,13115E-11		0,000277575		1,49042E-07		4,47298E-14		0,000129326		4,58143E-06		0,021791307		0,006560616	
Dif.sig.	sí		sí		sí		sí		sí		sí		sí		sí		sí	

Fuente: Elaboración propia. Dif.sig: diferencia significativa; LB: La Brava; LP; La Punta

- **Arsénico Sedimento (mg/Kg)**

Analizando el set de datos a una resolución temporal estacional para ambas lagunas (Figura 6-100), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de arsénico sedimento presenta tendencia al aumento para ambas lagunas. Ambas curvas difieren significativamente con un p-valor < 0,001 (MWtest). Por otra parte, ambas series de tiempo muestran variabilidad estacional, con mayores valores de concentraciones en invierno y menores en verano.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series de tiempo (2004 a 2015) presentan tendencias de aumento significativo de concentraciones de arsénico sedimento, donde se obtiene que el aumento observado tiene una pendiente en La Punta de 5,7644 mg/Kg/año (r^2=0,3224; Wtest p-valor < 0,001) y en La Brava una pendiente de 8,579 mg/Kg/año (r^2=0,1181; Wtest p-valor < 0,05).

El KWtest (considerando LBLP03, LBLB03, LBLB26; todo con n=33) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, como es el caso de LBLB26 y LBLP03 con un p-valor < 0,05.

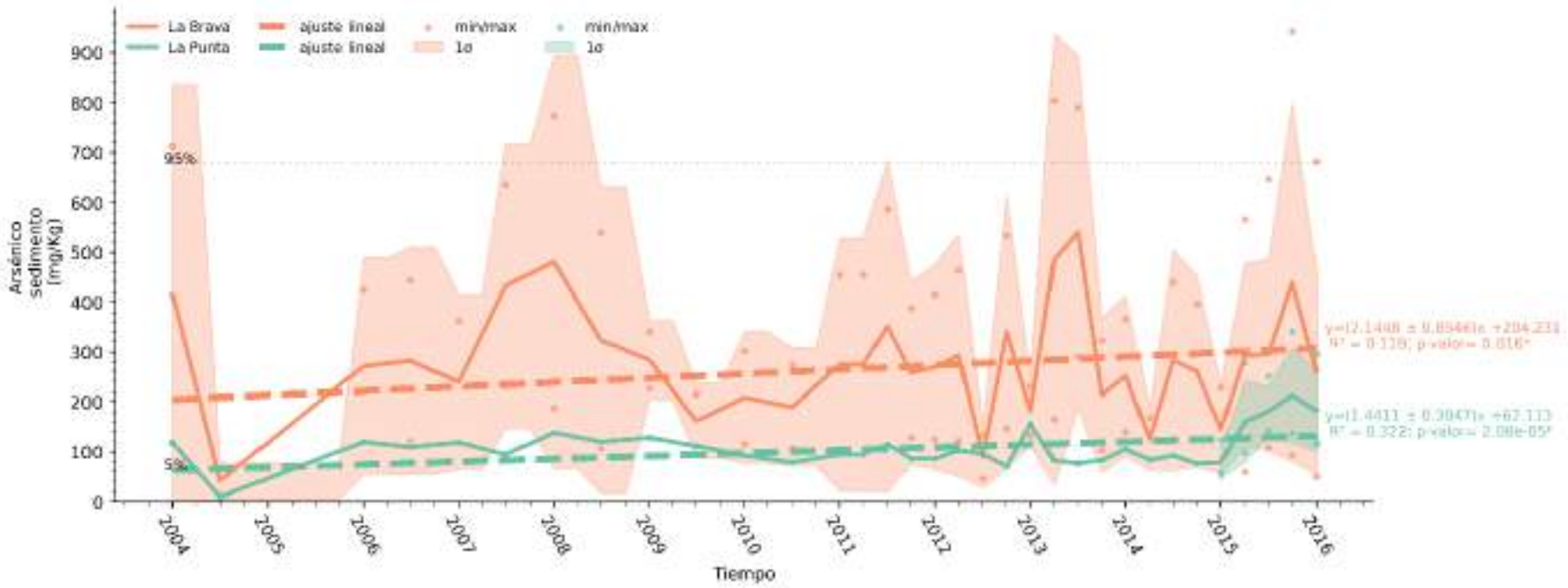


Figura 6-100 Análisis temporal y espacial de arsénico sedimento de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

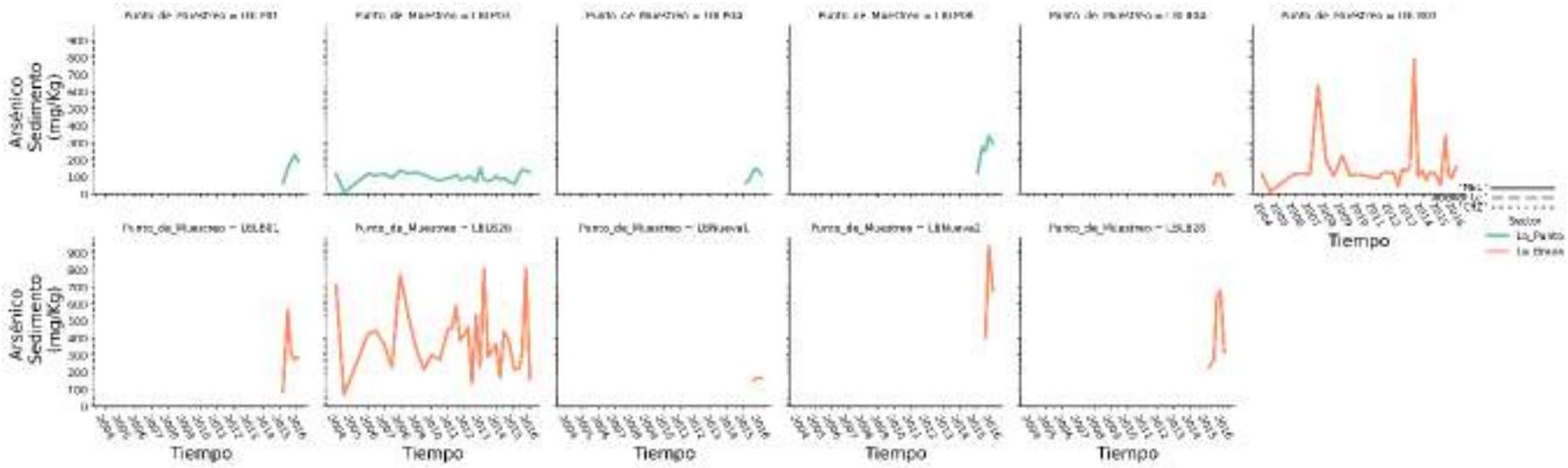


Figura 6-101 Análisis temporal de arsénico sedimento por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Boro Sedimento (mg/Kg)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-102), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de boro sedimento presenta una leve tendencia a la baja a partir del año 2004 para ambas lagunas. El conjunto de ambas lagunas difiere significativamente entre sí con un p-valor < 0,001 (MWtest).

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series de ambas lagunas presentan coeficientes de determinación inferior a 0,10 por lo que no hay correspondencia con un modelo lineal y por lo tanto no se puede afirmar una tendencia de aumento o disminución con respaldo estadístico, para el período de 2004 a 2015.

El KWtest (considerando LBLP03, LBLB03, LBLB26; todo con n=33) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, como es el caso de LBLB03 y LBLP03 con un p-valor < 0,05, y a su vez, se observaron diferencias significativas entre los puntos de muestreo LBLB26 Y LBLP03 con un p-valor < 0,05.

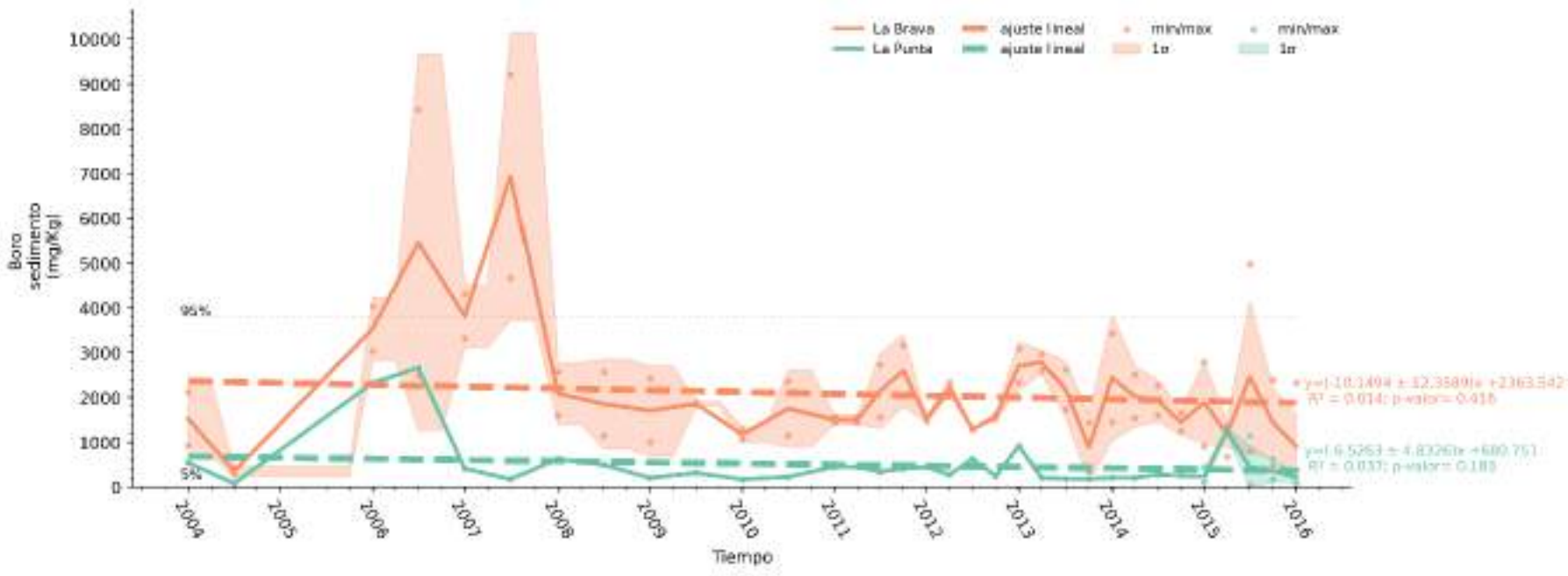


Figura 6-102 Análisis temporal y espacial de boro sedimento de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

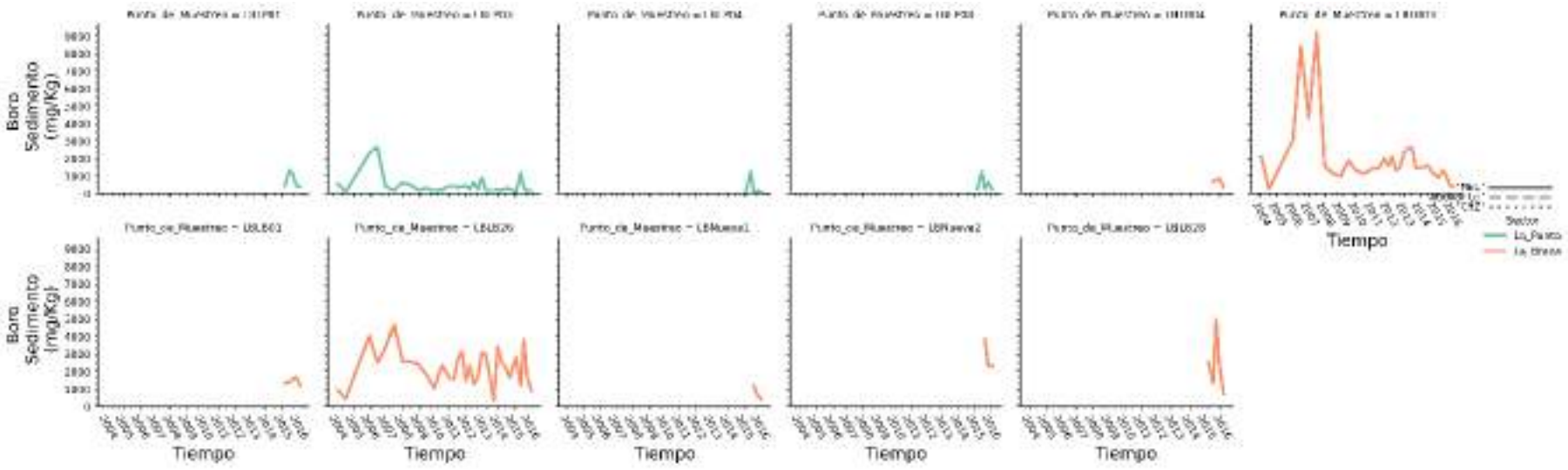


Figura 6-103 Análisis temporal de boro sedimento por estación de muestreo y por empresa.

Fuente: Elaboración propia.

- **Cadmio Sedimento (mg/Kg)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-104), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de cadmio sedimento presenta una leve tendencia a la baja a partir del año 2004 para ambas lagunas. Ambas curvas difieren estadísticamente con un p-valor < 0,001 (MWtest).

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie del sistema lagunar La Punta presenta tendencias de aumento significativo de concentraciones de cadmio sedimento con una pendiente de 0,0052 mg/Kg/año (r^2=0,1113; Wtest p-valor < 0,05).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-105), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo. Este análisis se realizó con los puntos de muestreo LBLP03, LBLB03, y LBLB26 (todos con n=33), ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones. El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 2004 a 2015. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, pero no se obtuvo ningún par de estaciones con un p-valor > 0,05, por lo que no hay evidencia de qué puntos estarían difiriendo de otros.

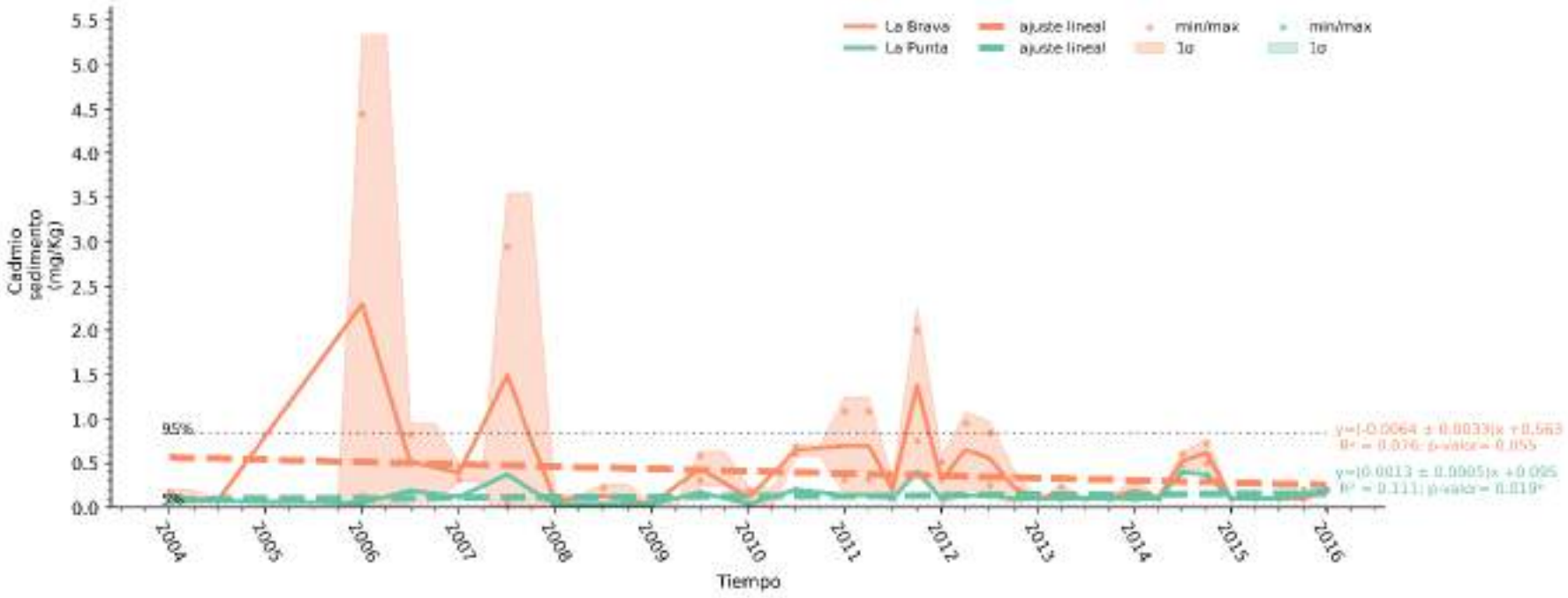


Figura 6-104 Análisis temporal y espacial de cadmio sedimento de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

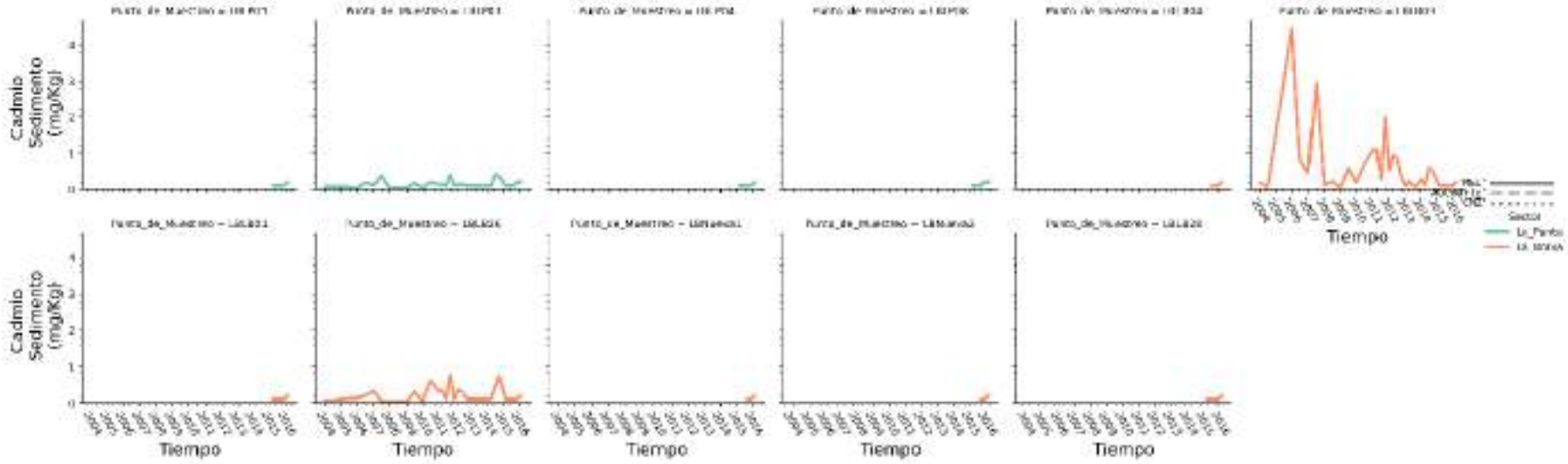


Figura 6-105 Análisis temporal de cadmio sedimento por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Cobre Sedimento (mg/Kg)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional para ambas lagunas (Figura 6-106), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de cobre sedimento presenta una tendencia al aumento a partir del año 2004 para ambas lagunas, además de dos aumentos en el año 2007 en La Brava y en el año 2015 también en La Brava y en mayor magnitud en La Punta. Ambos conjuntos difieren significativamente con un p-valor < 0,001 (MWtest).

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie del sistema lagunar de La Punta presenta tendencia de aumento significativo de concentraciones de cobre sedimento, cuya pendiente es 2,5912 mg/Kg/año (r^2=0,4116; Wtest p-valor < 0,001). En tanto, para la serie de La Brava se obtiene un coeficiente de determinación menor a 0,10.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-107), se visualizan solo algunas series de tiempo de longitud adecuada para realizar comparaciones entre puntos de muestreo. Este análisis se realizó con los puntos de muestreo LBLP03 (n=33), LBLB03 (n=33), y LBLB26 (n=32), ya que solo éstas presentaban suficientes observaciones. El KWtest arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001, utilizando los datos del período 2004 a 2015. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, pero no se obtuvo ningún par de estaciones con un p-valor > 0,05, por lo que no hay evidencia de qué puntos estarían difiriendo de otros.

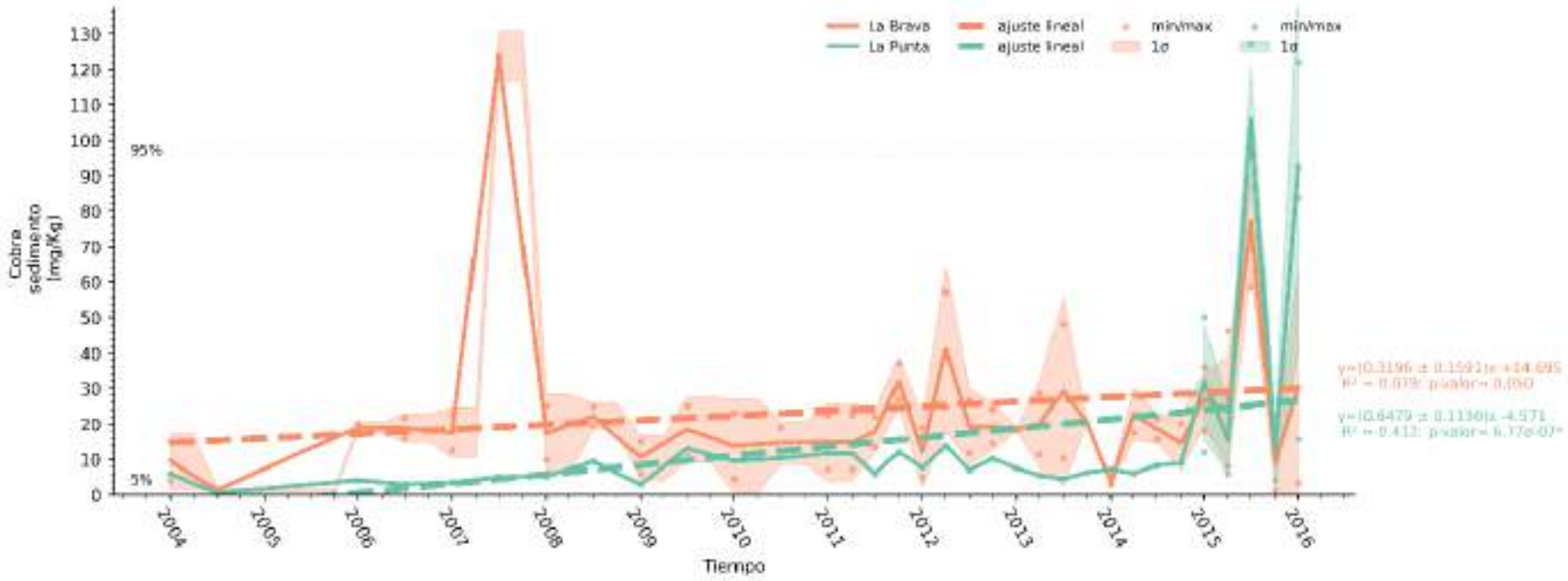


Figura 6-106 Análisis temporal y espacial de cobre sedimento de las Laguna La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± ±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

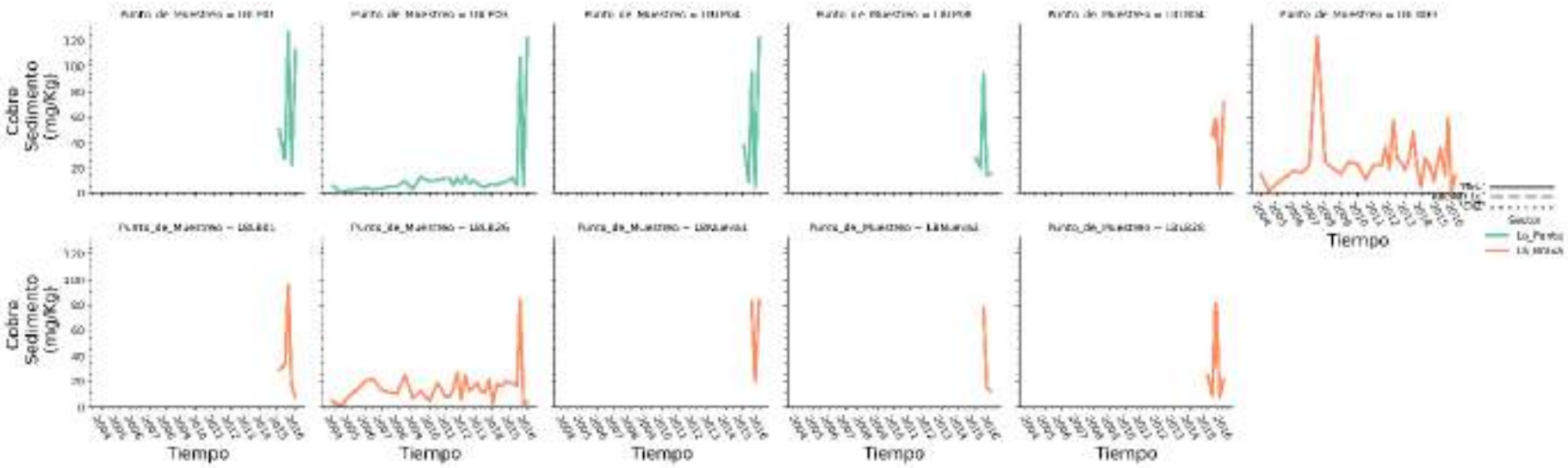


Figura 6-107 Análisis temporal de cobre sedimento por estación de muestreo y por empresa.

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

- **Hierro Sedimento (mg/Kg)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional para ambas lagunas (Figura 6-108), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de hierro sedimento presenta tendencia al aumento en La Punta y tendencia a la disminución en La Brava. Ambos conjuntos difieren significativamente con un p-valor < 0,001 (MWtest).

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie del sistema lagunar de La Punta presenta tendencias de aumento significativo de concentraciones de hierro sedimento, con un la pendiente de 4,822 mg/Kg/L (r^2=0,2179; Wtest p-valor < 0,001). En tanto, para la serie de La Brava se obtiene un coeficiente de determinación menor a 0,10.

El KWtest (considerando LBLP03, LBLB03, LBLB26; todo con n=33) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, como es el caso de LBLB03 y LBLP03 con un p-valor < 0,05.

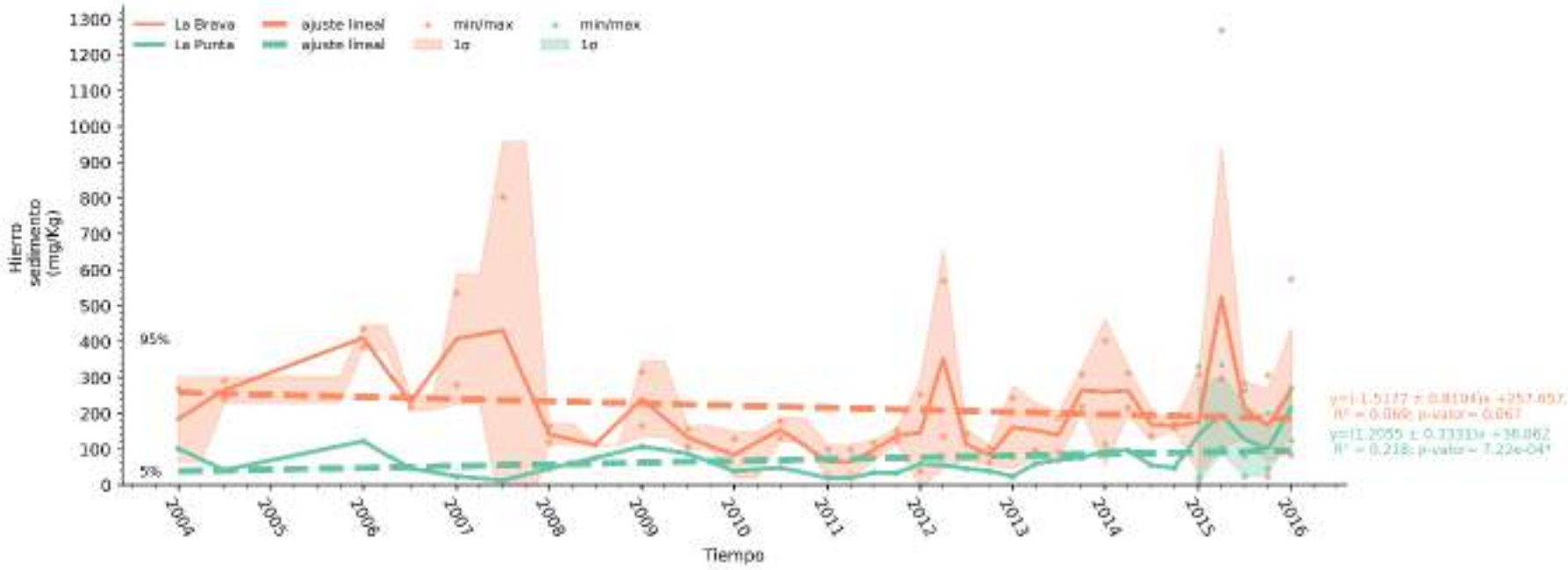


Figura 6-108 Análisis temporal y espacial de hierro sedimento de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

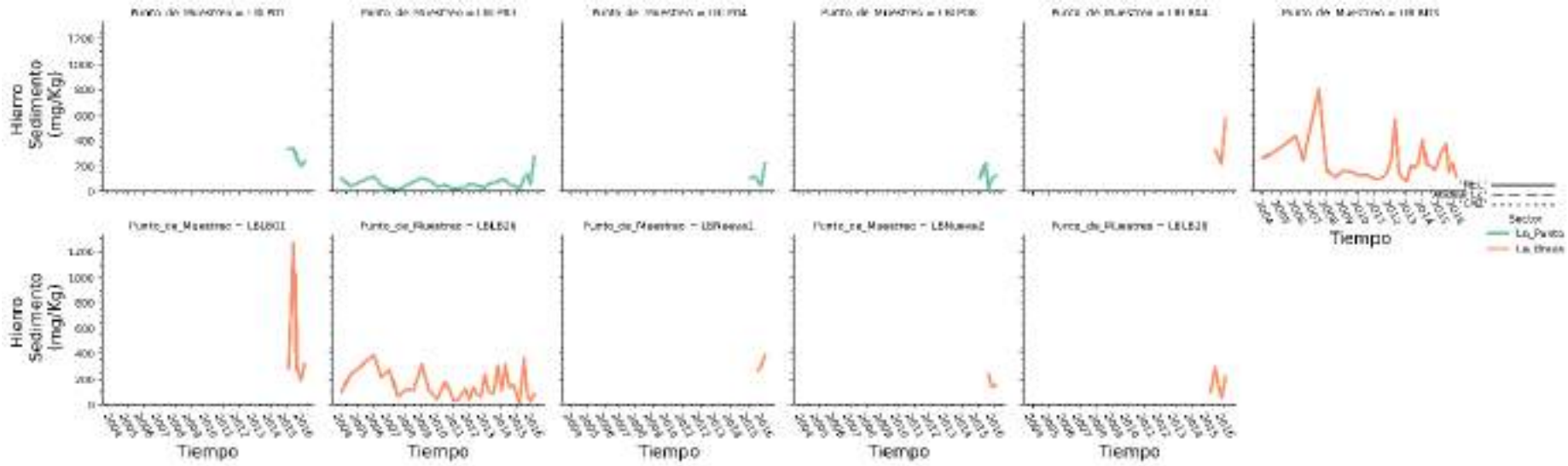


Figura 6-109 Análisis temporal de hierro sedimento por estación de muestreo y por empresa.

Fuente: Elaboración propia.

- **Materia Orgánica Sedimento (%)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional para ambas lagunas (Figura 6-110), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de materia orgánica sedimento presenta una tendencia al aumento a partir del año 2016 para ambas lagunas. Ambos conjuntos difieren significativamente con un p-valor < 0,001 (MWtest).

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que, si bien hay una leve correspondencia con un modelo lineal para las dos series, no se obtiene una pendiente significativamente distinta a cero. De este modo, no se puede afirmar una tendencia de aumento o disminución significativa (La Punta r^2=0,289; Wtest p-valor > 0,05; La Brava r^2=0,186; Wtest p-valor > 0,05).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, algunos parámetros de sedimentos presentaron un p-valor < 0.05 en el KWtest, excepto materia orgánica sedimento, donde no había suficiente continuidad de la serie temporal, por lo que no se puede determinar correctamente si hay alguna diferencia significativa entre algún punto de muestreo.

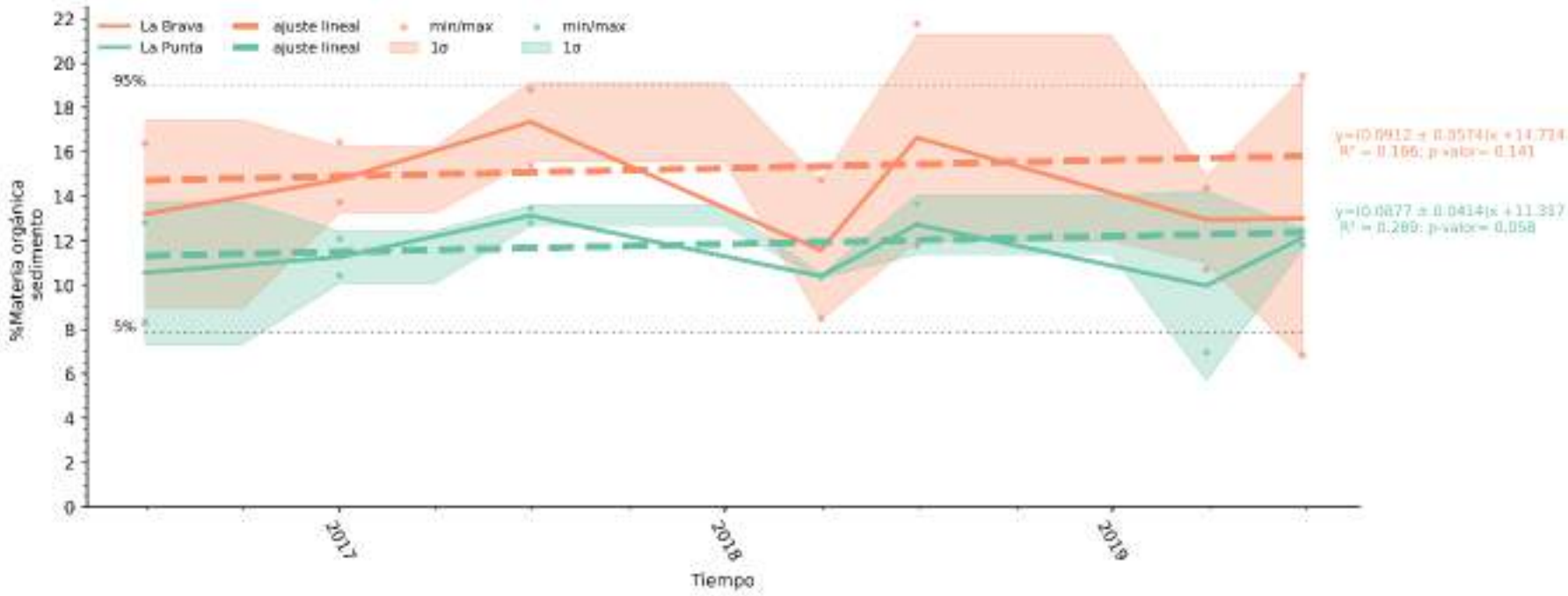


Figura 6-110 Análisis temporal y espacial de materia orgánica sedimento de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

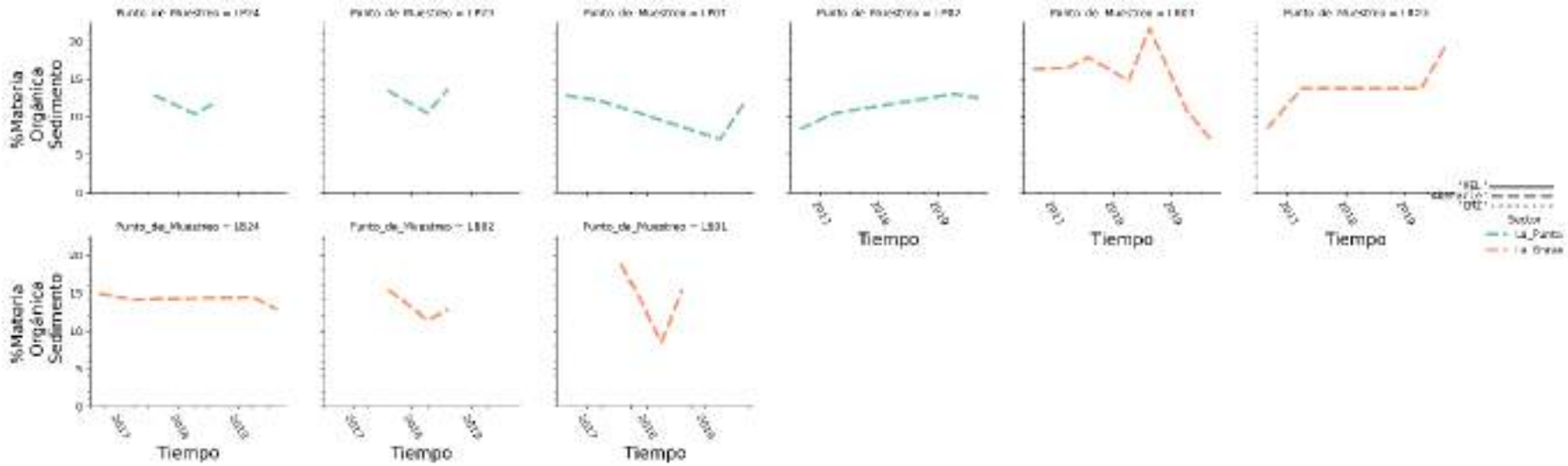


Figura 6-111 Análisis temporal de materia orgánica sedimento por estación de muestreo y por empresa.

Fuente: Elaboración propia.

- **Fósforo Sedimento (mg/Kg)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional (promediado estacionalmente) para ambas lagunas (Figura 6-112), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de fósforo sedimento presenta tendencia al aumento tanto en La Punta como en La Brava. Ambos conjuntos difieren estadísticamente con un p-valor < 0,001 (MWtest).

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series de ambos sistemas lagunares presentan tendencias de aumento significativo de concentración de fósforo sedimento, donde la pendiente para la serie de La Punta es 0,344 mg/Kg/año (r^2=0,3715; Wtest p-valor < 0,001) y en La Brava de 3,807 mg/Kg/año (r^2=0,0198; Wtest p-valor < 0,001).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, el KWtest (considerando LBLP03, LBLB03, LBLB26; todo con n=33) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,001. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí, como es el caso de LBLB03 y LBLP03 con un p-valor < 0,05.

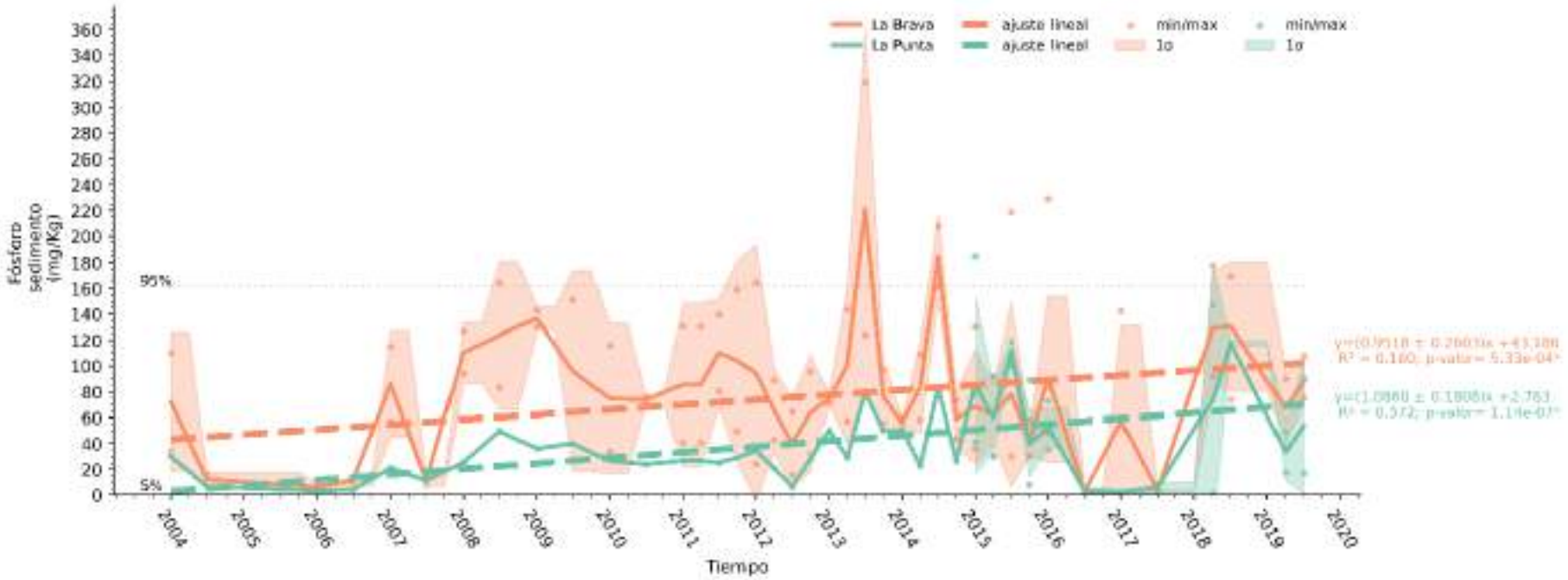


Figura 6-112 Análisis temporal y espacial de fósforo sedimento de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

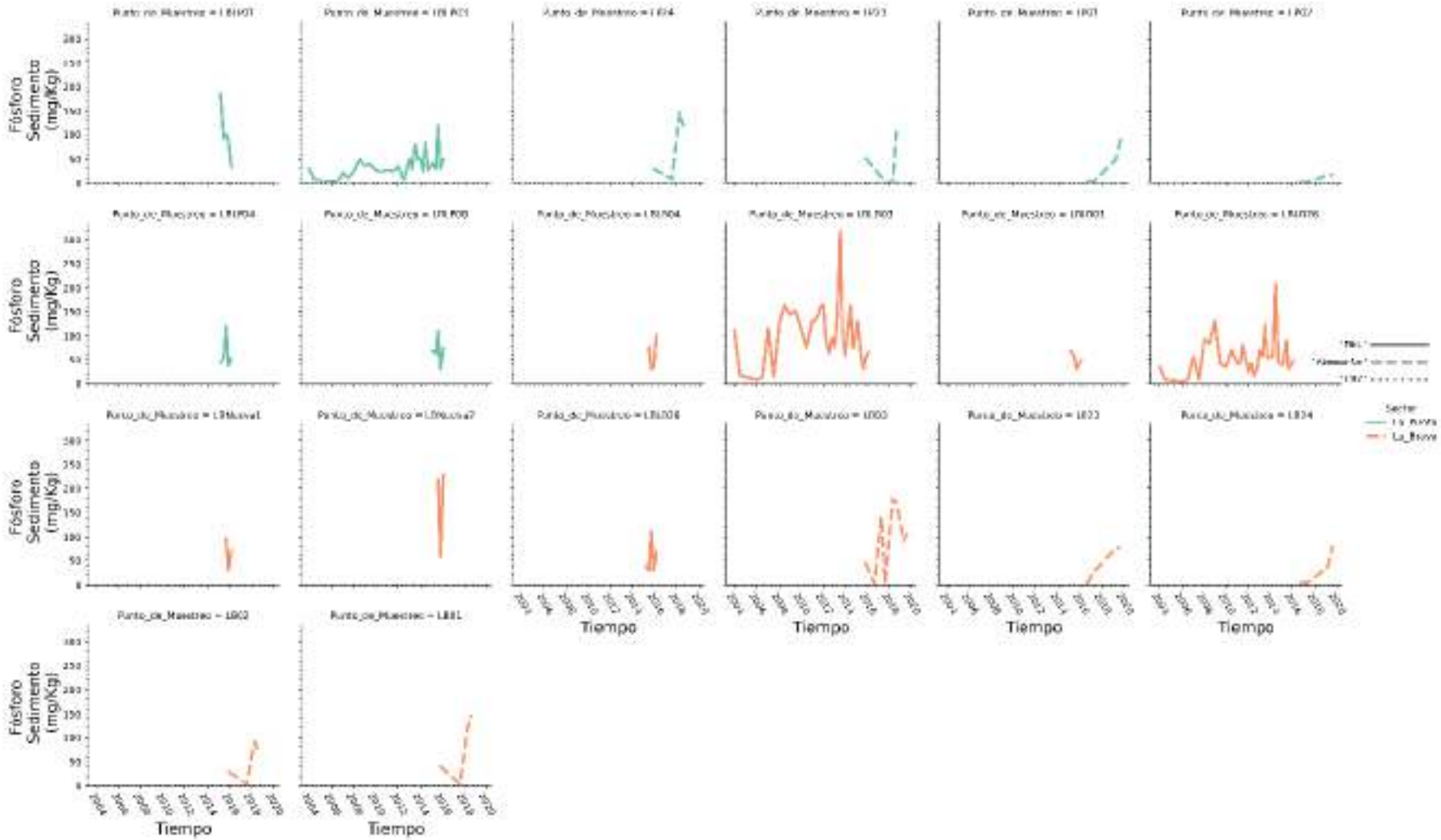


Figura 6-113 Análisis temporal de fósforo sedimento por estación de muestreo y por empresa.

Fuente: Elaboración propia.

- **Plomo Sedimento (mg/Kg)**

Analizando el set de datos a una resolución temporal estacional para ambas lagunas (Figura 6-114), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de plomo sedimento presenta una tendencia a la disminución a partir del año 2004 para ambas lagunas. Ambos conjuntos no difieren significativamente con un p-valor > 0,05 (MWtest).

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que en las series ambos sistemas lagunares los coeficientes de determinación obtenidos son inferiores a 0,10, por lo que, a falta de una correspondencia con un modelo lineal, es imposible afirmar un aumento o disminución con respaldo estadístico (La Punta r^2=0,004; Wtest p-valor 0,649; La Brava r^2=0,061; Wtest p-valor > 0,05).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, el KWtest (considerando LBLP03, LBLB03, LBLB26; todo con n=33) arroja como resultado que no existen diferencias significativas entre ningún par de puntos de muestreo, con un p-valor > 0,05, para el período de 2004 a 2015.

