De: Belén Céspedes <>
Enviado el: sábado, 15 de junio de 2024 13:24
Para: DS Lista Sitios
CC: fernanda romero gárate
Asunto: Información Altos de Cantillana

Estimada Seremi Medio Ambiente de la Región Metropolitana
Sonia Reyes Packe

Mediante el presente, adjunto antecedentes del sitio prioritario cordón de Cantillana.
Consideramos que este corresponde a un sitio que debe ser considerado como primera prioridad a nivel nacional por ser el primero de la Región Metropolitana, y encontrarse actualmente en un buen estado de conservación, enfrentándose a múltiples amenazas.
Le pedimos cordialmente que considere estos antecedentes de biodiversidad que han sido recabados en los últimos años.

Cordón de Cantillana _ Sitio Prioritario

Atentamente,

--

Belén Céspedes Parada

Asistente de Coordinación

ONG Corporación de Desarrollo Altos de Cantillana

BIOTA LIQUENOLÓGICA DE LA RESERVA NATURAL ALTOS DE CANTILLANA

Xanthopeltis rupicola, Crédito fotografía: Reinaldo Vargas C.

Preparado por
REINALDO VARGAS CASTILLO

Santiago, 04de Febrerode 2018

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo Título

1 INTRODUCCIÓN 3
1.1 Alcance del Estudio 3
1.2 Antecedentes generales 3
2 OBJETIVOS 4
2.1 Objetivo general 4
2.2 Objetivos específicos 4
3 METODOLOGÍA 4
3.1 Muestreo del componente biota liquenológica 4
3.2 Análisis de laboratorio 8
3.3 Procesamiento de la información 8
4 RESULTADOS 10
4.1 Revisión bibliográfica 10
4.2 Identidad y clasificación sistemática 11
4.3 Distribución en el gradiente altitudinal 14
4.4 Estados de conservación 23
4.5 Distribución biogeográfica 24
5 CONCLUSIONES 27
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 28

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A- CATÁLOGO TAXONÓMICO DE LA BIOTA LIQUENOLÓGICA REGISTRADA EN EL AI 33
ANEXO B– DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES Y TOTAL DE ESPECIES POR PUNTO DE MUESTREOREGISTRADO EN EL AI 39
ANEXO C– ANEXO FOTOGRAFICO DE ESPECIES OBSERVADAS EN LA RESERVA 50

Folio009194

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1. COORDINADAS GEOGRÁFICAS (DATUM WGS 84) DE LOS PUNTOS DE MUESTREO. 5
TABLA 4.1. RESUMEN TAXONÓMICO DE LOS LÍQUENES REGISTRADOS EN LA RESERVA. 11
TABLA 4.2 ESPECIES EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN SEGÚN QUILHOT *ET AL*. (1998). 24
TABLA 4.3 DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA DE LOS LÍQUENES REGISTRADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA. 26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3.1. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LÍQUENES EN LA RESERVA 7
FIGURA 4.1. RIQUEZA DE ESPECIES POR PUNTO DE MUESTREO EN LA RESERVA. 14
FIGURA 4.2. RIQUEZA DE ESPECIES POR PUNTO DE MUESTREO ORDENADOS POR ALTITUD EN MSNM. 15
FIGURA 4.3. RIQUEZA DE ESPECIES POR NIVEL ALTITUDINAL. 16
FIGURA 4.4. RIQUEZA DE ESPECIES POR PUNTO EN CADA NIVEL ALTITUDINAL. 17
FIGURA 4.5. ANÁLISIS DE COORDENADAS PRINCIPALES DE LAS ESPECIES DE LÍQUENES POR PUNTO EN CADA NIVEL ALTITUDINAL. 19
FIGURA 4.6. RIQUEZA DE ESPECIES SEGÚN PISO VEGETACIONAL. 20
FIGURA 4.7. RIQUEZA DE ESPECIES POR PUNTO EN CADA NIVEL ALTITUDINAL. 21
FIGURA 4.8. ANÁLISIS DE COORDENADAS PRINCIPALES DE LAS ESPECIES DE LÍQUENES POR PUNTO EN CADA PISO VEGETACIONAL. 22
FIGURA 4.9. PREFERENCIA DE SUSTRATO DE LAS ESPECIES DE LÍQUENES PRESENTES EN LA RESERVA. 23
FIGURA 4.10 RELACIÓN PORCENTUAL DE LA DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA DE LAS ESPECIES PRESENTES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA. 26

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Alcance del Estudio

A continuación, se presenta el estudio de línea de base del componente biotaliquenológica de la Reserva Natural Altos de Cantillana.Se presentan los objetivos generales y específicos asociados al estudio, la metodología utilizada y los resultados de la caracterización del componente, junto con sus conclusiones, poniendo énfasis en la presencia de especies de importancia nacional, ya sea por su acotada distribución, interés científico o por propuestas referentes a categorías de conservación.

1.2 Antecedentes generales

1.2.1 Definiciones

La biota liquenológica forma parte de la micobiota, la que se puede definir de forma general como el conjunto de organismos fúngicos u hongos presentes en un espacio determinado y en un periodo de tiempo determinado (Kirk *et al.* 2008).

Desde el punto de vista sistemático actual, los grupos tradicionalmente conocidos como hongos no se encuentran cercanamente relacionados entre sí y estarían conformados por representantes de, al menos, tres reinos distintos: Fungi, Stramenopila y Protozoa (Alexopoulos *et al.* 1996, Webster & Weber 2007). Para el caso de los líquenes, estos corresponden siempre a representantes del Reino Fungi.

Respecto a los llamados hongos liquenizados o líquenes, estos corresponden a la asociación usualmente denominada como ectosimbiótica entre un hongo, llamado micobionte, y un simbionte fotosintético, denominado fotobionte (Ahmadjan 1993), aunque trabajos recientes indican la presencia de un tercer componente fúngico de carácter constitutivo en algunos taxonómicos particulares, como los representantes de la familia Parmeliaceae (Spribille *et al.* 2016). El simbionte fotosintetizador, puede ser una cianobacteria o, como ocurre en la mayoría de los casos, un representante del Phylum Chlorophyta (Friedl & Büdel 2008). De la interacción entre el micobionte y el fotobionte se genera un cuerpo vegetativo (o talo) con estructura y fisiología estables y específicas, denominado holobionte (Honegger 1993). En líquenes, se estima que este holobionte corresponde al individuo, aun cuando pudieran existir más de un genotipo de micobionte y/o fotobiontes dentro de este cuerpo vegetativo.

En el caso de los micobiontes, estos son simbiontes obligados o constitutivos, dado que necesitan, para llegar a la madurez y reproducirse de manera sexual o asexual, el estar asociados a sus fotobiontes. En el caso de los fotobiontes, son simbiontes facultativos, dado que pueden presentarse de vida libre y completar sus ciclos biológicos sin la necesidad obligada de asociarse a hongos liquenizados (Beck *et al.* 1998). El tercer componente (hongo secundario), se presenta también como simbionte obligado, aunque su transversalidad en todos los grupos de líquenes aún debe ser probada (Spribille *et al.* 2016). No obstante lo anterior, es el componente fúngico primario, el elemento más importante (o de mayor preponderancia) en la asociación, el cual puede asociarse a diferentes algas dependiendo de las condiciones ambientales (Vargas & Beck 2012) y es el organismo al cual se le asigna la identidad del talo u holobionte (Henssen & Jahns 1973).

Folio009196

La liquenización, a su vez, se puede considerar como la forma que ocupan los hongos, que son organismos obligadamente heterótrofos (es decir, absorben nutrientes del medio para su alimentación), para la adquisición de nuevas propiedades y formas de nutrición, como la autotofría (Barreno 1998). Esta característica les ha permitido ser parte constitutiva de casi todos los ambientes donde la vida es posible (De Vera 2012, Sancho *et al.* 2006, Brandt *et al.* 2015).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo es realizar un estudio de descripción, caracterización y análisis de labiotaliquenológicapresente en la Reserva Natural Altos de Cantillana en su extensión altitudinal, con especial énfasis en una zona prioritaria definida por la Reserva.

2.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Identificar las especies de líquenes presentes en la Reserva Natural Altos de Cantillana.
- Determinar la riqueza[1] de líquenes presentes en Reserva Natural Altos de Cantillana.
- Determinar el estado de conservación y endemismo de las especies registradas en Reserva Natural Altos de Cantillana.
- Analizar la distribución biogeográfica de las especies de líquenes presentes en Reserva Natural Altos de Cantillana.

3 METODOLOGÍA

3.1 Muestreo del componente biota liquenológica

Para la caracterización de la biota liquenológica de Reserva Natural Altos de Cantillana se realizó 1 campaña de recolecta realizada entre el 1 y el 3 de septiembre 2017. En particular, se consideró el análisis de los elementos indicados en los objetivos para una zona sujeta a un Plan de Compensación de Emisiones (PCE) en la Quebrada el Cepillo. Junto con esto, se consideraron una serie de puntos a lo largo del gradiente altitudinal que ofrece la Reserva.

Para fines de caracterizacion de la biota liquenologicase consideraron un total de 26 puntos de muestreo entre los 300 y ~2.000 msnm, utilizando parcelas circulares de 10m de radio, cubriendo un área total aproximada de 314m^2 por punto de muestreo, alrededor de un centroide establecido de manera arbitraria, siguiendo las recomendaciones de Will-Wolf *et al*. (2004). Los puntos muestreados representan las formaciones vegetacionales presentes, considerando para esto la propuesta de Luebert & Pliscoff (2006), así la presencia como diferentes sustratos para el establecimiento de los líquenes, tanto sobre

[1]Entendido como el número total de taxa presentes en un área determinada

sustratos saxícolas (rocas), epífitos (sobre la corteza de plantas) o terrícolas (en el suelo). Una vez establecido el punto, se evaluaron todos los sustratos disponibles para el establecimiento de líquenes. Junto con esto, algunos puntos corresponden a colectas aleatorias en zonas de difícil acceso o sectores que fueron visitados por guardaparques (*e.g*. **P01**, **P02**, **P26**).

En la **Tabla 3.1** se presentan los puntos muestreados. En la **Figura** 3.1 se presenta la distribución de los puntos de muestreo en la Reserva.

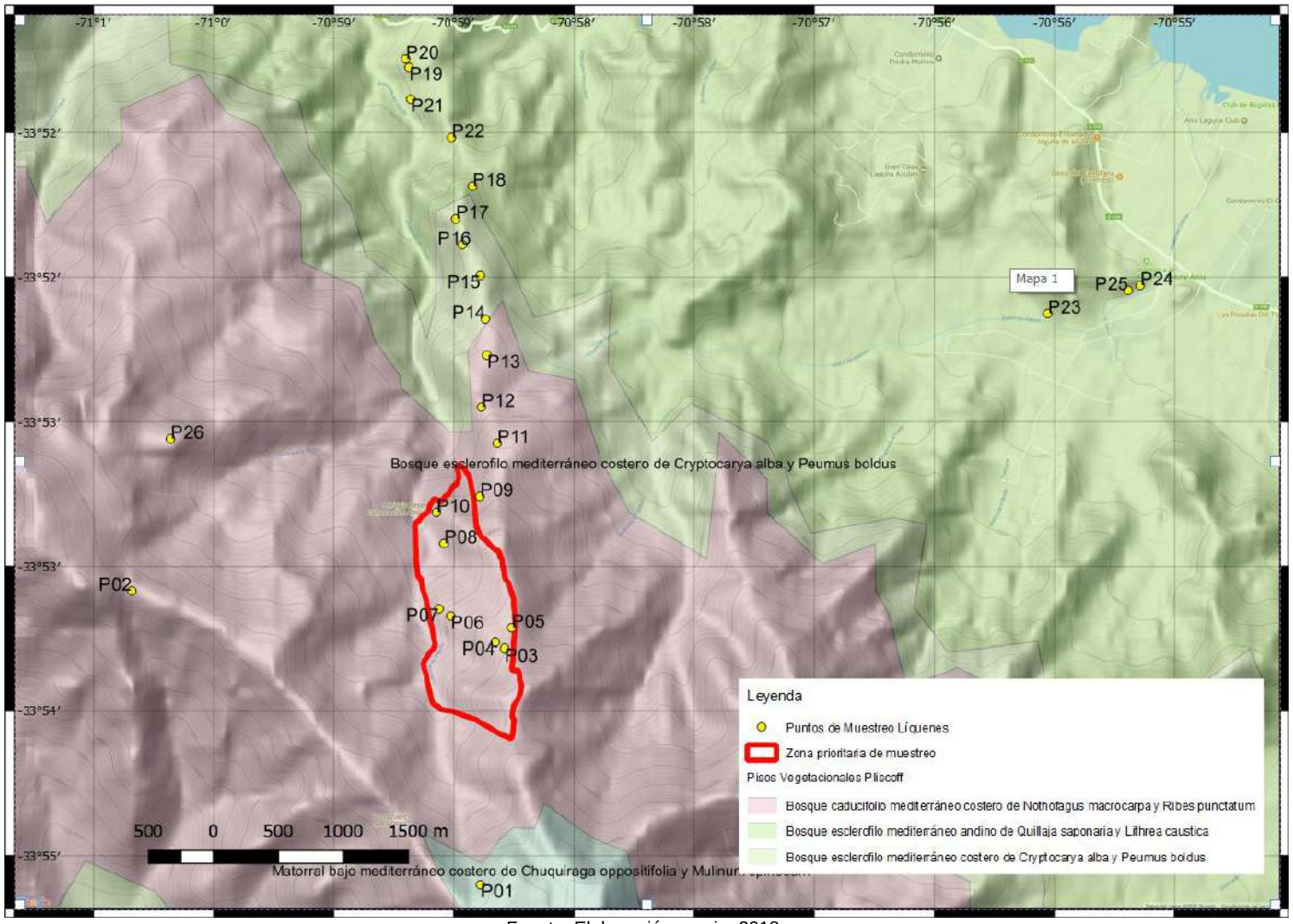
Tabla 3.1. Coordinadas geográficas (Datum WGS 84) de los puntos de muestreo.