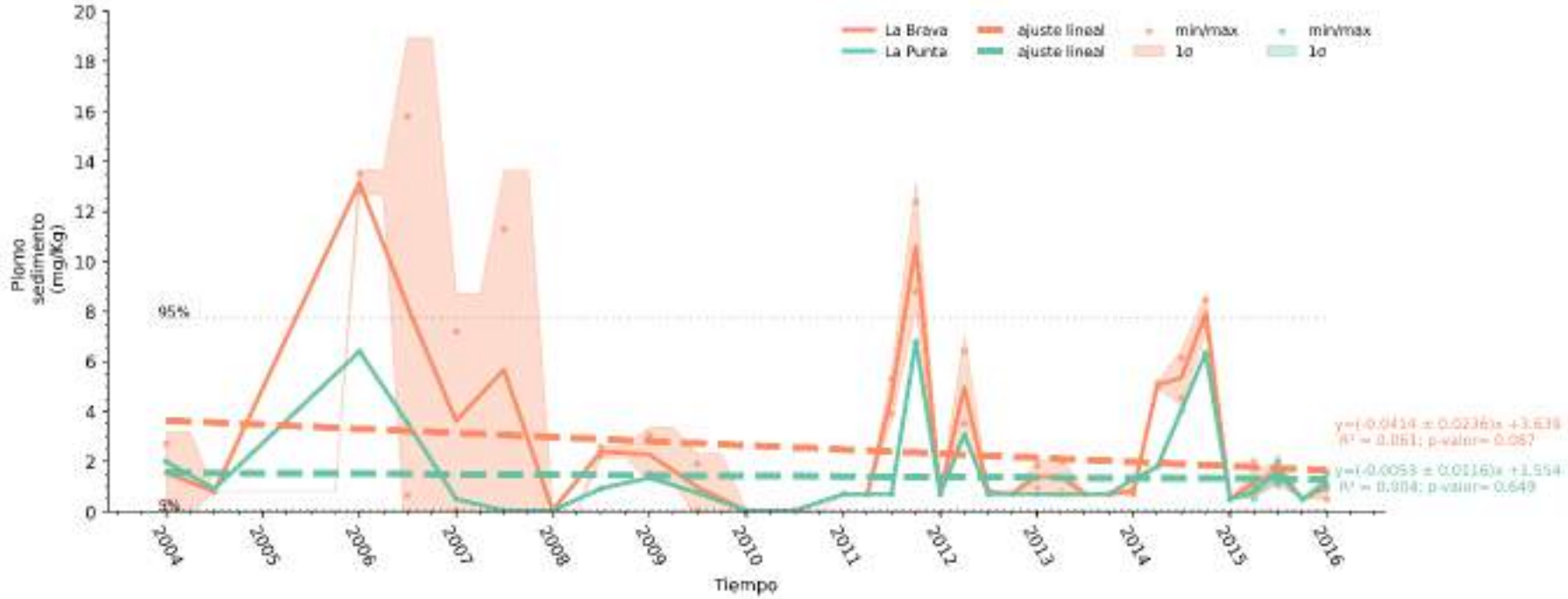


Figura 6-114 Análisis temporal y espacial de plomo sedimento de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

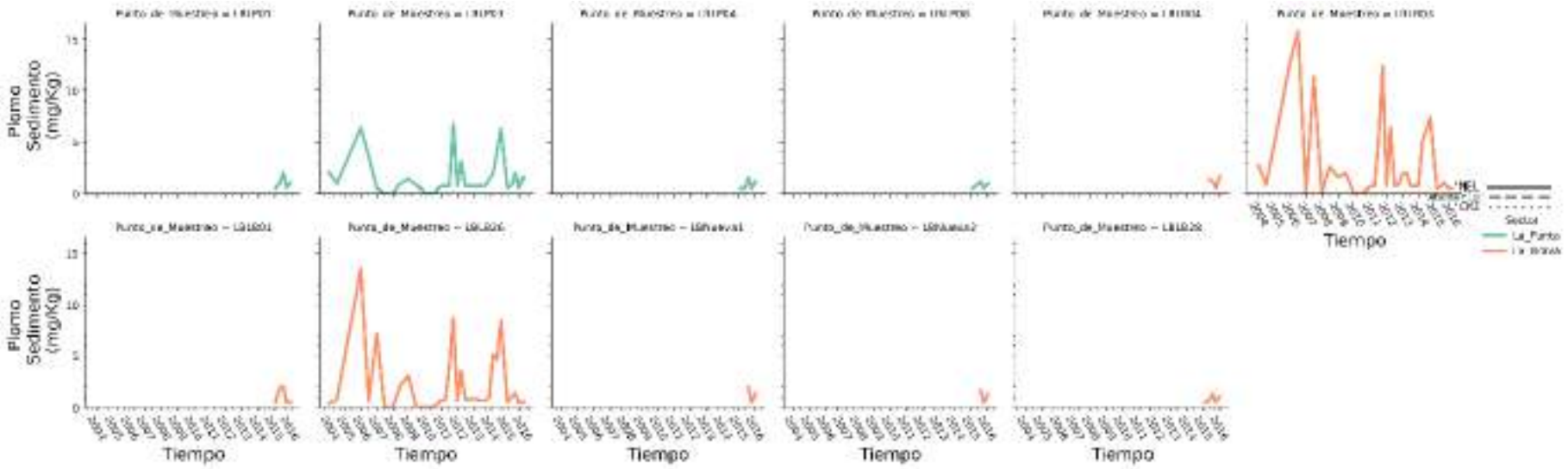


Figura 6-115 Análisis temporal de plomo sedimento por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

- **Zinc Sedimento (mg/Kg)**

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional para ambas lagunas (Figura 6-116), indicando la dispersión de los datos (±1 σ) y señalando los valores mínimos y máximos por período, se observó que la curva de zinc sedimento presenta una leve tendencia al aumento a partir del año 2004 para ambas lagunas. Ambos conjuntos difieren significativamente con un p-valor < 0,05 (MWtest).

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que en las series ambos sistemas lagunares los coeficientes de determinación obtenidos son inferiores a 0,10, por lo que, a falta de una correspondencia con un modelo lineal, es imposible afirmar un aumento o disminución con respaldo estadístico (La Punta r^2=0,053; Wtest p-valor > 0,05; La Brava r^2=0,010; Wtest p-valor > 0,05).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo, el KWtest (considerando LBLP03, LBLB03, LBLB26; todo con n=33) arroja como resultado que existen diferencias significativas entre algún par de puntos de muestreo, con un p-valor < 0,05. Posteriormente se aplicó el test *post-hoc* Dtest para determinar qué puntos de muestreo difieren entre sí pero no se encontró evidencia de qué punto difiere otro, dado los p-valores sobre 0,05.

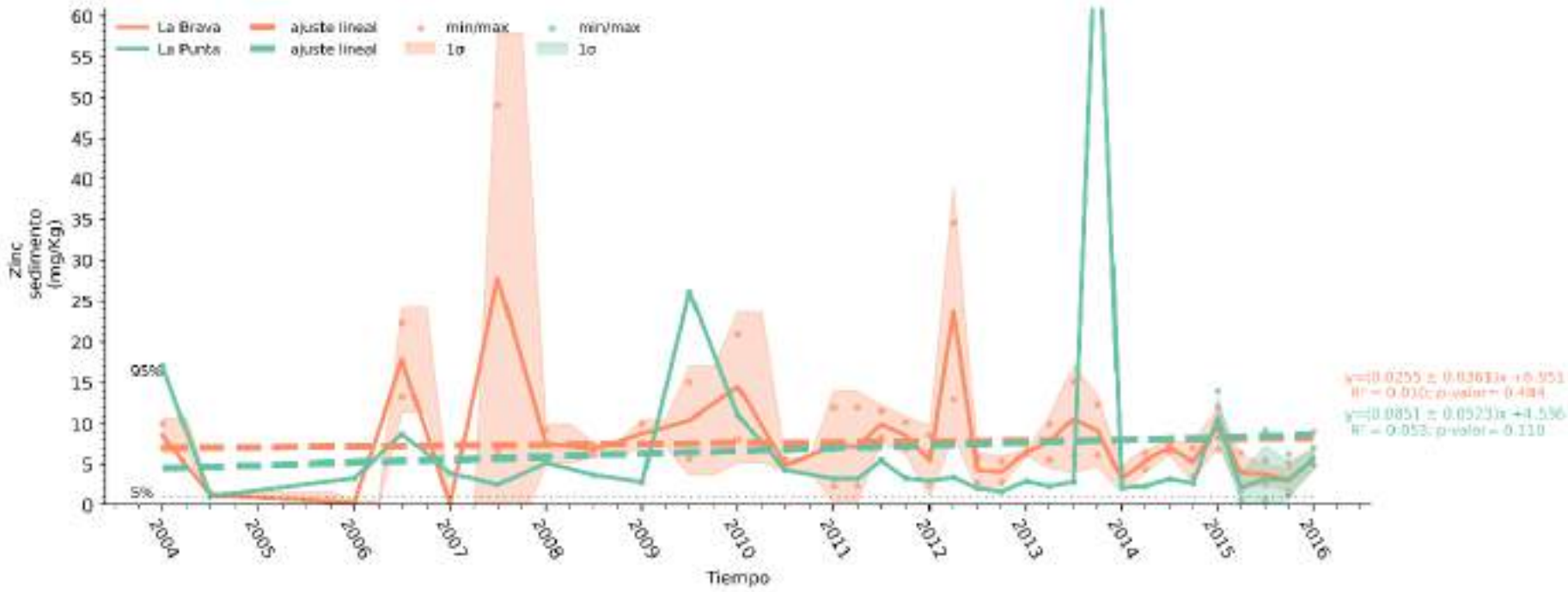


Figura 6-116 Análisis temporal y espacial de zinc sedimento de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

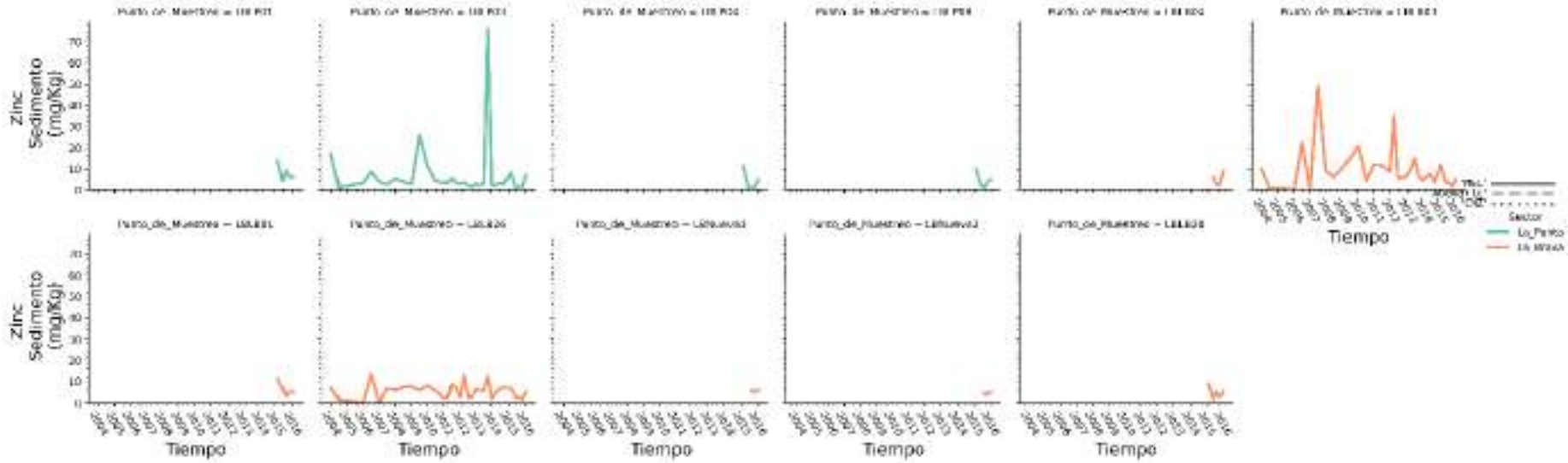


Figura 6-117 Análisis temporal de zinc sedimento por estación de muestreo y por empresa

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Variables respuesta

De acuerdo a lo definido en el capítulo 5, se consideran variables respuesta a las comunidades acuáticas monitoreadas en las lagunas La Punta y La Brava clasificadas en Fitobentos (FB), Fitoplancton (FP), Zoobentos (ZB) y Zooplancton (ZP). Para el análisis se utilizaron las densidades totales (D) de individuos o células por unidad de área (ej.: cél/mm^2) o volumen (ej.: cél/L), la riqueza taxonómica (S) y el índice de diversidad (H).

Los resultados para estos parámetros son obtenidos a través de la data generada entre octubre 2013 y julio de 2019, con muestreos en las cuatro estaciones del año, obtenidos por Minera Escondida, y con muestreos semestrales en invierno y verano obtenidos por Albemarle. En total se recopilaron resultados de 16 campañas de muestreo, realizadas tanto por Albemarle Corporation (12 campañas de muestreo efectivas) y Minera Escondida Ltda (5 campañas de muestreo efectivas).

Considerando la totalidad de los datos disponibles para las variables bióticas de lagunas superficiales, sin diferenciar origen de los datos, se obtienen los estadígrafos de la Tabla 6-53. Es posible observar una gran amplitud de la distribución de los datos al no discriminar entre empresa, puntos de muestreo, lagunas ni estación del año.

Tabla 6-53 Estadística descriptiva para las variables bióticas del Sistema La Punta-La Brava.

Variable	N Observaciones	Promedio	SD	Mínima	Máxima	Moda	Mediana
FPD (cél/mL)	176	527,58	1771,77	0,00	10110,38	0,00	36,84
FPS	176	9,70	5,96	0,00	33,00	6,00	9,00
FPH	137	1,50	0,63	0,00	2,80	1,68	1,59
FBD (cél/mm^2)	175	82803,00	229077,08	0,40	2347919,00	28030,90	10911,30
FBS	175	11,30	4,64	2,00	25,00	10,00	11,00
FBH	137	1,52	0,63	0,09	2,71	1,63	1,63
ZPD (Ind/L)	176	117,84	748,86	0,00	9375,00	1,30	4,77
ZPS	176	3,15	1,56	0,00	8,00	3,00	3,00
ZPH	135	0,57	0,39	0,00	1,49	0,00	0,59
ZBDv (Ind/L)	63	15109,43	66560,61	0,00	461200,00	0,00	0,00
ZBDa (Ind/m^2)	143	9265,36	23044,65	0,00	240333,00	0,00	2038,20
ZBS	171	2,19	1,61	0,00	7,00	1,00	2,00
ZBH	125	0,29	0,38	0,00	1,42	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia. Cél: células; Ind: individuos; FPD: Densidad de fitoplancton; FPS: Riqueza de fitoplancton; FPH: Diversidad de fitoplancton; FBD: Densidad de fitobentos; FBS: Riqueza de fitobentos; FBH: Diversidad de fitobentos; ZPD: Densidad de zooplancton; ZPS; Riqueza de zooplancton; ZPH: Diversidad de zooplancton; ZBDv: Densidad en volumen de zoobentos; ZBDa: Densidad en área de zoobentos; ZBS: Riqueza de zoobentos; ZBH: diversidad de zoobentos

La comunidad biológica con mayor número de especies registradas por campaña de monitoreo es la fitoplanctónica (33), seguida del fitobentos (25). En tanto, zooplancton y zoobentos registran en general bajo número de *taxa* por campaña de monitoreo, alcanzando un máximo de 8 y 7 *taxa* respectivamente. El número total de *taxa* registrados por grupo biológico se analizará en detalle en el ítem correspondiente.

6.2.2.1. Fitobentos

La comunidad fitobentónica descrita para las lagunas La Punta y La Brava es de 178 *taxa* en total, siendo dominante el grupo de las diatomeas (Clase Bacillariophyceae) con el 89% del total registrado (159 *taxa*). El total de géneros 66, pertenecientes a 52 familias y 7 clases, siguiendo la nomenclatura taxonómica actualizada de https://www.algaebase.org/.

Cabe señalar que no existen categorías de conservación para las microalgas por lo que no es un criterio a considerar en este análisis. Los *taxa* encontrados en el área de influencia directa se representan en la Tabla 6-54.

Tabla 6-54 Composición taxonómica de fitobentos registrada.

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula*	*Denticula*
				Denticula elegans
				Denticula kuetzingii
				Denticula spp
				Denticula subtilis
				Denticula thermalis
				Denticula valida
			Hantzschia	*Hantzschia*
				Hantzschia sp
			Nitzschia	*Nitzchia brevistriata*
				Nitzchia denticulum
				Nitzchia epitenoides
				Nitzchia frustulum
				Nitzchia pusilla
				Nitzchia spp
				Nitzschia
				Nitzschia liebetruth
				Nitzschia accedens var chilensis
				Nitzschia bacillum
				Nitzschia fonticola
				Nitzschia grunowii
				Nitzschia ovalis
				Nitzschia palea
				Nitzschia pusilla
				Nitzschia spp
				Nitzschia valdecostata

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
			Tryoblionella	*Tryblionella hungarica*
				Tryblionella sp
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium*	*Achnanthidium*
				Achnanthidium spp
			Karayevia	*Karayevia sp*
			Planothidium	*Planothidium biporomum*
				Planothidium chilense
				Planothidium frequentissimum
				Planothidium lanceolatum
				Planothidium sp
				Planothidium spp
		Cocconeidales	*Cocconeis*	*Cocconeis*
				Cocconeis euglypta
				Cocconeis lineata
				Cocconeis neodiminuta
				Cocconeis placentula var euglypta
				Cocconeis sp
				Cocconeis spp
	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	*Adlafia*	*Adlafia minuscula*
				Adlafia sp
			Anomoeoneis	*Anomoeoneis*
				Anomoeoneis sp
		Cymbellaceae	*Cymbella*	*Cymbella*
				Cymbella pusilla
				Cymbella spp
				Cymbellonitzschia spp
		Gomphosphaeriaceae	*Encyonema*	*Encyonema*
			Gomphonema	*Gomphonema sp*
	Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia*	*Epithemia*
				Eunotia
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria*	*Fragilaria*
				Fragilaria brevistriata
				Fragilaria construens f subsalina
				Fragilaria sp
				Fragilaria stuasorella
			Synedra	*Synedra*
		Staurosiraceae	*Pseudostaurosira*	*Pseudostaurosira brevistriata*
				Pseudostaurosira sp
				Pseudostaurosira subsalina
			Staurosirella	*Staurosirella pinnata*
				Staurosirella sp
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria*	*Ulnaria ulna*
	Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthes*	*Achnanthes*
				Achnanthes atacamae
				Achnanthes brevipes
				Achnanthes inflata
				Achnanthes minutissima
				Achnanthes sp
				Achnanthes spp
				Achnanthes submarina

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
				Achnanthes thermalis var rumrichorum
			Haloroundia	*Haloroundia sp*
				Haloroundia speciosa
		Mastogloiaceae	*Mastogloia*	*Mastogloia*
				Mastogloia atacamae
				Mastogloia braunii
				Mastogloia elliptica
				Mastogloia smithii
				Mastogloia sp
				Mastogloia spp
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Amphipleura*	*Amphipleura*
			Halamphora	*Halamphora atacamae*
				Halamphora carvajaliana
				Halamphora coffeaeformis
				Halamphora spp
		Brachysiraceae	*Brachysira*	*Brachysira aponina*
				Brachysira atacamae
				Brachysira sp
				Brachysira spp
		Naviculaceae	*Caloneis*	*Caloneis silicula*
		Stauroneidaceae	*Craticula*	*Craticula cuspidata*
				Craticula spp
		Diploneidaceae	*Diploneis*	*Diploneis*
				Diploneis chilensis
				Diploneis elliptica
				Diploneis smithii
				Diploneis smithii var rhombica
				Diploneis sp
		Naviculales incertae sedis	*Mayamaea*	*Mayamaea atomus*
			Microstatus	*Microcostatus*
		Naviculales	*Navicula*	*Navicula*
				Navicymbula
				Navicula atacamana
				Navicula brevipes
				Navicula cincta
				Navicula cryptotenella
				Navicula digitoradiata
				Navicula kuripanensis
				Navicula lauca
				Navicula luisii
				Navicula parinacota
				Navicula salinicola
				Navicula spp
				Navicula veneta
		Pinnulariaceae	*Pinnularia*	*Pinnularia*
				Pinnularia sp
		Plagiotropidaceae	*Plagiotropis*	*Plagiotropis*
		Proschkiniaceae	*Proschkinia*	*Proschkinia*
				Proschkinia bulnheimii

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
		Neidiaceae	*Scoliopleura*	*Scoliopleura sp*
		Sellaphoraceae	*Fallacia*	*Fallacia diploneoides*
				Fallacia sp
			Stauroneis	*Stauroneis*
				Stauroneis sp
			Saturosira	*Staurosira spp*
	Rhopalodiales	Rhopaliaceae	*Rhopalodia*	*Rhopalodia*
				Rhopalodia constricta
				Rhopalodia sp
				Rhopalodia spp
				Rhopalodia wetzelii
	Surirellales	Surirellaceae	*Campylodiscus*	*Campylodiscus*
		Entomoneidaceae	*Entomoneis*	*Entomoneis*
				Entomoneis paludosa
				Entomoneis sp
		Surirellaceae	*Surirella*	*Surirella*
				Surirella sella
				Surirella spp
				Surirella wetzelii
	Tabellariales	Tabellariaceae	*Diatoma*	*Diatoma*
				Diatoma moniliformis
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Amphora*	*Amphora*
				Amphora acutiuscula
				Amphora atacamae
				Amphora atacamana
				Amphora carvajaliana
				Amphora libyca
				Amphora sp
				Amphora spp
Chlorophyceae	Sphaeropleales	Radiococcaceae	*Gloeocapsa*	*Gloeocapsa spp*
		Radiococcaceae	*Gloecystis*	*Gloeocystis*
		Hydrodictyaceae	*Pediastrum*	*Pediastrum*
		Schroederiaceae	*Schroederia*	*Schroederia sp*
	Chlamydomonadales	Sphaerocystidaceae	*Sphaerocystis*	*Sphaerocystis*
Coscinodiscophyceae	Coscinodiscales	Cocconeidales	*Coscinodiscus*	*Coscinodiscophyceae (Subclase)*
	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira*	*Melosira*
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	*Chroococcus*	*Chroococcus*
		Gomphosphaeriaceae	*Gomphosphaeria*	*Gomphosphaeria*
	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena*	*Anabaena sp*
		Gloeotrichiaceae	*Gloeothrichia*	*Gloeotrichia*
		Aphannizomenonaceae	*Nodularia*	*Nodularia*
		Nostocaceae	*Nostoc*	*Nostoc*
	Oscillatorialees	Oscillatoriaceae	*Lyngbya*	*Lyngbya*
		Oscillatoriales	*Oscillatoria*	*Oscillatoria*
	Synechococcales	Merismopediaceae	*Aphanocapsa*	*Aphanocapsa*
		Merismopediaceae	*Merismopedia*	*Merismopedia*
		Psedoanabaenaceae	*Pseudanabaena*	*Pseudanabaena*
Dinophyceae	Peridiniales	Peridiniaceae	*Peridinium*	*Peridium*
Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella*	*Cyclotella spp*
N/A	N/A	N/A	*N/A*	*Pennada indet*

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
Zygnematophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	*Closterium*	*Closterium*
		Desmidiaceae	*Cosmarium*	*Cosmarium sp*

Fuente: Elaboración propia.

Al agrupar los datos espacialmente por laguna (Tabla 6-51), se observa que Laguna La Brava registra los mínimos de densidad (0,4 cél/mm^2) y el mínimo de diversidad (0,09 índice de Shannon). Por otro parte, los valores máximos de todos los parámetros también se registran en Laguna La Brava.

Los promedios (o mediana en el caso que no se cumplan los requerimientos de análisis paramétricos) por laguna para cada parámetro fueron sometidos a los test estadísticos correspondientes, obteniéndose finalmente que existen diferencias significativas entre las lagunas La Punta y La Brava para los parámetros de Riqueza (LB < LP; MWtest p-valor < 0,05) y Diversidad (LB < LP; MWtest p-valor < 0,05). En tanto las densidades de fitobentos no presentan diferencia significativa entre ambas lagunas (MWtest p-valor > 0,05).

Tabla 6-55 Estadígrafos de fitobentos por laguna

	FBD (cél/mm^2)		FBS		FBH	
	La Brava	La Punta	La Brava	La Punta	La Brava	La Punta
N observaciones	103	72	103	72	81	56
Promedio	119.486,26	30.325,56	11,01	11,71	1,37	1,75
SD	288.066,11	68.157,11	4,62	4,66	0,63	0,56
Mínima	0,40	0,59	2,00	2,00	0,09	0,26
Máxima	2.347.919,00	474.618,40	25,00	22,00	2,71	2,58
MWTest (p-valor)	0,153494519		0,038798591		0,006432131	
Dif.sig.	No		Sí		Sí	

Fuente: Elaboración propia. Dif.sig: diferencia significativa; FBD: densidad de fitobentos; FBS: riqueza de fitobentos; FBH: diversidad de fitobentos

I.Densidad

Los géneros de fitobentos con mayores densidades para ambas lagunas son *Denticula*, *Mastogloia* y *Navicula*.

Ambas lagunas fueron evaluadas a una resolución temporal estacional (Figura 6-118), indicando la dispersión de los datos de 1 σ (1 unidad de desviación estándar) y mostrando los valores mínimos y máximos por período.

Analizando el conjunto de datos a una resolución temporal estacional para ambas lagunas se destacan los veranos 2015, 2016 y 2017 de La Brava. La tendencia de ambos ajustes lineales (regresión lineal de mínimos cuadrados) es ligeramente negativa, con pendientes en LP de -970,4 cél/mm^2/año y en LB de -9210,2 cél/mm^2/año, con un r² inferior al 10% y un p-valor (Wtest) no significativo. En conjunto, esto significa que no hay evidencia de un aumento o disminución lineal con respaldo estadístico.

En tanto, al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-119), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=9, LB03 n=13 y LB01 n=9) entrega un p-valor > 0,05, indicando que no existen diferencias significativas para la densidad del fitobentos entre puntos de muestreo.

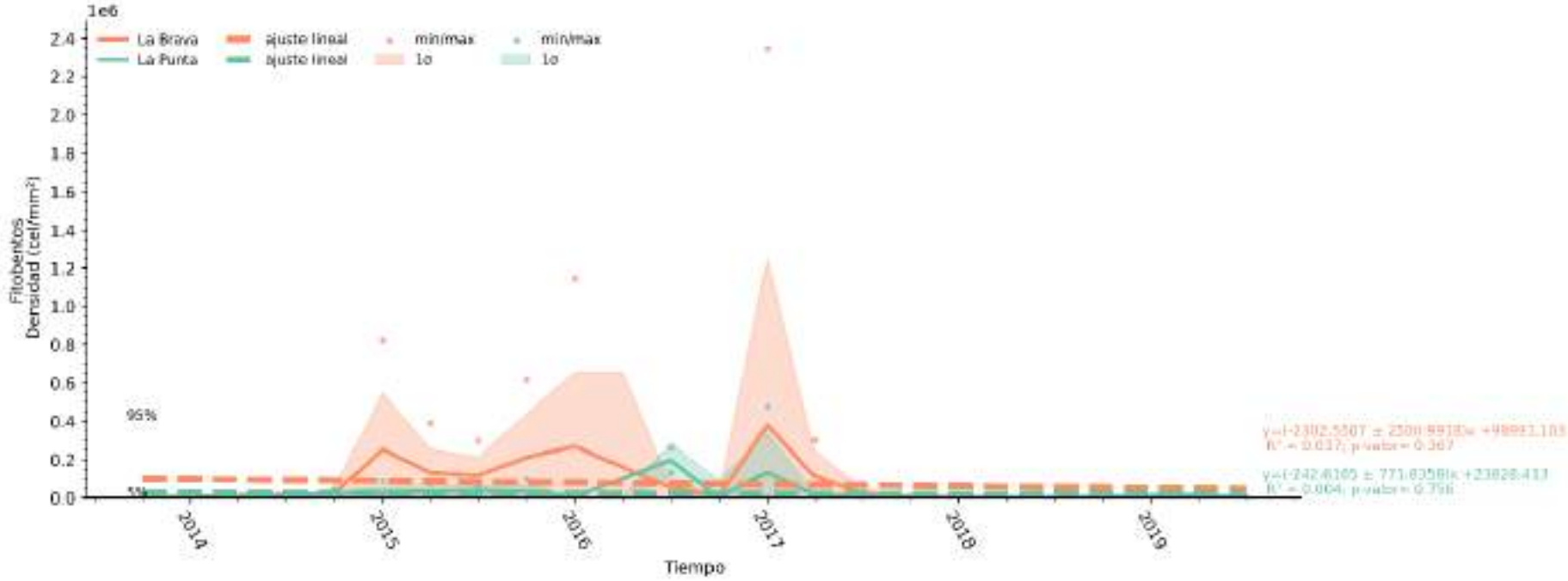


Figura 6-118 Densidad de fitobentos en La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (±1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

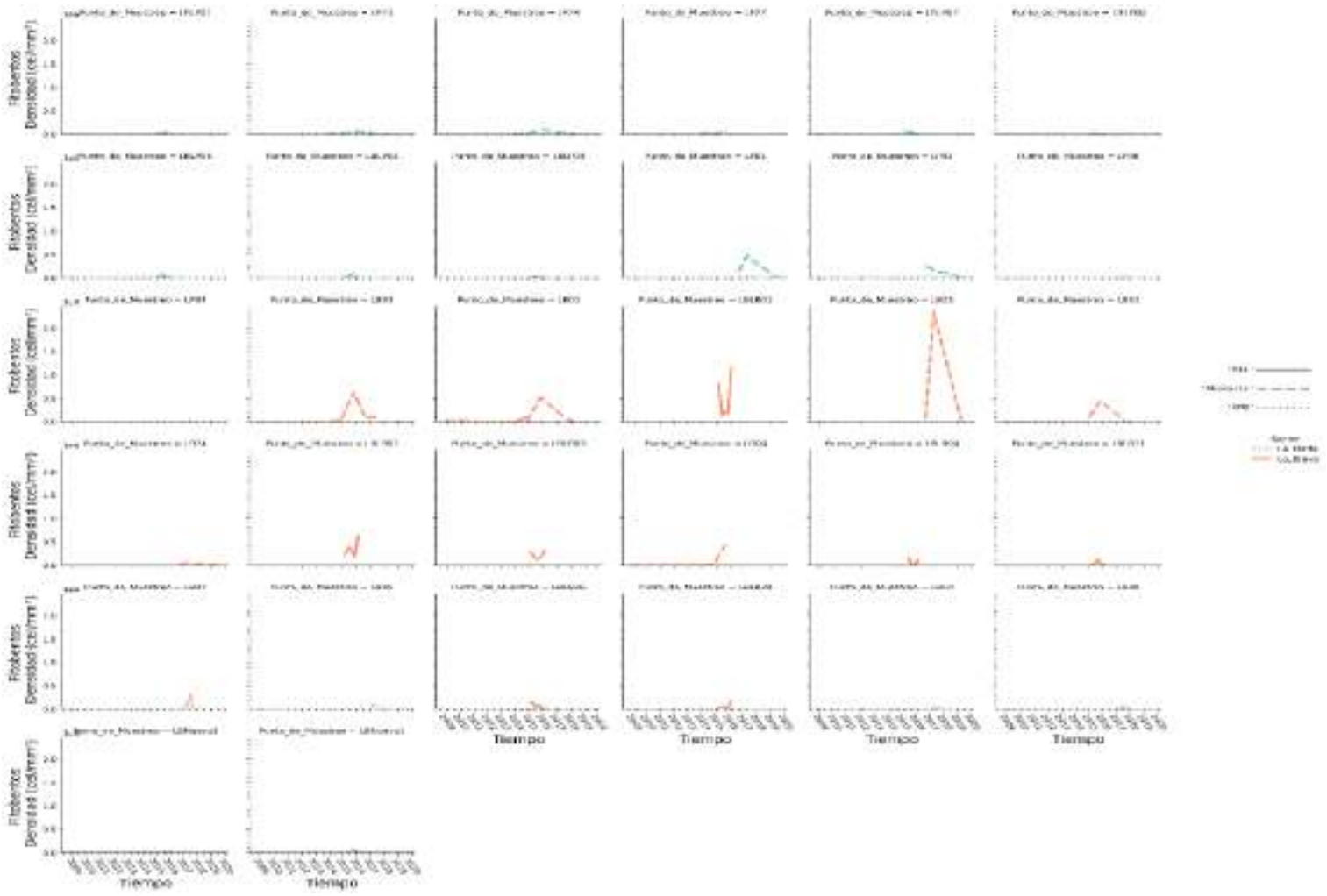


Figura 6-119 Análisis temporal y espacial de densidad fitobentos de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

II.Riqueza

El número de entidades taxonómicas o riqueza (S) fue analizada para ambas lagunas a una resolución temporal estacional (Figura 6-120), indicando la dispersión de los datos de 1 σ y mostrando los valores mínimos y máximos por período.

Para el análisis de series temporales, al aplicar un ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a las series se obtuvieron coeficientes de determinación inferior a 0,10 y un p-valor no significativo. Debido a esto, no se puede afirmar una tendencia de aumento o disminución con respaldo estadístico. (La Punta pendiente = +0,3628 *taxa*/año; r^2=0,129; Wtest p-valor > 0,05; La Brava pendiente = -0,0216 *taxa*/año; r^2=0,000; Wtest p-valor > 0,05)

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-121), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=9, LB03 n=13 y LB01 n=9) entrega un p-valor > 0,05, indicando que no existen diferencias significativas para la riqueza del fitobentos entre puntos de muestreo.

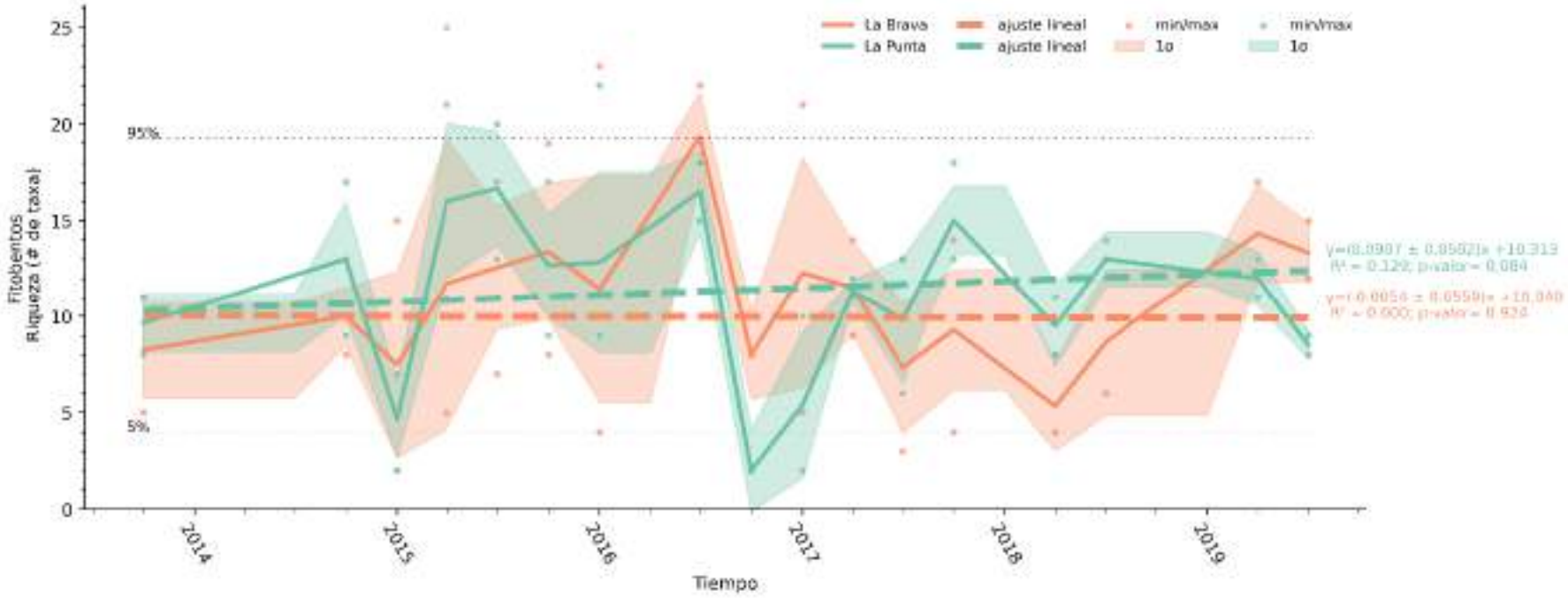


Figura 6-120 Riqueza de fitobentos en La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

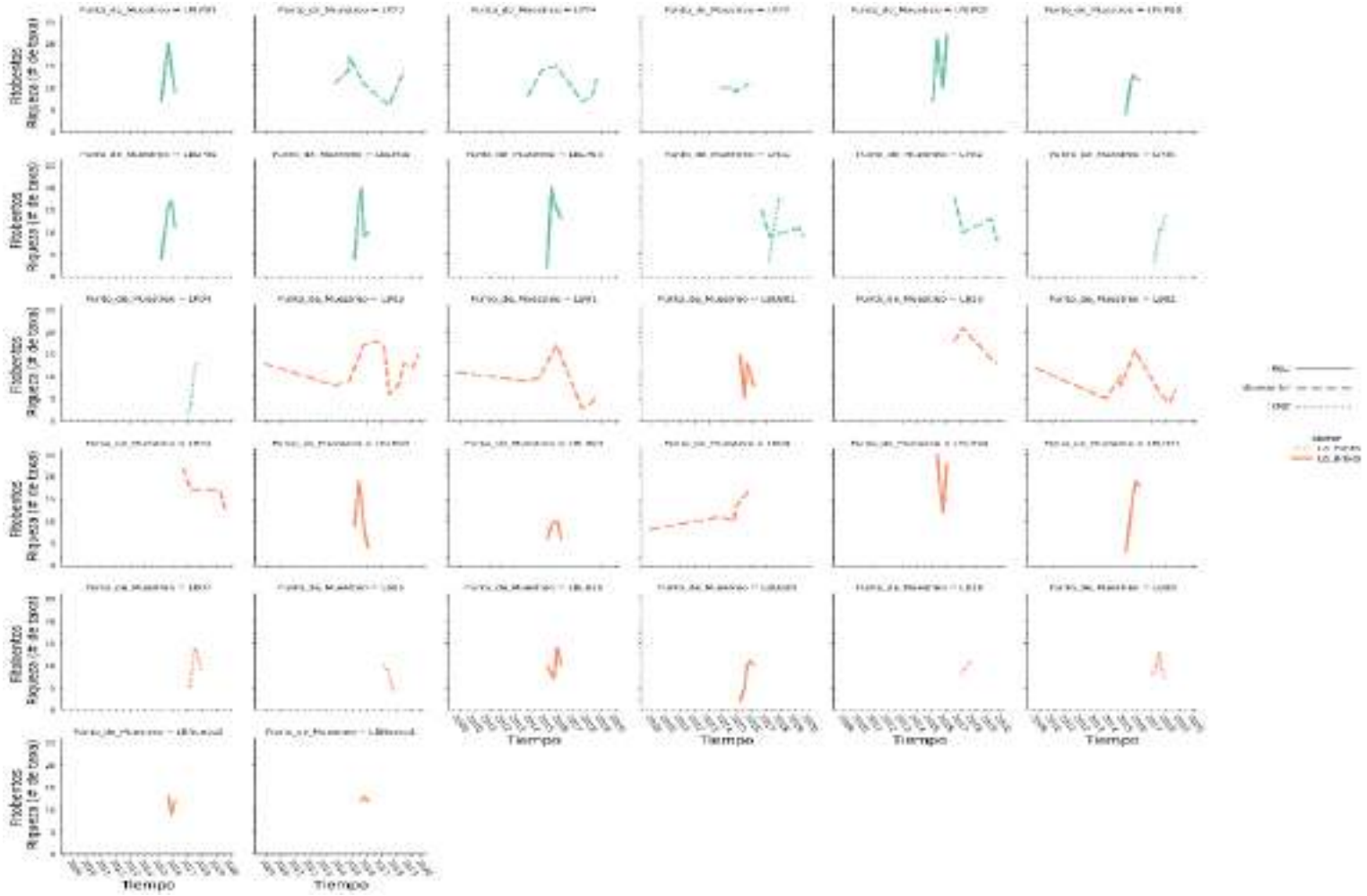


Figura 6-121 Análisis temporal y espacial de riqueza de fitobentos de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

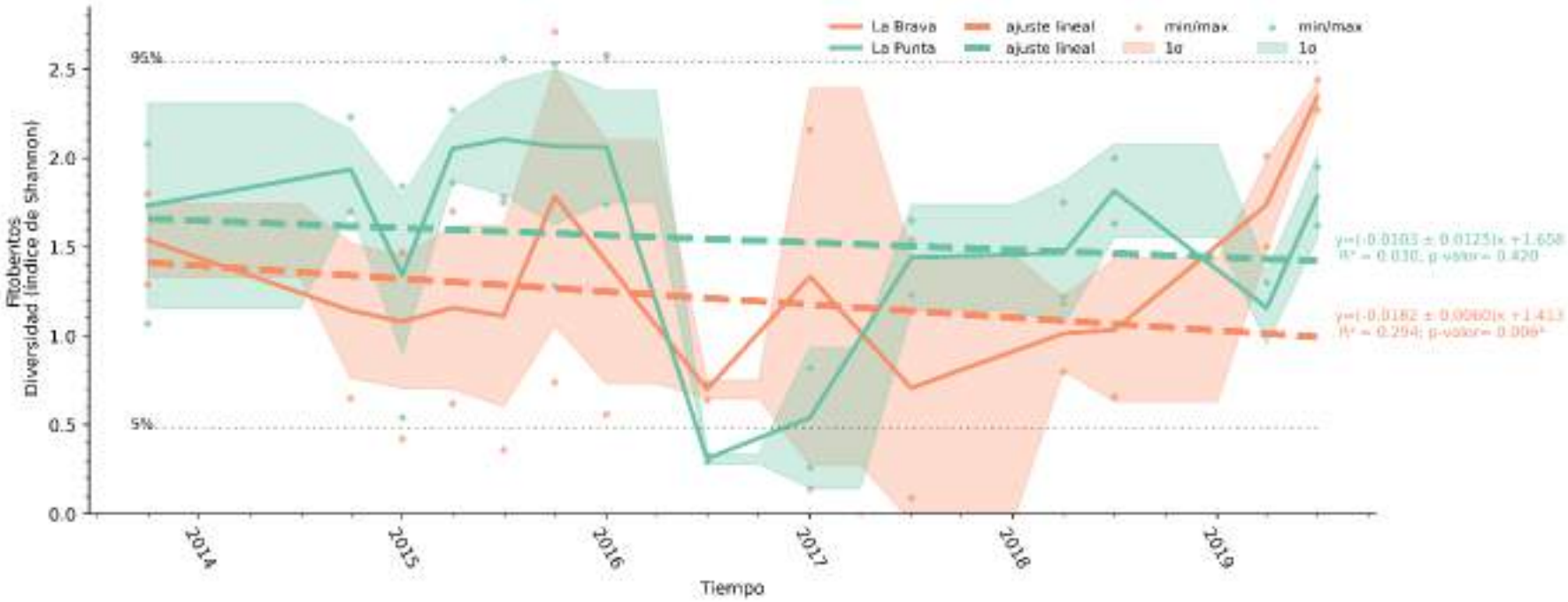
III.Diversidad

Los valores de diversidad promedio (índice de Shannon) presentan comportamiento similar tanto en La Brava como en La Punta. En La Brava se observa el valor promedio máximo de diversidad en verano 2015, en el punto de muestreo LB-4 con 2,71 reportado por Albemarle. Por su parte, el valor promedio mínimo en La Brava se observa en invierno 2016, reportado por Albemarle en el punto de muestreo LB-24 con 0,64.

En el caso de La Punta, el valor promedio máximo se observa en verano 2015, en el punto de muestreo LP-24 con 2,53 reportado por Albemarle. A su vez, el valor promedio mínimo de diversidad en La Punta se observa en invierno 2016, reportado por Albemarle en el punto de muestreo LP-01 con 0,29.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie del sistema lagunar de La Brava presenta tendencias de disminución significativa de índice de diversidad, con una la pendiente de 0,0412 unidades/año (r^2=0,294; Wtest p-valor < 0,05). En tanto, para la serie de La Punta se obtiene un coeficiente de determinación menor a 0,10.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-123), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=8, LB03 n=12 y LB01 n=8) entrega un p-valor > 0,05, indicando que no existen diferencias significativas para la diversidad del fitobentos entre puntos de muestreo.



Figura

Figura 6-122 Diversidad de fitobentos en La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

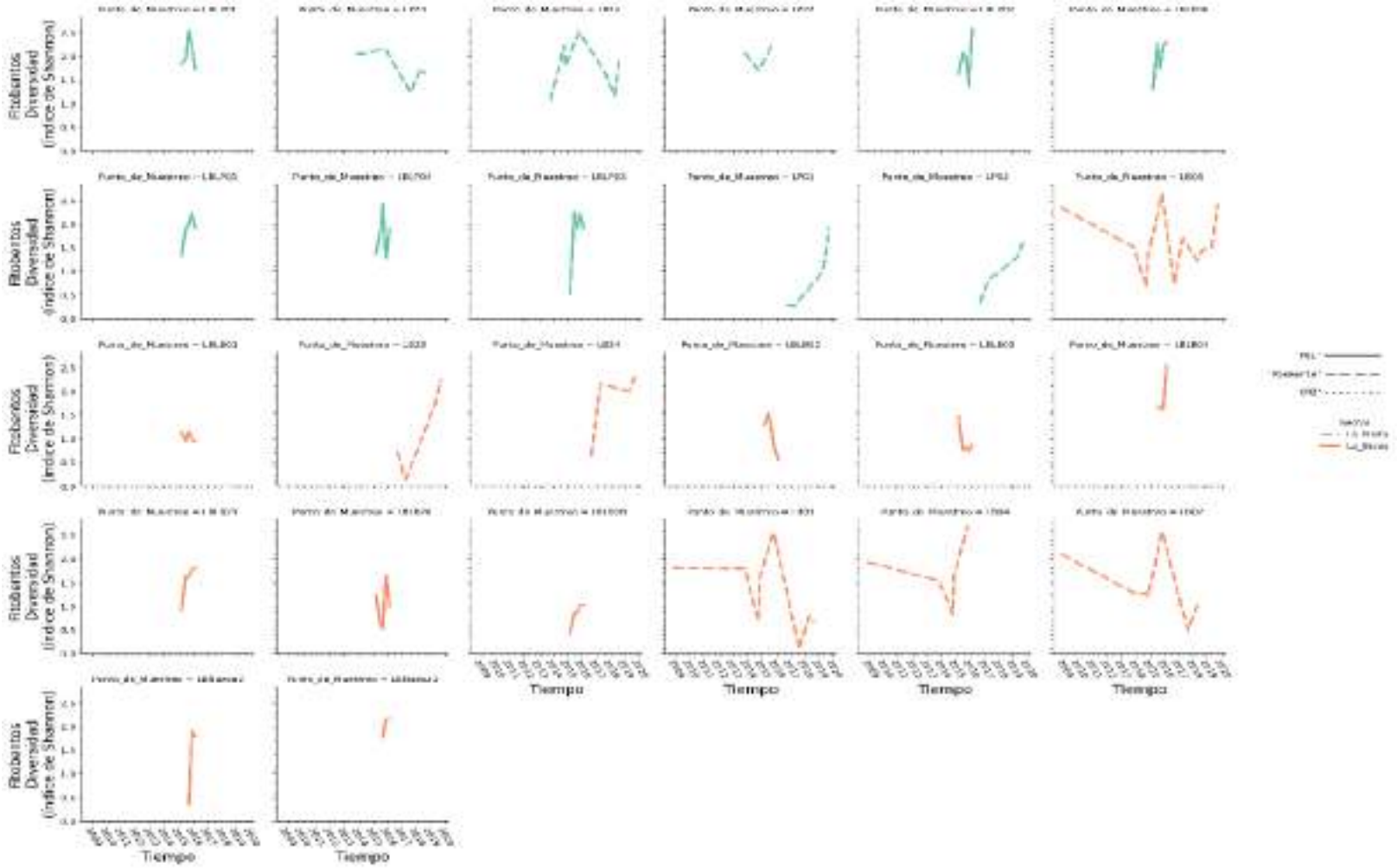


Figura 6-123 Análisis temporal y espacial de diversidad de fitobentos de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.2. Fitoplancton

No existen categorías de conservación para las microalgas planctónicas por lo que no es un criterio a considerar en este análisis. Los *taxa* encontrados en el área de influencia directa se representan en la Tabla 6-56.

Tabla 6-56 Composición taxonómica de Fitoplancton registrada.

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula*	*Denticula*
				Denticula elegans
				Denticula kuetzingii
				Denticula spp
				Denticula subtilis
				Denticula thermalis
				Denticula valida
			Hantzschia	*Hantzschia*
			Nitzschia	*Nitzchia accedens*
				Nitzchia epitenoides
				Nitzchia liebetruthii
				Nitzchia pusilla
				Nitzchia valdecostata
				Aff Nitzschia
				Nitzschia
				Nitzschia bacillum
				Nitzschia compressa
				Nitzschia epithemoides
				Nitzschia fonticola
				Nitzschia grunowii
				Nitzschia inconspicua
				Nitzschia lacunarum
				Nitzschia liebetruthii
				Nitzschia ovalis
				Nitzschia pusilla
				Nitzschia sp
				Nitzschia spp
				Nitzschia valdecostata
			Tryoblionella	*Tryblionella compressa*
				Tryblionella hungarica
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium*	*Achnanthidium exiguum*
				Achnanthidium minutissimum
				Achnanthidium saprophilum
				Achnanthidium
			Karayevia	*Karayevia*
				Karayevia sp
			Planothidium	*Planothidium biporomum*
				Planothidium chilense
				Planothidium lanceolatum

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
				Planothidium sp
		Cocconeidales	*Cocconeis*	*Cocconeis*
				Cocconeis euglypta
				Cocconeis lineata
				Cocconeis neodiminuta
				Cocconeis placentula var euglypta
				Cocconeis spp
	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	*Adlafia*	*Adlafia sp*
			Anomoeoneis	*Anomoeoneis*
				Anomoeoneis
		Cymbellaceae	*Cymbella*	*Cymbella pusilla*
				Cymbella spp
				Cymbellonitzschia sp
		Gomphonemataceae	*Encyonopsis*	*Encyonopsis microcephala*
		Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia*	*Rhoicosphenia abbreviata*
	Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia*	*Eunotia*
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria*	*Fragilaria*
				Fragilaria bicapitata
				Fragilaria brevistriata
				Fragilaria capucina
				Fragilaria construens f subsalina
				Fragilaria pinnata
				Fragilaria spp
				Fragilaria stuasorella
			Frankophila	*Frankophila similioides*
			Synedra	*Synedra*
		Staurosiraceae	*Pseudostaurosira*	*Pseudostaurosira brevistriata*
				Pseudostaurosira elliptica
				Pseudostaurosira sp
				Pseudostaurosira subsalina
			Staurosirella	*Staurosirella pinnata*
				Staurosirella spp
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Tabularia*	*Tabularia fasciculata*
	Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthes*	*Achnanthes*
				Achnanthes brevipes
				Achnanthes modestiformis
				Achnanthes
				Achnanthes submarina
			Haloroundia	*Haloroundia sp*
				Haloroundia speciosa
			Platessa	*Platessa sp*
		Mastogloiaceae	*Mastogloia*	*Mastogloia*
				Mastogloia atacamae
				Mastogloia braunii
				Mastogloia elliptica
				Mastogloia smithii
				Mastogloia sp

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
				Mastogloia spp
	N/A	N/A	*N/A*	*Pennada indet*
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Amphipleura*	*Amphipleura*
			Halamphora	*Halamphora acutiuscula*
				Halamphora atacamae
				Halamphora carvajaliana
				Halamphora coffeaeformis
				Halamphora spp
		Brachysiraceae	*Brachysira*	*Brachysira aponina*
				Brachysira atacamae
				Brachysira sp
		Stauroneidaceae	*Craticula*	*Craticula cuspidata*
				Craticula sp
				Craticula spp
		Diploneidaceae	*Diploneis*	*Diploneis smithii*
				Diploneis smithii var dilatata
				Diploneis sp
				Diploneis spp
		Sellaphoraceae	*Fallacia*	*Fallacia sp*
		Diadesmidaceae	*Luticola*	*Luticola sp*
		Naviculales incertae sedis	*Mayamaea*	*Mayamaea atomus*
			Navicymbulla	*Navicymbula*
			Navicula	*Navicula*
				Navicula carvajaliana
				Navicula cincta
				Navicula cryptotenella
				Navicula kuripanensis
				Navicula luisii
				Navicula parinacota
				Navicula radiosa
				Navicula salinicola
				Navicula sp
				Navicula spp
				Navicula tripunctata
		Pinnulariaceae	*Pinnularia*	*Pinnularia*
				Pinnularia spp
				Pinnularia vidris
		Proschkiniaceae	*Proschkinia*	*Proschkinia*
				Proschkinia bulnheimii
		Neidiaceae	*Scoliopleura*	*Scoliopleura*
		Sellaphoraceae	*Sellaphora*	*Sellaphora laevissima*
			Stauroneis	*Stauroneis*
				Stauroneis atacamae
				Stauroneis sp
	Rhopalodiales	Rhopaliaceae	*Epithemia*	*Epithemia*
				Epithemia adnata
			Rhopalodia	*Rhopalodia acuminata*

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
				Rhopalodia constricta
				Rhopalodia spp
				Rhopalodia wetzelii
	Surirellales	Entomoneidaceae	*Entomoneis*	*Entomoneis*
				Entomoneis paludosa
				Entomoneis sp
		Surirellaceae	*Campylodiscus*	*Campylodiscus*
				Campylodiscus sp
			Surirella	*Surirella*
				Surirella sella
				Surirella sp
				Surirella spp
	Tabellariales	Tabellariaceae	*Diatoma*	*Diatoma*
				Diatoma moniliformis
				Diatoma sp
			Tabellaria	*Tabellaria*
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Amphora*	*Amphora*
				Amphora atacamae
				Amphora atacamana
				Amphora carvajaliana
				Amphora sp
Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlorococcaceae	*Chlorococcum*	*Chlorococcum*
		Dunaliellaceae	*Dunaliella*	*Dunaliella cf salina*
		Sphaerocystidaceae	*Sphaerocystis*	*Sphaerocystis*
	Oedogoniales	Oedogoniaceae	*Oedogonium*	*Oedogonium sp*
	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	*Coelastrum*	*Coelastrum sp*
		Radiococcaceae	*Gloecystis*	*Gloeocystis*
			Gloeocapsa	*Gloeocapsa*
	Volvocales	Chlamydomonadaceae	*Chlamydomonas*	*Chlamydomonas*
Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira*	*Melosira*
Cyanophyceae	Chroococcales	Microcystaceae	*Anacystis*	*Anacystis sp*
		Chroococcaceae	*Chroococcus*	*Chroococcus*
				Chroococcus sp
		Gomphosphaeriaceae	*Gomphosphaeria*	*Gomphosphaeria sp*
		Microcystaceae	*Microcystis*	*Microcystis*
	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena*	*Aff Anabaena*
				Anabaena sp
			Nostoc	*Nostoc sp*
	Oscillatorialees	Oscillatoriales	*Oscillatoria*	*Oscillatoria*
				Oscillatoria sp
				Oscillatoria spp
	Spirulinales	Spirulinaceae	*Spirulina*	*Spirulina sp*
	Synechococcales	Merismopediaceae	*Merismopedia*	*Merismopedia glauca*
				Merismopedia sp
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Amphora*	*Amphora spp*
Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiaceae	*Ceratium*	*Ceratium hirundinella*
Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella*	*Cyclotella ocellata*
				Cyclotella spp

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
Zygnematophycidae	Desmidiales	Closteriaceae	*Closterium*	*Closterium*
	Zynematales	Zygnemataceae	*Mougeotia*	*Mougeotia sp*
			Spirogyra	*Spirogyra sp*

Fuente: Elaboración propia.

En total se recopilaron resultados de 16 campañas de muestreo, realizadas tanto por Albemarle Corporation (12 campañas de muestreo efectivas) y Minera Escondida Ltda (5 campañas de muestreo efectivas). La distribución de las campañas y sus resultados asociados a densidad (cél/mL), riqueza y diversidad se observan a continuación.

Tabla 6-57 Estadígrafos de fitoplancton por laguna

	FPD (cél/mL)		FPS		FPH	
	La Brava	La Punta	La Brava	La Punta	La Brava	La Punta
N observaciones	104	72	104	72	81	56
Promedio	592,518	433,788	9,663	9,750	1,433	1,585
SD	1843,758	1670,543	5,915	6,058	0,615	0,652
Mínima	0,000	0,071	0,000	2,000	0,000	0,335
Máxima	10110,380	9992,650	30,000	33,000	2,590	2,800
MWTest (p-valor)	0,292225113		0,438466764		0,414200206	
Dif.sig.	No		No		No	

Fuente: Elaboración propia; Dif.sig.: diferencia significativa; FPD: Densidad fitoplancton; FPS: Riqueza fitoplancton; FPH: Diversidad fitoplancton

I. Densidad

La densidad fitoplanctónica registrada tanto en La Brava como en La Punta presenta rangos similares, observando en primera instancia un máximo en la densidad en verano 2015 para ambas lagunas y de ambas fuentes de información, presentando una densidad promedio de 8352,13 cél/mL. En La Brava se registró la mayor densidad en el punto de monitoreo LB-01 con 10110,38 cél/mL por Albemarle y en el punto LBLB-21 con 321,90 cél/mL por Minera Escondida. En La Punta, la densidad máxima se encuentra registrada también en verano 2015, específicamente en el punto de muestreo LP-23 con 9992,65 cél/mL por Albemarle, mientras que para Minera Escondida se registró el valor máximo en el punto de muestreo LBLP-08 con 321,90 cél/mL.

Los registros de menor densidad de fitoplanctónica para ambas lagunas se observan en la campaña de invierno 2019. En La Brava, esta baja densidad se registra en el punto de monitoreo LB-24 con 0.45 cél/mL por Albermarle. Cabe señalar que Minera Escondida no obtuvo datos de parámetros biológicos en invierno 2019 ya que el proyecto Monturaqui a la fecha se encuentra en evaluación. Cabe señalar que las especies fitoplanctónicas más representativas de ambas lagunas son *Pseudostaurosira brevistriata*, *Denticula subtilis*, *Brachysira atacamae*, *Amphora carvajaliana* y *Fragilaria brevistriata*. Los resultados de cada punto de monitoreo se encuentran en el Anexo I.

Ambas lagunas fueron evaluadas a una resolución temporal estacional (Figura 6-124), indicando la dispersión de los datos de 1 σ y mostrando los valores mínimos y máximos por período. Para el análisis de series temporales, al aplicar un ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a las series se obtuvieron coeficientes de determinación inferior a 0,10 y un p-valor no significativo. Debido a esto, no se puede afirmar una tendencia de aumento o disminución con respaldo estadístico.

En tanto, al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-125), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=9, LB03 n=13 y LB01 n=9) entrega un p-valor > 0,05, indicando que no existen diferencias significativas para la densidad del fitoplancton entre puntos de muestreo.

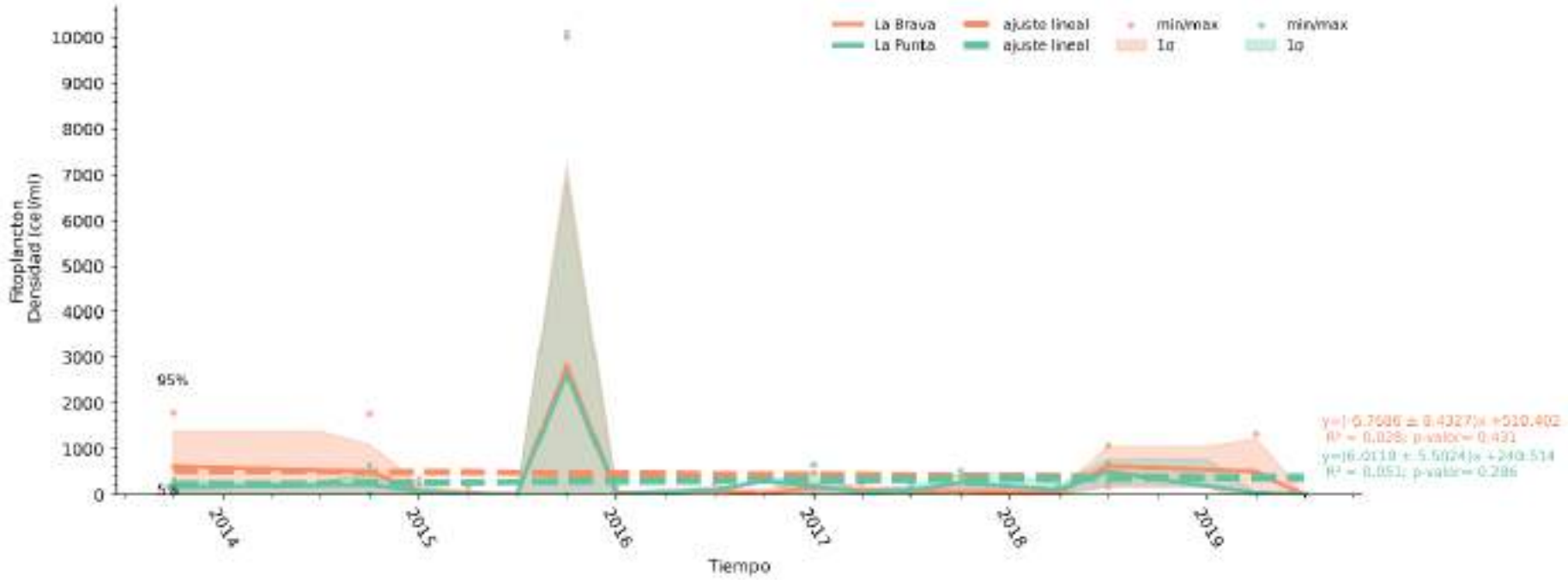


Figura 6-124 Densidad de fitoplancton en La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

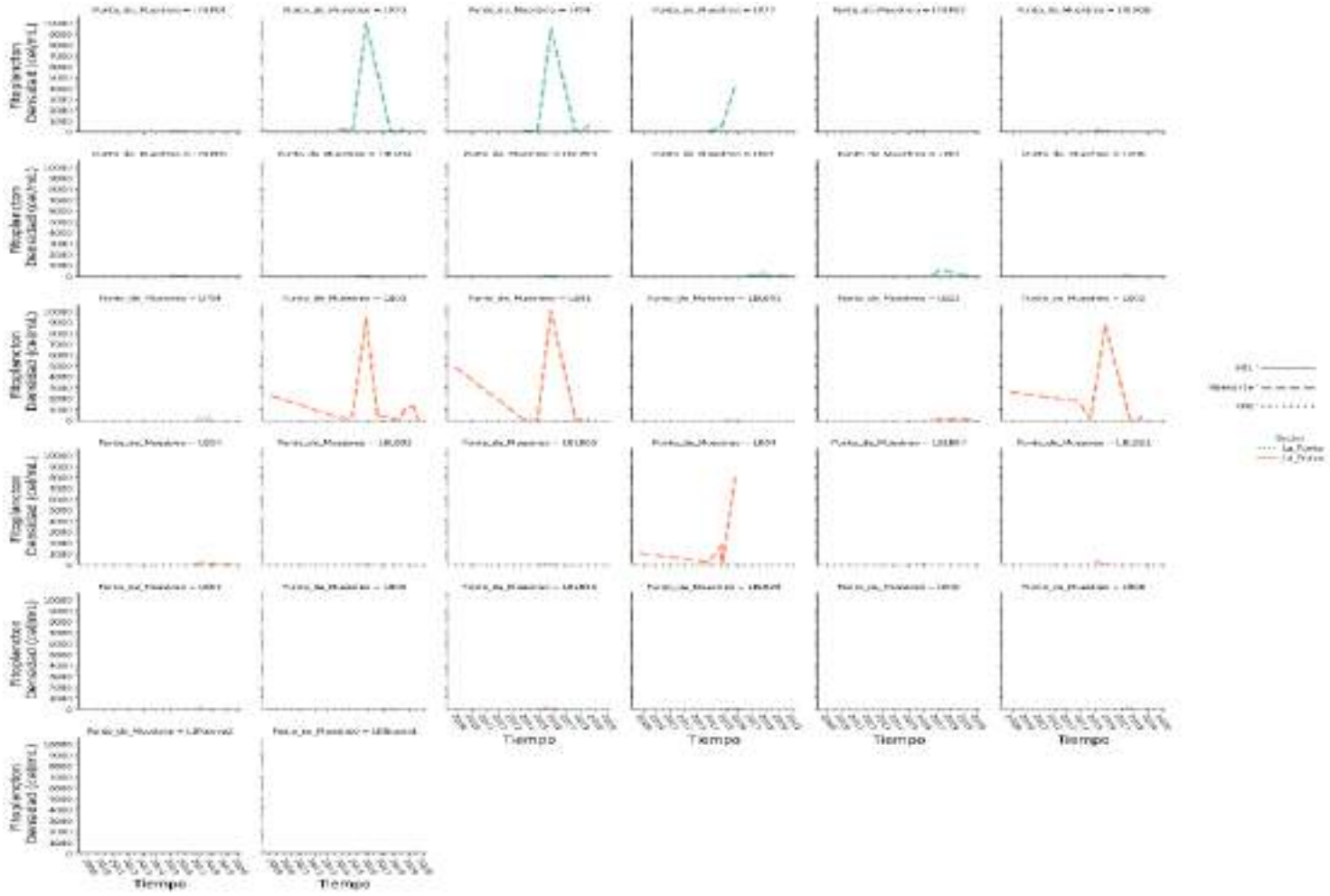


Figura 6-125 Análisis temporal y espacial de densidad de fitoplancton de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

II. Riqueza

Ambas lagunas presentan comportamiento similar en valores de riqueza registrada, observando el mayor valor promedio en otoño 2015 con 19 *taxa*. En La Brava el valor más alto de riqueza se registra en LBLB-01 y LBLB-21 con 23 *taxa* registrada para ambos puntos de muestreo de Minera Escondida. Por otra parte, los valores mínimos observados se encuentran en verano 2018, específicamente en el punto de muestreo LB-2 por Albemarle.

Por otra parte, en La Punta se registra el valor máximo de riqueza en otoño de 2015. El punto de muestreo con el mayor registro es LBLP-02 con 33 *taxa* por Albemarle. Mientras que el valor mínimo se observa en invierno 2019 en el punto de muestreo LP-2 con 4 *taxa* por Albemarle. Cabe señalar que los datos de riqueza de cada punto de monitoreo se encuentran en el Anexo I.

Ambas lagunas fueron evaluadas a una resolución temporal estacional (Figura 6-126), indicando la dispersión de los datos de 1 σ y mostrando los valores mínimos y máximos por período. Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series de tiempo (2014 a 2019) presentan tendencias de disminución significativa de riqueza, donde se obtiene que la disminución observada tiene una pendiente en La Punta de -1.47 *taxa*/año (r^2=0,5743; Wtest p-valor < 0,001) y en La Brava una pendiente de -0,80 *taxa*/año (r^2=0,291; Wtest p-valor < 0,005).

En tanto, al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-127), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=9, LB03 n=13 y LB01 n=9) entrega un p-valor > 0,05, indicando que no existen diferencias significativas para la riqueza de fitoplancton entre puntos de muestreo.

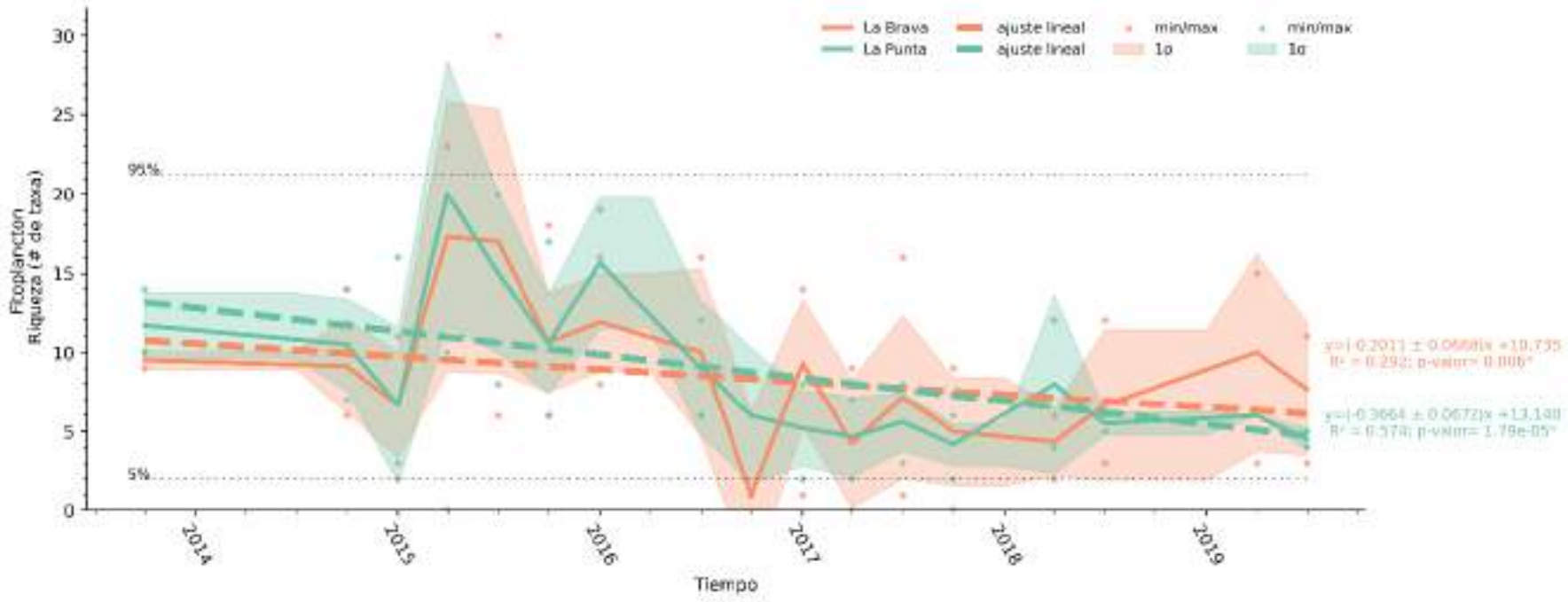


Figura 6-126 Riqueza de fitoplancton en La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

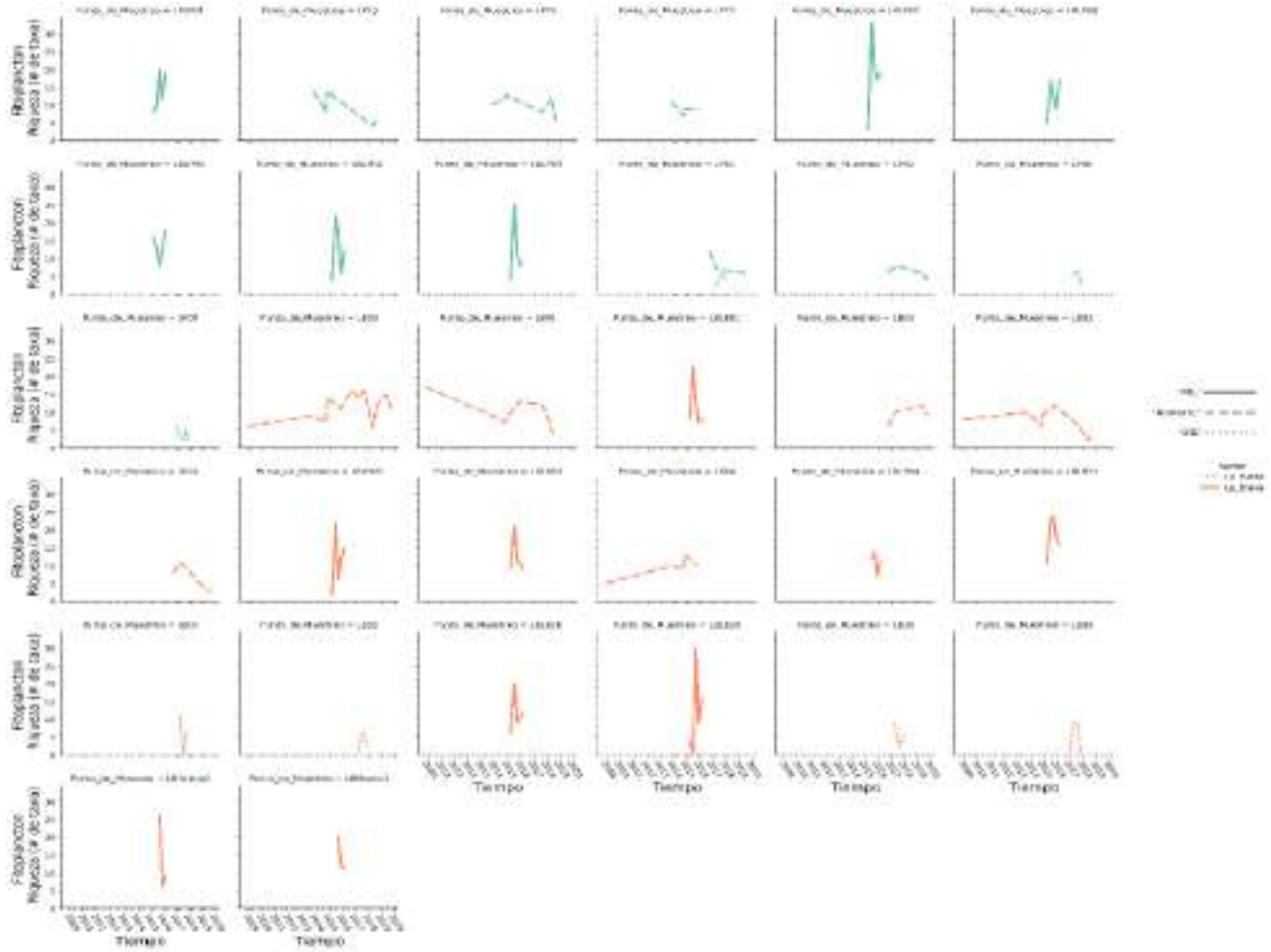


Figura 6-127 Análisis temporal y espacial de riqueza de fitoplancton de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

III. Diversidad

En la Figura 6-128 se observa comportamiento distinto de la diversidad (índice de Shannon) entre lagunas, contando con los mayores registros para ambas lagunas en verano 2015 con un promedio de 1,16. En Laguna La Brava se observa el mayor registro en verano 2015, específicamente en el punto de monitoreo LB-02 con 2,23 por Albemarle. El valor mínimo de diversidad se encuentra registrado en la campaña invierno 2017, en el punto de monitoreo LB-02 con 0,33 por Albemarle.

En Laguna La Punta, se observa el mayor registro de diversidad en otoño 2015, en el punto de muestreo LBLP-02 con 2,7 por MEL. Mientras que los valores menores se observan en invierno 2016, específicamente para el punto de muestreo LP-02 con 0,33 por Albemarle. Cabe destacar que los valores de cada punto de muestreo se encuentran en el Anexo I.

Ambas lagunas fueron evaluadas a una resolución temporal estacional (Figura 6-128), indicando la dispersión de los datos de 1 σ y mostrando los valores mínimos y máximos por período. Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series de tiempo (2014 a 2019) presentan tendencias de disminución significativa de diversidad, donde se obtiene que la disminución observada tiene una pendiente en La Punta de -0,217 unidades/año (r^2=0,667; Wtest p-valor < 0,001) y en La Brava una pendiente de -0,101 unidades/año (r^2=0,330; Wtest p-valor < 0,05).

En tanto, al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-129), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=8, LB03 n=12 y LB01 n=8) entrega un p-valor > 0,05, indicando que no existen diferencias significativas para la diversidad de fitoplancton entre puntos de muestreo.

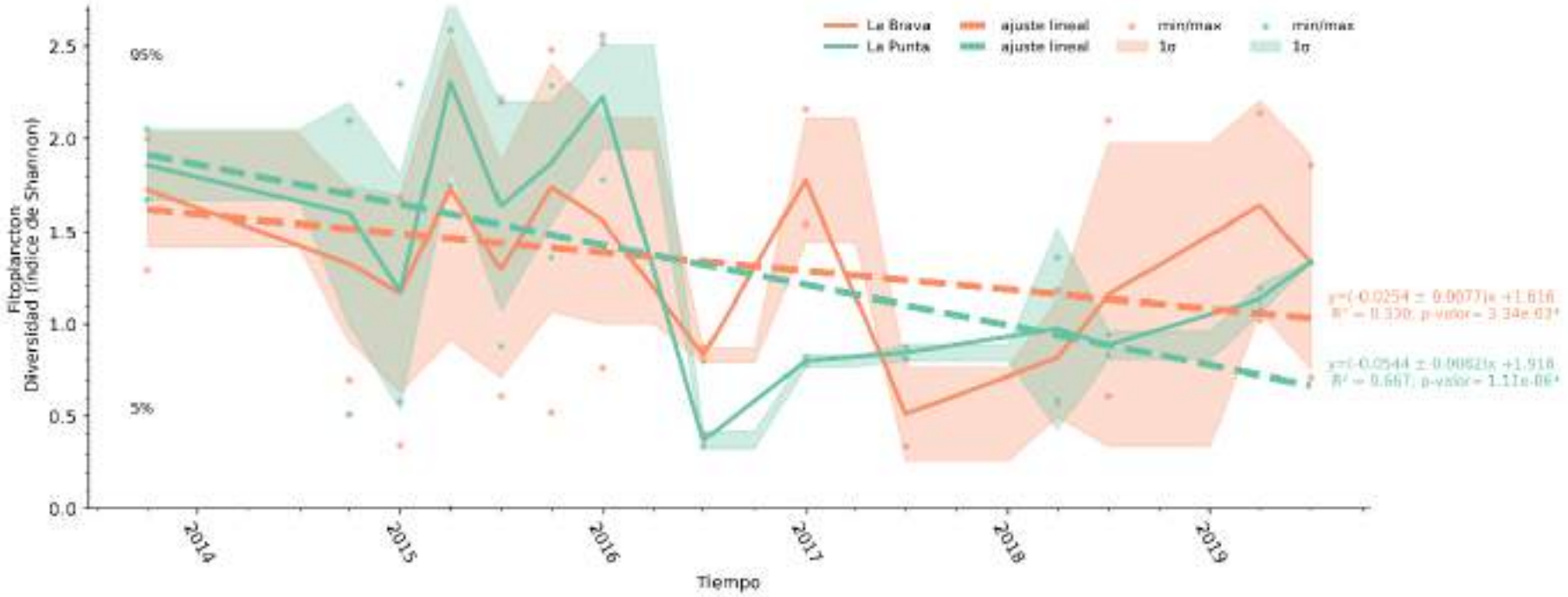


Figura 6-128 Diversidad de fitoplancton en La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

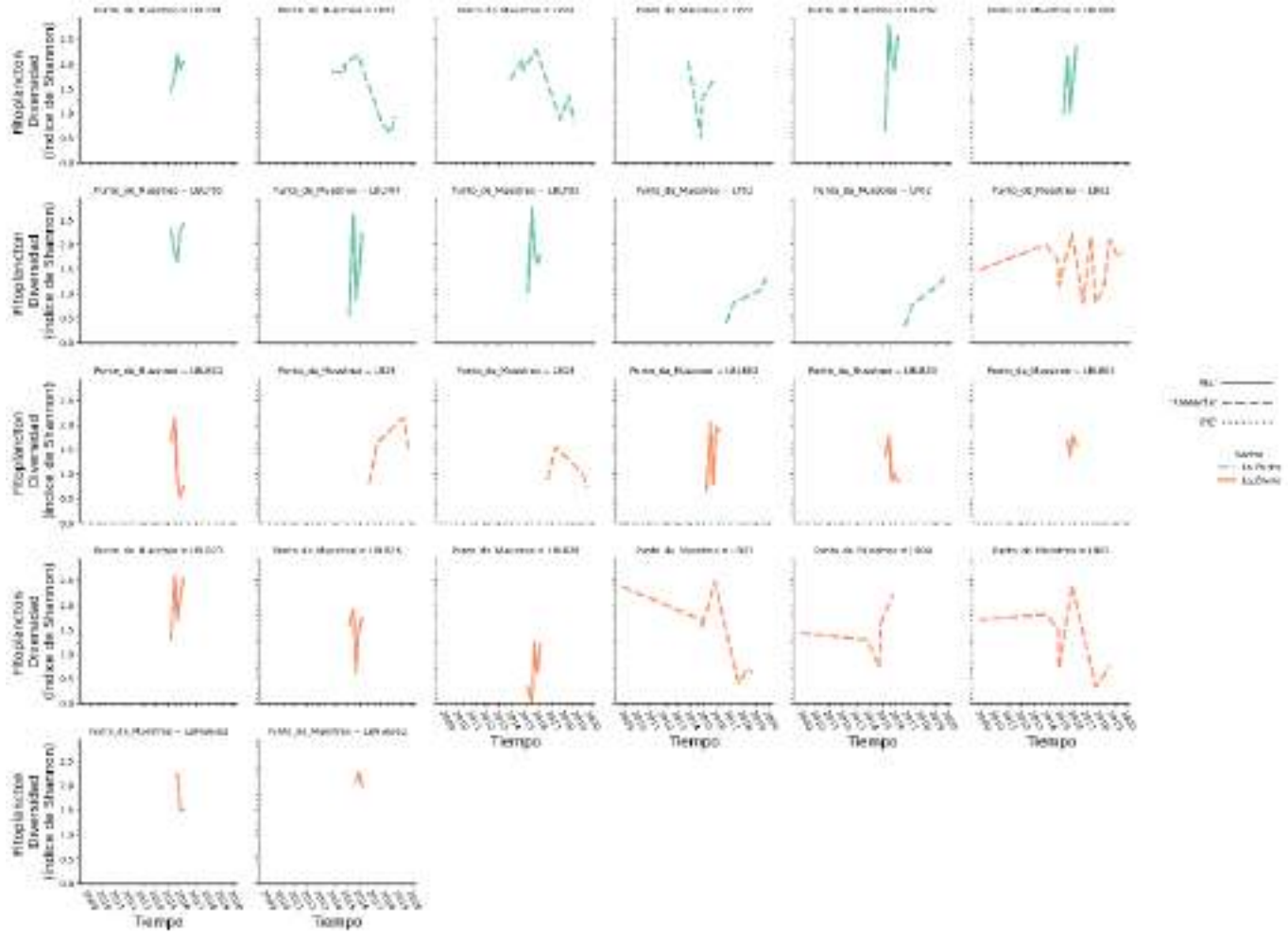


Figura 6-129 Análisis temporal y espacial de diversidad de fitoplancton de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.3. Zoobentos

Los *taxa* de las comunidades zoobentónicas registradas en el área de influencia directa se representan en la Tabla 6-58.

Tabla 6-58 Composición taxonómica de zoobentos registrada en La Punta y La Brava.

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
Arachnida				*Acari*
Clitellata	Lumbriculida			*Lumbriculidae*
Crustacea	Podocopida	Cyprididae	Eucypris	*Eucypris sp*
Gastropoda	Littorinimorpha	Amnicolidae		*Amnicolidae*
	Sorbeoconcha	Cochliopidae		*Cochliopidae*
	Littorinimorpha	Cochliopidae	Heleobia	*Heleobia atacamensis*
	Littorinimorpha	Cochliopidae	Heleobia	*Heleobia sp*
	Sorbeoconcha	Hydrobiidae		*Hydrobiidae*
Hexanauplia	Herpacticoida	Canthocamptidae	Canthocamptidae	*Canthocamptidae*
				Harpacticoida
Insecta	Diptera	Stratiomyidae		*Stratiomyidae*
	Diptera	Ceratopogonidae		*Ceratopogonidae*
	Diptera	Chironomidae		*Chironomidae*
	Diptera	Dolichopodidae		*Dolichopodidae*
	Coleoptera	Elmidae		*Elmidae*
	Diptera	Empididae		*Empididae*
	Diptera	Ephydridae		*Ephydridae*
	Odonata	Lestidae		*Lestidae*
	Diptera	Tipulidae		*Limoniidae*
	Diptera	Syrphidae		*Syrphidae*
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella	*Hyalella*
	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella	*Hyalella sp*
	Amphipoda	Hyalellidae		*Hyalellidae*
Oligochaeta				*Oligochaeta*
	Herpacticoida	Tubificidae/Naididae	Naididae	*Naididae*
Ostracoda				*Ostracoda*

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-59 Estadígrafos de zoobentos por laguna

	ZBDv		ZBDa		ZBS		ZBH	
	LB	LP	LB	LP	LB	LP	LB	LP
N observaciones	37	26	83	60	99	72	73	52
Promedio	13182,64	17851,39	6472,90	13128,26	1,91	2,57	0,24	0,35
SD	44071,86	90426,29	10743,95	33038,74	1,41	1,77	0,33	0,44
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	233400,00	461200,00	46717,00	240333,00	6,00	7,00	1,39	1,42
MWTest (p-valor)	0,464117868		0,190388373		0,042041648		0,40175546	
Dif.sig.	No		No		Sí		No	

Fuente: Elaboración propia. Dif.sig: Diferencia significativa; LB: La Brava; LP: La punta; ZBDv: Densidad en volumen de zoobentos; ZBDa: Densidad en área de zoobentos; ZBS: riqueza de zoobentos; ZBH: Diversidad de zoobentos

I. Densidad

El análisis para las comunidades zoobentónicas en relación a la densidad presenta diferencias en unidades registradas en terreno, ya que los datos se presentan en ind/m^2 e ind/L, por lo que el análisis se realizará por separado. En la Figura 6-130, se observa que el promedio de densidad máximo en La Brava se registra en invierno 2014, en el punto de muestreo LB-4 con 461200 ind/L por Albemarle, y en verano 2017 en el punto de muestreo LB-23 con 31592,4 ind/m^2 por Albemarle. Los valores mínimos promedios registrados en La Brava se observan en verano 2015, en otoño 2014 en el punto de muestreo LB-3 con 2 ind/L por Albemarle, y en primavera 2015 en el punto de muestreo LBLB-04 con 126 ind/m^2 por Minera Escondida.

En la laguna La Punta, los valores promedio más alto de densidad se encuentran en invierno 2015, en el punto de muestreo LBLP-01 con 240333 ind/m^2 por Minera Escondida, también en invierno 2015 se registra el valor promedio alto en La Punta, en el punto de monitoreo LP-23 con 461200 ind/L por Albemarle. Por otra parte, el valor promedio mínimo se encuentra en otoño 2014, en los puntos de muestreo LP-22 y LP-24 con 2 ind/L para ambos puntos, y en verano 2016 en el punto de muestreo LBLP-02 con 126,3 ind/m^2 por Minera Escondida.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie del sistema lagunar de La Punta presenta tendencias de disminución significativa de densidad (área), con una la pendiente de -4614,98 ind/m^2/año (r^2=0,875; Wtest p-valor < 0,001). En tanto, para la serie de La Brava se obtiene un coeficiente de determinación menor a 0,10.

Luego, considerando la base de volumen, al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-131), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=7, LB03 n=11 y LB01 n=7) entrega un p-valor ligeramente > 0,05, indicando que no existen diferencias significativas para la densidad del zoobentos entre puntos de muestreo.

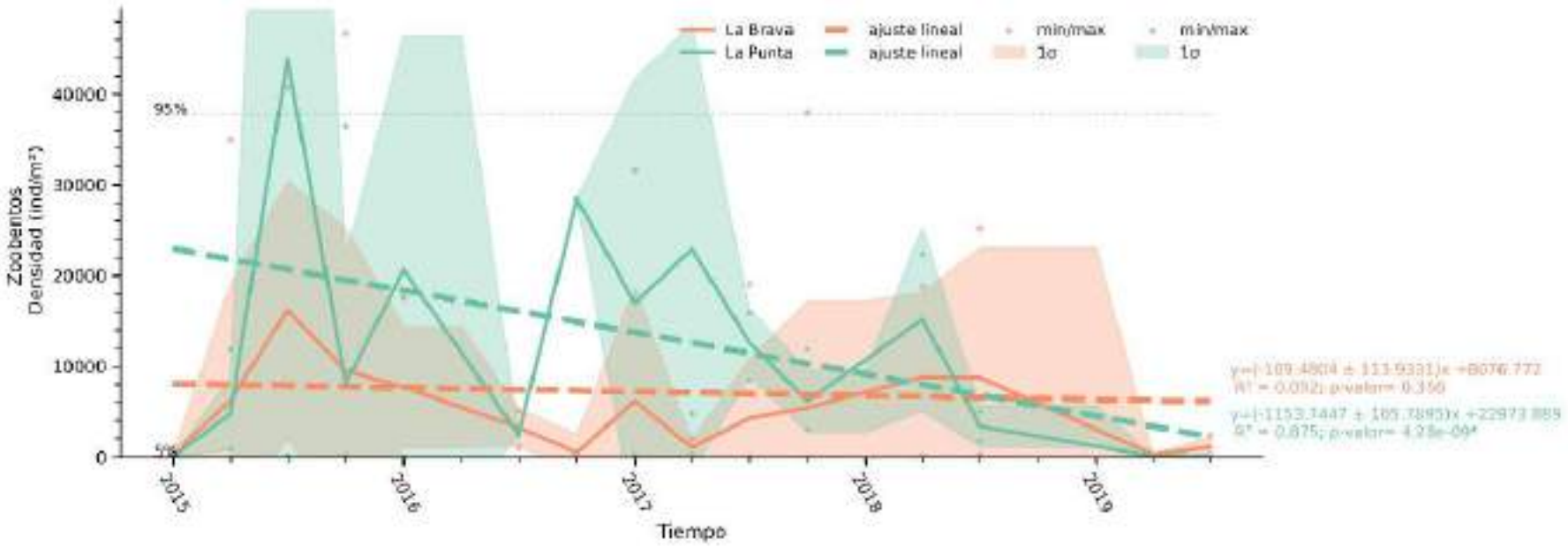


Figura 6-130 Densidad de zoobentos (ind/m^2) en La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

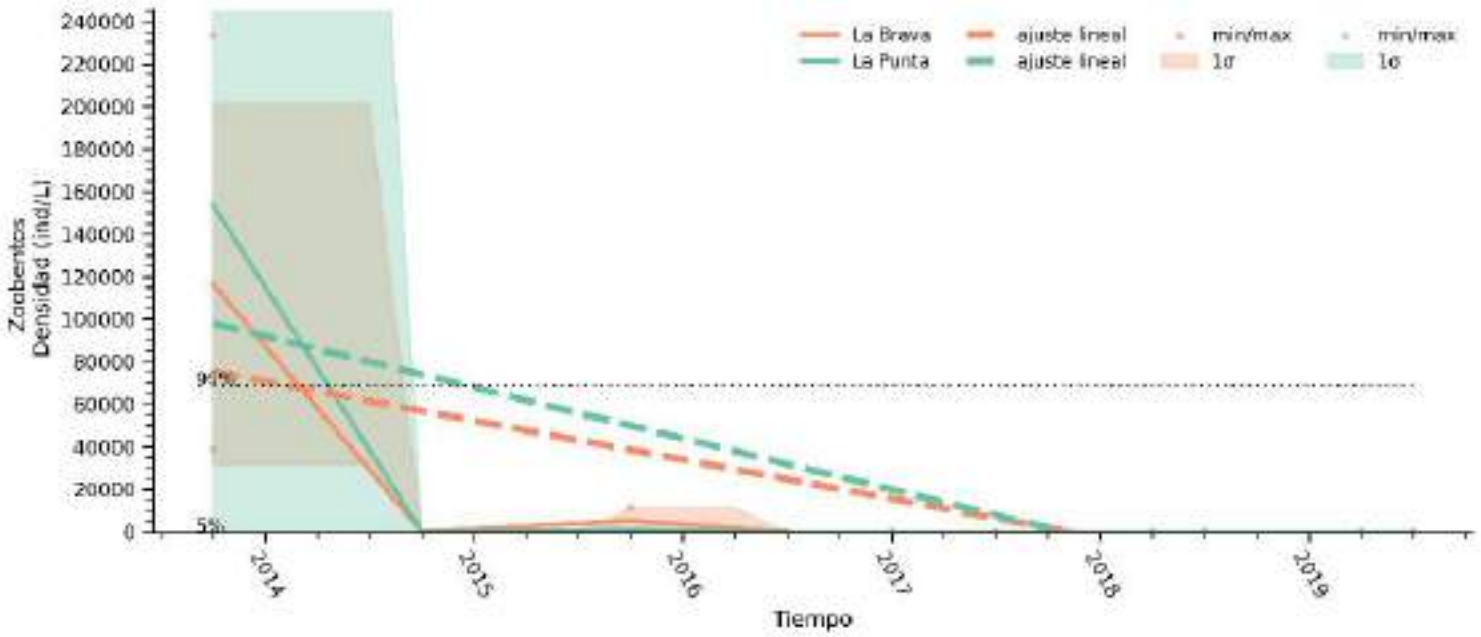


Figura 6-131 Densidad de zoobentos (ind/L) en La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

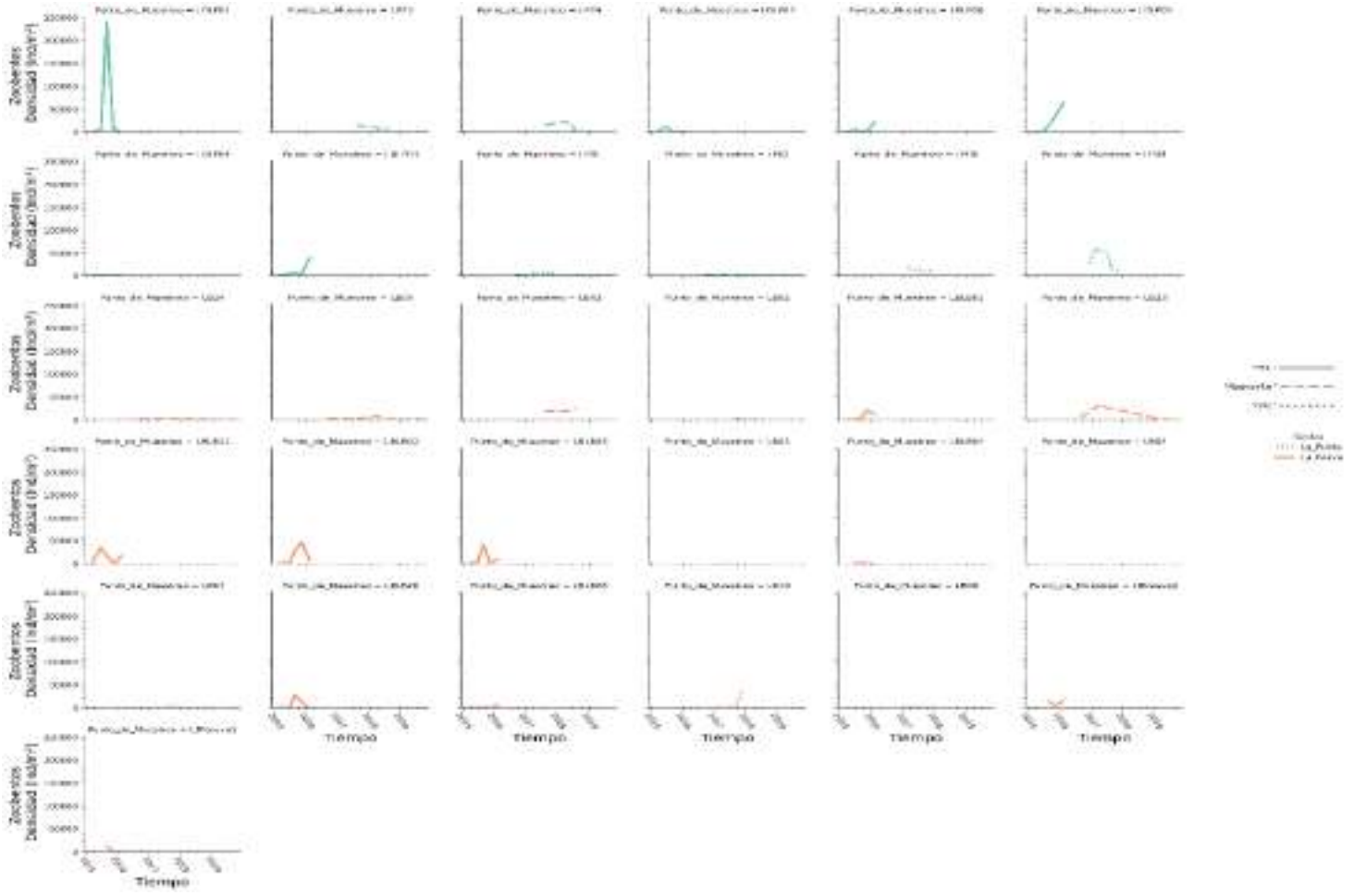


Figura 6-132 Análisis temporal y espacial de densidad de zoobentos de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

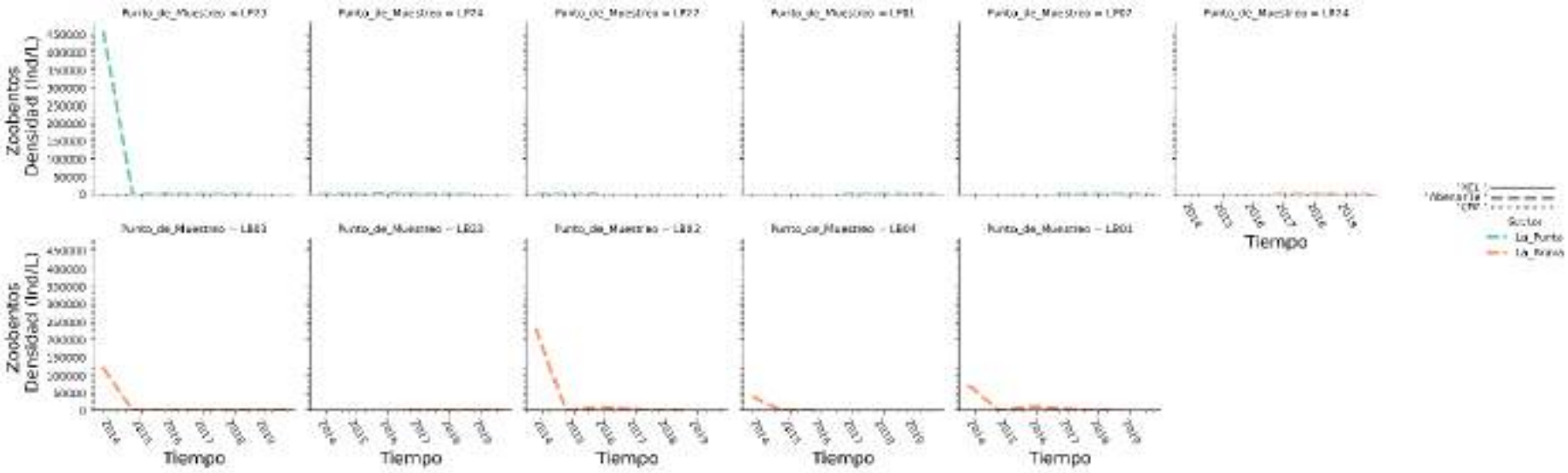


Figura 6-133 Análisis temporal y espacial de densidad de zoobentos de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

II. Riqueza

Los valores de riqueza promedio presentan un comportamiento similar en ambas lagunas, observando el mayor valor promedio en inverno 2016 en La Brava, el punto de monitoreo LB-3 registro 6 *taxa* por Albemarle. El valor mínimo promedio registrado se observa en primavera 2015, el punto de monitoreo LBLB-01 y LBLB-02 presentaron 1 taxón registrada por Minera Escondida.