Punto de muestreo	Coordenadas geográficas		Altitud	Formación Vegetacional
	Latitud	Longitud		
P01	-33,91197	-70,97775	2.080	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P02	-33,89170	-71,00679	1.861	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P03	-33,89567	-70,97573	1.582	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P04	-33,89523	-70,97652	1.558	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P05	-33,89427	-70,97517	1.546	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P06	-33,86035	-70,98023	1.415	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P07	-33,89295	-70,98120	1.383	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P08	-33,88844	-70,98080	1.263	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P09	-33,88518	-70,97781	1.238	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P10	-33,88629	-70,98143	1.237	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P11	-33,88150	-70,97636	1.182	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P12	-33,87900	-70,97767	1.077	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P13	-33,87540	-70,97721	1.038	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P14	-33,87290	-70,97734	988	Bosque esclerofilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus
P15	-33,86989	-70,97775	931	Bosque esclerofilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus
P16	-33,86776	-70,97924	920	Bosque esclerofilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus
P17	-33,86597	-70,97982	895	Bosque esclerofilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus
P18	-33,86372	-70,97842	811	Bosque esclerofilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica
P19	-33,85550	-70,98369	629	Bosque esclerofilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica
P20	-33,85491	-70,98398	620	Bosque esclerofilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica
P21	-33,85769	-70,98355	600	Bosque esclerofilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica
P22	-33,86056	-70,98281	593	Bosque caducifolio mediterráneo costero de

Tabla 3.1. Coordinadas geográficas (Datum WGS 84) de los puntos de muestreo.				
Punto de muestreo	**Coordenadas geográficas**		**Altitud**	**Formación Vegetacional**
	Latitud	**Longitud**		
				Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum
P23	-33,87253	-70,93058	450	Bosque esclerofilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica
P24	-33,87058	-70,92290	400	Bosque esclerofilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica
P25	-33,87092	-70,92389	381	Bosque esclerofilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica
P26	-33,88120	-71,00358	1.675	Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 3.1. Ubicación de los puntos de muestreo de líquenes en la Reserva



Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2 Análisis de laboratorio

Las colecciones de hongos liquenizados fueron enviadas al Herbario Federico Johow del Departamento de Biología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE) para su curación y posterior análisis e identificación. Las muestras se conservaron por 24 horas a 40 °C en estufas de secado con flujo de aire para eliminar la humedad y evitar la aparición de hongos degradadores oportunistas que impidan el análisis de las características morfológicas.

La identificación del material fue llevada a cabo a través del análisis de la morfología externa con lupa estereoscópica modelo Leica S6D. Junto con esto, se llevaron a cabo análisis de la anatomía de los individuos a través de secciones transversales de estructuras vegetativas y reproductivas, las que fueron observadas, evaluadas y medidas con un microscopio óptico modelo Leica DM500. Estos equipos están acoplados a una cámara CMOS MD90 (MshOt Microscopy Imaging Expert) o una cámara Nikon D3200.

Para el análisis anatómico se utilizaron diferentes medios de montaje, tales como: agua destilada, soluciones saturadas de hidróxido de sodio (KOH) al 10% y 25%, solución lugol comercial y azul de algodón al lactofenol comercial. Además, y específicamente para reconocer algunos caracteres químicos en hongos liquenizados, se utilizaron soluciones saturadas de KOH al 10% y al 25%, una solución acuosa de hipoclorito de sodio al 5%, una solución alcohólica de parafenilendiamina, y una solución acuosa de ácido nítrico concentrado al 60%. Finalmente, y en materiales seleccionados, se procedió a la realización de análisis químicos de presencia/ausencia de compuestos químicos particulares a través de cromatografías de capa fina siguiendo la metodología propuesta por Orange *et al.* (2001) y con la ayuda de literatura especializada (Elix 2014). Con la información recabada se procedió a la identificación de las especies mediante apoyo bibliográfico.

Todas las muestras recolectadas y debidamente rotuladas se almacenaron en cajas para su futura herborización y potencial ingreso al Herbario Federico Johow (UMCE).

3.3 Procesamiento de la información

Los organismos registrados para el área de influencia fueron caracterizados y analizados según los siguientes atributos:

3.3.1 Revisión bibliográfica

Se entrega una breve revisión bibliográfica de la literatura más relevante para el área de estudio, junto con el estado del conocimiento del grupo en el área.

3.3.2 Identidad y clasificación sistemática

Los datos de carácter taxonómico obtenidos de las distintas entidades recolectadas fueron analizados en el laboratorio y se determinó la identidad de los ejemplares a nivel de especie o a nivel de género, según se contara con los caracteres taxonómicos apropiados para cada nivel, con ayuda de literatura especializada.