Los valores de riqueza promedio más altos registrados en La Punta se observan en inverno 2016, el punto de muestreo LP-2 con 5 *taxa* por Albemarle. El valor promedio mínimo de riqueza en observa en verano 2015, el punto de muestreo LB-LP03 registró 1 taxón por Minera Escondida, así como también en el punto de muestreo LP-23 con 1 taxón por Albemarle.

Ambas lagunas fueron evaluadas a una resolución temporal estacional (Figura 6-134), indicando la dispersión de los datos de 1 σ y mostrando los valores mínimos y máximos por período. Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que las series de tiempo (2014 a 2019) presentan tendencias de aumento significativo de riqueza, donde se obtiene que el aumento observado tiene una pendiente en La Punta de 0,18 *taxa*/año (r^2=0,165; Wtest p-valor < 0,05) y en La Brava una pendiente de -0,19 *taxa*/año (r^2=0,627; Wtest p-valor < 0,001).

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-135), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=8, LB03 n=12 y LB01 n=8) entrega un p-valor > 0,05, indicando que no existen diferencias significativas para la riqueza de zoobentos entre puntos de muestreo.

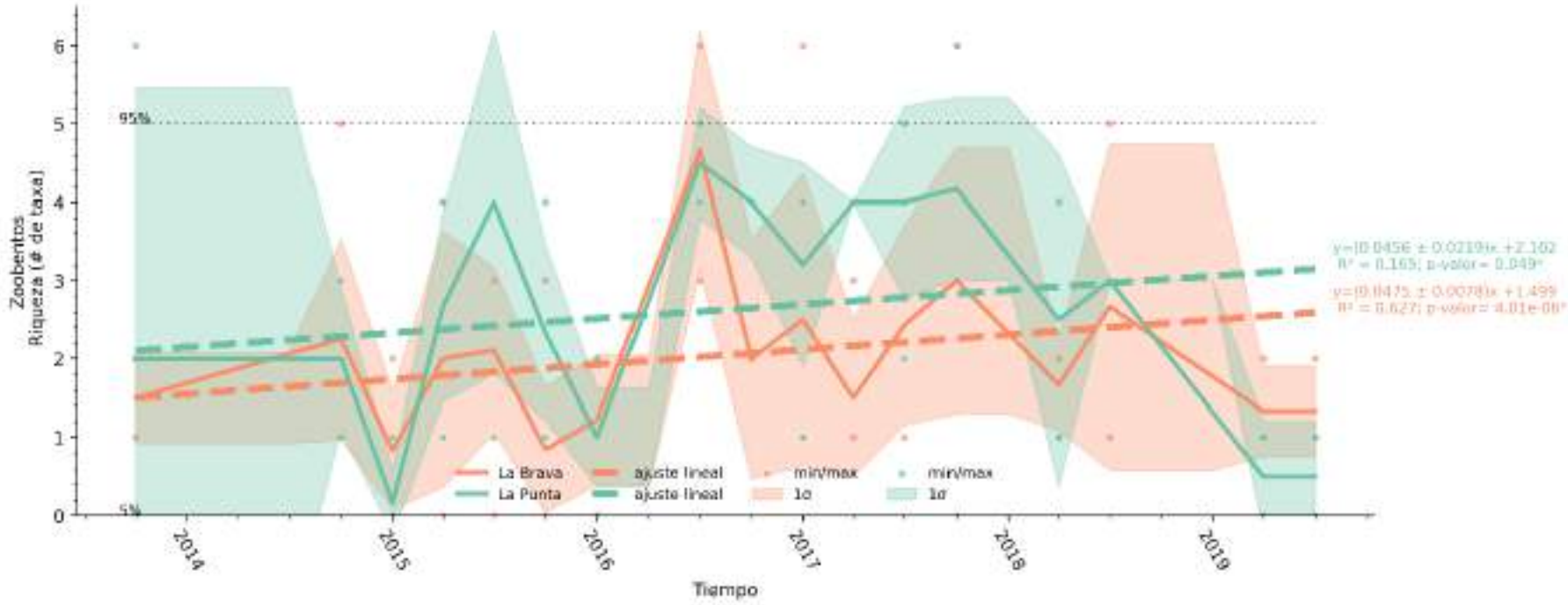


Figura 6-134 Riqueza de zoobentos en La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

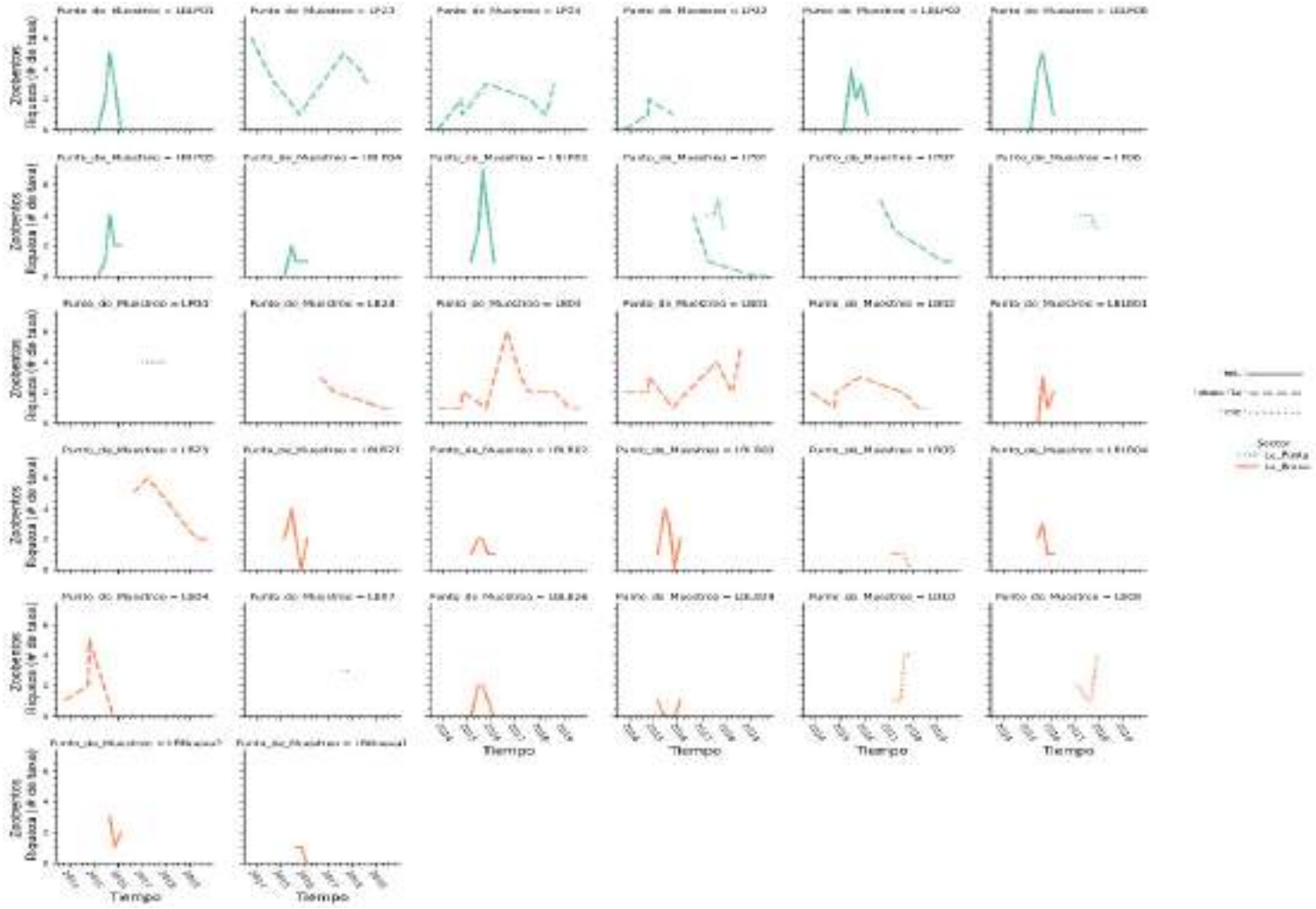


Figura 6-135 Análisis temporal y espacial de riqueza de zoobentos de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

III. Diversidad

La diversidad (índice de Shannon) en La Brava presenta el promedio máximo en invierno 2015, el punto de muestreo LBLB-26 con 0,03. El valor promedio mínimo se registró en verano 2016, el punto de muestreo LBLB-03 presentó 0,06 por Minera Escondida.

En La Punta el valor promedio máximo se reportó en inverno 2018, los puntos de muestreo LP-24 y LP-23 con 0,88 por Albemarle. Mientras que el valor promedio mínimo registrado en La Punta se observa en verano 2016, el punto de muestreo LBLP-05 con 0,04.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie del sistema lagunar de La Punta presenta tendencias de disminución significativa de diversidad, con una la pendiente de -0,1216 unidades/año (r^2=0,6162; Wtest p-valor < 0,001). En tanto, para la serie de La Brava se obtiene un coeficiente de determinación menor a 0,10.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-137), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=7, LB03 n=9 y LB01 n=7) entrega un p-valor > 0,5, indicando que no existen diferencias significativas para la diversidad de zoobentos entre puntos de muestreo.

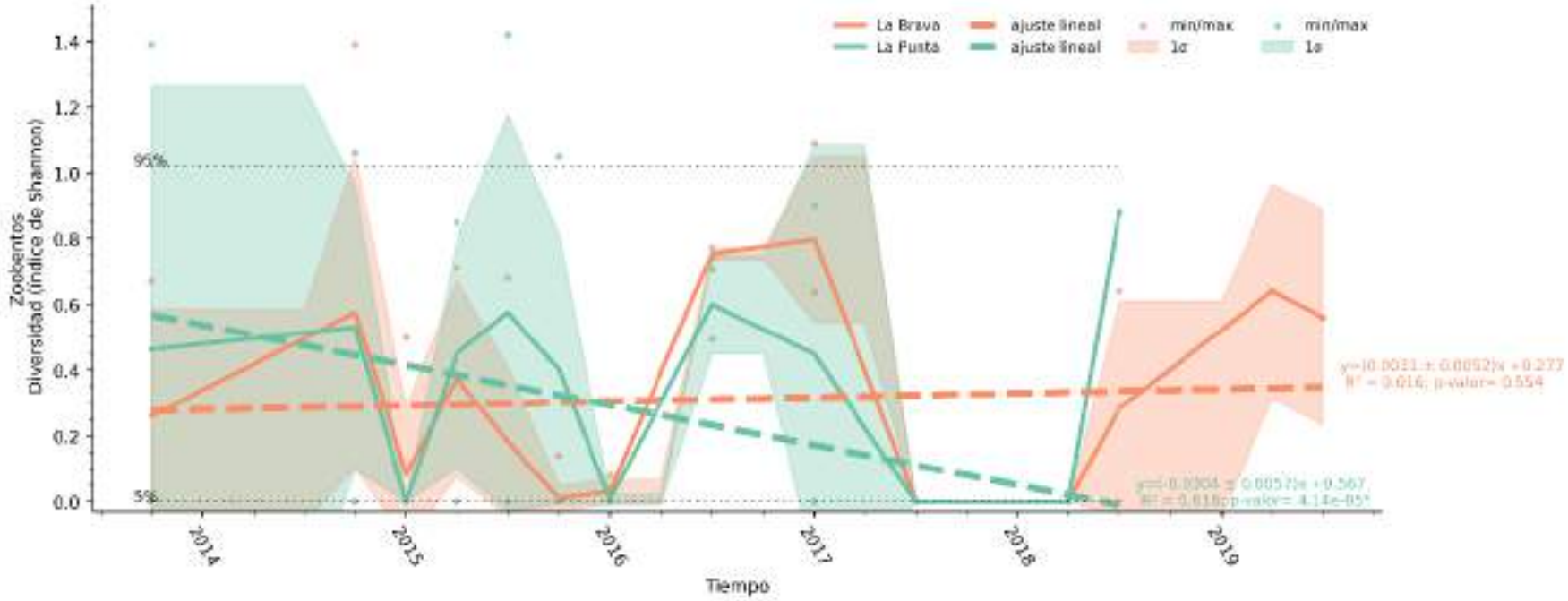


Figura 6-136 Diversidad de zoobentos en La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

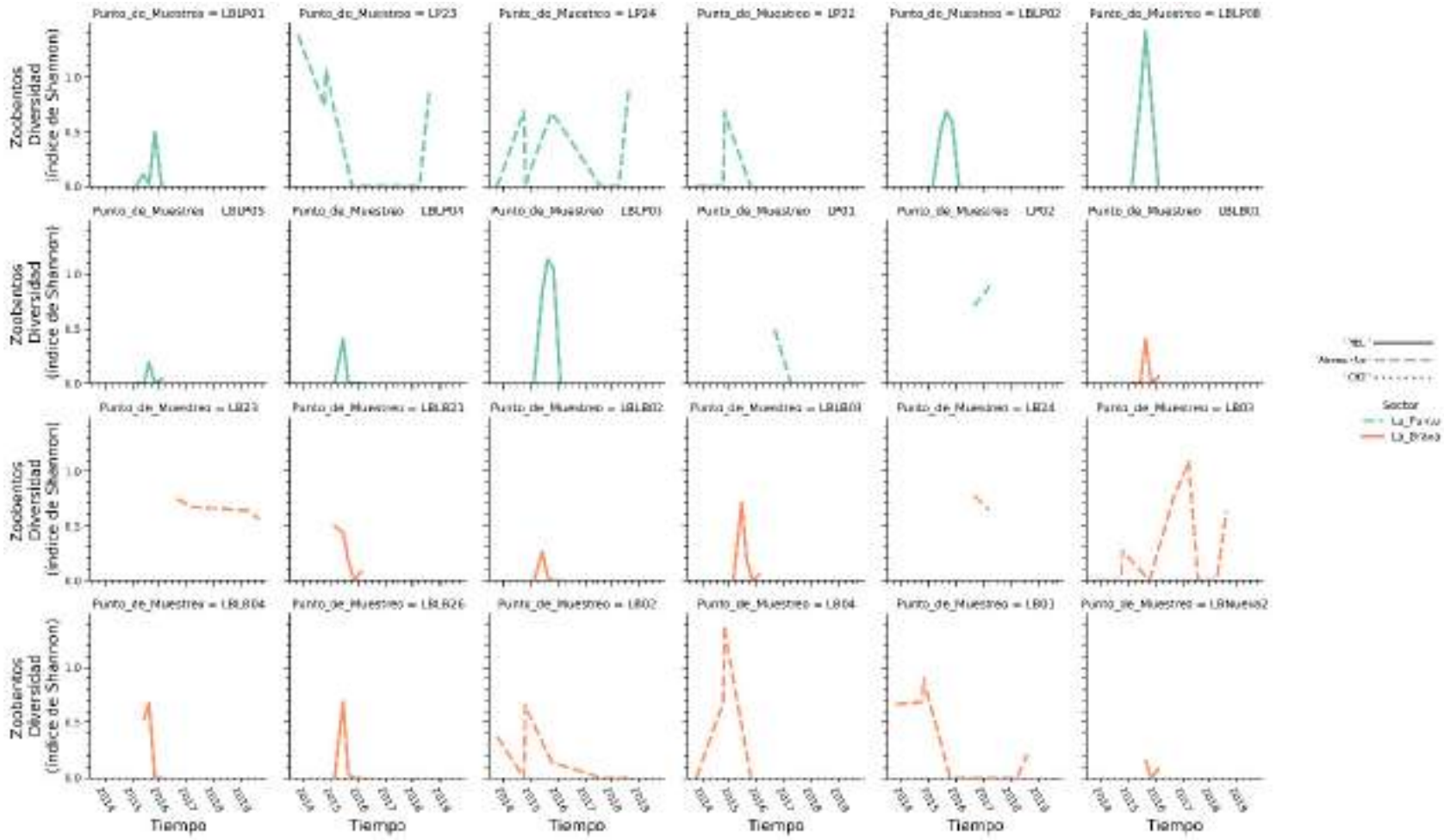


Figura 6-137 Análisis temporal y espacial de diversidad de zoobentos de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.4. Zooplancton

Los *taxa* encontrados en el área de influencia directa se representan en la Tabla 6-60.

Tabla 6-60 Composición taxonómica de Zooplancton registrada.

Clase	Orden	Familia	Género	*Taxa*
Branchiopoda		Artimiidae		*Artemia*
				Artemia franciscana
				Artemia sp
	Cladocera	Daphniidae	Daphnia	*Daphnia pulex*
Clitellata				*Oligochaeta*
Gastropoda	Sorbeoconcha	Cochliopidae		*Cochliopidae*
		Hydrobiidae		*Hidrobiidae*
		Planorbidae		*Planorbidae*
Hexanauplia	Herpacticoida	Canthocamptidae	Attheyella	*Attheyella sp*
	Clanoida	Centropagidae	Boeckella	*Boeckella bergi*
			Boeckella	*Boeckella sp*
			Boeckella	*Boeckella titicacae*
			Boeckella	*Boeckellidae*
			Calanoida	*Calanoida indet.*
	Cyclopoida	Cyclopidae		*Cyclopoida*
	Herpacticoida	Canthocamptidae	Canthocamptidae	*Canthocamptidae*
				Harpacticoida
				Tigriopus sp
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae		*Ceratopogonidae*
		Chironomidae		*Chironomidae*
		Dolichopodidae		*Dolichopodidae*
		Empididae		*Empididae*
		Ephydridae		*Ephydridae*
	Coleoptera	Elmidae		*Elmidae*
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella	*Hyalella sp*
Maxilopoda				*Copepoda*
				Nauplius
Monogononta	Ploima	Notommatidae	Cephalodella	*Cephalodella*
N/A	N/A	N/A	N/A	*Zooplancton indet*
Ostracoda				*Ostracodo*
	Podocopida	Cyprididae	Nauplius	*Eucypris sp*

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-61 Estadígrafos de zooplancton por laguna

	ZPD		ZPS		ZPH	
	La Brava	La Punta	La Brava	La Punta	La Brava	La Punta
N observaciones	104	72	104	72	79	56
Promedio	110,89	127,88	3,02	3,33	0,66	0,45
SD	918,96	396,19	1,36	1,81	0,37	0,38
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	9.375,00	2.537,50	7,00	8,00	1,49	1,34
MWtest (p-valor)	0,139299245		0,129040801 (**T-test)***		0,225581774	
Dif.sig.	No		No		No	

Fuente: Elaboración propia. *Ambos tienen distribución normal; Dif.sig: diferencia significativa; ZPD: Densidad de zooplancton; ZPS: Riqueza de zooplancton; ZPH: Diversidad de zooplancton

I. Densidad

En la Figura 6-138 muestra la densidad (ind/L) por cada año de muestreo entre los años 2008 a 2019 en la Punta y La Brava. Se observan densidades similares entre sí fluctuando entre 1,75 y 31,26 ind/L. en la Brava, excepto en invierno 2017 donde se observó presencia de *Boeckella* con una densidad de 157,86 ind/L. Sin embargo, en la Punta la densidad de individuos fue mayor; en invierno 2013 se observó *Boeckella* y *Atheyela*, en invierno 2017 y 2018 las densidades de *Boeckella* fueron importantes junto a *Artemia francisana*.

Ambas lagunas fueron evaluadas a una resolución temporal estacional (Figura 6-138), indicando la dispersión de los datos de 1 σ y mostrando los valores mínimos y máximos por período.

Para el análisis de series temporales, al aplicar un ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a las series se obtuvieron coeficientes de determinación inferior a 0,10 y un p-valor no significativo. Debido a esto, no se puede afirmar una tendencia de aumento o disminución con respaldo estadístico.

En tanto, al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-139), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=9, LB03 n=13 y LB01 n=9) entrega un p-valor < 0,001, indicando que existen diferencias significativas para la densidad del zooplancton entre algún punto de muestreo. Al aplicar un Dtest, no obstante, no se encontró un par de puntos con un p-valor < 0,05.

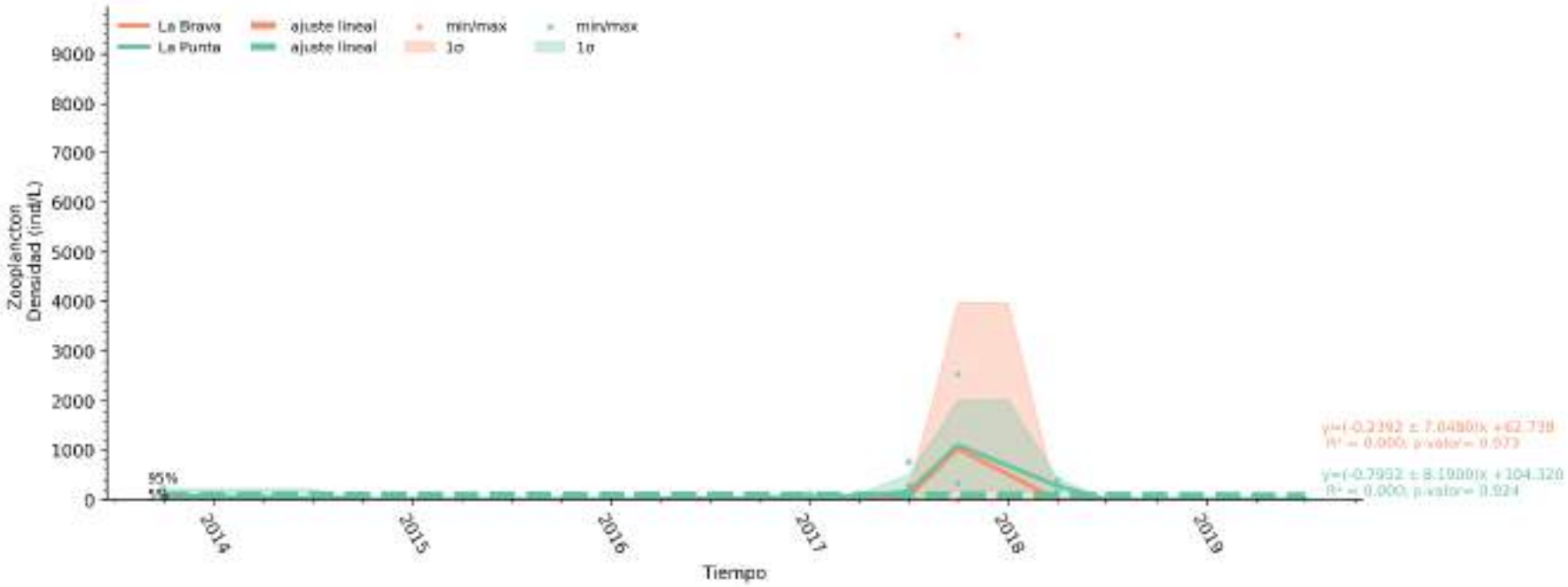


Figura 6-138 Densidad en zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

Figura 6-139 Análisis temporal y espacial de densidad de zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia.

II. Riqueza

En relación a la riqueza los valores máximos fueron en los meses de verano, relacionados directamente con la densidad de zooplancton. Si bien esta variable indica una baja riqueza en los sistemas lagunares mostraría una leve tendencia al aumento en los meses de mayor temperatura, (primavera-verano) y una disminución en los meses de menor temperatura (otoño-invierno) con lo cual se puede inferir que el aumento en la riqueza estaría directamente relacionado con la temperatura y los niveles de concentración de las sales disueltas en el agua.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie del sistema lagunar de La Punta presenta tendencias de aumento significativo de riqueza, con una pendiente de 0,62 *taxa*/año (r^2=0,570; Wtest p-valor < 0,001). En tanto, para la serie de La Brava se obtiene un coeficiente de determinación menor a 0,10.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-141), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=7, LB03 n=9 y LB01 n=7) entrega un p-valor > 0,05, indicando que no existen diferencias significativas para la riqueza de zooplancton entre puntos de muestreo.

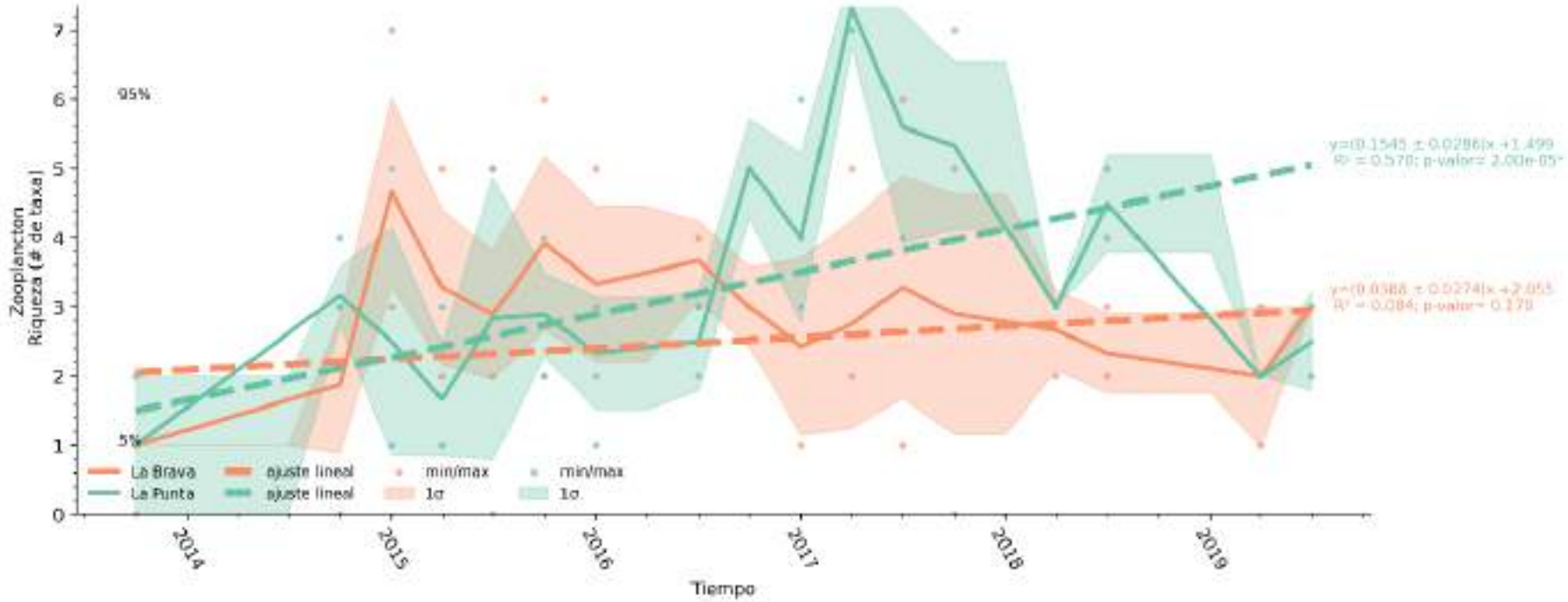


Figura 6-140 Riqueza en zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

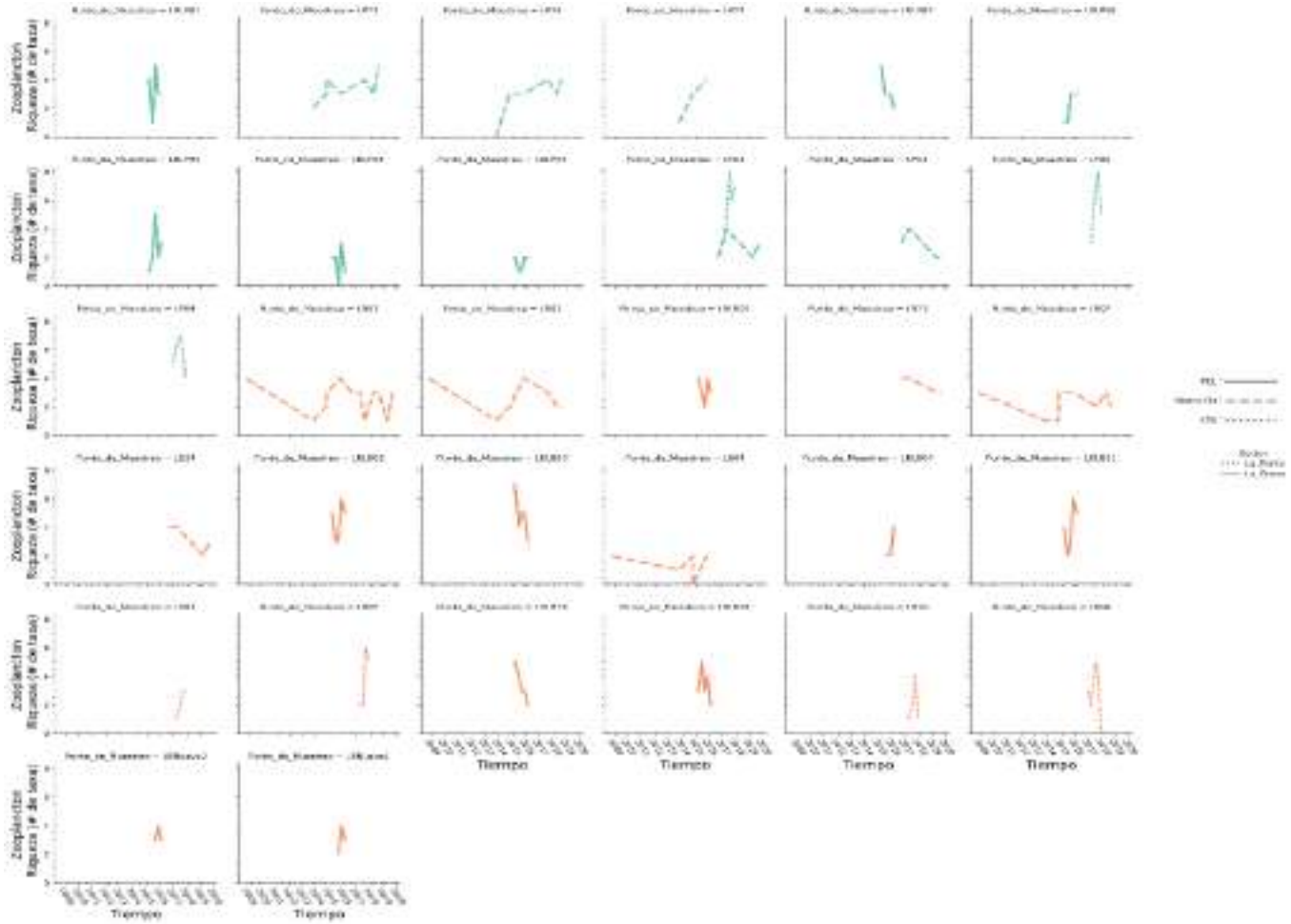


Figura 6-141 Análisis temporal y espacial de riqueza de zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava

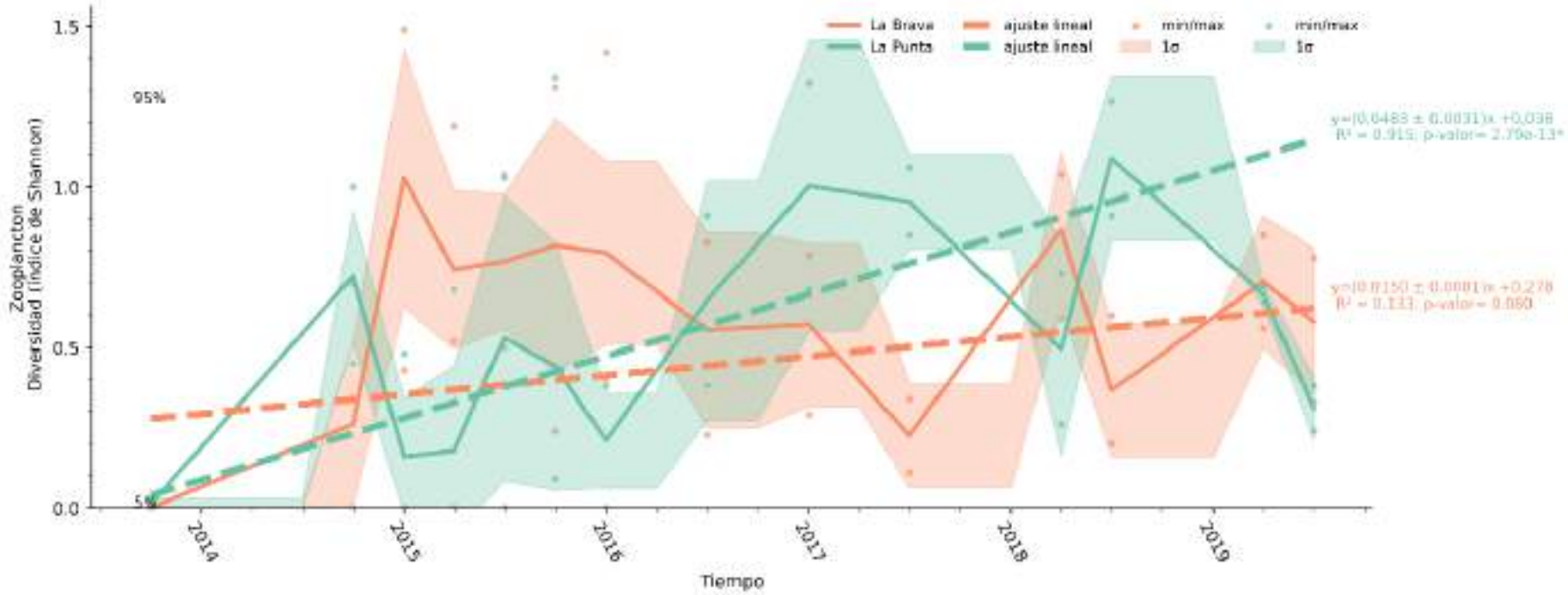
Fuente: Elaboración propia.

III. Diversidad

Respecto a la diversidad se observaron valores en su mayoría menores a 1, el patrón de fluctuación de diversidad en zooplancton resultó ser similar entre temporadas con valores máximos en los meses de verano. Por otra parte, no se logra identificar una tendencia relacionada al análisis espacial inter e intra lagunas. Los valores observados indicaron que las lagunas poseen una diversidad relativamente baja.

Al realizar el ajuste lineal (regresión lineal de mínimos cuadrados) a cada curva, se observa que solo la serie del sistema lagunar de La Punta presenta tendencias de aumento significativo de diversidad, con una pendiente de 0,19 unidades/año (r^2=0,915; Wtest p-valor < 0,001). En tanto, para la serie de La Brava se obtiene un coeficiente de determinación de 0,133, pero un p-valor (Wtest) > 0,05, por lo que la pendiente del ajuste no difiere significativamente de cero.

Al aumentar la resolución espacial a nivel de punto de muestreo (Figura 6-143), el KWtest (considerando LP23 n=7, LB02 n=8, LB03 n=10 y LB01 n=8) entrega un p-valor > 0,05, indicando que no existen diferencias significativas para la diversidad de zooplancton entre puntos de muestreo.



Figura

Figura 6-142 Diversidad en zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia. Valores del promedio estacional están graficados con líneas sólidas continuas; área sombreada cubre ± una unidad de desviación estándar (± 1 σ); ajuste lineal representado por línea segmentada.

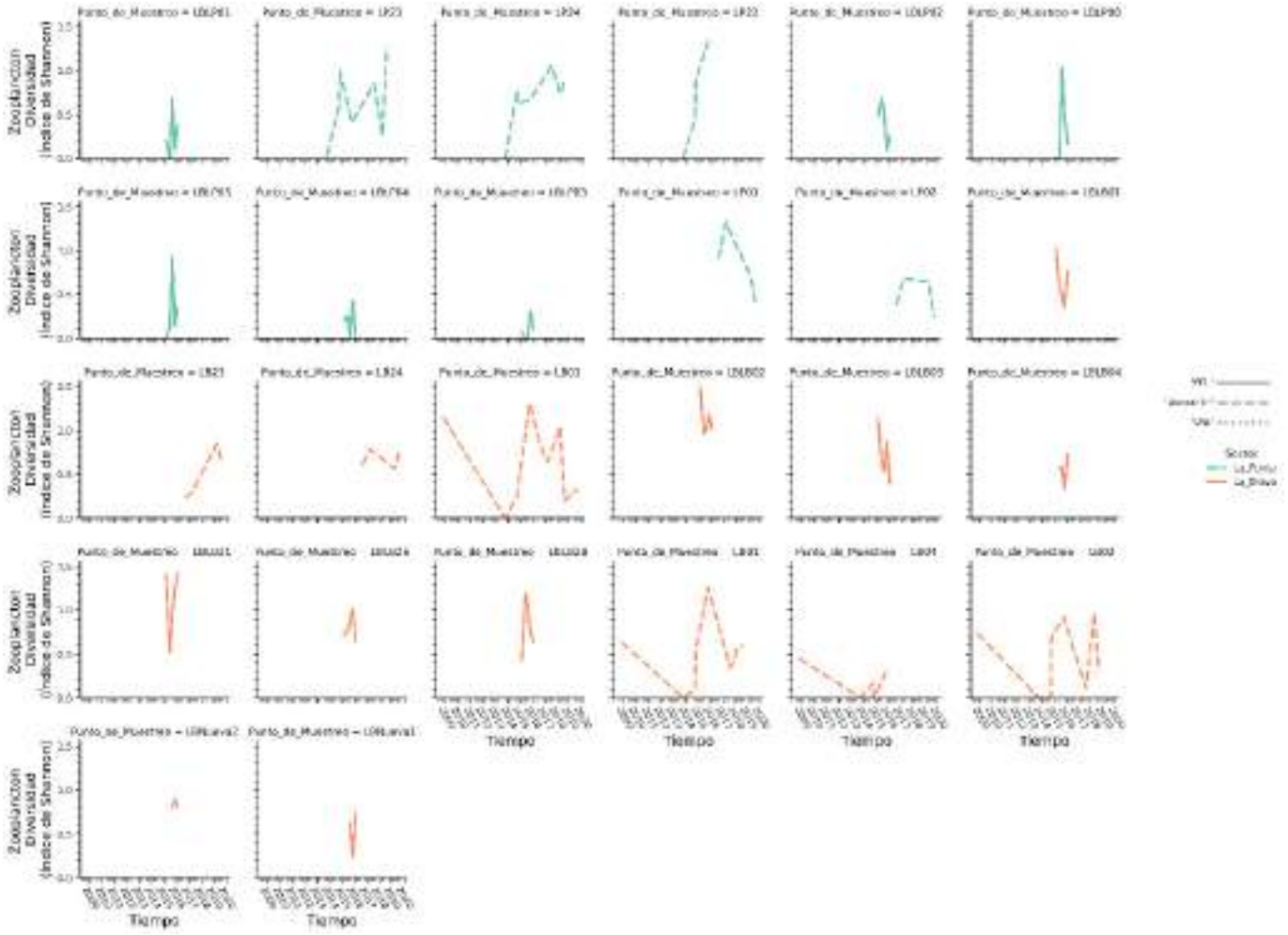


Figura 6-143 Análisis temporal y espacial de diversidad de zooplancton de las Laguna La Punta y La Brava

Fuente: Elaboración propia

III. Microorganismos extremófilos

Las lagunas La Punta y La Brava presentan diversos ecosistemas microbianos, entre los que se destacan biofilms, microorganismos extremófilos y oncolitos, el cual predomina en las lagunas. Los oncolitos son microbialitos con forma redondeada (esferas) producto de movimientos constantes.

En menor cantidad se encuentran los biofilms, los cuales consisten en una película continua que cubre ambas lagunas, y los microorganismos extremófilos que se "llenan de aire como balones" producto la acumulación de gases y de la actividad orgánica que se da en la región inferior (CEA, 2017).

En La Punta y La Brava se presenta un gradiente característico de salinidad producto de la entrada y evaporación del suelo y del agua superficial. En ambas lagunas se desarrollan diferentes ecosistemas microbianos. Este desarrollo ocurre también a lo largo de la orilla de las lagunas, donde existe un elevado nivel de salinidad. Mientras que los oncolitos se encuentran sumergidos en las lagunas donde prevalece una salinidad inferior (Farías ME et al., 2014).

Mineralógicamente, en estas lagunas predomina la vía de los microbialitos de carbonato de calcio, los cuales se forma por la acción microbiana que, a través la fotosíntesis, inducen la precipitación de carbonato de calcio (CEA, 2017).

Tanto las publicaciones científicas como la línea de base de microorganismos extremófilos (CEA, 2017) hacen referencia a la diversidad de extremófilos en la Laguna La Brava, sin embargo, los puntos de muestreo se sitúan tanto en La Brava como en La Punta.

En total se describen 18 *taxa* para el sistema La Punta y La Brava:

- Acetothermia_OP1
- Acidobacteria
- Bacteroidetes
- Caldithrix
- Chalmydiae
- Chloroflexi
- Crenarchaeota
- Crenarchaeota_MBGB
- Cyanobacteria
- *Deinococcus thermus*
- Euryarchaeota
- Firmicutes
- Lentisphaerae
- Planctomycetes
- Proteobacteria
- Spirochaetes
- Thermi
- Verrucomicrobia

En algunos casos se señala solo la presencia de los *taxa* y en otros se determina la abundancia relativa, destacándose el taxón Proteobacteria.

6.3. Correlaciones temporales y espaciales de los factores ambientales

6.3.1. Correlaciones variables abióticas

A continuación, se presentan matrices de correlación de Spearman, para las cuales se utilizaron los promedios estacionales de las variables nivel freático, nivel lagunar, superficie lagunar total, superficie de agua de dilución salina, evapotranspiración medida en domo, temperatura atmosférica y precipitación de las estaciones meteorológicas (Peine, Albemarle y Tilopozo), las que están ordenadas por subcapítulos.

Las siguientes tablas de matrices solo muestran correlaciones significativas (p-valor < 0,05) que corresponden a los períodos respectivos indicado para cada conjunto de variables 1996-2018 y 2013-2018. Las celdas vacías corresponden a correlaciones de p-valor > 0,05.

Entre las variables temperatura atmosférica-superficie lagunar, temperatura atmosférica - superficie de agua de dilución salina, temperatura atmosférica-evapotranspiración, temperatura atmosférica-precipitación se estimaron correlaciones que tienen p-valor > 0,05, por lo que no se muestran.

Para el análisis se utilizó la tabla de interpretación del coeficiente de correlación de Spearman (

Tabla 5-11), excepto para las correlaciones entre las variables nivel freático-temperatura atmosférica y nivel lagunar-temperatura atmosférica.

6.3.1.1 Nivel freático-Temperatura atmosférica y Precipitación

Se presenta una matriz de correlación de Spearman que contempla las variables nivel freático-temperatura atmosférica (Temp.), nivel freático-precipitación (Pp.) para el período 2013-2018) (n = 20).

Se estima una relación directa entre niveles freáticos con temperatura atmosférica. Es decir, dada la fluctuación estacional de temperatura, podemos esperar una fluctuación similar para estas variables. Por esta razón se definió como alto un valor absoluto de correlación los resultantes mayores o iguales a 0,80 (Sánchez, f).

Tabla 6-62 Matriz de correlación de Nivel Freático-Temperatura atmosférica, Nivel freático-Precipitación, 2013-2018

Nivel freático		Temp. EM-Tilopozo	Temp. EM-ALB	Pp. EM-Peine	Pp. EM-ALB
Norte La Brava	BA-01			-0,24	
	BA-06	-0,92	-0,92		
	BA-09		-0,45	-0,52	-0,48
Borde	BA-02	-0,84	-0,82	-0,31	-0,16

La Brava	BA-05	-0,87	-0,83		
	TPZ13-C	-0,54	-0,56		
Sur La Brava	BA-03	-0,93	-0,89		
	BA-04	-0,87	-0,88		
	BA-16	-0,78	-0,79		
Nivel freático		**Temp. EM-Tilopozo**	**Temp. EM-ALB**	**Pp. EM-Peine**	**Pp. EM-ALB**
	BA-25	-0,55	-0,61		
Sur lejano La Brava	MP0-3A	-0,50	-0,63		
	MP0-3B	-0,83	-0,86		
	MP0-3C	-0,90	-0,89		
Norte La Punta	BA-10	-0,85	-0,84		
	BA-11	-0,67	-0,65	-0,27	
	BA-12	-0,91	-0,90		
Borde La Punta	BA-07	-0,77	-0,83		
	BA-13	-0,89	-0,93		
	BA-14	-0,83	-0,75		
	BA-15	-0,88	-0,85		
Sur La Punta	BA-08	-0,84	-0,84		
	MP0-1A	-0,91	-0,93		

Fuente: Elaboración propia; Pp.: precipitación; Temp.: Temperatura atmosférica; ALB: Albemarle

Desde 2013 a 2018 las correlaciones estimadas entre nivel freático-temperatura atmosférica (p-valor < 0,05) de ambas estaciones meteorológicas, Tilopozo y Rockwood-SCL, son generalmente altas en ambas lagunas y todas negativas, estimándose más correlaciones moderadas (-0,50 a -0,79) en La Brava que en La Punta. Además, un solo barreno (BA-09) al norte de La Brava presentó una correlación inferior a 0,50. La máxima correlación es de -0,93 entre la temperatura de EM- ALB y nivel freático de MP-01A.

En cambio, las correlaciones entre nivel freático-precipitación son negativas de tipo muy bajas a moderadas (-0,01 a -0,69), estimándose solo correlaciones significativas para tres piezómetros al norte y borde de La Brava y uno al norte de La Punta. Interpretamos que se estimaron correlaciones negativas entre nivel freático-precipitación por la correspondencia durante la estación estival de mayores precipitaciones y temperatura, lo que coincide con niveles freáticos bajos (Tabla 6-62).

Se podría inferir de lo anterior, que durante el verano la temperatura presenta mayor importancia que la precipitación en los niveles freáticos.

6.3.1.2. Nivel lagunar-Temperatura atmosférica y precipitación

Se presenta una matriz de correlación de Spearman que contempla las variables nivel lagunar-temperatura atmosférica (Temp.), nivel lagunar-precipitación (Pp.), para el período de 2013-2018 (n = 20).

Se estima relación directa entre nivel lagunar con temperatura atmosférica. Es decir, dada la fluctuación estacional de temperatura, podemos esperar una fluctuación similar para estas variables, que responderían sincrónicamente. Por esta razón se definió como alto un valor absoluto de correlación mayor o igual a 0,80 (Sánchez, f). Se presentan solo correlaciones que tienen p-valor < 0,05, mostrándose celdas vacías para las correlaciones que tienen p-valor > 0,05.

Tabla 6-63 Matriz correlación Nivel lagunar -Temperatura atmosférica, Nivel freático-precipitación, 2013-2018

.

Nivel lagunar		Temp. EM-Tilopozo	Temp. EM-ALB	Pp. EM-Peine	Pp. EM-ALB
Borde La Brava	LB-21	-0,51	-0,66		
Sur La Brava	LB-26	-0,90	-0,88		
Borde La Punta	LB-28	-0,86	-0,89		
	LP-05	-0,70	-0,75		

Fuente: Elaboración propia; Pp.: precipitación; Temp.: Temperatura atmosférica; ALB: Albemarle

Todas las correlaciones nivel lagunar-temperatura atmosférica son negativas. Las correlaciones más bajas y de rango moderado (-0,50 a -0,79) se estimaron al borde de La Brava en LB-21, mientras que las más altas se estimaron al sur de La Brava en LB-26. Así también, las correlaciones al borde de La Punta en LB-28 son altas. En cambio, entre nivel lagunar-precipitación no se obtuvieron correlaciones significativas, por lo que no se indican en la Tabla 6-63.

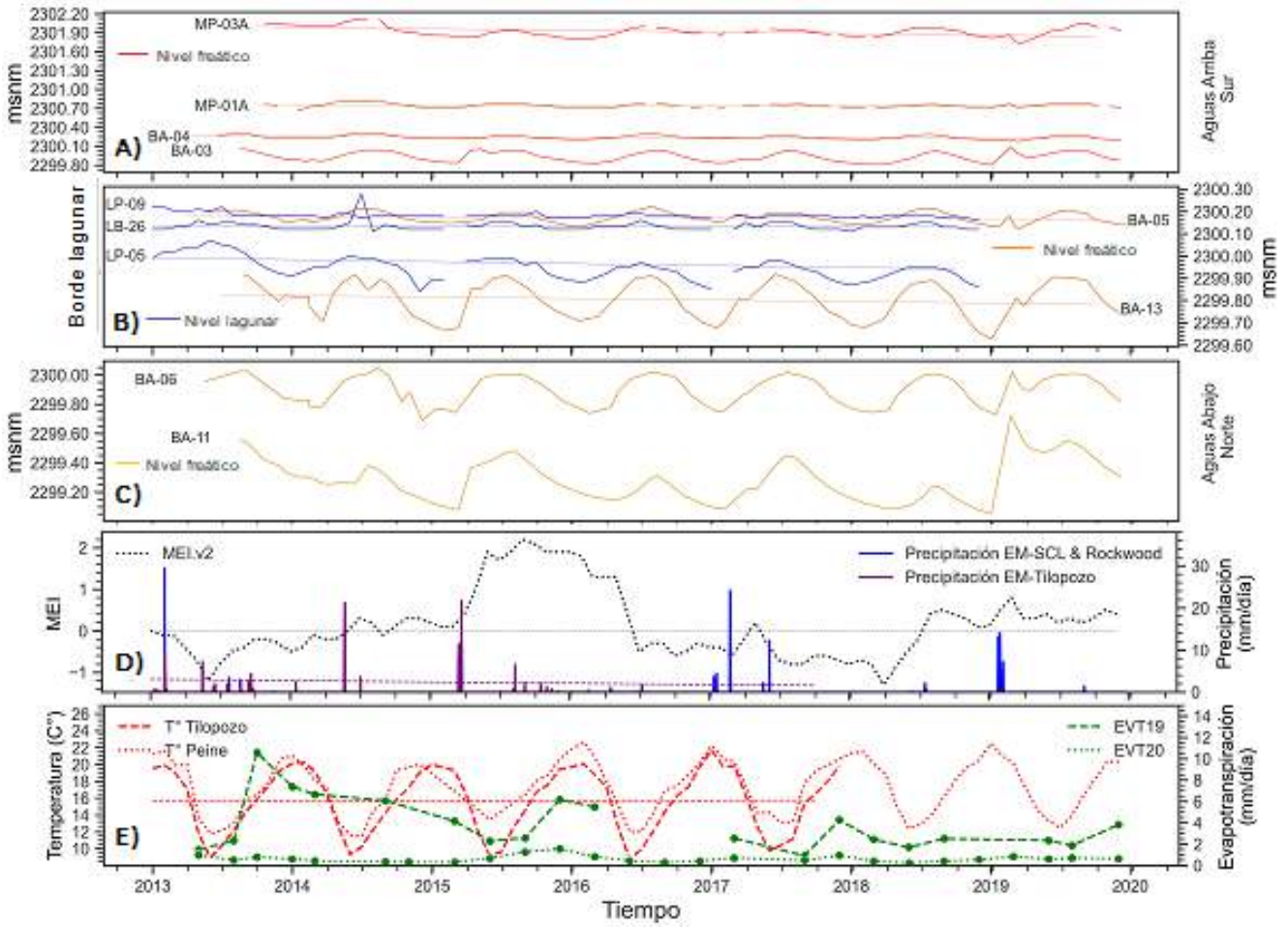


Figura 6-144 Variación temporal de: (A) niveles freáticos sur, (B) niveles freáticos y lagunares en borde, (C) niveles freáticos norte, (D) precipitación e índice multivariado de ENOS (Multivariate ENSO Index; MEI), (E) temperatura y evapotranspiración, 2013-2019. Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 6-144 A, B, C y D que los niveles freáticos tienen un comportamiento estacional, obteniéndose baja a muy baja correlación con el comportamiento de la precipitación en la mayoría de los niveles freáticos y lagunares, siendo significativa solo para algunos piezómetros, desde 2013 a 2018. En cambio, el comportamiento de los niveles freáticos y lagunares con la temperatura es inverso, apreciándose mayormente correlaciones altas y negativas. Para la evapotranspiración se observa disminución en EVT-19, desde 2013 a 2019, así también, pero más leve, para algunos niveles freáticos localizados aguas arriba, como en MP-03 A (Figura 6-144, B, C y E).

6.3.1.3. Nivel freático – Nivel lagunar

Se presenta una matriz de correlación de Spearman nivel freático-nivel lagunar 2013-2018 (n = 20), ordenadas por lagunas y sector.

Se presentan solo las correlaciones con un p-valor < 0,05, siendo las correlaciones en LP-08 no significativas (p -valor>0,05), por lo que no se muestran.

Tabla 6-64 Matriz de correlación Nivel freático-Nivel lagunar, 2013-2018

Nivel freático		Nivel lagunar				
		Borde La Brava		Sur La Brava	Borde La Punta	
		LB-21	LB-28	LB-26	LP-09	LP-05
Norte La Brava	BA-09					0,60
	BA-06	0,59	0,84	0,86		0,88
	BA-01					0,57
Borde La Brava	TPZ13-C	0,79	0,64	0,57		0,25
	BA-05	0,48	0,76	0,82		0,78
	BA-02	0,47	0,7	0,72		0,85
Sur La Brava	BA-25		0,7	0,64		0,61
	BA-16	0,40	0,7	0,78		0,76
	BA-04	0,42	0,75	0,84	0,59	0,85
	BA-03	0,58	0,82	0,81		0,90
Sur lejano La Brava	MP03-C	0,70	0,88	0,81		0,85
	MP03-B	0,69	0,84	0,78		0,81
	MP03-A		0,61	0,54		0,67
Norte La Punta	BA-12	0,6	0,85	0,86		0,95
	BA-11	0,28	0,55	0,61		0,81
	BA-10	0,55	0,78	0,8		0,88
Borde La Punta	BA-14	0,80	0,81	0,76		0,64
	BA-13	0,62	0,86	0,87	0,60	0,95
	BA-07	0,24	0,62	0,79	0,65	0,90
	BA-15	0,47	0,75	0,89		0,86
Sur La Punta	MP01-B	0,59	0,46			
	MP01-A	0,72	0,88	0,82		0,93
	BA-08	0,47	0,74	0,82		0,81

Fuente: Elaboración propia

Todas las correlaciones estimadas entre nivel lagunar - nivel freático son positivas durante el período 2013 a 2019, para los piezómetros y puntos de medición de nivel lagunar considerados en este análisis (Tabla 6-64).

Las correlaciones entre los niveles lagunares de LB-21 (La Brava) con los niveles freáticos de ambas lagunas son mayormente moderadas (rango 0,4 a 0,69), estimándose solo dos correlaciones bajas (rango 0,2 a 0,39) y cuatro altas (rango 0,7 a 0,89). Así también, son moderadas las correlaciones significativas de los niveles lagunares en LP-09 (La Punta) con los niveles freáticos de tres barrenos.

En cambio, la mayoría de las correlaciones significativas entre los niveles lagunares de LB-28 (La Brava) y LP-05 (La Punta) con los niveles freáticos de ambas lagunas son altas (rango 0,7 a 0,89), estimándose la más alta de 0,93 entre LP-05 y MP-01A (sur de La Punta) y la más baja de 0,25 entre LP-05 y TPZ-13C (borde de La Brava).

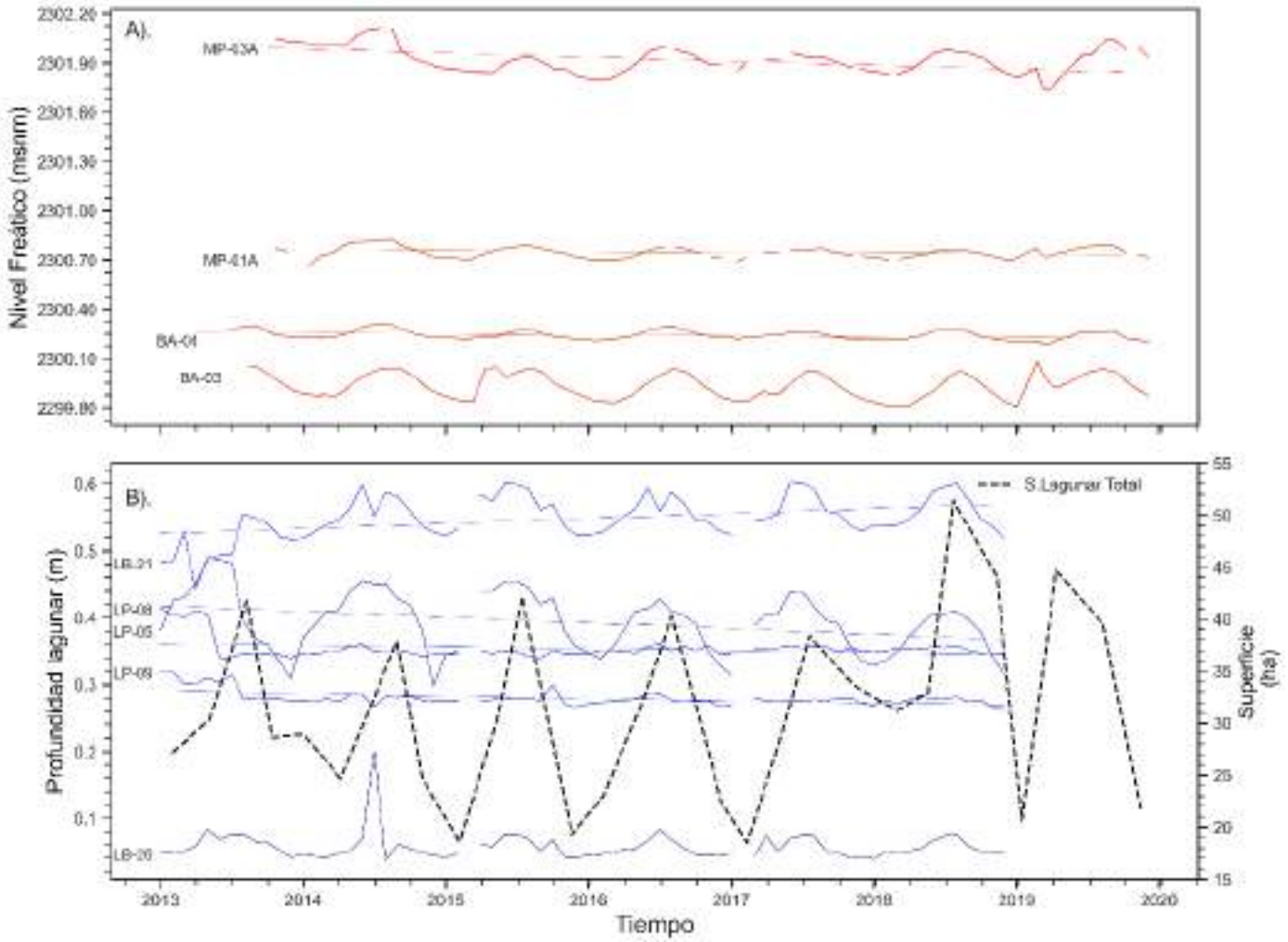


Figura 6-145 Variación temporal de (A) niveles freáticos sur, (B) niveles lagunares y superficie lagunar total, 2013-2019. Fuente: Elaboración propia

En la Todas las correlaciones estimadas entre nivel lagunar - nivel freático son positivas durante el período 2013 a 2019, para los piezómetros y puntos de medición de nivel lagunar considerados en este análisis (Tabla 6-64).

Las correlaciones entre los niveles lagunares de LB-21 (La Brava) con los niveles freáticos de ambas lagunas son mayormente moderadas (rango 0,4 a 0,69), estimándose solo dos correlaciones bajas (rango 0,2 a 0,39) y cuatro altas (rango 0,7 a 0,89). Así también, son moderadas las correlaciones significativas de los niveles lagunares en LP-09 (La Punta) con los niveles freáticos de tres barrenos.

En cambio, la mayoría de las correlaciones significativas entre los niveles lagunares de LB-28 (La Brava) y LP-05 (La Punta) con los niveles freáticos de ambas lagunas son altas (rango 0,7 a 0,89), estimándose la más alta de 0,93 entre LP-05 y MP-01A (sur de La Punta) y la más baja de 0,25 entre LP-05 y TPZ-13C (borde de La Brava).

Figura 6-145 A se presentan las series de tiempo de niveles freáticos localizados al sur de las lagunas y en Todas las correlaciones estimadas entre nivel lagunar - nivel freático son positivas durante el período 2013 a 2019, para los piezómetros y puntos de medición de nivel lagunar considerados en este análisis (Tabla 6-64).

Las correlaciones entre los niveles lagunares de LB-21 (La Brava) con los niveles freáticos de ambas lagunas son mayormente moderadas (rango 0,4 a 0,69), estimándose solo dos correlaciones bajas (rango 0,2 a 0,39) y cuatro altas (rango 0,7 a 0,89). Así también, son moderadas las correlaciones significativas de los niveles lagunares en LP-09 (La Punta) con los niveles freáticos de tres barrenos.

En cambio, la mayoría de las correlaciones significativas entre los niveles lagunares de LB-28 (La Brava) y LP-05 (La Punta) con los niveles freáticos de ambas lagunas son altas (rango 0,7 a 0,89), estimándose la más alta de 0,93 entre LP-05 y MP-01A (sur de La Punta) y la más baja de 0,25 entre LP-05 y TPZ-13C (borde de La Brava).

Figura 6-145B se presentan las series de tiempo de los niveles lagunares, además de la superficie lagunar total. Se observa para ambas variables (nivel freático y lagunar), que comparten fluctuaciones similares que responden a la estacionalidad. Cabe notar que LP-05 presenta el mayor rango de fluctuación entre los niveles lagunares y éste presenta el coeficiente de correlación más alto (0,93) con MP-01A.

6.3.1.4. Nivel lagunar- Superficie lagunar

Se presenta una matriz de correlación de Spearman entre las variables nivel lagunar-superficie lagunar y de dilución salina para el período de 1996 a 2018 (n = 84).

Tabla 6-65 Matriz de correlación Superficie lagunar y de Dilución salina - Nivel lagunar, 1996-2018

Superficie	Niveles lagunares	
	La Brava	La Punta

	LB-26	LB-28	LB-21	LP-05	LP-08	LP-09
Lagunas total	0,33			0,70	-0,46	
Dilución Salina					0,24	-0,31
Lagunas total y Dilución Salina				0,36		-0,22

Fuente: Elaboración propia

Se observa que no hay correlaciones significativas entre superficie lagunar total (profunda + somera) o superficie de dilución salina con los niveles lagunares de La Brava, excepto en la reglilla LB-26, donde el coeficiente de correlación es bajo y positivo (0,33).

En cambio, en la laguna La Punta se observan correlaciones significativas tanto con la superficie lagunar total como con la superficie de dilución salina. El nivel lagunar de LP-05 correlaciona positivamente con la superficie lagunar total y con la superficie conjunta laguna/dilución salina. El nivel lagunar en LP-09 presenta correlaciones bajas (pero significativas) y negativas con la superficie de dilución salina y con superficie lagunar total más dilución salina. Cabe notar que el nivel lagunar de LP-09 no correlaciona significativamente con la superficie lagunar total, lo que contrasta con el valor relativamente alto obtenido para LP-05 (Tabla 6-65).

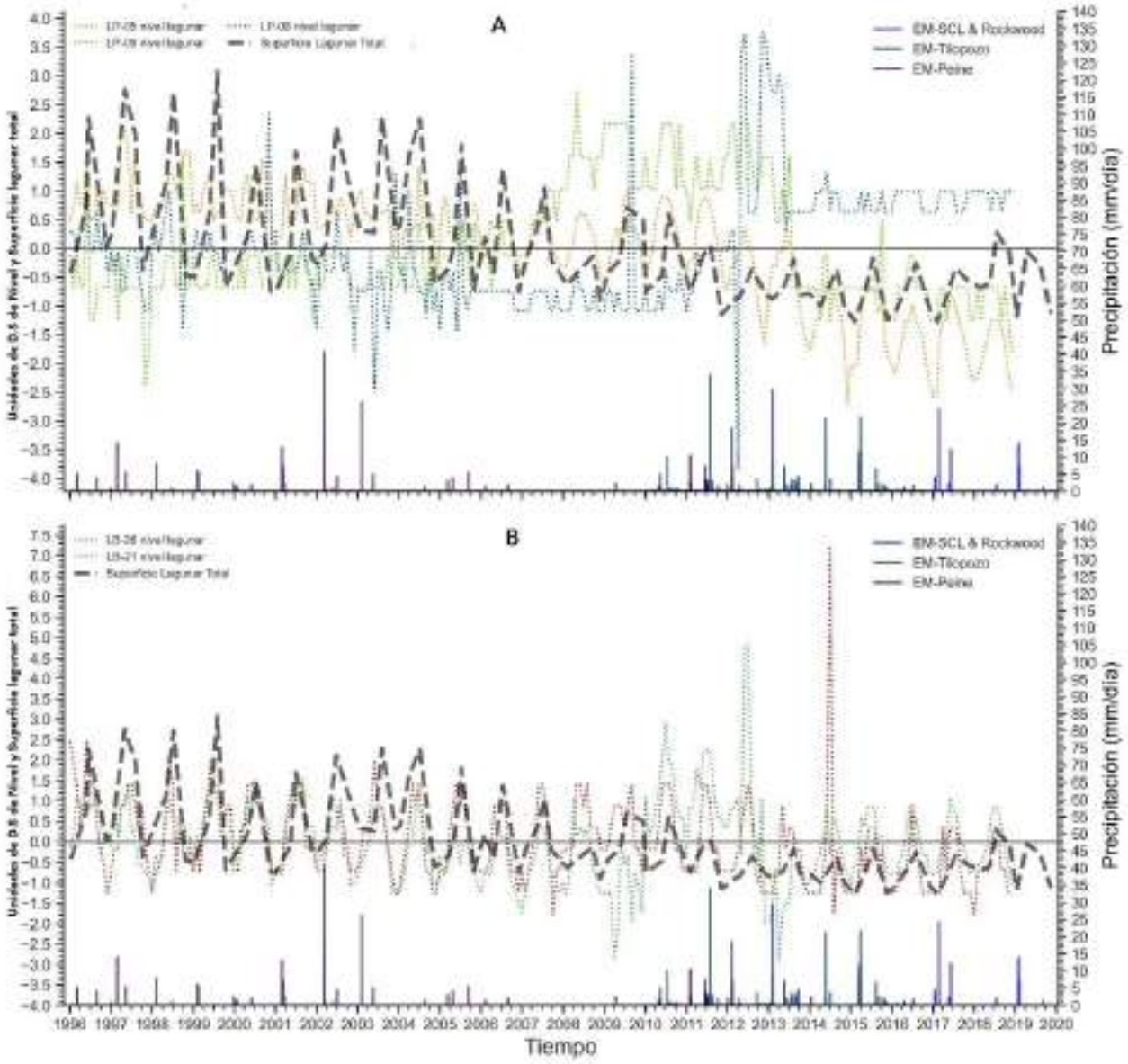


Figura 6-146 Variación temporal de superficie lagunar total, precipitación, niveles lagunar de (A) La Punta y (B) de La Brava, 1996-2019. Fuente: Elaboración propia

Se observa en Figura 6-146 A una coevolución relativamente estrecha de los niveles lagunares medidos en LP-05 y la serie temporal de la superficie lagunar total, respaldado además por el coeficiente de correlación previamente destacado. Figura 6-146 B ilustra los niveles lagunares de La Brava, donde los niveles lagunares en LB-26 y LB-21 también presentan una coevolución similar con la serie de tiempo de la superficie lagunar total desde 1996 a 2008. Posteriormente, desde 2009 a 2019, se observa una divergencia entre ambas (nivel lagunar y superficie), lo que podría explicar la baja correlación entre LB-21 y superficie lagunar total.

Además, se observa que los eventos de precipitación aumentan en frecuencia y magnitud desde 2010 a 2019, lo que no es reflejado en la serie temporal de la superficie lagunar que presenta valores por debajo de la media para este período.

6.3.1.5. Evapotranspiración y Precipitación- Nivel freático y Superficie

Se presenta una matriz de correlación de Spearman entre las variables evapotranspiración (EVT)- nivel freático, evapotranspiración (EVT)- superficie lagunar y de dilución salina, precipitación (Pp.) - nivel freático, precipitación (Pp.)- superficie lagunar y de dilución salina, índice multivariado de ENOS (Multivariate ENSO Index; MEI)- superficie lagunar y de dilución salina, durante el período 2013-2018 (n = 20).

En la matriz de correlación se presentan solo las correlaciones de p-valor significativo (p-valor < 0,05), estimándose solo para los niveles freáticos de La Brava, en TPZ-10, TPZ-7B, TPZ-13C y BA-02, durante el período 2013- 2018. Las correlaciones obtenidas entre evapotranspiración-temperatura, evapotranspiración-precipitación y evapotranspiración-nivel lagunar tienen p-valor > 0,05 por lo que no se indican en la Tabla 6-66..

Tabla 6-66 Matriz de correlación Evapotranspiración y Precipitación - Nivel freático y Superficies, 2013-2018

	Nivel freático La Brava				Superficie		
	Sur lejano		Borde				
	TPZ-10	TPZ-7B	TPZ-13C	BA-02	Lagunas Total	Dilución Salina	Lagunas y Dilución Salina
EVT-19	0,32		-0,39				
EVT-20		-0,28				0,69	0,64
Pp. EM-ALB					-0,44		-0,44
Pp. EM- Peine					-0,4		-0,4
MEI						0,54	
Área Total lagunas	0,31			0,32	1		

Fuente: Elaboración propia; Pp.: precipitación; MEI: Multivariate ENSO Index; ALB: Albemarle

Los coeficientes de correlación estimados entre evapotranspiración y los niveles freáticos de La Brava son bajos y de valor absoluto inferior a 0,50 (p-valor < 0,05), estimándose dos negativos y uno positivo, este último entre EVT-19 y TPZ-10 (Tabla 6-66).

Se obtuvieron coeficientes de correlación positivos y moderados entre evapotranspiración y superficie, en EVT-20, el coeficiente de correlación con la superficie de dilución salina es de 0,69, mientras que con la superficie lagunar total más dilución salina es de 0,64. La evapotranspiración aumenta cuando la superficie de agua posible de evaporar aumenta, lo que se estima sucede especialmente en el espejo de agua somero de la zona de dilución salina.

Por otro lado, los coeficientes de correlación entre precipitación- superficie lagunar total más dilución salina y precipitación - superficie lagunar total, son moderados y negativos, de -0,44 en EM de Albemarle y -0,40 en EM-Peine. Se debe considerar que las superficies lagunares se reducen en verano, período en que las precipitaciones se concentran.

Al realizar una correlación con MEI (índice multivariado de ENOS (Multivariate ENSO Index) se observa que hay correlación significativa de 0,54 con la superficie de dilución salina, por lo que se estima una respuesta en la superficie de agua de dilución salina ante el aumento de precipitaciones relacionado al período de El Niño.

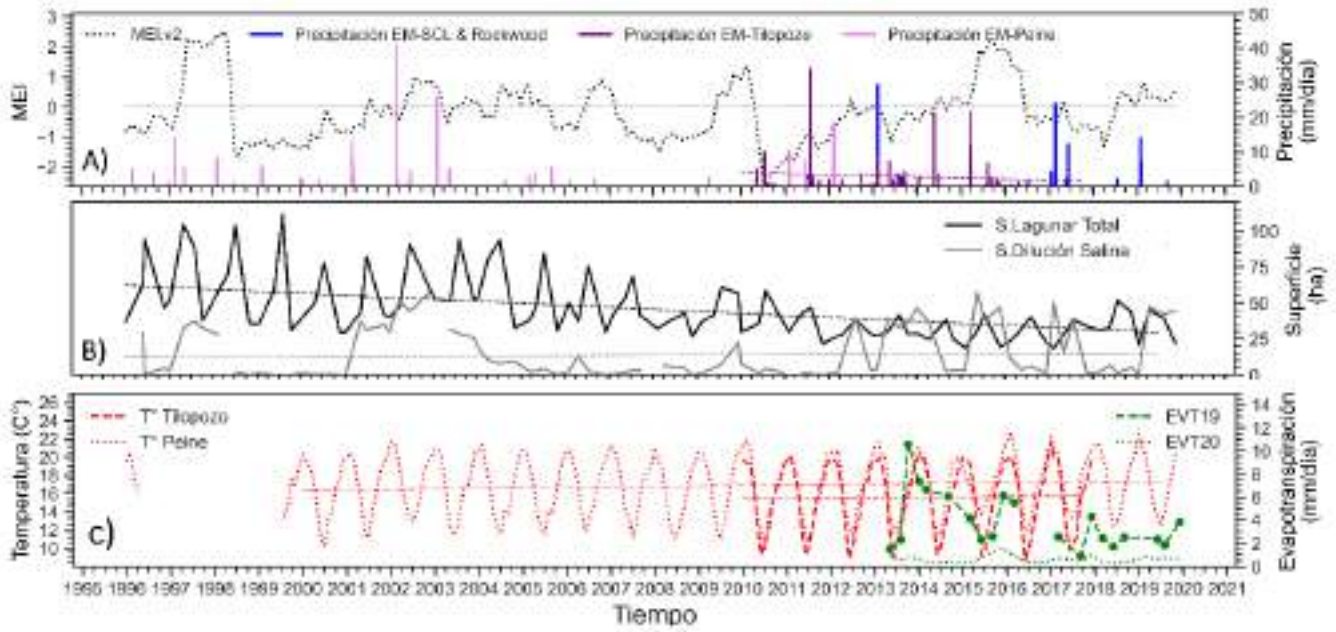


Figura 6-147 Variación temporal de (A) precipitación, (B) superficie lagunar y de dilución salina, (C) temperatura y evapotranspiración, 1996-2019. Fuente: Elaboración propia.

En la

Figura 6-147 A y B se observa el registro de datos de precipitación, MEI (Índice Multivariado de ENOS - El Niño Oscilación del Sur), superficie lagunar total, superficie de dilución salina y evapotranspiración para el período 1995–2019. Para la precipitación diaria en EM-Peine se observa un período continuo de valores inferiores a 10 mm/día durante 2003 a 2010 (

Figura 6-147 A). Por otro lado, la superficie lagunar total presenta un constante descenso, que se pronuncia entre el año 2003 y 2019. En cambio, la superficie de dilución salina presenta valores altos desde 2012 a 2019 (

Figura 6-147 B). Cuando la temperatura aumenta levemente, la evapotranspiración disminuye, lo que se observa para el período con registro de evapotranspiración (2013 a 2019) (

Figura 6-147 C).

6.3.2. Correlaciones variables de lagunas superficiales

A continuación, se presentan matrices de correlación de Spearman, para las cuales se utilizaron los promedios estacionales de las variables químicas medidas *in situ* y luego las variables medidas en laboratorio. Se presentan las variables agrupadas por laguna (La Brava /La Punta).

Las siguientes tablas de matrices de correlación solo muestran las correlaciones significativas (p valor<0,05) que corresponden a los períodos respectivos indicado para cada conjunto de variables. Las celdas vacías corresponden a correlaciones no significativas y el símbolo "-" corresponde a cruces de variables repetidos.

6.3.2.1. Correlaciones de variables químicas *in situ*

Tabla 6-67 Matriz de correlación (Spearman) de parámetros químicos *in situ*, 2000-2018 (2010-2017 para salinidad),

Parámetros *in situ*		La Punta					La Brava				
		Temp	pH	OD	CE	Salinidad	Temp	pH	OD	CE	Salinidad
La Punta	Temp			-0,40	0,31	0,60	0,91	-0,44	-0,35	0,51	0,42
	pH							0,54			
	OD				-0,31		-0,37		0,62	-0,15	
	CE						0,29	-0,24	-0,33	0,39	0,35
	Salinidad				0,66					0,38	
La Brava	Temp	-	-	-	-			-0,52	-0,43	0,48	
	pH	-	-	-	-				0,39	-0,45	
	OD	-	-	-	-					-0,22	
	CE	-	-	-	-						
	Salinidad	-	-	-	-					0,56	

Fuente: Elaboración propia; Temp: temperatura de agua; OD: Oxígeno disuelto; CE: conductividad eléctrica

Las variables químicas medidas *in situ* (OD: oxígeno disuelto; CE: conductividad eléctrica; pH y salinidad) están presentadas para el período de 2000-2018 (n = 72), con la excepción de la variable salinidad, cuyos coeficientes de correlación corresponden al análisis realizado para el período 2010-2017, donde hay disponibilidad de información. De las variables medidas en La Punta se destacan las correlaciones positivas entre salinidad-conductividad eléctrica (0,66) y salinidad-temperatura (0,60), y en menor medida, temperatura- conductividad eléctrica (0,31). El oxígeno disuelto presenta correlaciones negativas con temperatura (-0,40) y conductividad eléctrica (-0,31). Paralelamente, las variables medidas en La Brava presentan mayor cantidad de correlaciones significativas, con respecto a La Punta, de las cuales se destacan los coeficientes positivos entre salinidad-

conductividad (0,56) y temperatura-conductividad eléctrica (0,48), y así también los coeficientes negativos entre temperatura-pH (-0,52), conductividad eléctrica-pH (-0,45) y temperatura-oxígeno disuelto (-0,43).

Interesantemente, se presenta una mayor cantidad de correlaciones significativas al cruzar las variables de las dos lagunas, de las cuales se destacan los coeficientes positivos entre variables semejantes como temperatura (0,91), oxígeno disuelto (0,62), pH (0,54), y conductividad eléctrica (0,39), además de temperatura La Punta-conductividad eléctrica La Brava (0,51). No hay una correlación significativa entre la salinidad de ambas lagunas. Los coeficientes de correlación negativos entre las lagunas son todas inferiores a 0,50 (valor absoluto), de las que se contemplan temperatura La Punta-pH la Brava (-0,44), temperatura La Brava-oxígeno disuelto La Punta (-0,37) y temperatura La Punta-oxígeno disuelto La Brava (-0,35). Sin embargo, estas correlaciones entre ambas lagunas no implican mecanismos inter-lagunares a nivel superficial o subterráneo.

6.3.2.2. Correlaciones de variables químicas de laboratorio

Las Tablas 6-68 y 6-67 presentan los coeficientes de correlación de Spearman para las variables químicas medidas en laboratorio.

Tabla 6-68 Matriz de correlación parámetros químicos, 2000-2018

Parámetros químicos		La Punta									
		HCO_3	CO_3	Cl	SO_4	NH_4	NO_2	NO_3	PO_4	STS	Alcalinidad
La Punta	HCO_3				-0,26	0,53	-0,21	-0,21		0,37	
	CO_3	-			0,21	-0,31		0,20			
	Cl	-	-		0,52	0,23					
	SO_4	-	-	-		-0,30	0,44	0,31		-0,30	0,31
	NH_4	-	-	-	-		-0,23	-0,29		0,34	
	NO_2	-	-	-	-	-		0,61	-0,30		
	NO_3	-	-	-	-	-	-		0,39		0,34
	PO_4	-	-	-	-	-	-	-			
	STS	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Alcalinidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
La Brava	HCO_3	0,77	-0,41		-0,32	0,52	-0,37	-0,26		0,41	
	CO_3	-0,61	0,56							0,25	
	Cl		0,30	0,33		0,27			-0,37	0,47	0,31
	SO_4	-0,48	0,49		0,45	-0,36					
	NH_4	0,46	-0,22		-0,52	0,49	-0,28	-0,26		0,30	-0,26
	NO_2				0,39		0,69	0,53	-0,33	-0,26	0,27
	NO_3	-0,19	0,23		0,29	-0,33	0,41	0,83	-0,41		
	PO_4		0,35							0,27	
	STS	0,47			-0,42	0,42				**0,79**	
	Alcalinidad						-0,38				0,42

Parámetros químicos		La Brava									
		HCO_3	CO_3	Cl	SO_4	NH_4	NO_2	NO_3	PO_4	STS	Alcalinidad
La Brava	HCO_3			0,27	-0,36	0,43	-0,20	-0,26		0,50	
	CO_3	-		0,64					0,50	0,47	

	Cl	-	-			0,32			0,63	0,60	0,32
	SO_4	-	-	-		-0,26			0,43		
	NH_4	-	-	-	-			-0,26	0,24	0,41	
	NO_2	-	-	-	-	-		0,46			
	NO_3	-	-	-	-	-	-				
	PO_4	-	-	-	-	-	-	-		0,34	
	STS	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Alcalinidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia; STS: Sólidos totales suspendidos

A partir de Tabla 6-68 se puede observar que las especies químicas de La Punta presentan menos coeficientes de correlación que superan 0,50, con respecto a la Brava. Las correlaciones positivas más altas de La Punta son NO_3-NO_2 (0,61), NH_4-HCO_3 (0,53) y SO_4-Cl (0,52). Las correlaciones negativas no superan el valor de 0,31 (valor absoluto), que corresponde a NH_4-CO_3. Con respecto a las especies químicas indicadas y la alcalinidad, se evidencian valores de correlación en torno a 0,34 y 0,31, para NO_3 y SO_4, respectivamente.

El sistema de La Brava sugiere mayor importancia en el rol de carbonatos y del nutriente ortofosfato ya que estos presentan los mayores coeficientes de correlación. Se encuentra una correlación positiva relevante entre Cl-CO_3 (0,61), Cl-PO_4 (0,63), Cl-STS (0,60), CO_3-PO_4 (0,50) y HCO_3-STS (0,50). Similar a La Punta, los coeficientes negativos no superan 0,36 (valor absoluto), correspondiente a SO_4-HCO_3. La alcalinidad solo correlaciona significativamente con Cl (0,32).

Al cruzar estas variables para ambas lagunas, se observa que todas las variables semejantes correlacionan significativamente con la excepción de PO_4. El cruce de NO_3 presenta el coeficiente de correlación más alto para este conjunto (0,83), seguido por STS (0,79). Entre los cruces de variables no-semejantes se destacan CO_3 La Brava-HCO_3 La Punta (-0,61), NO_2 La Brava-NO_3 La Punta (0,53), HCO_3 La Brava-NH_4 La Punta (0,52) y NH4 La Brava-SO_4 La Punta (-0,52). Al igual que en el caso de los parámetros *in situ*, estas correlaciones no permiten vincular los mecanismos químicos de cada laguna.

Tabla 6-69 Matriz de correlación (Spearman) iones y metales, 2010-2016

Iones y metales		La Punta														
		Ca	F	Mg	K	Na	As	B	Cd	Cu	Fe	Li	Pb	Zn	STD	STS
La Punta	Ca			0,45												
	F	-													0,35	
	Mg	-	-		0,81	0,85									0,80	
	K	-	-	-		0,94						0,42			0,88	
	Na	-	-	-	-							0,47			0,91	
	As	-	-	-	-	-										
	B	-	-	-	-	-	-			0,53						
	Cd	-	-	-	-	-	-	-					0,47			
	Cu	-	-	-	-	-	-	-	-					0,54		
	Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-				0,54		

	Li	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	STD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	STS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
La Brava	Ca			0,38		0,41		0,46		0,44		0,44				
	F		0,72										0,45			
	Mg			0,71	0,61	0,71		0,64	0,59	0,38					0,55	
	K			0,49												
	Na			0,74	0,88	0,91		0,45							0,80	

Iones y metales		La Punta														
		Ca	F	Mg	K	Na	As	B	Cd	Cu	Fe	Li	Pb	Zn	STD	STS
La Brava	As						0,44	0,55			0,53					
	B							0,74		0,50						
	Cd		0,56	0,42	0,53	0,43			0,78				0,57		0,46	
	Cu						0,32	0,48		0,63	0,74					
	Fe										0,72					
	Li							0,57				0,57				
	Pb												0,67			
	Zn									0,51	0,63			0,91		
	STD			0,72	0,80	0,88									0,84	
	STS															0,77

Iones y metales		La Brava														
		Ca	F	Mg	K	Na	As	B	Cd	Cu	Fe	Li	Pb	Zn	STD	STS
La Brava	Ca			0,76		0,61		0,52							0,63	
	F	-														
	Mg	-	-		0,45	0,81	0,48	0,67							0,8	
	K	-	-	-		0,71									0,76	
	Na	-	-	-	-										0,93	
	As	-	-	-	-	-		0,81		0,50	0,43	0,44				
	B	-	-	-	-	-	-					0,55				
	Cd	-	-	-	-	-	-	-								
	Cu	-	-	-	-	-	-	-	-		0,55			0,50		
	Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-				0,47		
	Li	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	STD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	STS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia; STD: Sólidos totales disueltos; STS: Sólidos totales suspendidos

Al examinar el conjunto de variables iónicas y metálicas presentadas en Tabla 6-69, se observa que no hay correlaciones negativas y que los coeficientes son en promedio más elevados que los otros coeficientes observados en esta sección.

Los coeficientes de correlación de especies metálicas más altos en La Punta son Na-K (0,94), Na-Mg (0,85) y Mg-K (0,81). Con respecto a los sólidos totales disueltos, son Na, K, Mg y F las especies que correlacionan significativamente con esta variable.

Con respecto a La Brava, los coeficientes de correlación de especies metálicas más altos son B-As (0,81), Na-Mg (0,81) y Mg-Ca (0,76). Con respecto a los sólidos totales disueltos, son Na, K, Mg y Ca las especies que correlacionan significativamente con esta variable. El análisis de correlación para el cruce de estas variables entre las dos lagunas muestra una correlación significativa de todas las especies semejantes con la excepción de K y Ca.

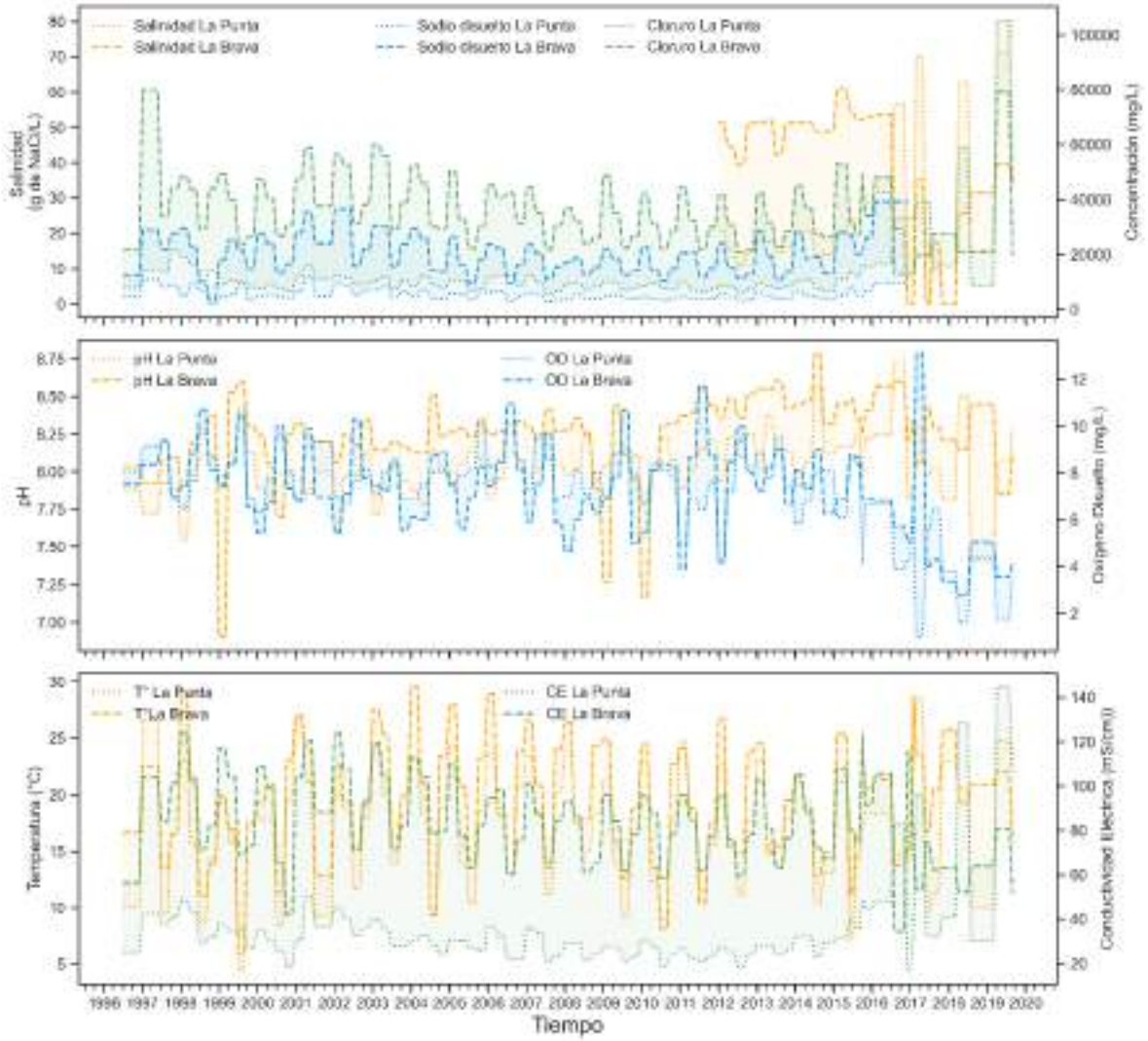


Figura 6-148 Variación temporal de (A) salinidad, sodio y cloruro (B) pH y oxígeno disuelto, (C) temperatura y conductividad eléctrica, 1996-2019. Fuente: Elaboración propia

Figura 6-149 permite visualizar la evolución conjunta del sistema entre 1996 y 2019, y hace énfasis en las variables que tendrían mayor relación con la salinidad, además de variables que podrían ser afectadas ante fluctuaciones de esta variable, como el pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica.

Lo primero que se puede observar, es que los valores para todas las variables expuestas son al principio mayores para La Brava, pero que consecuentemente, a partir de 2016/2017, los valores de La Punta se tornan mayores con una tendencia de incremento, exceptuando al oxígeno disuelto que disminuye. Segundo, en general las variables aquí expuestas fluctúan en fase con la estacionalidad, que es mejor explicitado por la temperatura y su estrecha correspondencia con la conductividad eléctrica. Se podría argumentar, no obstante, que el pH y oxígeno disuelto sostienen un desarrollo en anti-fase con salinidad, temperatura, y conductividad eléctrica, ya que ambas presentan una correlación negativa significativa con temperatura. Finalmente, cabe notar que, con respecto a salinidad, temperatura y conductividad eléctrica, éstas presentan valores elevados entre 1997 y 1998, luego un leve descenso entre 1998 y 2001, para luego tender a incrementar hasta 2006, cuando vuelven a descender, para finalmente presentar una mayor amplitud de oscilación con tendencia a incremento luego de 2016/2017.