Las especies fueron caracterizadas según los niveles taxonómicos Phylum, Clase, Orden, Familia, Género y Especie (**ANEXO A**). Para la organización sistemática de las especies

se siguió el esquema de Hibbet *et al.* (2007), Lumbsch & Huhndorf (2010), Jaklitsch *et al.*(2016) y las recomendaciones del proyecto Assembling the Fungal Tree Of Life (AFTOL), disponibles en línea en http://aftol.org. Este proyecto propone la búsqueda y elaboración del árbol de la vida de los organismos pertenecientes al Reino Fungi, basado eminentemente en análisis filogenéticos de una amplia gama de organismos fúngicos, la que ha derivado en una serie de modificaciones sistemáticas y nuevas propuestas taxonómicas (James *et al.* 2006, Schoch *et al.* 2009).

3.3.3 Distribución en el área de influencia

La distribución de las especies en el área de influencia se presenta mediante los registros, según taxa, en cada punto de muestreoidentificado en la **Tabla 3.1**(**ANEXO B**).

3.3.4 Estados de conservación

En Chile, sólo 4 especies de líquenes están consideradas en los 13 Procesos de Clasificación de Especies Silvestres del Ministerio del Medio Ambiente, vigentes sobre estados de conservación de las especies (Decretos generados en el marco del Reglamento de Clasificación de Especies DS Nº 151 de 2007, DS Nº 50 de 2008, DS Nº 51 de 2008, DS N° 23 de 2009, DS N° 33 de 2012, DS N°16 de 2016 y DS N°6 de 2017). Otras 20 especies están siendo evaluadas en el actual 14° Proceso, pero no han sido sancionadas a la fecha.

Sumado a esto, existe una propuesta de criterios a considerar para el establecimiento de potenciales categorías de conservación para este grupo de organismos basada en las características y categorías enunciadas por la IUCN para sus diferentes niveles (Quilhot *et al.* 1998). No obstante, y ante la ausencia de información acabada para la mayoría de las especies de líquenes presentes en el país, no es posible determinar su estado real de conservación.

A pesar de lo anterior, en el trabajo de Quilhot *et al.* (1998) se sugieren potenciales estados de conservación para algunas especies que podrían estar dentro del área de influencia del Proyecto. El principal criterio considerado por Quilhot *et al.* (1998) correspondió al grado de endemismo y su distribución en Chile, por lo que muchas de las categorías propuestas en el trabajo no son aplicables en la actualidad dado el bajo conocimiento de los taxa en el país y el mundo. Sin perjuicio de lo anterior, se entrega información sobre el estado de conservación propuesto por Quilhot *et al.* (1998) para especies presentes en el área de influencia.

3.3.5 Distribución biogeográfica

Para las especies registradas se indica la distribución biogeográfica mundial y nacional en función del grado de disponibilidad de la información. Para líquenes se sigue la propuesta de Galloway (2008), que se basa parcialmente en las distribuciones florísticas propuestas por Takhtajan (1986), y reevaluadas para hongos liquenizados por Feuerer & Hawksworth (2007). A continuación, se presenta el detalle de las principales categorías propuestas por Galloway (2008) y utilizadas en este trabajo:

- Especies Cosmopolitas: aquellas con amplia distribución en todas las grandes masas de tierra del mundo.

- Especies Australes: aquellas con distribución únicamente en el hemisferio sur. Este se subdivide en dos grupos: el primero denominado Paleoaustral, para especies que representan grupos primitivos con poca capacidad de dispersión y que se han mantenido en una sola masa de tierra en el hemisferio sur. Y las Neoaustrales, para aquellas que han ocupado más de una masa de tierra por dispersión a gran distancia.
- Especies Bipolares: especies que tienen una distribución tanto en el hemisferio norte y el hemisferio sur, particularmente en las zonas templadas y frías, con grandes excepciones en las regiones intertropicales.
- Especies Paleotropicales: especies propias de las zonas paleotropicales del mundo (África, Asia menor, India, islas pacíficas y el archipiélago malayo).
- Especies Neotropicales: especies propias de la zona intertropical en el continente americano.
- Especies Pantropicales: aquellas con distribución mundial en la zona intertropical.

Finalmente, se debe señalar que se caracterizará como Endémicas a aquellas especies cuya distribución conocida sólo abarque el territorio nacional continental e insular chileno, con excepción del denominado Territorio Antártico Chileno.

4 RESULTADOS

4.1 Revisión bibliográfica

El estudio de la diversidad de líquenes en Chile es escaso y de baja profundidad. Este se ha basado principalmente en la realización de listados florísticos de diferentes zonas de interés del extremo norte y sur del país, o en zonas de particular interés botánico (Galloway & Marticorena, 1991; Galloway, 1998; Quilhot *et al.,* 1998). Entre estos destacan zonas del Altiplano de las regiones XIV y I (Galloway, 1998); oasis de neblina en el desierto costero y la zona costera del centro de Chile (Follmann, 1965, 1968, 1995; Vargas et al., 2017); el bosque templado lluvioso o valdiviano (Galloway, 1995); zonas precordilleranas de Chile central (Pereira & San Martín, 1998; Pereira *et al.,* 1999, 2002, 2006, 2014; Redón & Walkowiak, 1978); de las zonas subantárticas de Chile continental e insular (Øvstedal & Lewis Smith, 2001, Quilhot *et al.,* 2012; Vargas & Morano, 2014); y el Archipiélago de Juan Fernández (Zahlbruckner, 1924; Redón & Quilhot, 1977).

Para Chile se ha mencionado la presencia de un aproximado de 1.400 especies de hongos liquenizados (Galloway & Quilhot, 1998). Esta aproximación está basada en revisiones bibliográficas y podrían representar sólo un bajo grado de conocimiento del grupo en el país a la fecha de la publicación del listado (Galloway & Quilhot, 1998). Por otro lado, y de manera general, se adolece de estudios ecológicos sobre estructura poblacional y comunitaria en hongos liquenizados, con algunas excepciones en especies del bosque valdiviano (Lücking *et al.,* 2003; Rundel, 1980; Redón, 1973; Pereira, 2007; Rubio et al., 2013; Nelson & Wheeler, 2016), en su utilización como organismos modelo en estudios ecológicos (Armesto & Contreras, 1981), y en estudios de la selectividad de micobiontes por sus fotobiontes en zonas del desierto costero de la Región de Tarapaca (Vargas & Beck, 2012) y en el sur de Chile (Zuñiga et al., 2015).

Los líquenes, al carecer de sistemas de conducción o de excreción, son dependientes de las características de sus sustratos para establecerse. De este modo, existe una marcada selección por los sustratos utilizados por diferentes especies, los que, a largo plazo,

pueden llegar a constituir un elemento florístico específico asociado a una formación vegetacional determinada (Ellis, 2012).

Para la zona central del país la información es escasa y no existen catálogos acabados de la diversidad presente. Quilhot (1995) estimaba la riqueza de la Región Metropolitana en 34 especies, distribuidas en 21 géneros. Para la Región de Valparaíso, estimaba la riqueza en 155 especies, en 61 géneros, en tanto que para la VI región indicaba la presencia de 12 especie sen 4 géneros (Quilhot, 1995). Esta información fue recabada de revisiones bibliográficas, donde la mayoría de los trabajos estudiados eran de carácter exploratorio y asociados al comienzo del estudio naturalista en Chile (Galloway & Marticorena, 1991; Quilhot, 1995). Sin embargo, destaca el relativamente moderno trabajo de Redón & Walkowiak (1978), distante aproximadamente 100 km de la Reserva, quienes estudiaron la flora liquenológica presente en el Parque Nacional La Campana. En este trabajo ellos mencionan la presencia de 47 especies, pertenecientes a 32 géneros y 17 familias. Sin embargo, revisiones actuales para el PN La Campana indican la presencia de 76 especies, en 38 géneros y 22 familias (R. Vargas, observación personal). Esto se suma a los resultados preliminares obtenidos por el autor para los primeros contrafuertes de la cordillera de la Costa en la Región de Valparaíso, donde se han identificado cerca de 157 especies, pertenecientes a 84 géneros (R. Vargas, observación personal). Sin embargo, es importante destacar que la revisión de Redón y Walkowiak (1978) es el trabajo publicado más acabado sobre la flora liquenológica de la Región de Valparaíso, a pesar de no existir información acabada de la distribución en Chile de muchas de las especies mencionadas en él. De este modo, la principal referencia para el estudio de las especies de líquenes presentes en la Reserva es el trabajo de Redón y Walkowiak (1978).

4.2 Identidad y clasificación sistemática

A la fecha de este trabajo se ha revisado aproximadamente 60% de los materiales colectados. De estos se puede extraer que la biota liquenológica presente en el área de influencia alcanzó los 159taxa, los que fueron identificados a nivel específico en el 79% de los casos (126especies). El 21% (33 taxa) restante fue identificado solo hasta nivel genérico por no poseer caracteres que permitan su debida identificación o porque no existe literatura acabada que de cuenta de la diversidad de esos grupos en el país. El detalle de la identidad taxonómica de las especies encontradas, junto con su caracterización a nivel sistemático, se presentan en el**ANEXO A.**

Sistemáticamente, los 159taxa se organizan en 1 Phyla, 6 Clases (1 Incertae sedis), 19Órdenes (1 *incertae sedis*), 35Familias (1 incertae sedis) y 81Géneros. De estos últimos, los géneros *Buellia* (10)y *Acarospora* (9) fueron los más ricos en número de especies. Las familias con mejor representación, entendida como el número de especies presentes, fueronParmeliaceae, con 23 especies, seguida por Teloschistaceae, con 21, y Caliciaceae con 17. La síntesis de la distribución taxonómica de las entidades según Phyllum, Clase, Orden, Familia y Género se presenta en la**Tabla 4.1.**

Tabla 4.1. Resumen taxonómico de los líquenes registrados en la Reserva.

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Especies
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae	*Arthonia*	3
			Chrysthricaceae	*Chrysothrix*	2
			Roccellaceae	*Enterographa*	1

Tabla 4.1. Resumen taxonómico de los líquenes registrados en la Reserva.					
Phyllum	**Clase**	**Orden**	**Familia**	**Género**	**Especies**
				Lecanactis	2
				Lecanographa	2
				Opegrapha	2
	Dothideomycetes	Monoblastiales	Monoblastiaceae	*Acrocordia*	1
	Eurotiomycetes	Pyrenulales	Pyrenulaceae	*Pyrenula*	2
		Verrucariales	Verrucariaceae	*Catapyrenium*	2
				Verrucaria	1
	Incertae sedis	Incertae sedis	Incertae sedis	*Normandina*	1
	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	*Acarospora*	9
				Myriospora	1
		Arctomiales	Arctomiaceae	*Arctomia*	1
		Baeomycetales	Trapeliaceae	*Xylographa*	1
		Caliciales	Caliciaceae	*Amandinea*	3
				Buellia	10
				Calicium	1
				Dimelaena	1
				Diploicia	1
				Thelomma	1
		Candelariales	Candelariaceae	*Candelaria*	1
				Candelariella	2
				Placomaronea	1
		Lecanorales	Cladoniaceae	*Cladonia*	2
			Haematommataceae	*Haematomma*	1
			Lecanoraceae	*Circinaria*	2
				Lecanora	6
				Lecidella	1
				Myriolecis	1
				Rhizoplaca	1
			Mycoblastaceae	*Tephromela*	1
			Parmeliaceae	*Bulbothrix*	1
				Canoparmelia	1
				Flavoparmelia	2
				Heterodermia	1
				Hypotrachyna	1
				Melanohalea	4
				Parmelia	2
				Parmelina	2
				Parmotrema	3