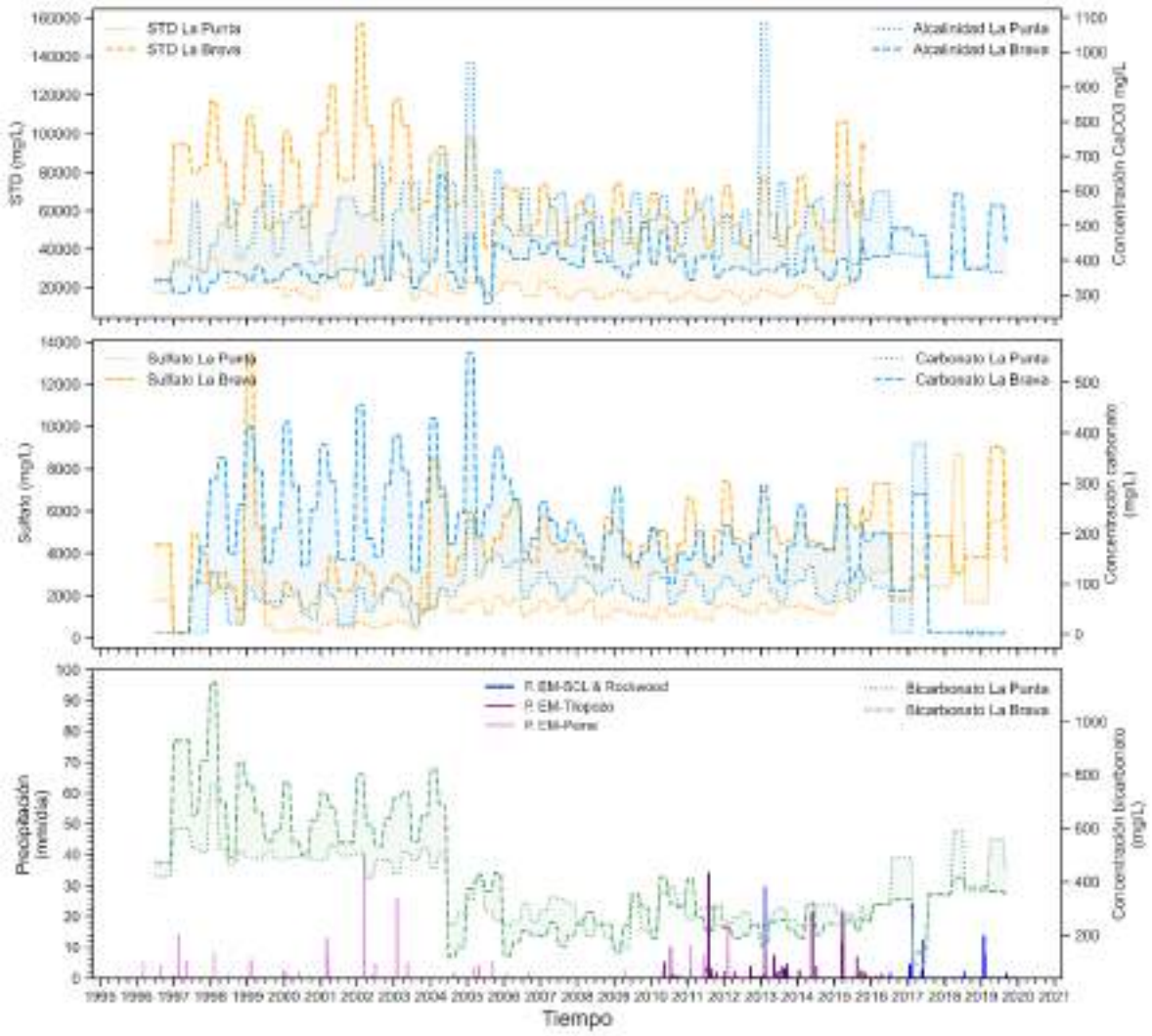


Figura 6-149 Variación temporal de (A) sólidos totales disueltos y alcalinidad (B) sulfato y carbonato, (C) precipitación y bicarbonato, 1996-2019. Fuente: Elaboración propia

Similar a lo anterior, Figura 6-149 conjuga las series temporales de variables relacionados con sólidos totales disueltos, carbonatos y sulfatos. Compatible con lo observado anteriormente, las variables acá expuestas también tienden a ser mayores para La Brava, aunque con la clara distinción de la variable alcalinidad, cuyos valores son mayores para La Punta. Interesantemente, la alcalinidad también presenta la yuxtaposición compartida por el resto de variables en 2016/2017, pero en un sentido inverso, donde los valores de La Brava superan a La Punta en el último tramo de la serie. Es posible apreciar en estas variables una coevolución en fase con la estacionalidad. Lo más notable de este conjunto de series es la progresiva (abrupta en el caso de bicarbonato) disminución de concentración en torno a 2004-2006 hacia adelante. Esto coincide con la

disminución en la tasa de precipitaciones entre 2004 y 2010. A partir de 2010 algunas concentraciones tienden a aumentar levemente en concordancia con precipitaciones más frecuentes e intensas. El análisis de correlación de Spearman para el período 2000-2018 revela que las precipitaciones de EM-Rockwood/SCL correlacionan significativamente con CO_3 La Punta (0,26) y La Brava (0,22), y cloruro La Punta (0,22), mientras que precipitaciones de EM-Peine correlaciona significativamente con CO_3 La Punta (0,28) y La Brava (0,27), y Cloruro La Brava (0,28).

6.3.2.3. Correlaciones de variables biológicas

La Tabla 6-70 presenta los coeficientes de correlación de Spearman para las variables biológicas.

Tabla 6-70 Matriz de correlación Biótico, 2014-2019

Variables Bióticas			La Punta					
			Fitobentos			Fitoplancton		
			Densidad	Diversidad	Riqueza	Densidad	Diversidad	Riqueza
La Punta	Fitobentos	Densidad						-0,17
		Diversidad	-				-0,78	-0,53
		Riqueza	-	-				
	Fitoplancton	Densidad	-	-	-			
		Diversidad	-	-	-	-		-0,77
		Riqueza	-	-	-	-	-	
	Zoobentos	Densidad						
		Diversidad						
		Riqueza						
	Zooplancton	Densidad						
		Diversidad						
		Riqueza						

Variables Bióticas			La Punta					
			Zoobentos			Zooplancton		
			Densidad	Diversidad	Riqueza	Densidad	Diversidad	Riqueza
La Punta	Fitobentos	Densidad						
		Diversidad	-0,53					
		Riqueza						
	Fitoplancton	Densidad					-0,47	-0,43
		Diversidad	-0,83		-0,70		-0,71	-0,74
		Riqueza	-0,81				-0,72	-
	Zoobentos	Densidad			-0,53		-0,80	-0,73
		Diversidad	-					
		Riqueza	-	-				
	Zooplancton	Densidad	-	-	-			
		Diversidad	-	-	-	-		-0,83
		Riqueza	-	-	-	-	-	

Variables Bióticas			La Brava					
			Fitobentos			Fitoplancton		
			Densidad	Diversidad	Riqueza	Densidad	Diversidad	Riqueza
	Fitobentos	Densidad					0,25	0,37

La Brava		Diversidad	-		0,36		0,82	0,54
		Riqueza	-	-			0,4	0,54
	Fitoplancton	Densidad	-	-	-			
		Diversidad	-	-	-	-		0,50
		Riqueza	-	-	-	-	-	
	Zoobentos	Densidad						
		Diversidad						
		Riqueza						
	Zooplancton	Densidad						
		Diversidad						
		Riqueza						

Variables Bióticas			La Brava					
			Zoobentos			Zooplancton		
			Densidad	Diversidad	Riqueza	Densidad	Diversidad	Riqueza
La Brava	Fitobentos	Densidad			-0,23		0,64	0,63
		Diversidad	0,58		-0,74		0,15	
		Riqueza						
	Fitoplancton	Densidad						-0,53
		Diversidad		0,41	-0,57		0,17	
		Riqueza	0,62					
	Zoobentos	Densidad			-0,58	-0,15		
		Diversidad	-					
		Riqueza	-	-		0,55	-0,52	
	Zooplancton	Densidad	-	-	-		-0,63	
		Diversidad	-	-	-	-		
		Riqueza	-	-	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-70 contiene los coeficientes de correlación para las variables bióticas analizadas. Con respecto a la microflora de La Punta, se evidencia que hay una correlación negativa entre la diversidad de fitobentos-diversidad fitoplancton (-0,78) y diversidad fitobentos-riqueza fitoplancton (-0,53). Similarmente, la diversidad fitobentos correlaciona negativamente con densidad de zoobentos (-0,53). La diversidad fitoplancton correlaciona negativamente con densidad zoobentos (-0,80), riqueza zoobentos (-0,70), diversidad (-0,71) y riqueza (-0,74) de zooplancton. La riqueza de fitoplancton muestra una relación similar con estas variables. Con respecto al zoobentos y zooplancton de La Punta, se destaca que la densidad de zoobentos correlaciona negativamente con la diversidad (-0,80) y riqueza (-0,73) de zooplancton.

Contrastando con lo anterior, la microflora de La Brava muestra correlaciones positivas, de las que se destacan diversidad fitobentos-diversidad fitoplancton (0,82) y riqueza fitobentos-riqueza fitoplancton (0,54). Esto se extiende incluso a correlaciones positivas entre el fitobentos/fitoplancton con la densidad de zoobentos. Cabe notar que existe una correlación negativa entre la diversidad de fitobentos-riqueza de zoobentos (-0,74). Con respecto al zoobentos y zooplancton, se aprecia una correlación negativa entre riqueza zoobentos-diversidad zooplancton (-0,52) y una correlación positiva entre riqueza zoobentos-densidad zooplancton (0,55).

Algunas variables que son importantes para considerar en la dinámica biótica debido a un considerable número de correlaciones con coeficientes >0,50, son la salinidad, clorofila a, oxígeno disuelto y alcalinidad.

Tabla 6-71 Matriz de correlación Biótico-variables ambientales, 2014-2019

Variables bióticas			La Punta				
			Temp	Salinidad	Alcal.	Clorofila a	OD
ta	Fitobentos	Densidad					
		Diversidad			-0,49	-0,47	0,53
		Riqueza			-0,53		
	Fitoplancton	Densidad		-0,49		0,45	0,21
		Diversidad				-0,59	0,61
		Riqueza				-0,57	0,71
	Zoobentos	Densidad				-0,62	0,75
		Diversidad					
		Riqueza		-0,51			
	Zooplancton	Densidad	0,44				
		Diversidad		-0,37		0,83	
		Riqueza		0,61		0,53	
Variables bióticas			**La Brava**				
			Temp	**Salinidad**	**Alcal.**	**Clorofila a**	**OD**
La Brava	Fitobentos	Densidad			0,32	-0,64	0,27
		Diversidad		0,57			
		Riqueza					
	Fitoplancton	Densidad				0,59	
		Diversidad		0,45			0,61
		Riqueza		0,73		-0,59	0,66
	Zoobentos	Densidad					
		Diversidad			0,30		
		Riqueza		-0,66	-0,62	0,75	
	Zooplancton	Densidad		-0,45	-0,40	0,53	
		Diversidad		0,41		-0,85	
		Riqueza				-0,56	

Fuente: Elaboración propia; Temp: Temperatura de agua; Alcal.: Alcalinidad; OD: Oxígeno disuelto

Al correlacionar variables abióticas con la biológicas (Tabla 6-71) se encuentra que, en términos generales, i). temperatura de las lagunas solo correlaciona con densidad de zooplancton en La Punta (0,44), ii). la riqueza de zoobentos de ambas lagunas correlaciona negativamente con la salinidad, iii). la clorofila *a* presenta numerosas correlaciones con coeficientes altos en ambas lagunas, y iv). el oxígeno disuelto también presenta numerosas correlaciones, similar a las presentes para clorofila *a*, pero en el sentido opuesto (negativo/positivo).

En términos específicos, y con respecto a la biota de La Punta, notamos que los coeficientes más altos y positivos están presentes para las relaciones diversidad zooplancton-clorofila *a* (0,83), densidad zoobentos-

oxígeno disuelto (0,75), riqueza fitoplancton-oxígeno disuelto (0,71) y riqueza de zooplancton-salinidad (0,61). Las correlaciones negativas más relevantes son densidad de zoobentos-clorofila *a* (-0,62), diversidad fitoplancton-clorofila *a* (-0,59), riqueza de fitobentos-alcalinidad (-0,53) y riqueza de zoobentos-salinidad (-0,51).

Con respecto a la laguna La Brava, las correlaciones positivas más relevantes son riqueza de zoobentos-clorofila *a* (0,75), riqueza de fitoplancton-salinidad (0,73), riqueza fitoplancton-oxígeno disuelto (0,66), y diversidad fitoplancton-oxígeno disuelto (0,61). Luego, las correlaciones negativas más relevantes para esta laguna son diversidad zooplancton-clorofila *a* (-0,85), riqueza zoobentos-salinidad (-0,66), densidad fitobentos-clorofila *a* (-0,64) y riqueza zoobentos-alcalinidad (-0,62).

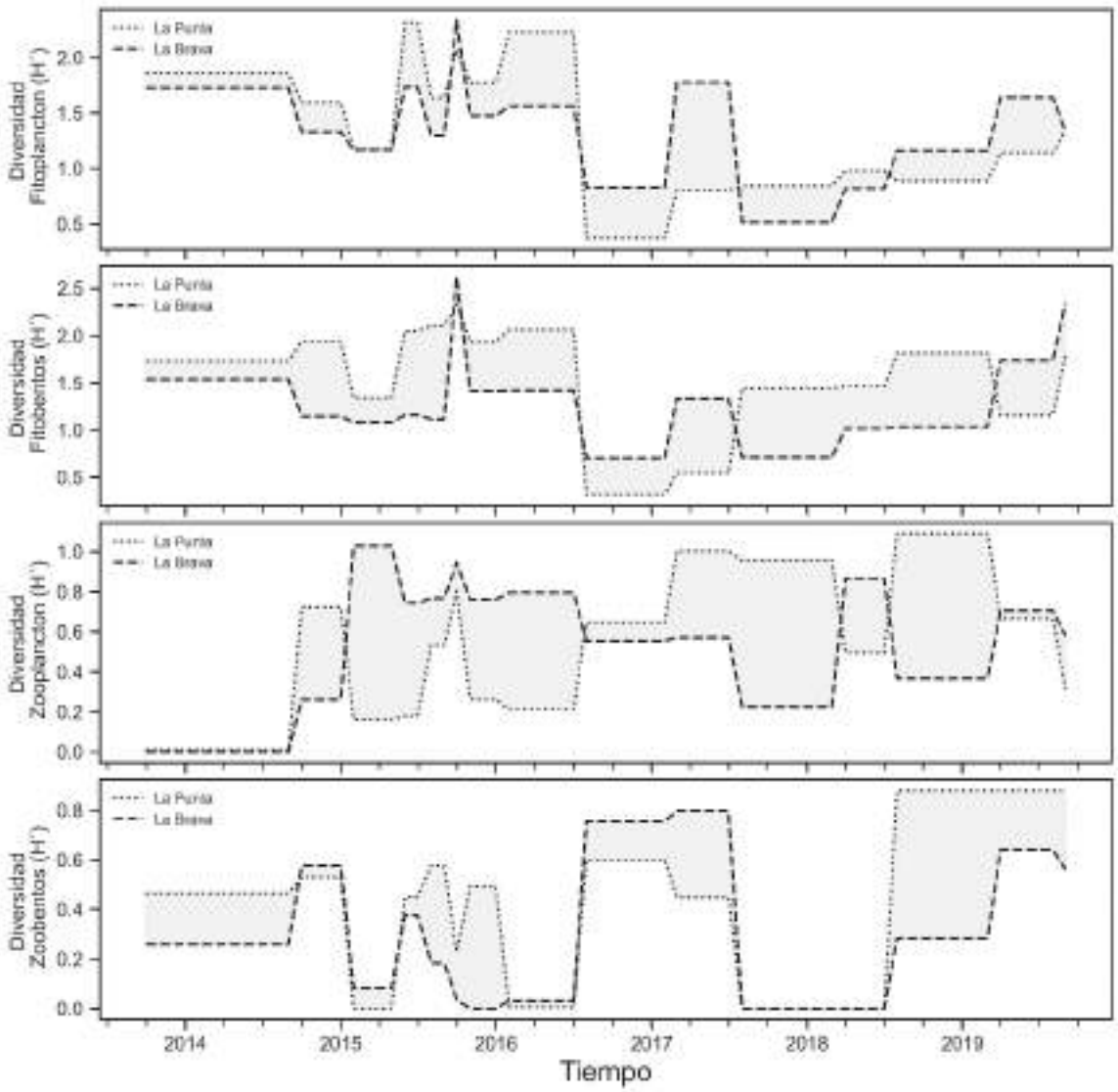


Figura 6-150 Variación temporal de (A) diversidad fitoplancton (B) diversidad fitobentos, (C) diversidad zooplancton, (D) diversidad zoobentos 2014-2020. Fuente: Elaboración propia; Diversidad: índice de Shannon

A partir de Figura 6-150 se puede apreciar la complejidad de fluctuaciones en la diversidad de la biota de La Punta La Brava para el período 2014-2020. No obstante, es posible notar ciertos hitos que se comparten entre las series. Las series de fitoplancton y fitobentos sugieren una disminución de diversidad a partir de mediados de 2016, con una paulatina recuperación hacia 2020. Esto coincide con la serie de diversidad de zooplancton de La Brava pero no con la serie de La Punta que sostiene una tendencia de aumento. Las series de diversidad de zoobentos muestran amplias fluctuaciones entre valores cercanos a 0 y 0,8 (índice de Shannon). Cabe notar que la diversidad de fitobentos aumenta en el último año de la serie.

6.3.2.4. Análisis multivariado del sistema lagunar

En esta sección se presenta un análisis multivariado mediante un análisis de componentes principales (ACP) con el fin de integrar las variables analizadas y correlacionadas a lo largo de este informe, y para reducir, o resumir, la dimensionalidad del sistema. Se presentan dos análisis para dos períodos, ya que las variables biológicas están acotadas entre el período 2014-2019.

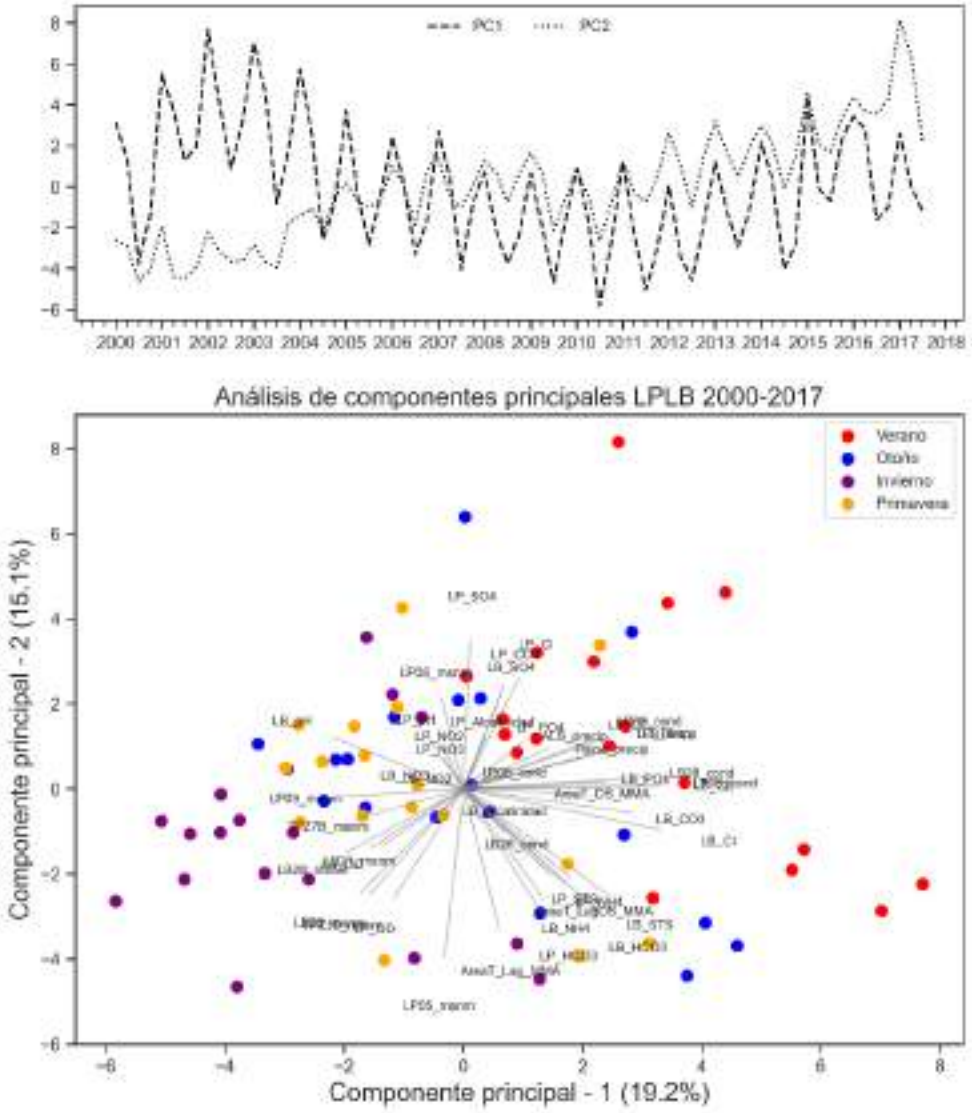


Figura 6-151 ACP 2000-2017, (A) serie temporal de componentes principales, (B) biplot de ACP. Fuente: Elaboración propia; **LP05_cond**: conductividad en LP-05**; LB28_cond**: conductividad en LB-28; **LP09_cond**: conductividad en LP-09; **LB26_cond**: conductividad en LB-26; **LP08_cond**: conductividad en LP-08; **LB21_cond**: conductividad en LB-21; **LB28_msnm**: nivel freático en LB-28; **TPZ7B_msnm**: nivel freático en TPZ-7B; **LB26_msnm**: nivel freático en LB-26; **TPZ10_msnm**: nivel freático en TPZ-10; **LB21_msnm**: nivel freático en LB-21; **LP09_msnm**: nivel lagunar en LP-09; **LP05_msnm**: nivel lagunar en LP-05**; LP08_msnm**: nivel lagunar en LP-08; **LB_Temp**: temperatura de agua en La Brava; **LP_Temp**: temperatura de agua en La Punta; **LB_OD**: oxígeno disuelto en La Brava; **LP_OD**: oxígeno disuelto en La Punta; **LB_pH**: pH en la Brava; **LP_pH**: pH en la Punta; **LB_CE**: conductividad en La Brava; **LP_CE**: conductividad en La Punta; **LB_Cl**: cloruro en La Brava; **LP_Cl**: cloruro en La Punta; **LB_CO3**: carbonato en La Brava; **LP_CO3**: carbonato en La Punta; **LB_HCO3**: bicarbonato en La Brava; **LP_HCO3**: bicarbonato en La Punta; **LB_NH4**: amonio en La Brava; **LP_NH4**: amonio en La Punta; **LB_PO4**: ortofosfato en La Brava; **LP_PO4**: ortofosfato en La Punta; **LB_SO4**: sulfato en La Brava; **LP_SO4**: sulfato en La Punta; **LB_STS**: sólidos totales suspendidos en La Brava; **LP_STS**: sólidos totales suspendidos; **LB_NO3**: nitrato en La Brava; **LP_NO3**: nitrato en La Punta; **LB_NO2**: nitrito en La Brava; **LP_NO2**: nitrito en La Punta; **LB_Alcalinidad**: alcalinidad en La Brava; **LP_Alcalinidad**: alcalinidad en La Punta; **AreaT_LagDS_MMA**: superficie total de laguna y zona de dilución salina; **AreaT_DS_MMA**: superficie total de zona de dilución salina; **ALB_precip**: precipitación medido en EM-SCL/Rockwood; **Peine_precip**: precipitación medido en EM-Peine

El ACP realizado a partir de las variables disponibles para el período 2000-2017 (n=47 variables; Figura 6-151; ver nota al pie de la figura para variables consideradas) logra explicar 34.3% de la varianza total encontrada en el conjunto de datos entre los primeros dos componentes principales. Si bien éste es un valor bajo, se debe considerar que el sistema analizado es altamente estocástico con respecto al régimen de precipitaciones, lo cual podría estar generando respuestas no-lineales en los componentes del sistema, y así una alta varianza,

complejo de reducir a partir de este análisis. No obstante, se observa que el primer componente principal (19.2% de la varianza) separa exitosamente las estaciones del año más contrastantes, y en conjunto con el segundo componente principal (15.1% de la varianza), termina segregando las observaciones de invierno hacia valores negativos en ambos ejes, y las observaciones de verano hacia valores positivos en ambos ejes. Es cierto que la dispersión en ambos casos resulta en algunas observaciones de invierno en valores positivos, y así también observaciones estivales en valores negativos, pero esto no es problemático ya que no se solapan estos dos grupos de observaciones en ninguna región del espacio bidimensional. Así se puede asociar la tendencia general recién mencionada con el valor propio de cada variable según su orientación en el plano.

Dicho esto, es posible reconocer cuatro asociaciones de variables. El primero consta de valores negativos asociados a observaciones de inverno y corresponde a mayor nivel lagunar, nivel freático y oxígeno disuelto. El grupo de variables opuesto al primero se asocia con observaciones de verano y consta de mayor conductividad, temperatura, precipitación, superficie de dilución salina, concentración de carbonato (La Brava), y ion cloruro (La Brava). Un tercer grupo con estrecha asociación hacia valores positivos del primer componente principal y valores negativos del segundo componente principal, agrupa a variables tales como superficie lagunar total, concentración de bicarbonato, sólidos totales suspendidos y concentración de amonio. Finalmente, el cuarto grupo de variables presenta mayor dispersión que el grupo anterior, pero se concentra en torno a valores neutrales en el primer componente principal y valores positivos en el segundo componente. Este grupo contempla las variables sulfato, cloruro y carbonato de La Punta, nivel lagunar LP-08, nitratos y nitritos y alcalinidad de La Punta.

Lo anterior sugiere que el primer componente principal está siendo influenciado por procesos relacionados con fluctuaciones en temperatura y evapotranspiración. El segundo componente llega a ser más complejo de descifrar ya que solo explica un 15.1% de la varianza y separa variables sin una relación directa. La concentración de sulfato de La Punta tiene la mayor ponderación en el segundo componente (4,36) en el sentido positivo, mientras que nivel lagunar medido en LP-05 presenta la mayor ponderación en el sentido negativo (-4,88).

El cuadro superior de Figura 6-151 muestra las series temporales de los dos primeros componentes principales. La serie del primer componente muestra una marcada fluctuación multi-anual a decadal donde luego de alcanzar valores positivos y altos entre 2001 y 2004, traspasa hacia valores negativos con tendencia al descenso hasta alcanzar un mínimo en torno al año 2010. Luego comienza a ascender hacia valores positivos hasta 2015, cuando vuelve a descender moderadamente. La serie del segundo componente muestra una

sostenida tendencia de aumento, con mínimos entre 2000 y 2004, y un pronunciado máximo en 2017. Esto es indicativo de una tendencia sostenida en el sistema superpuesta a fluctuaciones semi-decadales.

Para analizar la contribución de las variables biológicas en el sistema se analiza el período de 2014-2018 de la misma forma.

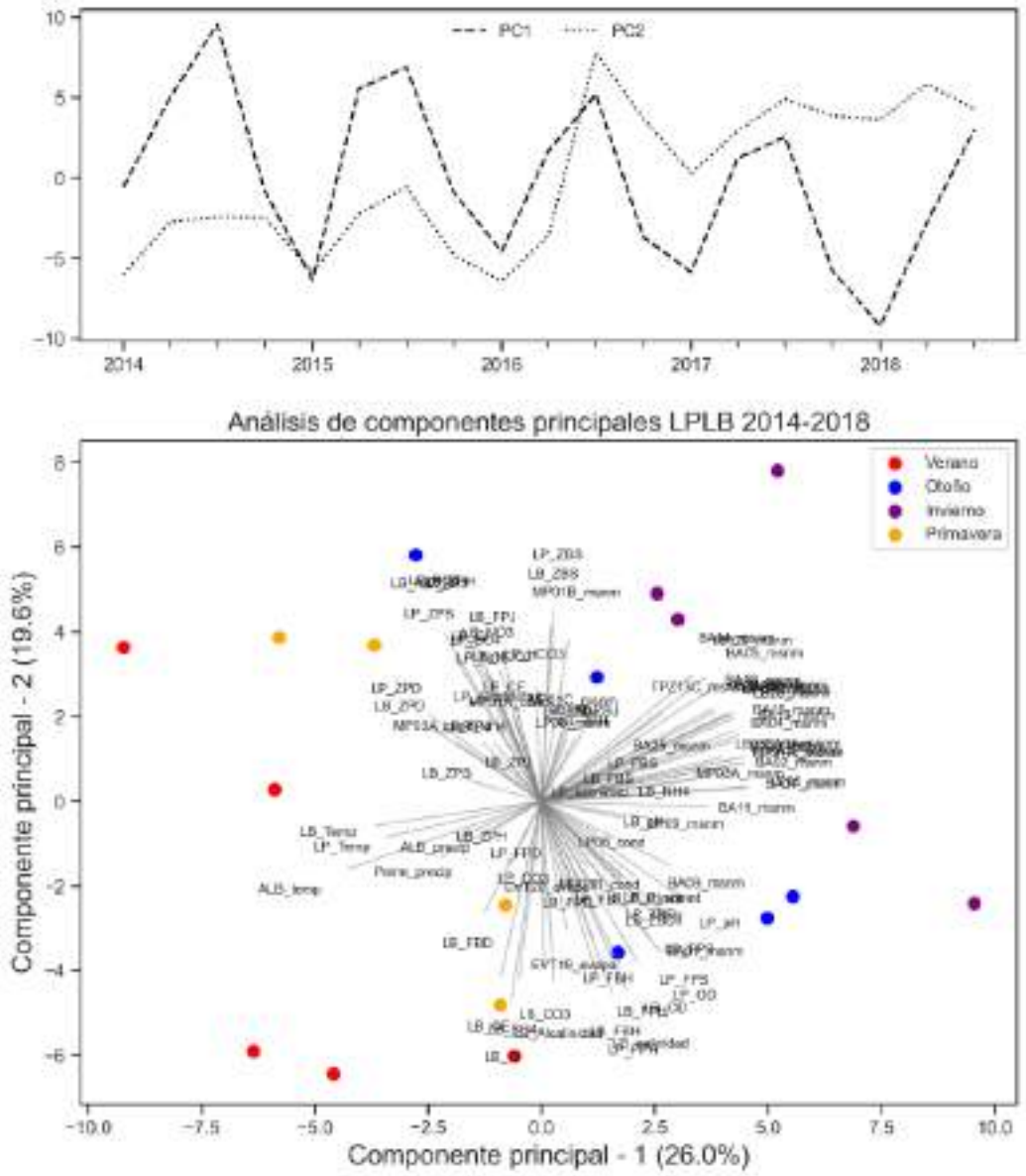


Figura 6-152 ACP 2014-2018, (A) serie temporal de componentes principales, (B) biplot de ACP. Fuente: Elaboración propia; **LP08_cond**: conductividad en LP-08; **MP01A_cond**: conductividad en MP-01A; **MP03A_cond**: conductividad en MP-03A; **MP03B_cond**: conductividad en MP-03B; **LB28_msnm**: nivel freático en LB-28; **LB26_msnm**: nivel freático en LB-26; **LB21_msnm**: nivel freático en LB-21; **LP09_msnm**: nivel lagunar en LP-09; **LP05_msnm**: nivel lagunar en LP-05; **LP08_msnm**: nivel lagunar en LP-08; **MP01B_msnm**: nivel freático en MP-01B; **BA14_msnm**: nivel freático en BA-14; **BA05_msnm**: nivel freático en BA-05; **BA16_msnm**: nivel freático en BA-16; **BA06_msnm**: nivel freático en BA-06; **TPZ13C_msnm**: nivel freático en TPZ-13C; **BA08_msnm**: nivel freático en BA-08; **MP03C_msnm**: nivel freático en MP03C; **MP01C_msnm**: nivel freático en MP-01C; **BA15_msnm**: nivel freático en BA-15; **BA13_msnm**: nivel freático en BA-13; **BA04_msnm**: nivel freático en BA-04; **BA03_msnm**: nivel freático en BA-03; **BA25_msnm**: nivel freático en BA-25; **BA10_msnm**: nivel freático en BA-10; **BA12_msnm**: nivel freático en BA-12; **MP01A_msnm**: nivel freático en MP-01A; **BA02_msnm**: nivel freático en BA-02; **MP03A_msnm**: nivel freático en MP-03A; **BA07_msnm**: nivel freático en BA-07; **BA11_msnm**: nivel freático en BA-11; **BA09_msnm**: nivel freático en BA-09; **BA01_msnm**: nivel freático en BA-01; **LB_Temp**: temperatura de agua en La Brava; **LP_Temp**: temperatura de agua en La

Punta; **LB_OD**: oxígeno disuelto en La Brava; **LP_OD**: oxígeno disuelto en La Punta; **LB_pH**: pH en la Brava; **LP_pH**: pH en la Punta; **LB_CE**: conductividad en La Brava; **LP_CE**: conductividad en La Punta; **LB_Cl**: cloruro en La Brava; **LP_Cl**: cloruro en La Punta; **LB_CO3**: carbonato en La Brava; **LP_CO3**: carbonato en La Punta; **LB_HCO3**: bicarbonato en La Brava; **LP_HCO3**: bicarbonato en La Punta; **LB_NH4**: amonio en La Brava; **LP_NH4**: amonio en La Punta; **LB_PO4**: ortofosfato en La Brava; **LP_PO4**: ortofosfato en La Punta; **LB_SO4**: sulfato en La Brava; **LP_SO4**: sulfato en La Punta; **LB_STS**: sólidos totales suspendidos en La Brava; **LP_STS**: sólidos totales suspendidos; **LB_NO3**: nitrato en La Brava; **LP_NO3**: nitrato en La Punta; **LB_NO2**; nitrito en La Brava; **LP_NO2**: nitrito en La Punta; **LB_Alcalinidad**: alcalinidad en La Brava; **LP_Alcalinidad**: alcalinidad en La Punta; **AreaT_LagDS_MMA**: superficie total de laguna y zona de dilución salina; **AreaT_DS_MMA**: superficie total de zona de dilución salina; **ALB_precip**: precipitación medido en EM-SCL/Rockwood; **Peine_precip**: precipitación medido en EM-Peine; **ALB_temp**: temperatura medido en EM-SCL/Rockwood; **EVT20_evapo**: evapotranspiración en EVT-20; **EVT19_evapo**: evapotranspiración en EVT-19; **LB_salinidad**: salinidad de La Brava; **LP_salinidad**: salinidad de La Punta; **LB_P_sdmnt**: fósforo en sedimento La Brava; **LP_P_sdmnt**: fósforo en sedimento La Punta; **LB_FBD**: Densidad de fitobentos en La Brava; **LP_FBD**: Densidad de fitobentos en La Punta; **LB_FBS**: riqueza de fitobentos en La Brava; **LP_FBS**: riqueza de fitobentos en La Punta; **LB_FBH**: diversidad de fitobentos en La Brava; **LP_FBH**: diversidad de fitobentos en La Punta; **LB_FPD**: Densidad de fitoplancton en La Brava; **LP_FPD**: Densidad de fitoplancton en La Punta; **LB_FPS**: riqueza de fitoplancton en La Brava; **LP_FPS**: riqueza de fitoplancton en La Punta; **LB_FPH**: diversidad de fitoplancton en La Brava; **LP_FPH**: diversidad de fitoplancton en La Punta; **LB_ZBD**: densidad de zoobentos en La Brava; **LP_ZBD**: densidad de zoobentos en La Punta; **LB_ZBS**: riqueza de zoobentos en La Brava; **LP_ZBS**: riqueza de zoobentos en La Punta; **LB_ZBH**: diversidad de zoobentos en La Brava; **LP_ZBH**: diversidad de zoobentos en La Punta; **LB_ZPD**: densidad de zooplancton en La Brava; **LP_ZPD**: densidad de zooplancton en La Punta; **LB_ZPS**: riqueza de zooplancton en La Brava; **LP_ZPS**: riqueza de zooplancton en La Punta; **LB_ZPH**: diversidad de zooplancton en La Brava; **LP_ZPH**: diversidad de zooplancton en La Punta

El ACP ilustrado en Figura 6-152 se realizó con mayor cantidad de variables (n=88 variables), pero por otro lado contempla menor cantidad de observaciones que el análisis anterior. No obstante, este análisis logra explicar una mayor cantidad de la varianza total (45.6%) entre los dos primeros componentes, y sumado a esto, segrega las cuatro estaciones del año con más eficacia. La lógica para el primer componente es semejante al análisis anterior, aunque en esta ocasión las observaciones de verano se encuentran en valores negativos y los de invierno en valores positivos.

A grandes rasgos, se mantienen los cuatro grupos de variables, con la diferencia de que la conductancia presenta mayor dispersión, y que las variables biológicas se distribuyen ampliamente a lo largo del segundo componente principal. Mirando solo los valores propios de densidad de las variables biológicas, se encuentra que el zooplancton de ambas lagunas y fitobentos de La Punta se asocian a valores positivos, mientras que fitobentos de La Brava, zoobentos y fitoplancton (ambas lagunas) se asocian a valores negativos. Eso en conjunto con la presencia de oxígeno disuelto en torno a valores negativos, lleva a postular que el desarrollo biológico se asocia en general a valores negativos del segundo componente principal.

Con esto en mente, se analiza las series temporales ilustrados en el cuadrante superior de la Figura 6-152, donde se observa una tendencia de descenso para el primer componente hacia valores negativos (estivales), y una marcada transición desde valores negativos hacia valores positivos a mediados de 2016, para el segundo componente principal. Esto sugiere un aumento de condiciones tipo-verano y disbióticas en los años más recientes.

Finalmente, como parte del análisis multivariado, se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), para profundizar en la dinámica biológica en relación a cambios físicoquimicos de las lagunas. En este sentido, las variables biológicas se entenderían como variables respuesta.

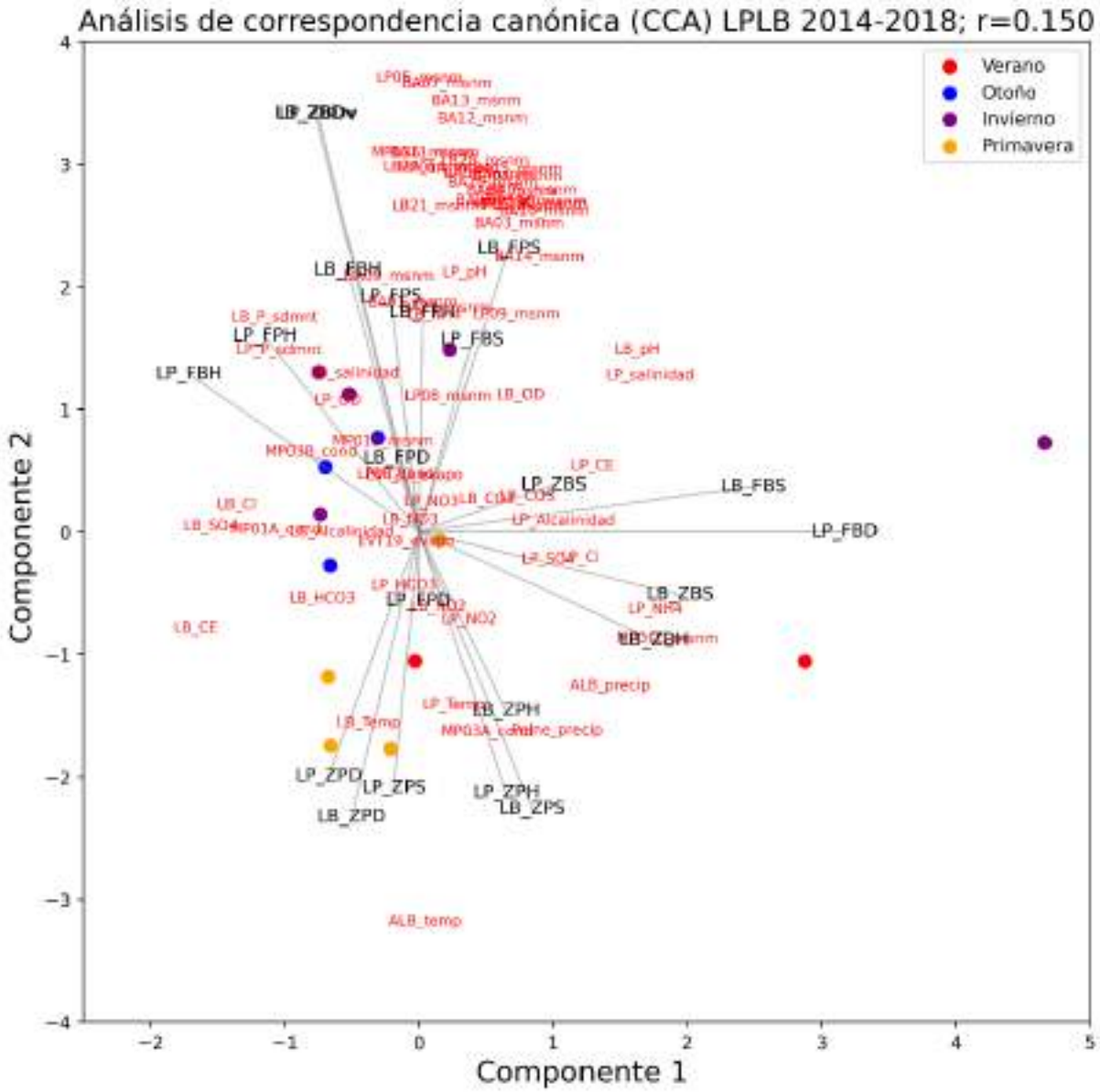


Figura 6-153 Análisis CCA 2014-2018. Fuente: Elaboración propia; **Variables independientes: LP08_cond**: conductividad en LP-08; **MP01A_cond**: conductividad en MP-01A; **MP03A_cond**: conductividad en MP-03A; **MP03B_cond**: conductividad en MP-03B; **LB28_msnm**: nivel freático en LB-28; **LB26_msnm**: nivel freático en LB-26; **LB21_msnm**: nivel freático en LB-21; **LP09_msnm**: nivel lagunar en LP-09; **LP05_msnm**: nivel lagunar en LP-05; **LP08_msnm**: nivel lagunar en LP-08; **MP01B_msnm**: nivel freático en MP-01B; **BA14_msnm**: nivel freático en BA-14; **BA05_msnm**: nivel freático en BA-05**; BA16_msnm**: nivel freático en BA-16; **BA06_msnm**: nivel freático en BA-06; **TPZ13C_msnm**: nivel freático en TPZ-13C; **BA08_msnm**: nivel freático en BA-08**; MP03C_msnm**: nivel freático en MP03C; **MP01C_msnm**: nivel freático en MP-01C; **BA15_msnm**: nivel freático en BA-15; **BA13_msnm**: nivel freático en BA-13; **BA04_msnm**: nivel freático en BA-04; **BA03_msnm**: nivel freático en BA-03; **BA25_msnm**: nivel freático en BA-25; **BA10_msnm**: nivel freático en BA-10; **BA12_msnm**: nivel freático en BA-12; **MP01A_msnm**: nivel freático en MP-01A; **BA02_msnm**: nivel freático en BA-02; **MP03A_msnm**: nivel freático en MP-03A; **BA07_msnm**: nivel freático en BA-07; **BA11_msnm**: nivel freático en BA-11; **BA09_msnm**: nivel freático en BA-09; **BA01_msnm**: nivel freático en BA-01; **LB_Temp**: temperatura de agua en La Brava; **LP_Temp**: temperatura de agua en La Punta; **LB_OD**: oxígeno disuelto en La Brava; **LP_OD**: oxígeno disuelto en La Punta; **LB_pH**: pH en la Brava; **LP_pH**: pH en la Punta; **LB_CE**: conductividad en La Brava; **LP_CE**: conductividad en La Punta; **LB_Cl**: cloruro en La Brava; **LP_Cl**: cloruro en La Punta; **LB_CO3**: carbonato en La Brava; **LP_CO3**: carbonato en La Punta; **LB_HCO3**: bicarbonato en La Brava; **LP_HCO3**: bicarbonato en La Punta; **LB_NH4**: amonio en La Brava; **LP_NH4**: amonio en La Punta; **LB_PO4**: ortofosfato en La Brava; **LP_PO4**: ortofosfato en La Punta; **LB_SO4**: sulfato en La Brava; **LP_SO4**: sulfato en La Punta; **LB_STS**: sólidos totales suspendidos en La Brava; **LP_STS**: sólidos totales suspendidos; **LB_NO3**: nitrato en La Brava; **LP_NO3**: nitrato en La Punta; **LB_NO2**: nitrito en La Brava; **LP_NO2**: nitrito en La Punta; **LB_Alcalinidad**: alcalinidad en La Brava; **LP_Alcalinidad**: alcalinidad en La Punta; **AreaT_LagDS_MMA**: superficie total de laguna y zona de dilución salina; **AreaT_DS_MMA**: superficie total de zona de dilución salina; **ALB_precip**: precipitación medido en EM-SCL/Rockwood; **Peine_precip**: precipitación medido en EM-Peine; **ALB_temp**: temperatura medido en EM-SCL/Rockwood; **EVT20_evapo**: evapotranspiración en EVT-20; **EVT19_evapo**: evapotranspiración en EVT-19; **LB_salinidad**: salinidad de La Brava; **LP_salinidad**: salinidad de La Punta; **LB_P_sdmnt**: fósforo en sedimento La Brava; **LP_P_sdmnt**: fósforo en sedimento La Punta; **Variables dependientes: LB_FBD**: Densidad de fitobentos en La Brava; **LP_FBD**: Densidad de fitobentos en La Punta; **LB_FBS**: riqueza de fitobentos en La Brava; **LP_FBS**: riqueza de fitobentos en La Punta; **LB_FBH**: diversidad de fitobentos en La Brava; **LP_FBH**: diversidad de fitobentos en La Punta; **LB_FPD**: Densidad de fitoplancton en La Brava; **LP_FPD**: Densidad de fitoplancton en La Punta; **LB_FPS**: riqueza de fitoplancton en La Brava; **LP_FPS**: riqueza de fitoplancton en La Punta; **LB_FPH**: diversidad de fitoplancton en La Brava; **LP_FPH**: diversidad de fitoplancton en La Punta; **LB_ZBD**: densidad de zoobentos en La Brava; **LP_ZBD**: densidad de zoobentos en La Punta; **LB_ZBS**: riqueza de zoobentos en La Brava; **LP_ZBS**: riqueza de zoobentos en La Punta; **LB_ZBH**: diversidad de zoobentos en La Brava; **LP_ZBH**: diversidad de zoobentos en La Punta; **LB_ZPD**: densidad de zooplancton en La Brava; **LP_ZPD**: densidad de zooplancton en La Punta; **LB_ZPS**: riqueza de zooplancton en La Brava; **LP_ZPS**: riqueza de zooplancton en La Punta; **LB_ZPH**: diversidad de zooplancton en La Brava; **LP_ZPH**: diversidad de zooplancton en La Punta

La Figura 6-153 muestra el resultado del CCA para el período 2014-2018, donde se observa una correspondencia de r=0,150 ($r = 1 - \frac{suma\ residual\ de\ cuadrados}{suma\ total\ de\ cuadrados}$) entre las variables forzantes (abiótico n=66 variables) y las respuestas (biótico n=22 variables). Este coeficiente de correspondencia sugiere que, si bien algunas variables biológicas se asocian y correlacionan con algunas variables abióticas, la respuesta de estas variables ante cambios en el sistema no es continuo ni lineal en el tiempo, de modo que la regresión de mínimos cuadrados realizada en este análisis presenta una alta cantidad de residuos.

El primer componente está fuertemente influenciado por el invierno 2016, ya que éste presenta la mayor ponderación hacia valores positivos (4.66). Esto coincide con el abrupto cambio de valores (negativo a positivo) del segundo componente del ACP realizado para el mismo período (Figura 6-152). Interesantemente, son variables correspondientes a organismos bentónicos los que se asocian a valores positivos en este primer eje.

El segundo componente, al igual que los primeros componentes de los ACPs, se relaciona con la dinámica mediada por fluctuaciones de temperatura, donde se observa la segregación de observaciones de invierno y otoño hacia valores positivos, y observaciones de primavera y verano hacia valores negativos. Este eje separa el zoobentos (positivo) del zooplancton (negativo), y así también concentra las variables de la microflora en valores positivos. A partir de esto, es posible postular que tanto la densidad, diversidad y riqueza del fitobentos y fitoplancton se ven favorecidos por condiciones “invernales”, o de mayor nivel agua, mientras que condiciones tipo-verano favorece la densidad, diversidad y riqueza del zooplancton. Las variables del zoobentos oscilan entre valores neutrales y fuertemente positivos.

6.4. Definición de condiciones operacionales de referencia y estado de salud de las lagunas La Punta y La Brava.

El estado de salud de los sistemas hipersalinos es difícil de determinar porque por definición poseen condiciones extremas tanto físicas, físicoquimicas como comunidades adaptadas a estas condiciones, los extremófilos. Además, la alta complejidad y variabilidad en la geología e hidrogeología de los distintos salares genera diferentes ecosistemas incluso al interior de cada laguna. En el caso de las variables físicoquimicas las normas de calidad son difíciles de aplicar producto de los mismos rangos en que varían los distintos parámetros y, si bien es de interés ambiental fijar rangos, se dificulta aún más en la práctica dadas las condiciones climáticas cambiantes de las últimas décadas.

En el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental se utilizan como referencia las condiciones diagnosticadas en la línea de base de los proyectos, condiciones que en un mismo sistema cambian en el tiempo para los nuevos proyectos, de modo que las líneas de base de dos proyectos pueden ser muy distintas.

En adición a esto, se deben tener presente las diferencias metodológicas de los distintos estudios en el tiempo, la diferencia en la pericia de los especialistas, en la calidad y sensibilidad de los instrumentos, en los límites de detección de los análisis químicos de laboratorio, en la experiencia de los taxónomos involucrados en el análisis de los distintos grupos biológicos, etc.