Tabla 4.1. Resumen taxonómico de los líquenes registrados en la Reserva.					
Phyllum	**Clase**	**Orden**	**Familia**	**Género**	**Especies**
				Punctelia	2
				Usnea	2
				Xanthoparmelia	2
			Psoraceae	*Psora*	2
			Ramalinaceae	*Bacidia*	2
				Ramalina	3
				Toninia	1
			Stereocaulaceae	*Lepraria*	3
		Lecideales	Lecideaceae	*Amygdalaria*	1
				Lecidea	1
				Porpidia	1
		Ostropales	Coenogoniaceae	*Dimerella*	1
			Graphidaceae	*Diploschistes*	1
				Graphis	1
			Phlyctidaceae	*Phlyctis*	1
		Peltigerales	Collemataceae	*Leptogium*	1
			Nephromataceae	*Nephroma*	1
			Placynthiaceae	*Placynthium*	1
		Pertusariales	Megasporaceae	*Aspicilia*	3
			Ochrolechiaceae	*Ochrolechia*	1
				Varicellaria	1
			Pertusariaceae	*Pertusaria*	1
		Rhizocarpales	Rhizocarpaceae	*Rhizocarpon*	5
		Teloschistales	Physciaceae	*Heterodermia*	2
				Hyperphyscia	1
				Physcia	5
				Rinodina	3
			Teloschistaceae	*Caloplaca*	6
				Flavoplaca	1
				Josefpoeltia	1
				Massjukiella	1
				Oxneria	1
				Polycauliona	2
				Solitaria	1
				Teloschistes	5
				Xanthomendoza	1
				Xanthopeltis	1
				Xanthoria	1

Tabla 4.1. Resumen taxonómico de los líquenes registrados en la Reserva.					
Phyllum	**Clase**	**Orden**	**Familia**	**Género**	**Especies**
		Umbilicariales	Umbilicariaceae	*Umbilicaria*	4
	Lichinomycetes	Lichinales	Heppiaceae	*Heppia*	1

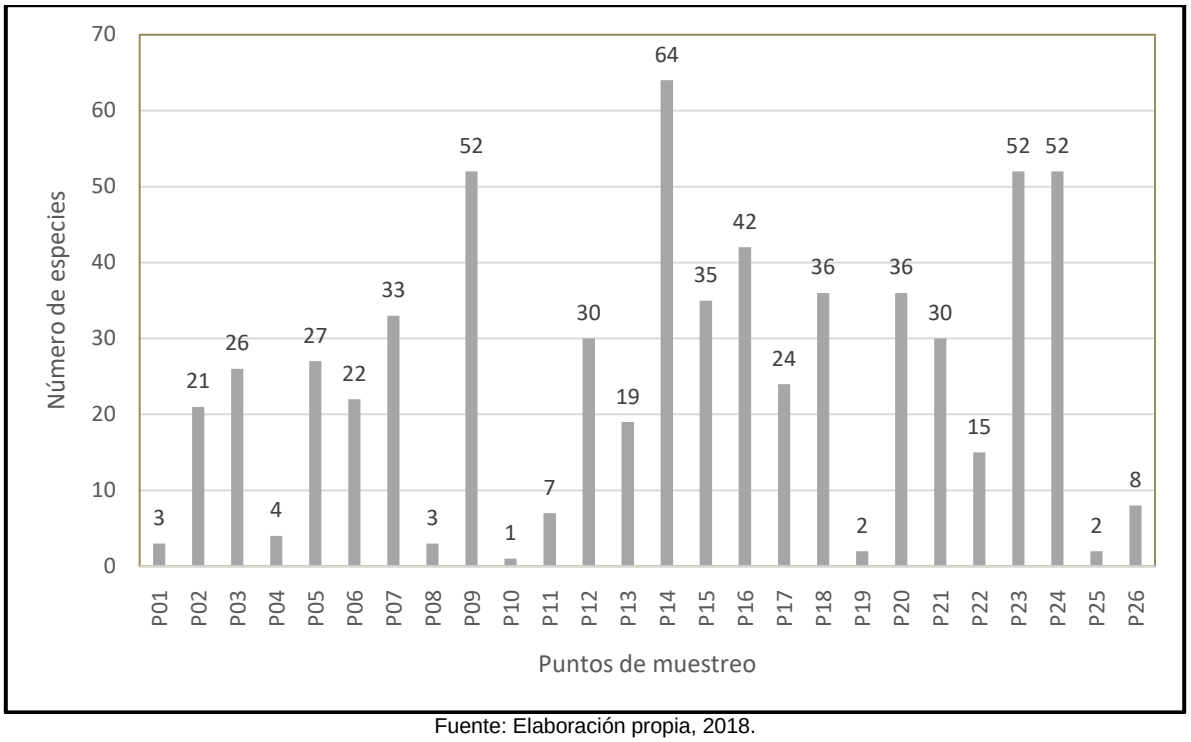
Fuente: Elaboración propia, 2018.

De los materiales recolectados, destaca el alto número de representantes del género *Buellia* (10 especies). Para el género *Buellia* no existen tratamientos taxonómicos para Sudamérica, con excepción de las zonas tropicales y subtropicales (Marbach 2000, Magnusson 1955), y se estima que el número de representantes en Chile sería cercano a las 60 especies (Galloway & Quilhot 1998). En el caso de *Acarospora* (9 especies), el género no ha sido estudiado en el país, y Galloway &Quilhot (1998) estimaban la presencia de 18 especies en el territorio nacional. Recientemente, Knudsen (*et al.* 2008, *et al.* 2012, 2012) ha realizado una revisión de materiales de *Acarospora* y géneros cercanos en Sudamérica y estima la diversidad del país en aproximadamente 12 especies, aunque estos siguen siendo resultados preliminares de un trabajo en proceso.

4.3 Distribución en el gradiente altitudinal

El detalle de la distribución de las especies en los puntos muestreados se presenta en el**ANEXO B**. En la **Figura 4.1**se grafica la riqueza, entendida como el número de especies por punto de muestreo en la Reserva.

Figura 4.1. Riqueza de especies por punto de muestreo en la Reserva.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En relación con la riqueza de las especies liquénicas en el área de influencia, se destaca que esta es heterogénea, siendo el punto **P14** el que presentó la mayor riqueza, con 64

especies, seguido por los puntos **P09**, **P23** y **P24**, con 52 especies cada una. En contraste, 8 puntos presentaron menos de 10 registros. Esto no necesariamente indica una baja riqueza en estos puntos, sino que puede ser resultado de la revisión parcial de los materiales colectados. Asimismo, al menos en el caso de los puntos **P01** y **P26**, los registros indicados son producto de colectas aleatorias y no representan necesariamente una colecta exhaustiva en todos los sustratos disponibles.

Por otro lado, la especie con la mayor frecuencia, entendida como el número de puntos de muestreo donde fue observada, fue *Circinaria contorta*, presente en 13 de los 26 puntos de muestre. Le siguen *Acarospora rhabarbarina*, *Protoparmeliopsis muralis*, *Rinodina pyrina* y *Teloschistes chrysophthalmus*, presentes en 12 de los 26 puntos de muestreo. Finalmente, *Candelaria concolor* y *Physcia adscendens* están presentes en 11 de los 26 puntos de muestreo.

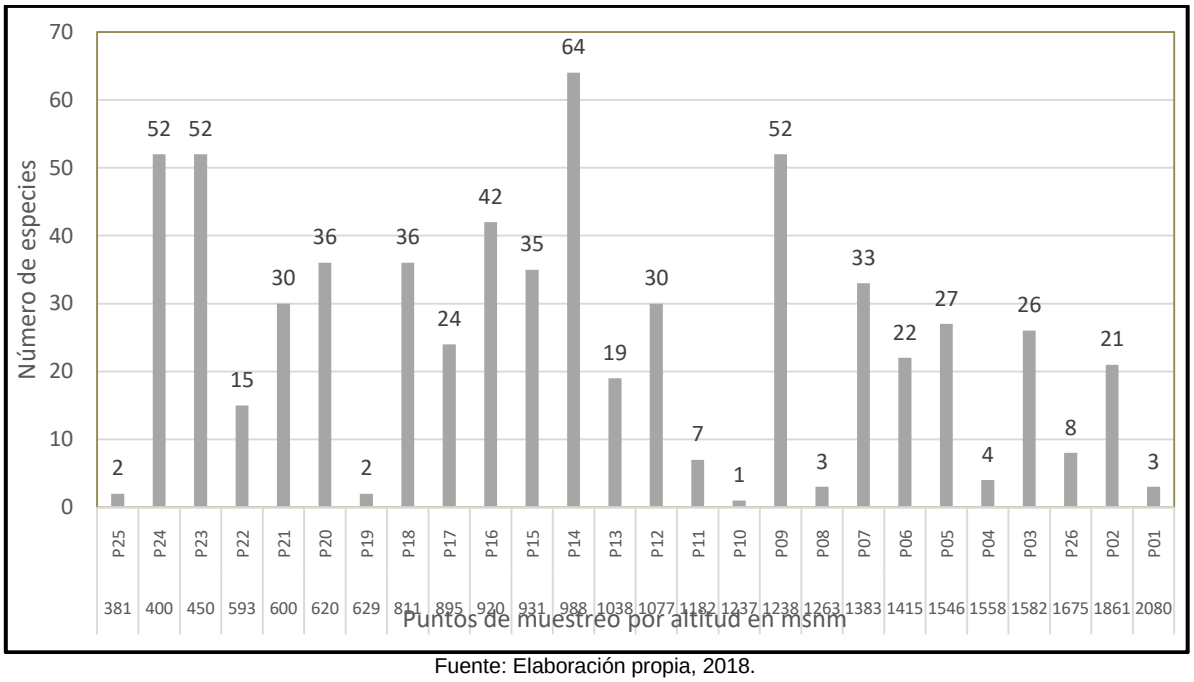
34 especies están presentes en solo un punto de muestreo: *Acarospora altoandina, Amandinea sp., Arthonia tetraspora, Buellia cf. aethalea, Buellia cf. arnoldii, Buellia sp. 3, Calicium viride, Caloplaca sp., Candelariella reflexa, Catapyrenium rufescens, Catapyrenium squamulosum, Cladonia scabriuscula, Diploschistes sp., Heppia sp., Heterodermia sp., Lecanactis sp., Lecanographa sp., Lecanora cf. argentata, Normandina pulchella, Ochrolechia cf. chilensis, Opegrapha sp., Parmelina cf. pastillifera, Parmotrema sp., Pertusaria leioplaca var. turgida, Porpidia sp., Rhizocarpon lecanorinum, Teloschistes exilis, Teloschistes stellatus, Teloschistes velifer, Toninia sp., Umbilicaria polyphylla, Xanthomendoza mendozae, Xanthopeltis rupicola y Xanthoria parietina.*

4.3.1 Distribución de los registros por altitud

Durante la revisión del material, se observó que los puntos muestreados representaban diferentes aspectos del área de estudio, los que podrían dar cuenta de los diferentes valores de riqueza presentes en la Reserva.

Para evidenciar la presencia de patrones de distribución espacial de los taxa en consideración a los puntos de muestreo, y considerando que la altitud es un potencial determinante en la distribución espacial de los taxa, se procedió a ordenar los puntos de muestreo de menor a mayor altitud. En la **Figura 4.2**se grafica la riqueza de especies en relación a la altitud.

Figura 4.2. Riqueza de especies por punto de muestreo ordenados por altitud en msnm.