Es intuitivo pensar que establecer condiciones de referencia forzarían al sistema a reducir los errores de muestreo y análisis, sin embrago, estas condiciones deben establecerse basadas en la información existente para los sistemas en evaluación. El desarrollo de estudios sistemáticos desarrollados en el tiempo, con todas las consideraciones estadísticas necesarias, permitiría establecer condiciones de referencia con un grado de confiabilidad mayor.

Por todo lo antes señalado, en este capítulo proponemos **condiciones de referencia operacionales**, bajo el supuesto de confiabilidad de los datos históricos obtenidos por distintos especialistas y para distintas empresas a diferentes tiempos. Las variables hidrogeológicas y parámetros bióticos y abióticos de lagunas superficiales (limnología) tienen criterios distintos de selección de las condiciones operacionales de referencia, los que se explican en el ítem respectivo.

6.4.1. Variables abióticas: nivel freático, nivel lagunar, conductividad eléctrica superficial (limnímetros y reglillas) y superficie lagunar.

Se tomó como criterio base el establecido en la Sección XII “Observaciones al Anexo III: Plan de contingencia modificado”, de la Adenda II- EIA Cambios y mejoras de la operación minera en el Salar de Atacama de SQM.

El principio de este plan es mantener el sistema dentro de su variación histórica natural, para lo cual se tomó como condición de referencia el penúltimo valor más bajo de la data histórica disponible por estación (verano e invierno) (Pramar Ambiental s, f), omitiendo valores anómalos que se alejen de la tendencia de los datos. Considerando que el objeto de definir valores de referencia es evaluar el estado de salud de las lagunas, utilizar el penúltimo valor de la serie temporal de datos disponible garantiza un umbral conservador respecto al diagnóstico de los cuerpos superficiales de agua. Mientras que para los barrenos pertenecientes al Plan de alerta temprana (PAT) de Albemarle, BA-05, BA-07 y BA-16 se considera como valor de referencia el umbral ya establecido en el PAT.

Se estimó pertinente utilizar este criterio, ya que fue aceptado por la CONAMA (Corporación Nacional del Medio Ambiente).

A continuación, se presenta los umbrales de referencia por variable, para las estaciones verano e invierno.

Tabla 6-72 Valores de referencia de nivel freático

Piezómetro	Verano (msnm)	Invierno (msnm)	Período de datos	
			Inicio	Término
BA-01	2.299,239	2.299,224	07-9-2013	06-12-2019
BA-02	2.299,624	2.299,868	19-08-2013	06-12-2019
BA-03	2.299,807	2.299,985	18-08-2013	06-12-2019
BA-04	2.300,182	2.300,253	22-06-2013	07-12-2019
BA-05	2.300,110	2.300,110	17-05-2013	26-12-2019
BA-06	2.299,740	2.299,998	17-05-2013	07-12-2019
BA-07	2.299,970	2.299,970	17-05-2013	26-12-2019
BA-08	2.300,332	2.300,426	17-05-2013	07-12-2019
BA-09	2.299,203	2.299,229	20-10-2013	21-12-2019
BA-10	2.299,406	2.299,637	07-09-2013	07-12-2019
BA-11	2.299,080	2.299,192	19-08-2013	07-12-2019
BA-12	2.299,345	2.299,650	19-08-2013	07-12-2019
BA-13	2.299,668	2.299,846	19-08-2013	07-12-2019
BA-14	2.299,881	2.300,005	21-06-2013	20-12-2019
BA-15	2.299,947	2.300,021	21-06-2013	20-12-2019
BA-16	2.300,800	2.300,800	17-05-2013	26-12-2019
BA-25	2.300,270	2.300,288	18-08-2013	08-11-2019
MP-01A	2.300,690	2.300,752	22-10-2013	07-12-2019
MP-01B	2.300,710	2.300,762	25-10-2013	07-12-2019
MP-01C	2.300,620	2.300,634	22-10-2013	07-12-2019
MP-03A	2.301,756	2.301,920	22-10-2013	07-12-2019
TPZ-10	2.301,630	2.301,730	01-02-2000	13-12-2018
TPZ-13C	2.300,244	2.300,283	29-01-2007	13-12-2018
TPZ-7B	2.302,253	2.302,333	01-02-2000	13-12-2018

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-73 Valores de referencia de nivel lagunar

Limnímetro o reglilla	Verano (msnm)	Invierno (msnm)	Período de datos	
			Inicio	Término
LB-21	2.300,080	2.300,090	01-1995	08-2018
LB-26	2.300,120	2.300,130	01-1995	08-2018
LB-28	2.300,100	2.300,130	01-1995	08-2018
LM-01	2.299,932	2.300,028	01-05-2016	07-12-2019
LM-02	2.299,931	2.300,026	01-05-2016	07-12-2019
LM-03	2.300,141	2.300,202	01-05-2016	07-12-2019
LM-04	2.300,114	2.300,148	01-05-2016	01-11-2019
LP- 05	2.299,870	2.299,940	01-1995	08-2018
LP-08	2.300,240	2.300,240	01-1995	08-2018
LP-09	2.300,180	2.300,170	01-1995	08-2018

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-74 Valores de referencia de conductividad eléctrica en superficie de limnímetro y reglilla

Limnímetro o reglilla	Verano (µS/cm)	Invierno (µS/cm)	Período de datos	
			Inicio	Término
LB-21	107.300	71.300	01-1998	10-2018
LB-26	22.900	29.100	01-1998	10-2018
LB-28	141.000	74.000	01-1998	10-2018
LM-01	71.300	38.400	18-05-2016	18-10-2019
LM-02	72.700	36.500	18-05-2016	18-10-2019
LM-03	122.700	76.100	19-05-2016	18-10-2019
LM-04	130.100	74.800	19-05-2016	18-10-2019
LP- 05	40.800	23.200	01-1998	10-2018
LP-08	8.110	16.140	01-1998	10-2018
LP-09	20.000	16.930	01-1998	10-2018

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-75 Valores de referencia de superficie lagunar La Punta y La Brava

Superficie lagunar	Verano (ha)	Invierno (ha)	Período de datos	
			Inicio	Término
Profunda	9,09	23,58	05-08-1985	15-11-2019
Total (Profunda más superficial)	18,63	38,43	05-08-1985	15-11-2019

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de referencia de las variables nivel freático, nivel lagunar y superficie lagunar son menores en verano, mientras que para conductividad eléctrica los valores de referencia son mayores durante invierno, excepto en LB-21 y LP-08 (Tabla 6-72, Tabla 6-73. Tabla 6-74 y Tabla 6-75).

Se debe tomar en cuenta que la serie de datos de las variables nivel lagunar y conductividad eléctrica monitoreadas en los limnímetros, está acotada a un período de datos breve, desde 2016 a 2019, por lo que el valor umbral mostrado no es concluyente (Tabla 6-73 y Tabla 6-74).

6.4.2. Variables químicas *in situ* y de laboratorio

Un criterio estadístico regularmente utilizado para establecer rangos confiables entre los que fluctúa una variable es la utilización de 2 desviaciones estándar, sin embargo, en el caso de los parámetros físicoquimicos *in situ* y de laboratorio, este criterio supera en muchos casos la dispersión del 90% de los datos e incluso los valores mínimos y máximos. Por otra parte, los valores mínimos y máximos son poco conservadores como criterio a utilizar, aún bajo la premisa de uso de metodologías estándares y/o errores sistemáticos. Esto porque hay muchos otros factores que pueden ocasionar valores fuera del rango esperado, también llamados *outliers*.

Dado lo antes señalado, el criterio propuesto a juicio de experto es utilizar los valores, superiores e inferiores, que limitan la distribución del 90% de la dispersión de los datos. Esto es considerar como valor referencial inferior el 5% y como valor referencial superior el 95%.

Los valores obtenidos en base a los datos históricos de parámetros físicoquimicos *in situ* y de laboratorio para el Sistema La Punta - La Brava, agrupando los datos por laguna y por período del año se detallan en Tabla 6-75, Tabla 6-76 y Tabla 6-77. Cabe señalar, que idealmente se debe considerar la variabilidad interanual, sin embargo, tal como se observa en las series de tiempo del capítulo 6.2 para cada parámetro, éstas no son continuas y en su mayoría no tienen un rango temporal de más de 10 años, de modo que se considere el efecto de fenómenos de mayor escala como los climáticos.

Tabla 6-76 Valores de referencia de parámetros *in situ* La Punta y La Brava

Parámetro	Laguna/período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
Temperatura de agua °C	LB invierno	91	15,1	5,1	3,1	8,2	24,3	26,4
	LP invierno	78	11,6	3,8	2,6	7,0	20,2	23,4
	LB verano	86	24,6	4,4	13,3	17,4	31,0	33,5
	LP verano	78	22,3	3,1	15,3	17,2	26,7	31,3
pH	LB invierno	91	8,1	0,3	6,0	7,8	8,6	8,8
	LP invierno	78	8,3	0,2	7,4	7,9	8,7	8,8
	LB verano	86	8,0	0,3	7,4	7,5	8,5	8,7
	LP verano	78	8,1	0,7	4,2	7,7	8,6	9,0
OD_mg/L	LB invierno	91	8,1	2,4	1,1	4,0	11,5	12,0
	LP invierno	78	8,1	1,9	3,3	4,3	10,2	11,4
	LB verano	86	6,5	3,6	1,1	3,0	9,7	34,0
	LP verano	78	6,4	2,1	0,7	1,7	9,1	9,8
SO %	LB invierno	4	69,8	18,7	51,8	52,3	86,3	86,5
	LP invierno	0						
	LB verano	0						
	LP verano	0						
CE_mS/cm	LB invierno	87	65,6	22,5	24,7	31,4	98,0	112,6
	LP invierno	75	31,0	19,2	15,4	16,1	67,9	112,1
	LB verano	86	100,7	53,5	22,4	24,0	168,9	187,6
	LP verano	78	42,3	31,2	16,0	17,2	110,5	165,1
Sal	LB invierno	43	37,4	19,6	0,0	0,0	69,7	70,0
	LP invierno	28	22,5	21,2	0,0	0,0	67,7	87,2
	LB verano	39	43,5	26,5	0,0	0,0	70,0	70,0
	LP verano	33	30,2	22,3	0,0	0,0	70,2	81,4

Fuente: Elaboración propia. Temp: temperatura °C; OD_mg/L: oxígeno disuelto (mg/L); SO: %saturación oxígeno; CE_mS/cm: conductividad eléctrica (mS/cm); Sal: Salinidad_(gNaCl/L).

En la Tabla 6-75, se destacan en rojo los valores de referencia superior (95%) e inferior (5%). El parámetro SO% (saturación de oxígeno) posee solo 4 datos para el período de invierno en la laguna La Brava. Se recomienda no considerar.

Por otra parte, en las Tabla 6-76 y Tabla 6-77 se muestran los resultados del cálculo de valores de referencia (destacados en rojo) para todos los parámetros de calidad de agua (80) y sedimentos (25), respectivamente. Cabe destacar que algunos parámetros poseen muy pocos datos y solo para un período por lo que se recomienda no considerar los valores obtenidos como referenciales. La cantidad de datos es fundamental para

determinar la confiabilidad de los valores obtenidos. El N de datos sugerido para su consideración es 30, pensando en una cantidad suficiente de datos que represente su distribución y para la aplicación de percentiles como criterio para fijar los valores de referencia. Basándonos en este criterio se podrían considerar solo 25 parámetros de los 80 de calidad de agua, indicados con asterisco en la Tabla 6-76, y solo 9 parámetros de los 25 de sedimento, también marcados con asterisco en la Tabla 6-77.

Tabla 6-77 Valores de referencia de parámetros químicos de la columna de agua.

Parámetro	Laguna/ período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
Turb	LB invierno	26	3,5	2,6	0,7	0,8	8,4	10,3
	LP invierno	18	3,2	3,0	0,7	0,8	10,8	10,9
	LB verano	28	3,4	4,6	0,6	1,3	5,1	26,0
	LP verano	21	5,6	7,0	1,1	1,2	15,8	32,6
Densidad	LB invierno	4	1.003,3	3,3	1.001,0	1.001,0	1.007,3	1.008,0
	LP invierno	0						
	LB verano	0						
	LP verano	0						
Dureza	LB invierno	4	1.000,0	0,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
	LP invierno	0						
	LB verano	0						
	LP verano	0						
Alcal*	LB invierno	79	510,0	194,0	229,0	293,9	802,8	970,0
	LP invierno	72	371,3	60,0	237,0	295,5	484,4	510,0
	LB verano	82	546,1	267,7	270,0	307,1	769,0	2.400,0
	LP verano	75	400,8	83,7	270,0	310,0	582,5	631,0
Color	LB invierno	10	4,7	0,9	2,0	3,4	5,0	5,0
	LP invierno	7	5,0	0,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	LB verano	19	11,5	9,2	5,0	5,0	26,8	43,0
	LP verano	15	12,3	11,1	5,0	5,0	30,4	36,0
Redox	LB invierno	7	-35,9	59,8	-118,6	-104,4	32,4	33,4
	LP invierno	4	-76,9	48,3	-136,8	-130,1	-30,4	-26,6
	LB verano	15	-94,6	84,3	-206,8	-186,6	14,4	127,2
	LP verano	11	-57,7	192,7	-190,8	-189,9	320,1	340,0
STD*	LB invierno	70	50.361,5	21.212,7	10.285,0	20.728,8	89.657,6	102.540,0
	LP invierno	63	17.547,3	7.814,2	9.493,0	10.051,4	32.374,0	47.090,0
	LB verano	73	93.610,2	57.362,4	14.458,0	16.011,8	176.236,0	241.805,0
	LP verano	69	23.969,1	15.741,1	10.091,0	10.818,2	58.230,0	73.830,0
STS*	LB invierno	67	60,6	45,6	2,0	5,0	153,5	200,7
	LP invierno	63	27,1	28,8	1,6	3,0	78,0	144,0
	LB verano	77	128,5	138,8	3,9	5,0	469,6	594,4
	LP verano	72	31,3	25,2	2,5	5,0	85,8	118,6
DBO	LB invierno	9	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	LP invierno	5	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	LB verano	19	3,6	2,3	1,0	1,9	8,1	9,0
	LP verano	14	4,1	2,2	2,0	2,0	8,4	9,0
Coli_fec	LB invierno	9	1,8	2,4E-16	1,8	1,8	1,8	1,8
	LP invierno	6	2,3	1,1	1,8	1,8	3,8	4,5
	LB verano	19	1,8	0,0	1,8	1,8	1,8	1,8
	LP verano	15	3,2	5,5	1,8	1,8	8,2	23,0
Coli_total	LB invierno	9	4,2	7,1	1,8	1,8	14,5	23,0
	LP invierno	6	7,0	12,7	1,8	1,8	25,2	33,0
	LB verano	19	1,8	0,0	1,8	1,8	1,8	1,8
	LP verano	15	3,2	5,5	1,8	1,8	8,2	23,0
AG	LB invierno	22	21,9	89,8	1,0	1,0	4,0	424,0
	LP invierno	15	52,5	192,7	1,0	1,0	227,5	749,0
	LB verano	24	2,5	1,0	1,0	1,2	4,0	4,0
	LP verano	18	2,3	1,0	1,0	1,0	4,0	4,0
HCf	LB invierno	1	5,00		5,00	5,00	5,00	5,00
	LP invierno	1	5,00		5,00	5,00	5,00	5,00

Parámetro	Laguna/ período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
	LB verano	0						
	LP verano	0						
HCv	LB invierno	1	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01
	LP invierno	1	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01
	LB verano	0						
	LP verano	0						
Al	LB invierno	9	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
	LP invierno	6	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
	LB verano	19	0,411	0,177	0,073	0,073	0,500	0,500
	LP verano	15	0,415	0,177	0,073	0,073	0,500	0,500
Al_d	LB invierno	9	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
	LP invierno	6	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
	LB verano	15	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
	LP verano	12	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
As	LB invierno	9	3,304	2,002	1,180	1,181	6,054	6,430
	LP invierno	6	1,213	0,340	0,863	0,896	1,703	1,810
	LB verano	19	9,554	5,045	2,063	2,159	16,700	19,400
	LP verano	14	2,754	1,210	1,087	1,178	4,618	4,747
As_d*	LB invierno	45	3,584	2,179	0,003	0,122	7,091	8,382
	LP invierno	42	1,267	0,767	0,002	0,008	2,569	3,119
	LB verano	48	6,868	5,066	0,002	0,353	14,265	20,640
	LP verano	44	1,839	1,069	0,001	0,092	3,774	4,319
Ba	LB invierno	9	0,100	1,472E-17	0,100	0,100	0,100	0,100
	LP invierno	6	0,100	1,520E-17	0,100	0,100	0,100	0,100
	LB verano	19	0,292	0,347	0,013	0,038	1,001	1,010
	LP **verano**	14	0,306	0,429	0,044	0,047	1,099	1,170
Ba_d	LB invierno	10	7,166	22,114	0,100	0,100	38,898	70,100
	LP invierno	6	0,100	1,520E-17	0,100	0,100	0,100	0,100
	LB verano	17	4,021	11,072	0,005	0,047	32,440	35,000
	LP verano	11	0,074	0,023	0,040	0,041	0,102	0,102
Be	LB invierno	9	0,030	0,040	0,010	0,010	0,100	0,100
	LP invierno	6	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010
	LB verano	15	0,039	0,053	0,010	0,010	0,164	0,168
	LP verano	12	0,011	0,003	0,010	0,010	0,015	0,020
Be_d	LB invierno	9	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010
	LP invierno	6	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010
	LB verano	15	0,019	0,013	0,010	0,010	0,040	0,040
	LP verano	12	0,010	1,812E-18	0,010	0,010	0,010	0,010
B	LB invierno	9	135,1	79,1	57,5	59,5	255,4	303,0
	LP invierno	6	40,5	12,2	29,5	29,7	56,6	57,3
	LB verano	19	238,8	106,9	51,0	69,6	373,0	407,2
	LP verano	14	78,9	32,1	34,8	42,2	128,1	155,2
B_d*	LB invierno	40	89,4	39,9	28,2	31,1	148,3	162,0
	LP invierno	38	33,3	12,2	16,1	19,1	58,5	61,4
	LB verano	45	197,1	116,1	38,4	42,6	358,2	383,0
	LP verano	42	61,6	31,5	19,5	25,7	121,0	142,4
Cd	LB invierno	9	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
	LP invierno	6	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
	LB verano	19	0,001	4,456E-19	0,001	0,001	0,001	0,001
	LP verano	15	0,001	4,489E-19	0,001	0,001	0,001	0,001

Parámetro	Laguna/ período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
Cd_d*	LB invierno	45	2,526E-04	3,904E-04	6,000E-06	1,000E-05	0,001	0,001
	LP invierno	42	2,149E-04	3,466E-04	1,000E-05	1,075E-05	0,001	0,001
	LB verano	50	3,291E-04	4,442E-04	2,500E-05	2,500E-05	0,001	0,001
	LP verano	48	2,817E-04	4,197E-04	2,500E-05	2,500E-05	0,001	0,001
Co	LB invierno	9	1,148	0,617	0,300	0,316	1,666	1,690
	LP invierno	6	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
	LB verano	19	0,021	0,023	0,003	0,003	0,050	0,050
	LP verano	15	499,157	1.933,129	0,003	0,003	2.246,135	7.487,000
Co_d	LB invierno	9	0,802	0,396	0,280	0,288	1,212	1,240
	LP invierno	6	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
	LB verano	15	0,022	0,024	0,003	0,003	0,050	0,050
	LP verano	12	0,026	0,025	0,003	0,003	0,050	0,050
Cu	LB invierno	9	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003	0,004
	LP invierno	6	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
	LB verano	19	0,014	0,011	0,005	0,006	0,027	0,053
	LP verano	14	0,007	0,003	0,003	0,003	0,011	0,012
Cu_d*	LB invierno	45	0,004	0,003	1,000E-04	0,001	0,008	0,016
	LP invierno	42	0,003	0,002	1,000E-04	1,450E-04	0,004	0,009
	LB verano	50	0,006	0,005	3,000E-05	0,001	0,013	0,032
	LP verano	47	0,004	0,002	3,000E-05	0,001	0,008	0,009
Cr	LB invierno	9	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
	LP invierno	6	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
	LB verano	19	0,008	0,010	0,002	0,002	0,025	0,025
	LP verano	15	0,006	0,008	0,002	0,002	0,023	0,026
Cr_d	LB invierno	9	0,008	0,016	0,003	0,003	0,031	0,050
	LP invierno	6	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
	LB verano	15	0,002	8,978E-19	0,002	0,002	0,002	0,002
	LP verano	12	0,002	4,530E-19	0,002	0,002	0,002	0,002
Sn	LB invierno	9	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
	LP invierno	6	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
	LB verano	19	0,405	0,188	0,050	0,050	0,500	0,500
	LP verano	15	0,410	0,186	0,050	0,050	0,500	0,500
Sn_d	LB invierno	9	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
	LP invierno	6	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
	LB verano	15	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
	LP verano	12	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
Fe	LB invierno	9	0,003	0,001	0,003	0,003	0,006	0,007
	LP invierno	6	0,003	0,001	0,003	0,003	0,005	0,005
	LB verano	19	0,060	0,074	0,004	0,005	0,211	0,259
	LP verano	15	0,021	0,014	0,006	0,007	0,043	0,055
Fe_d*	LB invierno	45	0,013	0,016	0,002	0,003	0,040	0,084
	LP invierno	44	0,013	0,015	1,700E-05	0,001	0,055	0,068
	LB verano	50	0,020	0,033	0,002	0,003	0,073	0,195
	LP verano	48	0,016	0,016	0,000	0,003	0,050	0,077
Li	LB invierno	9	154,2	68,5	63,5	63,7	218,8	220,0
	LP invierno	6	63,9	23,3	44,7	44,9	93,1	93,1
	LB verano	19	258,7	124,8	53,0	53,9	418,1	451,0
	LP verano	15	84,7	37,4	31,0	36,6	141,4	154,0
Li_d*	LB invierno	26	141,3	67,7	45,7	46,9	257,8	291,0
	LP invierno	24	41,8	26,4	0,2	0,2	90,9	101,6

Parámetro	Laguna/ período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
	LB verano	32	229,6	214,9	1,0	21,6	486,6	1106,0
	LP verano	30	58,8	40,7	0,0	8,0	120,2	193,3
Mn	LB invierno	9	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
	LP invierno	6	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
	LB verano	19	0,004	0,001	0,004	0,004	0,005	0,009
	LP verano	15	0,005	0,004	0,004	0,004	0,012	0,020
Mn_d	LB invierno	9	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
	LP invierno	6	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
	LB verano	15	0,004	1,796E-18	0,004	0,004	0,004	0,004
	LP verano	12	0,004	9,059E-19	0,004	0,004	0,004	0,004
Hg	LB invierno	9	0,0005	0,0000	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
	LP invierno	6	0,0005	0,0000	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
	LB verano	19	0,0005	8,377E-05	0,0003	0,0003	0,0005	0,0005
	LP verano	15	0,0005	8,281E-05	0,0003	0,0003	0,0005	0,0005
Hg_d	LB invierno	9	0,0005	0,0000	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
	LP invierno	6	0,0005	0,0000	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
	LB verano	15	0,0005	2,245E-19	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
	LP verano	12	0,0005	1,132E-19	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Mo	LB invierno	9	0,211	0,033	0,200	0,200	0,260	0,300
	LP invierno	6	0,100	1,520E-17	0,100	0,100	0,100	0,100
	LB verano	19	0,209	0,196	0,003	0,014	0,356	0,960
	LP verano	15	0,085	0,041	0,003	0,025	0,134	0,164
Mo_d	LB invierno	9	0,233	0,050	0,200	0,200	0,300	0,300
	LP invierno	6	0,100	1,520E-17	0,100	0,100	0,100	0,100
	LB verano	15	0,142	0,072	0,003	0,007	0,237	0,254
	LP verano	12	0,073	0,045	0,003	0,003	0,145	0,155
Ni	LB invierno	9	0,0010	0,0000	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	LP invierno	6	0,0010	0,0000	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	LB verano	19	0,0030	8,911E-19	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
	LP verano	15	0,0030	4,489E-19	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
Ni_d	LB invierno	9	0,0010	0,0000	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	LP invierno	6	0,0010	0,0000	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	LB verano	15	0,0030	4,489E-19	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
	LP verano	12	0,0030	4,530E-19	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
Ag	LB invierno	9	0,390	0,158	0,180	0,184	0,530	0,530
	LP invierno	6	0,085	0,035	0,060	0,060	0,130	0,130
	LB verano	19	0,095	0,154	0,002	0,002	0,353	0,380
	LP verano	15	0,028	0,039	0,002	0,002	0,110	0,110
Ag_d	LB invierno	9	0,158	0,064	0,070	0,070	0,210	0,210
	LP invierno	6	0,060	0,024	0,040	0,040	0,090	0,090
	LB verano	15	0,115	0,158	0,003	0,003	0,353	0,360
	LP verano	12	0,028	0,032	0,003	0,003	0,085	0,090
Pb	LB invierno	9	0,0023	0,0007	0,0004	0,0012	0,0025	0,0025
	LP invierno	6	0,0025	0,0000	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
	LB verano	19	0,0079	0,0015	0,0025	0,0075	0,0083	0,0110
	LP verano	15	0,0080	3,591E-18	0,0080	0,0080	0,0080	0,0080
Pb_d*	LB invierno	53	0,0864	0,4288	5,323E-09	5,323E-09	0,0141	2,2310
	LP invierno	45	0,3330	1,2887	5,323E-09	4,529E-07	2,9184	6,4680
	LB verano	50	0,0027	0,0033	0,0000	7,790E-06	0,0080	0,0080
	LP verano	48	0,0024	0,0033	6,468E-06	6,468E-06	0,0080	0,0080

Parámetro	Laguna/ período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
Se	LB invierno	9	0,0010	0,0000	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	LP invierno	6	0,0010	0,0000	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	LB verano	19	0,0018	0,0017	0,0010	0,0010	0,0050	0,0050
	LP verano	15	0,0018	0,0017	0,0010	0,0010	0,0050	0,0050
Se_d	LB invierno	9	0,0010	0,0000	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	LP invierno	6	0,0010	0,0000	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	LB verano	15	0,0010	4,489E-19	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	LP verano	12	0,0011	0,0004	0,0010	0,0010	0,0017	0,0025
V	LB invierno	9	0,0889	0,0332	0,0005	0,0403	0,1000	0,1000
	LP invierno	6	0,0025	0,0000	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
	LB verano	15	0,0549	0,0633	0,0025	0,0025	0,1309	0,2030
	LP verano	12	0,0513	0,0509	0,0025	0,0025	0,1000	0,1000
V_d	LB invierno	9	0,1000	1,472E-17	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
	LP invierno	6	0,0025	0,0000	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
	LB verano	15	0,0415	0,0494	0,0025	0,0025	0,1000	0,1000
	LP verano	12	0,0513	0,0509	0,0025	0,0025	0,1000	0,1000
Zn	LB invierno	9	0,0040	0,0072	0,0005	0,0005	0,0160	0,0222
	LP invierno	6	0,0010	0,0010	0,0005	0,0005	0,0025	0,0031
	LB verano	19	0,0903	0,0900	0,0050	0,0064	0,2524	0,2740
	LP verano	15	0,0300	0,0286	0,0041	0,0047	0,0925	0,0960
Zn_d*	LB invierno	45	0,0114	0,0161	0,0005	0,0005	0,0256	0,1020
	LP invierno	42	0,0099	0,0083	0,0005	0,0005	0,0250	0,0320
	LB verano	50	0,0099	0,0113	2,500E-05	3,000E-05	0,0330	0,0480
	LP verano	47	0,0089	0,0095	0,0000	0,0000	0,0323	0,0410
Ca	LB invierno	4	160,00	24,11	134,00	135,80	184,20	186,00
	LP invierno	0						
	LB verano	4	631,81	99,45	534,00	543,83	747,82	769,65
	LP verano	3	284,10	90,74	184,90	196,86	357,06	362,90
Ca_d*	LB invierno	66	567,06	694,23	113,00	179,50	832,00	5.700,00
	LP invierno	63	251,26	105,81	80,33	114,16	487,40	523,50
	LB verano	69	720,65	432,40	81,00	151,00	1429,00	1581,00
	LP verano	66	262,83	153,50	48,00	118,25	558,95	803,00
HCO3*	LB invierno	78	346,03	160,23	0,00	146,90	616,80	716,00
	LP invierno	71	372,27	118,00	0,00	217,50	532,35	585,96
	LB verano	82	423,72	334,16	4,00	67,30	1078,05	1.516,00
	LP verano	75	358,83	167,60	1,29	176,42	639,23	965,80
CO3*	LB invierno	78	120,77	87,44	1,00	2,00	255,60	289,00
	LP invierno	71	53,02	44,86	0,00	2,50	117,50	215,00
	LB verano	82	264,94	219,98	1,00	3,10	695,75	821,00
	LP verano	75	107,53	78,72	1,00	4,40	237,70	430,00
CN	LB invierno	9	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02
	LP invierno	6	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02
	LB verano	15	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02
	LP verano	12	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02
Cl*	LB invierno	82	25.659,55	11.306,33	8.067,00	9.661,60	41.600,30	62.620,00
	LP invierno	71	10.608,62	8.673,19	31,00	4.731,07	29.257,00	48.424,70
	LB verano	82	48.212,87	31.287,65	6.397,00	7.591,15	87.529,35	150.259,00
	LP verano	75	15.961,71	19.400,63	5,00	4.876,30	47.891,10	135.029,00
F*	LB invierno	27	0,35	0,19	0,10	0,10	0,59	0,69
	LP invierno	36	0,53	0,21	0,10	0,17	0,85	1,10

Parámetro	Laguna/ período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
	LB verano	33	0,35	0,16	0,10	0,10	0,50	0,50
	LP verano	42	0,54	0,12	0,30	0,37	0,70	0,80
Mg	LB invierno	13	1.453,2	615,9	848,0	859,4	2.234,2	2.299,0
	LP invierno	5	655,4	143,2	534,0	546,8	849,0	903,0
	LB verano	19	2.525,4	1.090,2	470,0	589,7	3.628,1	3.971,0
	LP verano	12	679,0	300,6	293,0	346,9	1.181,8	1.239,0
Mg_d*	LB invierno	66	1.312,33	520,70	1,00	580,75	2.020,25	2.302,00
	LP invierno	63	441,65	204,12	106,10	194,12	867,60	1.026,00
	LB verano	69	2.340,96	1.356,72	389,00	462,40	4.096,40	4.613,00
	LP verano	65	601,26	365,78	226,00	260,52	1.252,24	2.080,00
K	LB invierno	9	2.360,0	1.064,5	1109,0	1.127,0	3.497,8	3.537,0
	LP invierno	6	1.093,3	365,7	797,0	807,0	1.579,0	1.599,0
	LB verano	19	4297,6	2.579,6	0,4	665,1	7.191,2	7.256,0
	LP verano	15	1.495,2	777,8	536,0	699,8	2.840,1	2.999,0
K_d*	LB invierno	66	2.292,1	1.170,8	0,0	761,0	3.883,3	5.781,0
	LP invierno	63	768,0	445,2	180,0	388,2	1.538,1	2.532,5
	LB verano	69	4.615,6	3.458,4	0,0	116,3	10.882,8	15.329,0
	LP verano	66	1.111,1	792,5	126,4	454,5	2.557,8	4.716,0
Na	LB invierno	4	13.744,0	328,5	13.324,0	13.372,3	14.032,4	14.045,0
	LP invierno	0						
	LB verano	4	34.323,3	2.205,6	31.320,0	31.725,8	36.067,8	36.108,0
	LP verano	3	10.116,7	4.266,0	7.515,0	7.543,0	14.315,5	15.040,0
Na_d*	LB invierno	66	14.818,9	9.751,5	2.093,0	5.289,0	28.344,3	68.420,0
	LP invierno	63	4.613,2	2.538,1	2.358,0	2.502,1	9.399,8	15.610,0
	LB verano	69	27.672,9	21.881,7	2.876,0	4.286,6	51.368,0	149.400,0
	LP verano	66	6.179,4	4.277,3	2.257,0	2.720,8	15.358,5	24.320,0
Si	LB invierno	9	31,66	14,27	22,90	23,14	55,90	67,50
	LP invierno	6	42,07	16,46	21,10	24,88	64,98	70,10
	LB verano	19	39,05	37,72	12,60	13,14	112,66	156,40
	LP verano	15	50,00	23,47	0,00	11,48	79,20	82,00
SO4*	LB invierno	82	3.687,0	1.628,8	560,0	1.078,1	6.292,8	7.261,0
	LP invierno	71	1.608,4	1.431,8	305,0	379,5	3.609,9	8.532,0
	LB verano	82	5.631,1	3.851,6	188,0	574,5	12.832,4	15.328,0
	LP verano	75	1.977,5	1.735,0	186,0	235,5	4.676,6	9.755,5
NH4*	LB invierno	79	0,169	0,207	0,009	0,010	0,444	1,370
	LP invierno	69	0,072	0,075	0,009	0,010	0,251	0,285
	LB verano	78	0,157	0,180	5,000E-06	0,009	0,511	0,800
	LP verano	73	0,069	0,073	0,009	0,010	0,205	0,289
Cla	LB invierno	16	3,068	5,553	0,000	0,000	13,325	20,900
	LP invierno	10	0,825	0,818	0,000	0,018	1,979	2,780
	LB verano	17	0,986	2,107	0,000	0,000	5,780	7,300
	LP verano	9	1,450	2,076	0,000	0,000	4,684	5,700
P	LB invierno	18	0,795	0,627	0,090	0,243	2,298	2,430
	LP invierno	11	0,581	0,497	0,150	0,155	1,295	1,340
	LB verano	21	1,739	1,784	0,050	0,050	4,330	4,780
	LP verano	12	0,680	0,567	0,040	0,057	1,439	1,480
MO	LB invierno	11	28,01	28,94	1,90	3,35	65,50	65,70
	LP invierno	7	28,10	30,95	2,30	2,36	64,47	66,90
	LB verano	15	5,67	3,56	2,00	2,14	11,54	12,80
	LP verano	11	4,61	4,39	2,00	2,00	11,95	17,00

Parámetro	Laguna/ período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
NO3*	LB invierno	76	0,779	1,274	0,023	0,046	3,650	5,933
	LP invierno	74	0,525	0,712	0,023	0,046	1,403	5,263
	LB verano	76	1,117	1,667	0,020	0,046	4,744	8,413
	LP verano	77	0,877	1,494	0,020	0,046	4,640	7,400
NO2*	LB invierno	66	0,034	0,120	0,000	2,000E-04	0,383	0,500
	LP invierno	52	0,010	0,036	0,000	1,100E-04	0,023	0,187
	LB verano	60	0,004	0,009	0,000	2,000E-04	0,021	0,040
	LP verano	52	0,004	0,008	0,000	2,000E-04	0,023	0,039
N	LB invierno	25	0,940	0,879	0,010	0,010	2,644	3,480
	LP invierno	17	0,980	0,921	0,010	0,010	2,748	3,220
	LB verano	28	0,723	0,645	0,010	0,010	1,716	2,620
	LP verano	21	0,695	0,587	0,010	0,010	1,650	2,230
PO4u*	LB invierno	78	987,45	750,89	0,50	1,24	2.144,70	2.355,00
	LP invierno	71	331,58	242,84	0,50	2,05	774,50	942,00
	LB verano	82	2.579,21	1.769,17	0,50	1,91	5.116,50	5.990,00
	LP verano	75	710,25	718,18	0,50	7,88	1.528,20	5.120,00
PO4m*	LB invierno	70	1,14	0,67	0,02	0,09	2,15	2,36
	LP invierno	66	0,13	0,22	0,01	0,01	0,57	0,81
	LB verano	73	2,72	1,78	0,09	0,20	5,13	5,99
	LP verano	69	0,28	0,70	0,01	0,01	1,19	5,12

Fuente: Elaboración propia. Turb: Turbidez_(NTU); Alcal: Alcalinidad_(mgCaCO3/L); Redox: Potencial_redox_(mV); STD: Sólidos Totales Disueltos_(mg/L); STS: Sólidos Totales Suspendidos_(mg/L); DBO: DBO5_(mg/L); Coli_fec: Coliformes_fecales_(NMP/100mL); Coli_total: Coliformes_totales_(NMP/100mL); AG: Aceites_y_grasas_(mg/L); Al: Aluminio_(mg/L); Al_d: Aluminio_disuelto_(mg/L); As: Arsénico_(mg/L); As_d: Arsénico_disuelto_(mg/L); Ba: Bario_(mg/L); Ba_d: Bario_disuelto_(mg/L); Be: Berilio_(mg/L); Be_d: Berilio_disuelto_(mg/L); B: Boro_(mg/L); B_d:Boro_disuelto_(mg/L); Cd: Cadmio_(mg/L); Cd_d: Cadmio_disuelto_(mg/L); Co: Cobalto_(mg/L); Co_d: Cobalto_disuelto_(mg/L); Cu: Cobre_(mg/L); Cu_d: Cobre_disuelto_(mg/L); Cr: Cromo_(mg/L); Cr_d: Cromo_disuelto_(mg/L); Sn: Estaño_(mg/L); Sn_d: Estaño_disuelto_(mg/L); Fe: Hierro_(mg/L); Fe_d: Hierro_disuelto_(mg/L); Li: Litio_(mg/L); Li_d: Litio_disuelto_(mg/L); Mn: Manganeso_(mg/L); Mn_d: Manganeso_disuelto_(mg/L); Hg: Mercurio_(mg/L); Hg_d: Mercurio_disuelto_(mg/L); Mo: Molibdeno_(mg/L); Mo_d: Molibdeno_disuelto_(mg/l); Ni: N¡quel_(mg/L); Ni_d: N¡quel_disuelto_(mg/L); Ag: Plata_(mg/L); Ag_d: Plata_disuelto_(mg/L); Pb: Plomo_(mg/L); Pb_d: Plomo_disuelto_(mg/L); Se: Selenio_(mg/L); Se_d: Selenio_disuelto_(mg/L); V: Vanadio_(mg/L); V_d: Vanadio_disuelto_(mg/L); Zn: Zinc_(mg/L); Zn_d: Zinc_disuelto_(mg/L); HCO3: Bicarbonato_(mg/L); Ca_d: Calcio_disuelto_(mg/L); Ca: Calcio_(mg/L); CO3: Carbonato_(mg/L); CN: Cianuro_(mg/L); Cl: Cloruro_(mg/L); Fl: Fluoruro_(mg/L); Mg: Magnesio_disuelto_(mg/L); Mg_d: Magnesio_(mg/L); K: Potasio_disuelto_(mg/L); K:Potasio_(mg/L); Si: S¡lice_(mg/L); Na_d: Sodio_disuelto_(mg/L); Na: Sodio_(mg/L); SO4:Sulfato_(mg/L); NH4:Amonio_(mg/L); Cla: Clorofila_a_(mg/L); P: Fósforo_(mg/L); MO: Materia_orgánica_(%); NO3: Nitrato_(mg/L); NO2: Nitrito_(mg/L); N: Nitrógeno_Kjeldhal_(mg/L); PO4u: Ortofosfato_(mg/L); PO4m: Ortofosfato_(mg/L).

Tabla 6-78 Valores de referencia de parámetros químicos de sedimentos

Parámetro	Laguna/período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
sMO	LB invierno	12	15,05	4,38	6,83	7,68	20,48	21,77
	LP invierno	8	12,13	1,70	8,28	9,51	13,59	13,66
	LB verano	9	13,08	2,42	8,50	9,39	15,77	16,45
	LP verano	6	10,54	2,06	6,96	7,81	12,76	12,98
sRedox	LB invierno	12	-383,14	53,93	-475,10	-462,56	-311,40	-281,70
	LP invierno	8	-369,08	71,18	-459,10	-450,56	-266,82	-235,70
	LB verano	9	-386,39	37,91	-445,40	-442,28	-343,30	-341,30
	LP verano	6	-363,02	27,73	-398,40	-397,23	-332,65	-328,40
sAl	LB invierno	7	304,00	247,65	61,00	91,60	680,20	811,00
	LP invierno	4	177,00	176,57	5,00	16,40	378,90	408,00
	LB verano	11	304,55	297,85	5,00	5,00	786,50	790,00
	LP verano	8	246,75	272,17	5,00	5,00	598,45	624,00
sAs*	LB invierno	27	275,89	213,54	15,60	51,91	642,40	789,85
	LP invierno	14	115,75	55,89	8,90	52,69	208,10	251,00
	LB verano	31	263,00	190,11	49,30	68,80	696,50	773,50
	LP verano	18	121,98	54,19	58,10	63,97	206,60	295,00
sBa	LB invierno	7	52,49	38,87	11,60	15,50	110,94	126,00
	LP invierno	4	116,20	30,36	89,10	90,39	151,60	157,00
	LB verano	11	38,41	47,41	1,00	1,00	116,55	139,00
	LP verano	8	57,39	63,79	1,00	1,00	142,80	147,00
sBe	LB invierno	7	0,17	0,08	0,10	0,10	0,27	0,30
	LP invierno	4	0,33	0,22	0,10	0,12	0,57	0,60
	LB verano	11	1,95	1,46	0,10	0,10	3,00	3,00
	LP verano	8	1,55	1,55	0,10	0,10	3,00	3,00
sB*	LB invierno	27	2.544,81	2.157,92	270,20	544,36	7.391,01	9.204,00
	LP invierno	14	512,23	676,46	43,44	65,58	1.670,87	2.662,00
	LB verano	31	1.867,04	1.072,14	361,65	408,89	3.728,50	4.313,00
	LP verano	18	448,99	513,87	86,83	96,73	1.126,39	2.322,00
sCd*	LB invierno	27	0,37	0,57	0,04	0,05	0,85	2,95
	LP invierno	14	0,16	0,11	0,04	0,06	0,38	0,40
	LB verano	31	0,34	0,79	0,04	0,04	0,80	4,45
	LP verano	18	0,11	0,06	0,04	0,04	0,20	0,20
sCo	LB invierno	7	6,81	2,38	5,20	5,20	10,61	11,60
	LP invierno	4	13,30	1,87	10,50	11,04	14,37	14,40
	LB verano	11	2,09	1,26	0,50	0,50	3,00	3,00
	LP verano	8	1,75	1,34	0,50	0,50	3,00	3,00
sCu*	LB invierno	26	37,85	33,67	1,04	3,89	93,00	123,80
	LP invierno	14	35,15	47,29	0,60	2,16	114,00	127,00
	LB verano	31	19,18	17,77	2,86	3,75	53,60	83,90
	LP verano	18	31,39	42,14	3,00	3,43	122,00	122,00
sCOT*	LB invierno	27	40,51	42,89	0,87	1,65	111,59	126,30
	LP invierno	16	39,40	38,87	0,96	1,76	92,78	103,80
	LB verano	32	25,48	32,93	1,87	2,26	84,39	95,40
	LP verano	21	20,69	26,91	2,82	3,10	70,10	75,30
sCr	LB invierno	7	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50
	LP invierno	4	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50
	LB verano	11	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50
	LP verano	8	1,63	2,08	0,50	0,50	5,00	5,00

Parámetro	Laguna/período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
sP*	LB invierno	39	76,57	74,56	0,50	3,09	208,75	319,05
	LP invierno	22	51,57	46,93	1,38	2,93	118,53	119,00
	LB verano	44	77,71	49,85	3,61	10,42	161,19	229,00
	LP verano	27	42,99	40,83	0,50	2,25	124,78	185,00
sFe*	LB invierno	27	190,92	141,08	59,00	77,29	288,69	803,00
	LP invierno	14	73,13	63,22	12,50	20,11	182,10	264,00
	LB verano	31	217,37	150,27	7,00	34,07	485,50	574,00
	LP verano	18	114,21	93,30	19,17	20,73	279,85	330,00
sLi	LB invierno	7	694,29	399,86	363,13	388,38	1.316,69	1.526,78
	LP invierno	4	245,75	187,97	27,38	53,82	450,42	482,33
	LB verano	11	547,87	374,88	173,74	185,50	1.168,96	1.247,76
	LP verano	8	208,03	175,03	27,73	40,14	481,86	545,32
sMn	LB invierno	7	17,91	17,51	6,70	7,72	44,44	57,10
	LP invierno	4	3,78	3,62	1,10	1,25	8,16	9,10
	LB verano	11	9,30	4,22	4,20	4,60	16,50	18,00
	LP verano	8	5,40	5,60	0,10	0,10	14,25	16,00
sHg	LB invierno	7	0,06	0,11	0,02	0,02	0,22	0,31
	LP invierno	4	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03
	LB verano	11	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
	LP verano	8	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
sMo	LB invierno	7	19,14	20,23	6,00	6,30	49,90	64,00
	LP invierno	4	7,75	2,06	5,00	5,45	9,70	10,00
	LB verano	11	12,18	8,78	5,00	5,00	26,50	28,00
	LP verano	8	9,75	5,63	5,00	5,00	17,60	19,00
sNi	LB invierno	7	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50
	LP invierno	4	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50
	LB verano	11	3,18	3,35	0,50	1,00	9,25	11,00
	LP verano	8	7,73	16,40	0,50	0,50	33,58	48,00
sN	LB invierno	19	877,43	1.419,30	3,60	3,96	3.446,70	3.930,00
	LP invierno	12	539,41	952,18	2,45	3,24	2.058,95	3.143,00
	LB verano	24	2.525,63	2.809,20	2,00	3,00	8.695,75	9.473,00
	LP verano	17	2.217,81	2.250,79	2,20	2,28	6.409,40	6.643,00
sAg	LB invierno	7	561,51	1.485,36	0,10	0,10	2.751,03	3.930,00
	LP invierno	4	0,10	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10
	LB verano	11	865,27	2.854,86	3,00	3,25	4.739,00	9.473,00
	LP verano	8	5,88	1,13	4,10	4,42	7,00	7,00
sPb*	LB invierno	27	2,59	3,59	0,04	0,04	9,76	15,80
	LP invierno	14	1,35	1,19	0,04	0,04	3,73	4,05
	LB verano	31	1,85	3,30	0,04	0,04	10,00	13,50
	LP verano	18	1,12	1,41	0,04	0,04	2,66	6,40
sSe	LB invierno	7	3,49	1,33	2,00	2,09	5,13	5,16
	LP invierno	4	4,59	0,84	3,51	3,65	5,40	5,49
	LB verano	11	4,17	1,93	1,21	1,52	6,22	6,26
	LP verano	8	4,01	1,77	1,59	1,89	6,12	6,20
sV	LB invierno	7	9,43	2,37	7,00	7,00	12,70	13,00
	LP invierno	4	73,50	59,84	40,00	40,15	146,05	163,00
	LB verano	11	7,08	6,39	1,00	1,00	16,90	18,50
	LP verano	8	21,78	28,65	1,00	1,00	65,86	83,60
sZn*	LB invierno	27	8,43	9,47	0,90	1,80	20,24	49,10
	LP invierno	14	5,20	6,56	0,60	0,86	15,12	26,10

Parámetro	Laguna/período	Métrica						
		N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
	LB verano	31	6,52	4,37	0,04	0,04	11,97	21,00
	LP verano	18	6,70	4,30	2,11	2,70	14,45	17,00

Fuente: Elaboración propia. sMO: Materia_Orgánica_(%); sredox: Potencial_Redox_(mV); sAl: Aluminio_(mg/kg); sAs: Arsénico_(mg/kg); sBa: Bario_(mg/kg); sBe: Berilio_(mg/kg); sB: Boro_(mg/kg); sCa: Cadmio_(mg/kg); sCo: Cobalto_(mg/kg); sCu: Cobre_(mg/kg); sCOT: COT_(%); sCr: Cromo_(mg/kg); sP: Fósforo_(mg/kg); sFe: Hierro_(mg/kg); sLi: Litio_(mg/kg); sMn: Manganeso_(mg/kg); sHg: Mercurio_(mg/kg); sMo: Molibdeno_(mg/kg); sNi: Níquel_(mg/kg); sN: Nitrógeno_kjeldahl_(mg/kg); sAg: Plata_(mg/kg); sPb: Plomo_(mg/kg); sSe: Selenio_(mg/kg); sV: Vanadio_(mg/kg); sZn: Zinc_(mg/kg); dens: Densidad_(g/L); dur: Dureza_(mg/L); color: Color_(Pt-Co); HCf: Hidrocarburos_fijos; HCv: Hidrocarburos_volátiles.

6.4.3. Variables biológicas

El caso de las variables biológicas es aún más complejo que el de las físicoquimicas, ya que, si bien regularmente se utilizan los índices comunitarios para evaluarlas**, es la composición de especies la que realmente da cuenta del estado de salud del sistema**, tal como se aplica en el SEIA. Dos comunidades con exactamente los mismos valores de índices comunitarios, esto es misma riqueza, con las mismas densidades y por lo tanto igual diversidad, pueden darse en ecosistemas totalmente diferentes con especies que indicarían condiciones de baja calidad en un caso y de muy buena calidad en el otro. Por esta razón solo se recomienda el uso de estos indicadores en la medida que sea considerada en primera instancia la composición de especies. Esto ya que desde el punto de vista de la conservación resulta útil el uso de estos índices comunitarios.

Dicho esto, en las Tabla 6-79, Tabla 6-80, Tabla 6-81 y Tabla 6-82 se indican los rangos obtenidos para cada comunidad biológica, según los 3 parámetros estimados para cada una de ellas, que son densidad (D), riqueza (S) y diversidad (H), agrupados por laguna. Cabe señalar que estos rangos se obtienen a partir de los datos recopilados en un rango temporal acotado y con todas las brechas metodológicas de muestreo y análisis que ya fueron señalados.

Tabla 6-79 Resumen comportamiento histórico de las comunidades fitobentónicas

Indicador/período	Laguna	N datos	Promedio	SD	Mínimo	5%	95%	Máximo
FBD verano	La_Brava	32	270.946,35	473.508,42	127,80	1.444,10	968.785,86	2347.919,00
	La_Punta	24	46.255,86	100.530,17	759,00	1.665,37	158.690,26	474.618,40
FBD invierno	La_Brava	36	38.645,60	66.903,06	0,40	0,68	166.039,70	299.000,90
	La_Punta	23	28.883,37	59.516,70	0,59	1,62	125.451,75	259.948,93
FBS verano	La_Brava	32	11	6	2	4	19	23
	La_Punta	24	9	5	2	2	15	22
FBS invierno	La_Brava	36	11	4	3	6	18	22
	La_Punta	23	13	4	6	7	20	20
FBH verano	La_Brava	28	1,50	0,72	0,14	0,47	2,62	2,71
	La_Punta	21	1,61	0,63	0,26	0,54	2,53	2,58
FBH invierno	La_Brava	33	1,35	0,62	0,09	0,44	2,33	2,44
	La_Punta	20	1,71	0,59	0,29	0,33	2,43	2,56

Fuente: Elaboración propia. FBD: densidad de fitobentos (cél/mm2); FBS: riqueza taxonómica del fitobentos; FBH: diversidad del fitobentos.

Tabla 6-80 Resumen comportamiento histórico de las comunidades fitoplanctónicas

Indicador/período	Laguna	N datos	Promedio	Std	Mínimo	5%	95%	Máximo
FPD verano	La_Brava	32	1.253,40	3.054,01	0,00	3,46	9.072,56	10.110,38
	La_Punta	24	1.068,41	2.815,04	0,73	3,00	8.721,35	9.992,65
FPD invierno	La_Brava	37	485,07	987,95	0,45	1,03	2.379,44	4.905,00
	La_Punta	23	132,49	192,82	0,07	0,18	603,09	685,20
FPS verano	La_Brava	32	9	4	1	2	15	16
	La_Punta	24	9	5	2	3	19	19
FPS invierno	La_Brava	37	11	6	1	3	24	30
	La_Punta	23	10	5	3	4	20	20
FPH verano	La_Brava	28	1,54	0,61	0,34	0,61	2,46	2,52
	La_Punta	21	1,55	0,69	0,58	0,59	2,40	2,56
FPH invierno	La_Brava	33	1,27	0,57	0,34	0,53	2,15	2,38
	La_Punta	20	1,37	0,59	0,34	0,40	2,12	2,20

Fuente: Elaboración propia. FPD: densidad de fitoplancton (cél/mL); FPS: riqueza taxonómica del fitoplancton; FPH: diversidad del fitoplancton.

Tabla 6-81 Resumen comportamiento histórico de las comunidades zoobentónicas

Indicador/período	Laguna	N datos	Promedio	Std	Mínimo	5%	95%	Máximo
ZBDv verano	La_Brava	13	1.612,28	3.932,15	0,00	0,00	10.202,06	11.489,90
	La_Punta	9	322,68	493,53	0,00	0,00	1.085,88	1.136,40
ZBDv invierno	La_Brava	20	23.338,85	58.597,83	0,00	0,00	127.760,00	233.400,00
	La_Punta	14	32.944,29	123.260,47	0,00	0,00	161.429,10	461.200,00
ZBDa verano	La_Brava	27	4.994,99	7.918,48	0,00	0,00	18.390,30	31.592,40
	La_Punta	21	11.375,78	19.541,65	0,00	0,00	59.772,00	62.500,00
ZBDa invierno	La_Brava	25	8.587,61	11.546,74	0,00	140,88	29.797,60	40.783,00
	La_Punta	17	19.889,54	57.105,26	0,00	100,00	60.793,80	240.333,00
ZBS verano	La_Brava	31	1	1	0	0	3	6
	La_Punta	24	1	1	0	0	4	4
ZBS invierno	La_Brava	33	2	1	0	1	5	6
	La_Punta	23	3	2	0	0	6	7
ZBH verano	La_Brava	26	0,15	0,29	0,00	0,00	0,66	1,09
	La_Punta	19	0,09	0,25	0,00	0,00	0,70	0,90
ZBH invierno	La_Brava	27	0,36	0,37	0,00	0,00	0,87	1,39
	La_Punta	18	0,53	0,52	0,00	0,00	1,39	1,42

Fuente: Elaboración propia. ZBDv: densidad de zoobentos volumen (Ind/L); ZBDa: densidad de zoobentos área (Ind/m2); ZBS: riqueza taxonómica del zoobentos; ZBH: diversidad del zoobentos.

Tabla 6-82 Resumen comportamiento histórico de las comunidades zooplanctónicas

Indicador/período	Laguna	N datos	Promedio	Std	Mínimo	5%	95%	Máximo
ZPD verano	La_Brava	32	9,87	15,62	0,13	0,73	43,35	69,25
	La_Punta	24	41,76	85,60	0,17	0,41	165,83	387,83
ZPD invierno	La_Brava	37	22,71	56,98	0,00	0,12	104,37	294,50
	La_Punta	23	52,39	162,53	0,00	0,00	220,92	762,50
ZPS verano	La_Brava	32	3	1	1	1	5	7
	La_Punta	24	3	1	1	1	5	6
ZPS invierno	La_Brava	37	3	1	0	1	4	6
	La_Punta	23	3	2	0	0	6	8
ZPH verano	La_Brava	27	0,85	0,34	0,29	0,32	1,41	1,49
	La_Punta	21	0,43	0,39	0,00	0,00	1,32	1,34

Indicador/período	Laguna	N datos	Promedio	Std	Mínimo	5%	95%	Máximo
ZPH invierno	La_Brava	32	0,51	0,33	0,00	0,00	1,02	1,15
	La_Punta	20	0,59	0,43	0,00	0,00	1,07	1,27

Fuente: Elaboración propia. ZPD: densidad de zooplancton (Ind/L); ZPS: riqueza taxonómica del zooplancton; ZPH: diversidad del zooplancton.

Las comunidades extremófilas microbianas no se utilizaron en este análisis porque no se registraron series temporales con las comunidades cuantificadas para ser evaluadas, sino más bien descripción de comunidades cualitativas o semicuantitativas.

7. INDICADORES Y VARIABLES A MEDIR EN EL MONITOREO DE LAGUNAS

Dentro de las variables hidrológicas e hidrogeológicas del tipo abiótica que se han estado monitoreando en el sistema hidrogeológico Salar de Atacama – lagunas La Punta y La Brava, y que han sido incluidos en este estudio, se tienen: temperatura atmosférica, precipitación, evapotranspiración, niveles freáticos, conductividad eléctrica superficial en pozos y laguna, entre otros. Para cada uno los componentes descritos se tienen un registro durante períodos de medición distintos, los que han sido de utilidad al momento de caracterizar y definir el estado ambiental actual de las lagunas, así como la evolución que ha tenido este en el transcurso del tiempo.

Existen componentes a monitorear que pueden ser de utilidad para comprender de mejor manera el funcionamiento del sistema hidrológico e hidrogeológico, sumado a esto, el monitoreo de estos en el tiempo permitirá estimar su variabilidad temporal y evaluar cómo afectan en el estado ambiental de las lagunas La Punta y La Brava.

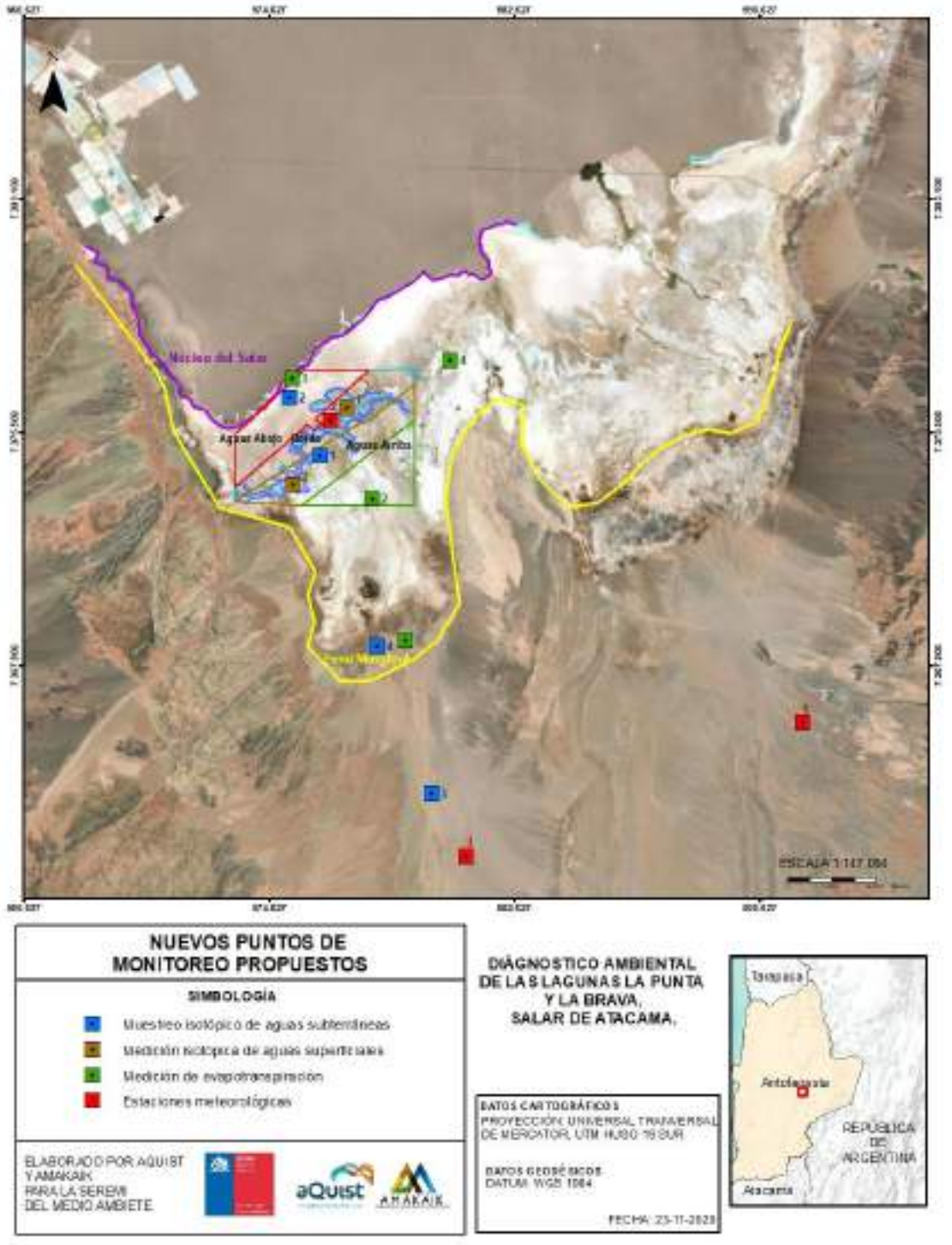


Figura 7-1 Puntos de nuevos puntos de monitoreo propuestos.

Fuente: Elaboración propia

Existen 3 estaciones meteorológicas que miden precipitación, estas son EM-SCL & EM-Rockwood, EM-Peine y EM-Tilopozo. Se propone la instalación de estaciones meteorológicas aguas arriba, en las subcuencas 6-1, 5-2 y 5-1 (

El área de estudio indirecta (Figura 4-1), corresponde a un polígono rectangular alrededor de las lagunas La Punta y La Brava, construido a partir de los vértices de

Tabla 4-1 y de extensión 2658,3133 ha.

) (DGA/GCF, 2010), principalmente en la cuenca aportante al acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo (MNT). A partir de esto será posible caracterizar de mejor manera el régimen hídrico del sistema y determinar el gradiente de precipitación a lo largo de la cuenca hidrográfica (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Los puntos de monitoreo de evapotranspiración EVT-19 y EVT-20 se encuentran en el borde de las lagunas, en la zona marginal del salar de atacama. Estos permiten determinar de buena manera la evapotranspiración, sin embargo, existe una gran diferencia en los valores de evapotranspiración entre ambos puntos de medición, registrándose un promedio de 1.398,08 (mm/año) para la estación EVT-19 y para la estación EVT-20 un promedio de 224,21 (mm/año). Esto permite postular que existe variabilidad espacial de la evapotranspiración, al menos en la zona marginal del salar. Por ello, con el objeto de caracterizar de mejor manera este componente, se propone la instalación de puntos de medición de evapotranspiración en el sector del núcleo del salar (aguas abajo de las lagunas), aguas arriba de las lagunas dentro de la misma zona marginal del salar y, además, fuera de la zona del salar (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

La instalación de una estación meteorológica en el borde de la laguna, con medición de, al menos, precipitación, radiación solar y humedad relativa del aire (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) permitirá cuantificar la precipitación caída directamente en la zona de las lagunas y en el borde de éstas, además de permitir el determinar la evaporación desde el espejo de agua en las lagunas.

La caracterización de las aguas mediante isotopos estables ambientales ^{18}O (oxigeno) y D (deuterio) es de utilidad al momento de definir y caracterizar los distintos componentes de un sistema hidrogeológico. Para esto se propone realizar muestreo de aguas subterráneas aguas arriba de las lagunas, en el borde de éstas, aguas abajo y en aguas superficiales de las mismas lagunas, además de realizar muestreos puntuales de aguas subterráneas en las zonas de interfase agua salobre – salmuera y en la zona de salmuera (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y

). Igualmente, se requiere realizar muestreo de aguas lluvia a distintas alturas topográficas, para todas las estaciones del año, con el objeto de poder construir la línea meteórica local. A partir de esto será posible estimar la evolución tanto de las aguas subterráneas como superficiales, determinar zonas de recarga, posibles recargas laterales, zonas de mezcla, evaporación de aguas, etc.

Como es mencionado en este estudio, en los pozos de monitoreo, tanto aguas arriba, en borde de laguna, como aguas abajo, la medición de niveles estáticos se realiza de forma mensual y solo se reporta un valor por cada mes. Se propone la instalación de sensores de nivel (Diver) para la medición y registro autónomo de niveles de

agua en pozos de monitoreo, con intervalos de medición al menos diarios, y que los reportes sean realizados mediante telemetría. De esta forma será posible tener un registro más completo de la variación de niveles, lo que facilitará el posterior análisis de estos.

Para la estimación de la superficie lagunar y de la superficie de agua en la zona de dilución salina (borde sur del núcleo del Salar), se definen dos polígonos de recorte que marcan los límites de ambas zonas (.

Figura 5-2 Polígonos de recorte de índice NDWI

). Estos límites son definidos de distinta manera en los diversos estudios realizados por las empresas que realizan extracción de recursos hídricos en el sistema. Se propone la definición de dos polígonos que marquen los límites de las lagunas y de la zona de dilución salina, que sean uniformizados para todos los estudios que se realicen, así también, que los datos de superficie lagunar y de superficie de agua en la zona de dilución salina sean presentados de manera separada, con el objetivo de que exista consistencia en los distintos estudios y análisis de estimación de ambas superficies.

Tabla 7-1 Localización de nuevos puntos de monitoreo propuestos

Indicador de monitoreo	N° muestreo o estación	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)	
		UTM E (m)	UTM N (m)
Estación meteorológica	1	592.004	7.366.035
	2	576.630	7.375.893
	3	581.061	7.361.694
Medición de evapotranspiración	1	575.394	7.377.249
	2	577.986	7.373.330
	3	579.071	7.368.718
	4	580.519	7.377.852
Muestreo isotópico de aguas superficiales	1	577.172	7.376.285
	2	575.424	7.373.783

Muestreo isotópico de aguas subterráneas	1	576.298	7.374.747
	2	575.303	7.376.646
	3	579.916	7.363.744
	4	578.167	7.368.537

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las aguas superficiales, los parámetros físicoquimicos *in situ* deben ser siempre monitoreados porque son los que resultan más relacionados a las variables respuesta. Son de particular relevancia el pH y la salinidad, tal como indican los resultados de los capítulos 6.3.2.1 y 6.3.2.4. Respecto de los parámetros químicos de calidad de agua, según los resultados, los más relevantes son los macroelementos, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y alcalinidad. Sin embargo, se mantiene la recomendación de considerar como factores relevantes las concentraciones de nutrientes, macroelementos y metales, además de los parámetros *in situ*.

En el caso de las variables respuesta, las comunidades biológicas propuestas deben ser evaluadas en todos los monitoreos, con el mayor nivel posible de resolución taxonómica. En cambio, en el caso de los extremófilos tales como tapetes microbianos y microbialitos, la descripción debe realizarse a nivel de grupos funcionales. Esto porque es el nivel adecuado para formular inferencias ecológicas y el análisis molecular de las comunidades bacterianas que los componen es complejo y no es de amplio uso aún, pese a que existen trabajos relativos al tema, específicamente en la Laguna La Brava, la que cuenta con una detallada descripción de la composición taxonómica de las comunidades bacterianas, investigaciones lideradas por María Eugenia Farías y Manuel Contreras.

8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Dentro de los principales objetivos de este informe, está el analizar la evolución de los factores ambientales que controlan o modelan las lagunas La Punta y La Brava, de modo de poder generar un diagnóstico del estado de salud de las lagunas. Las fuentes de información utilizadas para analizar el comportamiento de los factores ambientales son los Estudios de Impacto Ambiental, planes de seguimiento ambiental y planes de alerta temprana pertenecientes a las empresas Albemarle, Minera Escondida, SQM y Compañía Minera Zaldívar. Estas empresas vienen realizando monitoreos ambientales en el sector de las lagunas La Punta y La Brava desde mediados de los años 90 en adelante También se utilizaron los resultados del proyecto “Estudio de un Modelo Conceptual Ecológico para la Cuenca del Salar de Atacama”, financiado por el Ex Comité de Minería no Metálica de CORFO y ejecutado por AMAKAIK SpA durante el año 2018. En él se definieron los componentes del modelo ecológico y las variables de estado, forzantes y controladoras para el Salar de

Atacama para cada componente, siguiendo los trabajos de Bilotta & Brazier, 2008; Jones et al., 2011 y Soetaert & Herman, 2009. Una vez definidas las variables que aplican para este estudio, fueron seleccionadas las variables/factores ambientales que cumplieran con las condiciones de: i) que constituyan componentes relevantes del ecosistema, ya sea por su rol forzante de procesos o estructurador de hábitat; ii) que sea medido o monitoreado; iii) que tenga alguna conexión con las fuentes de presión.

Los factores ambientales analizados son: a) Precipitación; b) Temperatura atmosférica; c) Evapotranspiración; d) Nivel freático (piezométrico); e) Nivel lagunar f) Temperatura de aguas superficiales; g) Superficie lagunar (Área de espejo de agua); h) Concentración de nutrientes en aguas superficiales; i) Concentración de macroelementos en aguas superficiales; j) Concentración de metales en aguas superficiales; k) Oxígeno disuelto en aguas superficiales; l) Conductividad/Salinidad en aguas superficiales y m) pH en aguas superficiales.

Se incluyen dentro de este análisis los subcomponentes biológicos a modo de variables respuesta, ya que además pueden ser considerados estructuradores de hábitat. Esto porque los distintos grupos biológicos pueden modificar concentraciones de elementos en el ambiente (nutrientes, oxígeno, etc) y las interacciones entre los distintos grupos pueden modular la dinámica ecosistémica de las lagunas. Las comunidades consideradas son: I) Microorganismos extremófilos; II) Fitobentos; III) Fitoplancton; IV) Zoobentos; V) Zooplancton y VI) Plantas Vasculares Acuáticas. Estas variables son analizadas en función de los parámetros de densidad, riqueza y diversidad, para cada grupo biológico.

8.1. Aguas subterráneas y otros factores abióticos

Dentro de los factores ambientales abióticos determinados para el sistema lagunar La Punta y La Brava, es posible indicar que el nivel lagunar y la superficie lagunar son variables relevantes, ya que son variables que permiten modular de forma directa al sistema. Esto quiere decir que cambios en la superficie de la laguna o en el nivel de las lagunas, incidirán de manera directa en el estado de salud del sistema laguna. Por otra parte, los niveles freáticos resultaron tener importancia media, ya que son medidos en piezómetros de poca profundidad, no permitiendo conocer que pasa con la totalidad de la columna de agua subterránea.

Respecto del comportamiento de los niveles lagunares y niveles freáticos, estos presentan en general variaciones leves, ya sea de aumento o disminución, dependiendo de la ubicación espacial y del período analizado. Las mediciones realizadas en el sector norte del sistema lagunar presentan niveles freáticos más estables, mientras que las mediciones ubicadas en el sector sur de las lagunas muestran variaciones de niveles mayores, mostrando algunos puntos una clara tendencia de descenso de nivel. Del total de puntos de medición

existentes en el sector se puede observar que 4 puntos tienen un aumento leve del nivel, en tanto que 12 puntos muestran una disminución de nivel.

Respecto de la cantidad de información disponible, para los niveles freáticos se contó con una mayor cantidad de datos para el período 2013 – 2019 debido al inicio del monitoreo ambiental de parte de una de las empresas que opera en el sector, la que realizó la instalación de varios piezómetros someros en el sector. Anteriormente solo existían pocos piezómetros para medir los niveles en los alrededores de las lagunas.

Con respecto al factor ambiental niveles lagunares, entre los años 1995 a 2018 para la laguna La Brava, los niveles presentan disminuciones leves, en cambio, para el período entre 2016 a 2019 se evidencian aumentos leves. En tanto para la laguna La Punta, se estimó para el período entre los años 1995 a 2018, una disminución de los niveles, tendencia que se invierte desde el 2018 en adelante.

Los valores de conductividad eléctrica de la superficie de las lagunas presentan aumentos para el período que va entre los años 2016 a 2019 en laguna La Punta, lo que no venía ocurriendo para las mediciones que se iniciaron en 1998.

En relación al factor ambiental superficie lagunar, se realizó un análisis de las superficies mediante imágenes satelitales para el periodo comprendido entre los años 1985 a 2019. En análisis de la superficie lagunar se realizó por estaciones (verano-invierno, primavera-otoño). En general, los valores de superficie lagunar para cada temporada presentan una tendencia de disminución. Esta tendencia de disminución es mayor durante invierno, seguido de otoño, estimándose para estas dos un cambio porcentual alto de rango entre -78,3% a -59,46%, desde el inicio hasta el final del período. En cambio, durante verano y primavera, los valores presentan una tendencia de disminución menor, siendo el cambio porcentual para éstas, entre -53,09% a -51,53%.

Para la superficie de agua de dilución salina (localizada en el borde sur del núcleo del Salar) se obtuvo a través del análisis estadístico que la tendencia es contraria a la de las superficies lagunares. Se observó una tendencia de aumento no significativo en otoño e invierno, durante el período entre los años 1985 a 2019.

Para completar el análisis de superficie lagunar, se añade que de acuerdo con los mapas de recurrencia de superficie lagunar total y profunda realizados a partir del análisis de imágenes satelitales desde 1985 a 2019, las mayores variaciones tanto de superficie lagunar total y profunda, ocurren en el sector noroeste de la laguna La Punta.

Con respecto a los análisis de las correlaciones estadísticas entre los factores ambientales, se estimó que la relación entre superficie lagunar total y niveles freáticos es baja, debido a que las correlaciones significativas entre estas variables son bajas.

Las correlaciones entre superficie lagunar total y niveles lagunares, desde 1995 a 2018 son levemente mayores.

De acuerdo con el análisis estadístico realizado, el factor modulador más relevante para los niveles freáticos y niveles lagunares sería la temperatura, ya que, las correlaciones con la temperatura de las estaciones meteorológicas Tilopozo y Rockwood-SCL durante el período 2013 a 2018, son en su mayoría altas.

Considerando que la mayoría de los niveles freáticos y niveles lagunares responden negativamente ante variaciones de temperatura, se deben tomar en cuenta los posibles escenarios proyectados por el Centro del Clima y la Resiliencia (CR2) de aumento de temperatura. En ese sentido, según los análisis realizados, la temperatura en la estación meteorológica EM-Tilopozo ha incrementado significativamente en 0.032°C por año, desde 2010 a 2017 (r^2=0.27, p-valor < 0,05) mientras que en EM-Rockwood &EM-SCL ha incrementado significativamente en 0.108°C por año desde 2009 a 2019 (r^2=0.38, p-valor < 0.001).

En relación a la precipitación, se observa que en la EM-Tilopozo los valores mensuales presentan una tendencia de disminución durante el período 2010 a 2017. Por otra parte, en EM-Peine y EM-Rockwood/SCL no se obtuvo un ajuste significativo para los períodos históricos analizados desde 1985 a 2019 y desde 1997 a 2019, respectivamente.

Se estima que existe una relación baja entre los niveles freáticos y niveles lagunares con la precipitación de acuerdo al análisis estadístico, ya que, se obtuvieron pocas correlaciones significativas, siendo bajas, moderadas y negativas, durante el período reciente 2013 a 2018.

Los niveles lagunares y las superficies lagunares son los factores ambientales abióticos más importantes del sistema La Punta y La Brava, siendo la superficie lagunar el factor ambiental que más ha disminuido durante el período histórico analizado desde 1985 a 2019.

En relación con el estado de salud de las lagunas, para sus variables estado niveles freáticos y niveles lagunares, estos permanecen dentro de un rango estable, con disminuciones y aumentos leves, salvo algunas excepciones monitoreadas en el borde de La Punta y en el sector sur de ambas lagunas.

En cambio para la variable superficie lagunar tanto profunda como total, se estimó estadísticamente que su estado ha variado durante el período histórico, desde 1985 a 2019, presentando una tendencia de disminución

alta durante invierno y otoño, y de media a alta en verano y primavera. Esto se da en menor grado para la superficie lagunar profunda.

8.2. Aguas superficiales

De acuerdo con la información recopilada y sistematizada proveniente de Albemarle, ex Rockwood Lithium, y Minera Escondida para las lagunas La Punta y La Brava, se observa que la calidad de las aguas se encuentra dentro de los rangos conocidos para este tipo de ecosistemas. Sin embargo, al evaluar el registro histórico de las variables se aprecia una pérdida de la calidad de ambas lagunas hacia el presente.

En relación a los resultados de caracterización química y física de las aguas superficiales se puede concluir que las condiciones abióticas favorecen el desarrollo de organismos que toleran condiciones extremas de temperatura, pH, conductividad y de concentraciones importantes de sólidos en solución tales como macroelementos, nutrientes y metales. Particularmente en la laguna La Brava, en que la mayoría de los parámetros superan a las concentraciones registradas en La Punta.

Los rangos de temperatura registrados para estas lagunas son muy amplios, debido a que la mayoría de las mediciones de temperatura son realizadas durante el día, por lo que los rangos de temperatura a los que están expuestos los organismos serían incluso mayores a los reportados.

Las lagunas La Brava y La Punta muestran aguas con valores de pH que varían desde neutros hasta moderadamente alcalinos en La Brava y desde moderadamente ácidos hasta moderadamente alcalinos en La Punta, según la clasificación de Hounslow (1995). También destacan amplios rangos de oxígeno disuelto, presentando concentraciones inferiores a 6 mg/L, las que son consideradas por la literatura como no aptas para la preservación de la biota acuática, (Nodarse and Montalvo, 2010). Otra característica importante en estos cuerpos de agua son las elevadas conductividades características de concentraciones altas de sólidos totales disueltos, registrando La Brava conductivavdes muy superiores a La Punta, tal como ya discutía CEA en el Plan de Manejo Biótico de Albemarle (2015).

Respecto a los valores señalados de salinidad a lo largo del período estudiado, estos indican que las aguas de la laguna La Brava son clasificadas desde salinas a hipersalinas de acuerdo a sus concentraciones de sólidos totales disueltos, mientras que las de la laguna La Punta son consideradas desde hiposalinas hasta salinas, según la clasificación de salinidad de cuerpos de agua establecida en Davis et al., 2003.Resultado consistente con las conductividades registradas, dada la alta correlación entre ambos parámetros.

Las características de estas aguas es que son dinámicas y heterogéneas en el espacio y el tiempo, habiéndose presentado aguas desde hiposalinas hasta hipersalinas en estos sistemas. Por lo general, mayoritariamente se trata de condiciones de hipersalinidad.

Respecto a la composición iónica predominante en las aguas de La Punta y La Brava es clorurada sódica, presentándose en ambas lagunas elevadas concentraciones de los elementos boro, litio y arsénico.

Las series temporales de los parámetros *in situ*, muestran que los valores para todas las variables son sostenidamente mayores para La Brava, pero que consecuentemente, a partir de 2016/2017, los valores de La Punta se tornan mayores con una tendencia al incremento, exceptuando al oxígeno disuelto que disminuye. En tanto, las series temporales de sólidos totales disueltos, carbonatos y sulfatos también tienden a ser mayores en La Brava, aunque con la clara distinción de la variable alcalinidad, cuyos valores son mayores para La Punta. Lo más notable de este conjunto de series es la progresiva (abrupta en el caso de bicarbonato) disminución de concentración en torno a 2004-2006 hacia adelante. Esto coincide con la disminución en la tasa de precipitaciones entre 2004 y 2010. A partir de 2010 algunas concentraciones tienden a aumentar levemente en concordancia con precipitaciones más frecuentes e intensas.

Respecto de las correlaciones entre variables químicas se destacan los parámetros *in situ*, mostrando correlación entre variables tales como salinidad y conductividad, temperatura y oxígeno disuelto, entre otros que refuerzan la utilización de estos parámetros para determinar la calidad de las lagunas ya que se relacionan además con los procesos biológicos que se desarrollan al interior de cada laguna. Los macroelementos muestran las más altas correlaciones al interior de las lagunas, lo que tiene sentido químico, sin embargo, se registran numerosas correlaciones de parámetros entre las lagunas, no lográndose establecer un vínculo entre los mecanismos químicos que pudieran explicar dichas correlaciones.

En cuanto a las comunidades biológicas, se observó presencia abundante de copépodos calanoideos identificada *Boeckella* (Daday, 1902), las cuales habitan condiciones ambientales extremas como alta exposición a la radiación solar y altos niveles de salinidad y condiciones extremas de temperatura. Se ha descrito que los niveles de salinidad son un importante factor regulador de las estructuras comunitarias del zooplancton, determinando una baja riqueza de especies (De Los Ríos & Crespo, 2004), encontrándose una relación inversa entre la salinidad y la riqueza de zooplancton.

Además, se estimó un marcado predominio de copépodos tanto Cyclopoideos como Harpacticoideos (*Atteyella sp*). Es importante destacar la presencia de harpacticoideos principalmente de la familia Canthocamptidae del

género *Attheyella* Brady 1880, el cual es un taxón de amplia distribución geográfica (Hadel, 1986). Este género junto con sus copepoditos, están presentes en casi todos los sistemas lagunares salinos e hipersalinos.

Finalmente, la comunidad zooplanctónica podría ser afectada mayormente por parámetros como la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, la salinidad y otros sólidos disueltos que producen cambios en la calidad de agua de las lagunas. Pese a este patrón general y a que las lagunas La Punta y La Brava presentan diferencias en su calidad físicoquimica, el zooplancton no registra diferencias significativas entre lagunas para los parámetros de densidad, riqueza y diversidad. Un factor importante a considerar en este tipo de análisis es la baja cantidad de entidades taxonómicas registradas en general y el nivel de resolución taxonómica menor respecto de otros grupos como las microalgas, lo que se refleja en comunidades aparentemente más homogéneas. Por su parte, el zoobentos es una comunidad que, al igual que el zooplancton, presenta baja cantidad de entidades taxonómicas, las que son determinadas a nivel de familia o género, por lo que también se muestra una composición homogénea. En este caso, el zoobentos muestra una disminución de la diversidad, forzado principalmente por una disminución muy importante de la densidad de individuos pese a un aumento en su riqueza.

En el caso de las microalgas, tanto en las comunidades bentónicas como planctónicas, domina la clase Bacillariophyceae (diatomeas). Este grupo es muy diverso, particularmente en sistemas hipersalinos de altura, lo que es registrado por los monitoreos en el sistema La Punta y La Brava. Cabe señalar que este grupo se encuentra también formando parte de los microorganismos extremófilos, considerados como la principal comunidad biológica estructuradora de hábitat en este tipo de ecosistemas. El fitoplancton, al igual que el zooplancton, no registra diferencias significativas entre lagunas para ninguno de los parámetros considerados, sin embargo, el fitobentos presenta diferencias significativas para la riqueza taxonómica y diversidad entre las lagunas La Punta y La Brava. Cabe señalar que en general la tendencia de las series temporales de las comunidades microalgales es negativa para la diversidad del fitobentos y la riqueza y diversidad del fitoplancton en ambas lagunas. A pesar de esta tendencia significativa el segundo semestre de 2018 y el primer semestre de 2019 particularmente el fitoplancton muestra un interesante aumento respecto del resto de la serie temporal.

Las correlaciones entre comunidades biológicas microalgales muestran patrones inversos para la Laguna La Punta y Laguna La Brava respecto de su diversidad. La diversidad del fitoplancton y fitobentos de La Punta presentan una alta correlación negativa significativa, en cambio la diversidad del fitoplancton y fitobentos de la laguna La Brava muestran una alta correlación positiva significativa. En cambio, las comunidades de invertebrados bentónicos y planctónicos muestran en la laguna La Punta solo correlaciones negativas entre algunos parámetros de los otros grupos biológicos, por ejemplo, la densidad del zoobentos se correlaciona

negativa y significativamente con la riqueza y diversidad del fitoplancton, la riqueza del zoobentos negativa y significativamente con la diversidad del fitoplancton, la riqueza y diversidad del zooplancton negativa y significativamente con la diversidad del fitoplancton y con la densidad del zoobentos. Estas correlaciones negativas son explicadas por interacciones biológicas de depredación y competencia entre las comunidades, por lo que tiene total sentido ecológico. Sin embargo, en La Brava se registran algunas correlaciones positivas significativas entre las comunidades, por ejemplo, la densidad del zoobentos con la densidad del fitobentos y la riqueza del fitoplancton y también la correlación positiva de la diversidad y riqueza del zooplancton con la densidad del fitobentos. Estas correlaciones podrían deberse al mayor desarrollo de tapetes microbianos en la Laguna La Brava, el que concentra una gran cantidad de microalgas bentónicas aumentando la disponibilidad de alimento.

Fueron realizados dos análisis multivariados, ACP y CCA. Como resultado del ACP es posible reconocer cuatro asociaciones de variables. El primero consta de valores negativos asociados a observaciones de inverno y corresponde a mayor nivel lagunar, nivel freático y oxígeno disuelto. El grupo de variables opuesto al primero se asocia con observaciones de verano y consta de mayor conductividad, temperatura, precipitación, superficie de dilución salina, concentración de carbonato (La Brava), e ion cloruro (La Brava). Un tercer grupo consta de variables tales como superficie lagunar total, concentración de bicarbonato, sólidos totales suspendidos y concentración de amonio. Finalmente, el cuarto grupo contempla las variables sulfato, cloruro y carbonato de La Punta, nivel lagunar LP08, nitratos y nitritos y alcalinidad de La Punta. El primer componente principal está siendo influenciado por procesos relacionados con fluctuaciones en temperatura y evapotranspiración, de modo que el nivel de las lagunas es un importante modulador de las variables físicoquimicas a medida que responde a los cambios intraanuales e interanuales de temperatura. En tanto, se podría postular que procesos biológicos asociados al nivel de las lagunas, podrían estar modulando las variables segregadas por el segundo componente principal, el que es más complejo de descifrar ya que solo explica un 15.1% de la varianza y separa variables sin una relación directa. Esto porque el desarrollo biológico se asocia en general a valores negativos del segundo componente principal.

El CCA muestra componentes influenciados por las variables asociadas a los primeros componentes del ACP. De los resultados observados es posible concluir para las comunidades biológicas que tanto la densidad, diversidad y riqueza del fitobentos y fitoplancton se ven favorecidos por condiciones “invernales”, o de mayor nivel agua, mientras que condiciones tipo-verano favorece la densidad, diversidad y riqueza del zooplancton.

Respecto de las condiciones de referencia, se utilizaron distintos criterios para las variables hidrogeológicas y para las variables de las lagunas superficiales. En el primer caso se tomó como criterio base el establecido en

la Sección XII “Observaciones al Anexo III: Plan de contingencia modificado”, de la Adenda II- EIA Cambios y mejores de la operación minera en el Salar de Atacama de SQM, cuyo principio es mantener el sistema dentro de su variación histórica, para lo cual se tomó como condición de referencia el penúltimo valor más bajo de la data histórica disponible por estación (verano e invierno), para los puntos de monitoreo de niveles lagunares. En cambio, para las variables físicoquimicas *in situ* y de laboratorio de las lagunas se utilizó el criterio de fijar como valores de referencia superior e inferior los que limitan la distribución del 90% de los datos de cada parámetro (5% y 95%), separados en inviernos y veranos para cada laguna. Esto porque en muchos casos 2 desviaciones estándar superaban los mínimos y máximos registrados, y porque estos valores extremos se ven influenciados por múltiples factores que puedan provocar *outliers*. ***Cabe destacar que estos valores operacionales de referencia tienen muchos supuestos implícitos por lo que se recomienda utilizar con precaución. Esto porque para establecer valores de referencia con alto nivel de confianza es necesario realizar monitoreos sistemáticos a un conjunto de lagunas de similares características con metodologías estandarizadas de muestreo y análisis, estacionalmente y por un tiempo prolongado para evaluar su variabilidad interanual***.

En el caso de las variables bióticas se recomienda utilizar la composición taxonómica como referencia siempre y como complemento monitorear los indicadores comunitarios que tienen un enfoque más conservacionista y no son necesariamente indicadores de salud del ecosistema. Esto porque, tal como se explicó en el capítulo correspondiente, es posible encontrar una alta diversidad, con altas densidades de un alto número de especies que responden favorablemente a perturbaciones que implican una mala calidad. Pese a ello se entregan las tablas con los valores que, al igual que en los parámetros físicoquimicos, delimitan el 90% de distribución de los datos obtenidos para los tres parámetros que se evalúan regularmente y que deben siempre complementar el análisis de la composición taxonómica de las comunidades biológicas.

Por todo lo antes expuesto, es posible concluir que las lagunas La Punta y La Brava muestran un deterioro en su calidad ambiental, disminuyendo los espejos lacustres, la disponibilidad de agua y desmejorando su calidad físicoquimica, lo que repercute en una pérdida de diversidad de las comunidades biológicas. Se requiere robustecer el monitoreo en el tiempo, extendiendo el rango tempotral en las estaciones de muestreo históricos, considerando una estandarización en las metodologías de muestreo y análisis de las distintas variables propuestas como forzantes y de las variables respuesta propuestas en este estudio.

9. REFERENCIAS

Amakaik, 2018. Estudio de un modelo conceptual ecológico para la cuenca del Salar de Atacama. Proyecto Financiado por Minería No Metálica, CORFO. Santiago de Chile, Chile.

Araya, J., Zuñiga, L. 1985. Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. Boletín Informativo Limnológico. Valdivia Chile. Pág. 110.

Arango, M., Branch, J., Botero, V. (2005). Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "Landsat-ETM+". Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín.Vol.58, No.1. pp.2624-2625.

Arocena, R. Conde, D. 1999. Métodos en ecología de aguas continentales con ejemplos de Limnología en Uruguay. DI.R.A.C. - Facultad de Ciencias. Universidad de la República, Uruguay 233.

APHA, AWWA, WEF. Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association, 1995.

Bilotta, S. A., & Brazier, R. E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and biota. Water Res, 42, 2849–2861.

CEA, 2015. Anexo 2: Plan De Manejo Biótico. In Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta (pp. 1–158).

CEDREM, 2017. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Informe N°2 Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico 2016. Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N°21/2016 (pp. 20-25).

Chapman, M.A., Burns C.W. 1976. Sexual and other differences in copepodite stages of some New Zealand *Calamoecia* and *Boeckella* spp. (Copepoda: Calanoida). New Zealand Journal of marine and Freshwater research 10 (1) 131-137.

Chavez, P. (1996). Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62, 1025-1036.

Congedo Luca (2020). Semi-Automatic Classification Plugin Documentation.

DGA & GCF, 2010. Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama. II Región (pp. 26).

Davis, J.A., Mcguire, M., Halse, S.A., Hamilton, D., Horwitz, P., Mccomb, A.J., Froend, R.H., Lyons, M., Sim, L. (2003**).** What happens when you add salt: predincting impacts of secondary salinization on shallow aquatic ecosystems by using alternative states model. Australian Journal of Botany 51, 715-724.

De losRíos, P. & Zúñiga, O. 2000. Comparación biométrica del lóbulo frontal en poblaciones americanas de *Artemia* (Anostraca, Artemiidae). Revista Chilena de Historia Natural 73(1):31-38.

De los Ríos, P., Crespo J.E., 2004. Salinity effects on the abundance of *Boeckella poopoensis* (Copepoda, Calanoida) in saline ponds in the Atacama Desert, northern Chile. Crustaceana, 77: 417-423.

De los Ríos, P., Salgado, I. 2012. *Artemia* (Crustacea, Anostraca) in Chile: a review of basic and applied biology. Latin American Journal of Aquatic research 40: 487-497.

De los Ríos-Escalante, P. 2010. Crustacean Zooplankton Communities in Chilean Inland Waters. Crustaceana Monographs, 12. Koninklijke Brill NV, Leiden.

De los Ríos-Escalante, P., Meruane, J., Morales, M.C., Rudolph, E., Fuentealba. C., Boxshall G. 2013. Zoogeography of Chilean inland water crustaceans. Latin American journal of aquatic research, 41: 846-853.

Derry, A.M., Hebert P.D.N., Prepas, E.E. 2003. Evolution of rotifers in saline and subsaline lakes: A molecular phylogenetic approach. Limnology & Oceanography, 48: 675–685.

Dorador, C., Pardo, R. Vila, I. 2003. Variaciones temporales de parámetros físicos, químicos y biológicos de un lago de altura: el caso del lago Chungará. Revista Chilena de Historia Natural, 76: 15-22.

GANNON, J.E. & R.S. STEMBERGER. 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Trans. Amer. Microsc. Soc.* 97:16.

Geomática Ambiental, s.f. Característica Landsat 4,5, 7 y 8. Especialista teledetección con Arcgis.

Guzmán, J.A., Sielfeld W., 2009. Dieta de *Orestias agassii* (cuvier & valenciennes, 1846) (Teleostei: Cyprinidontidae) del salar del Huasco, norte de Chile. Gayana, 73: 17-27.

Hadel, V.F., 1986. Two new species of *Attheyella* (Copepoda: Harcpactoidea: Canthocapmtidae) from Bromeliads of the Serra Da Jureia (Sao Paulo, Brasil). Journal of Crustacean Biology 6: 777-778.

Hounslow, A. (1995). Water quality data analysis and interpretation. Lewis Publishers. United States of America.

Hurlbert, S.H., Loayza, W., Moreno, T. 1986. Fish-flamingo-plankton interactions in the Peruvian Andes. Limnology & Oceanography, 31: 457-468.

Jaksic, F. 1997. Ecología de los vertebrados de Chile. Primera edición. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 262 pp.

Jones, N., Ross, H., Lynam, T., Perez, P., & Leitch, A. (2011). Mental models: an inter- disciplinary synthesis of theory and methods. Methods. Ecol, 16, 1–46.

Nodarse, I.C. & Montalvo, S. (2010). Agua calidad y contaminación. Desde un enfoque Químico Ambiental.

Moya, C., Rojas, C., Herrera, C., & Troncoso, R. (2009). Caracterización hidroquímica de las aguas superficiales del Río Huasco. Santiago, 22, S1_022.

Moya, C., Rojas, C., Herrera, C., & Troncoso, R. (2009). Caracterización hidroquímica de las aguas superficiales del Río Huasco. Santiago, 22, S1_022.

Pennak RW. Fresh-water invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca. 3rd edition. Wiley. 1989

Peña, H., Grilli, A., Salazar, C., Orphanopoulos, D., Suzuki, O., Aravena, R., Rauert A., (1989) Isotope hydrology investigation, area of the Salar de Llamara, Atacama Desert, Chile. (IAEA-TECDOC--502). International Atomic Energy Agency (IAEA).

Minera Escondida Ltda. (2019). Anexo G, Análisis de las imágenes satelitales. Plan de Alerta Temprana para Acuifero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo (pp.11-50).

Pramar ambiental (s, f). Sección XII Observaciones al Anexo III: Plan de contingencia modificado. Adenda II EIA Cambios y mejoras de la operación minera en el Salar de Atacama (pp.120-125).

Ramírez, A. y Viña, G., 1998. *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de Análisis*, BP Exploration - Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santafé de Bogotá.

ROLDAN, G., 2003.- Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMW`P/ Col. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 1era. Edición. pp. 1-Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMW`P/ Col. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 1era. Edición. pp. 1-170.

Sánchez, J. (s, f). Correlación lineal y regresión. Departamento Geología Universidad Salamanca. Recuperado de http://web.usal.es/javisan/hidro

SEA (2012). Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA (pp.61).

Szmidt, E., & Kacprzyk, J. (2011). The Spearman and Kendall rank correlation coefficients between intuitionistic fuzzy sets. European Society for Fuzzy Logic and Techonology, (October 2014), 521–528. https://doi.org/10.2991/eusflat.2011.85

Soetaert, K., & Herman, P. M. J. (2009). A Practical Guide to Ecological Modelling. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8624-3

Villalobos, L. 2006. Estado del conocimiento de los crustáceos zooplanctónicos dulceacuícolas de Chile. Gayana 70: 31-39.

Willamson, C.E., Reid, J.K. 2001. Copépoda. En: Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, Thorp J.H. & Covich A.P. Editores, 2° ed. Pág: 915-951. Academic Press. San Diego, California. Estados Unidos.

Zúñiga, O.; Wilson, R.; Amat, F. & Hontoria, F. 1999. Distribution of Chilean populations of the brine shrimp *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca). International Journal of Salt Lake Research 8(1):23-40.

10. ANEXOS

Anexo I Bases de datos de componentes Bióticos y Abióticos

Anexo II Documentos a utilizar (actualizado)

Anexo III Biblioteca de Imágenes Satelitales

Anexo IV SIG

Anexo V Minutas de reuniones