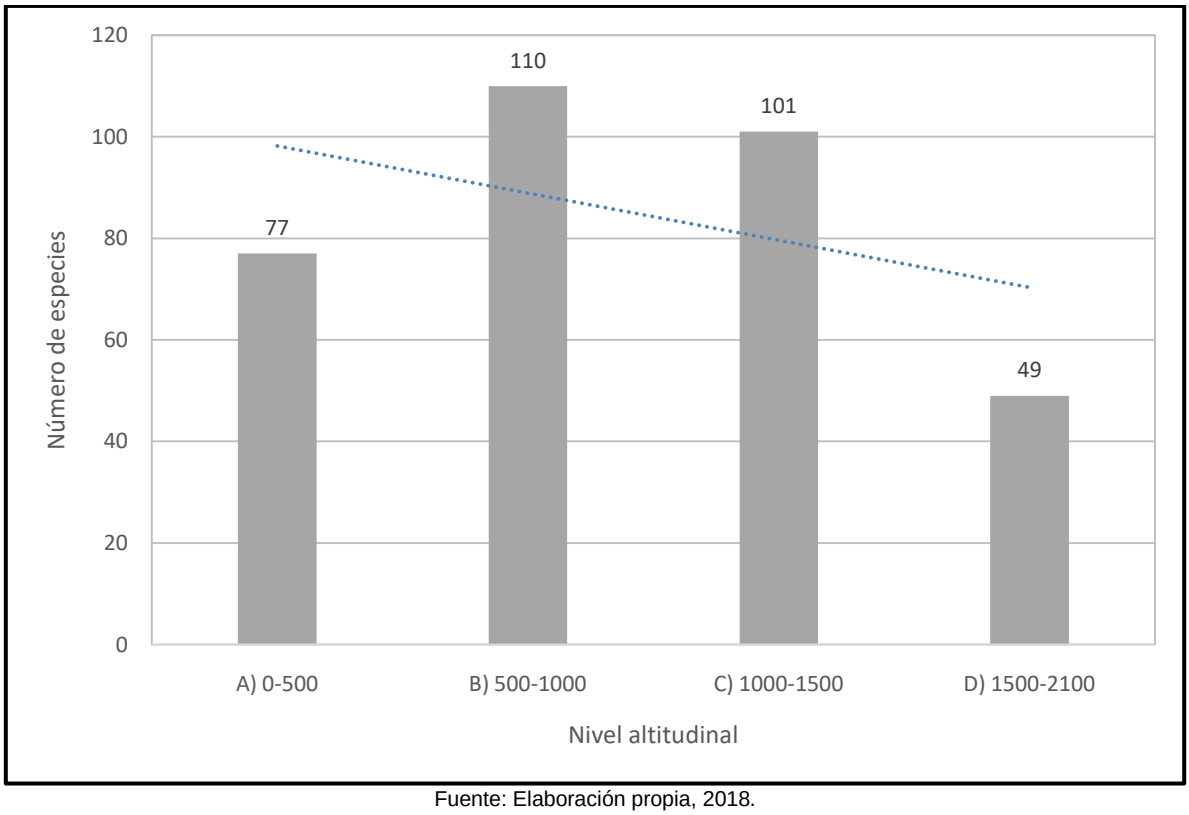


Fuente: Elaboración propia, 2018.

SI bien no existe un patrón claro, se observa una tendencia a la disminución de la riqeuza de especies con la altitud, lo que se puede asociar potencialmente a la disminución de las potenciales especies vegetales que puedan funcionar como sustrato para líquenes

Para agregar la información de riqueza de especies en relación a la altitud, se generaron categorías altitudinales para asociar de mejor manera las variaciones en composición. Para esto, se consideraron 4 categorías de acuerdo a su altitud: A) 0-500 msnm, B) 500-1000 msnm, C) 1000-1500 msnm, y D) 1500-2100 msnm. En la **Figura 4.3** se grafica la riqueza de especies según categoría de altitud.

Figura 4.3. Riqueza de especies por nivel altitudinal.

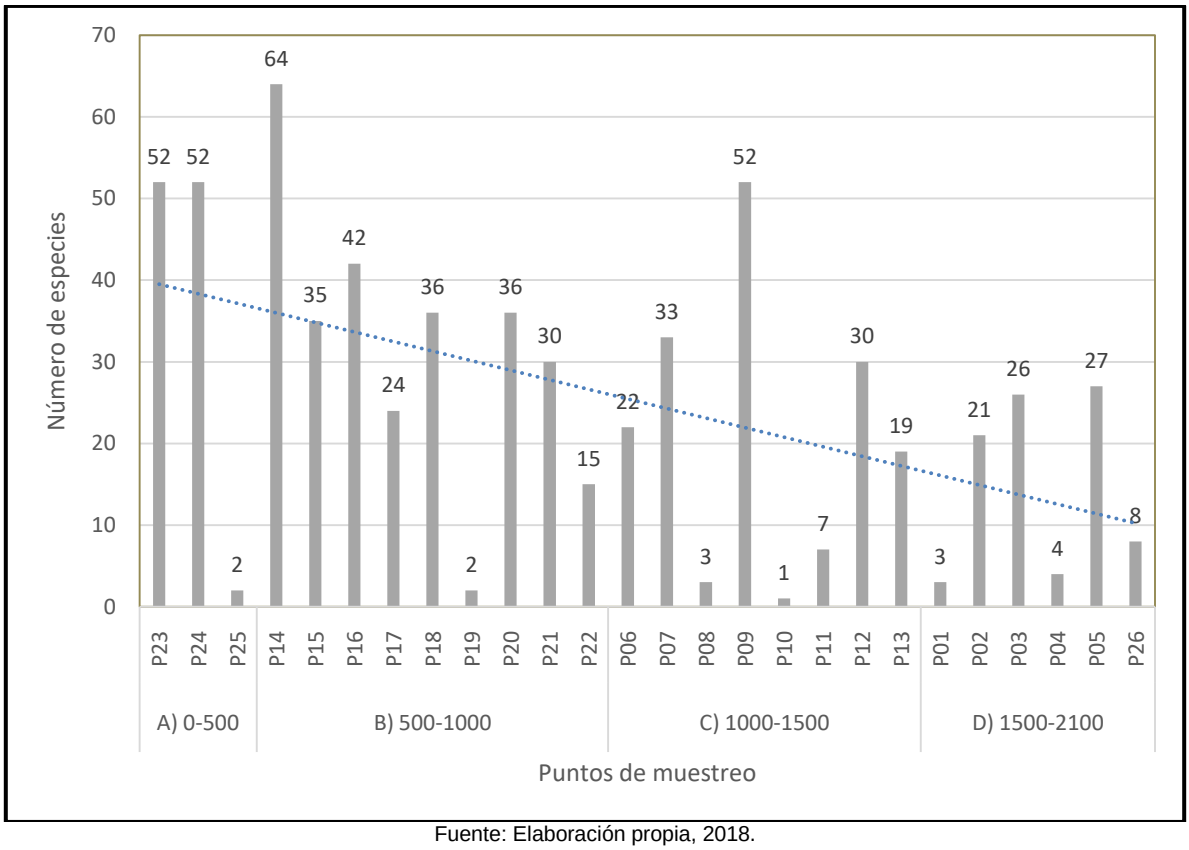


Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los resultados indican que existe un patrón de disminución de la riqueza a medida que aumenta la altitud, lo que se puede asociar a la disminución de los potenciales sustratos vegetales. Asimismo, existe una baja riqueza en el nivel mas bajo, que se podria asociar a diferentes niveles de intervención antrópica que derivan en la presencia de especies vegetales invasoras que no son utilizadas como sustrato por los líquenes (e.g., *Rubus sp*., *Teline monspessulana*)

Para desagregar el efecto de la categorización por nivel altitudinal, en la **Figura 4.4** se presenta la riqueza de especies por punto en cada nivel altitudinal, indicando la gran variación en la presencia de líquenes dentro del mismo nivel altitudinal dependiendo de la condición ambiental particular en la que se encuentren.

Figura 4.4. Riqueza de especies por punto en cada nivel altitudinal.



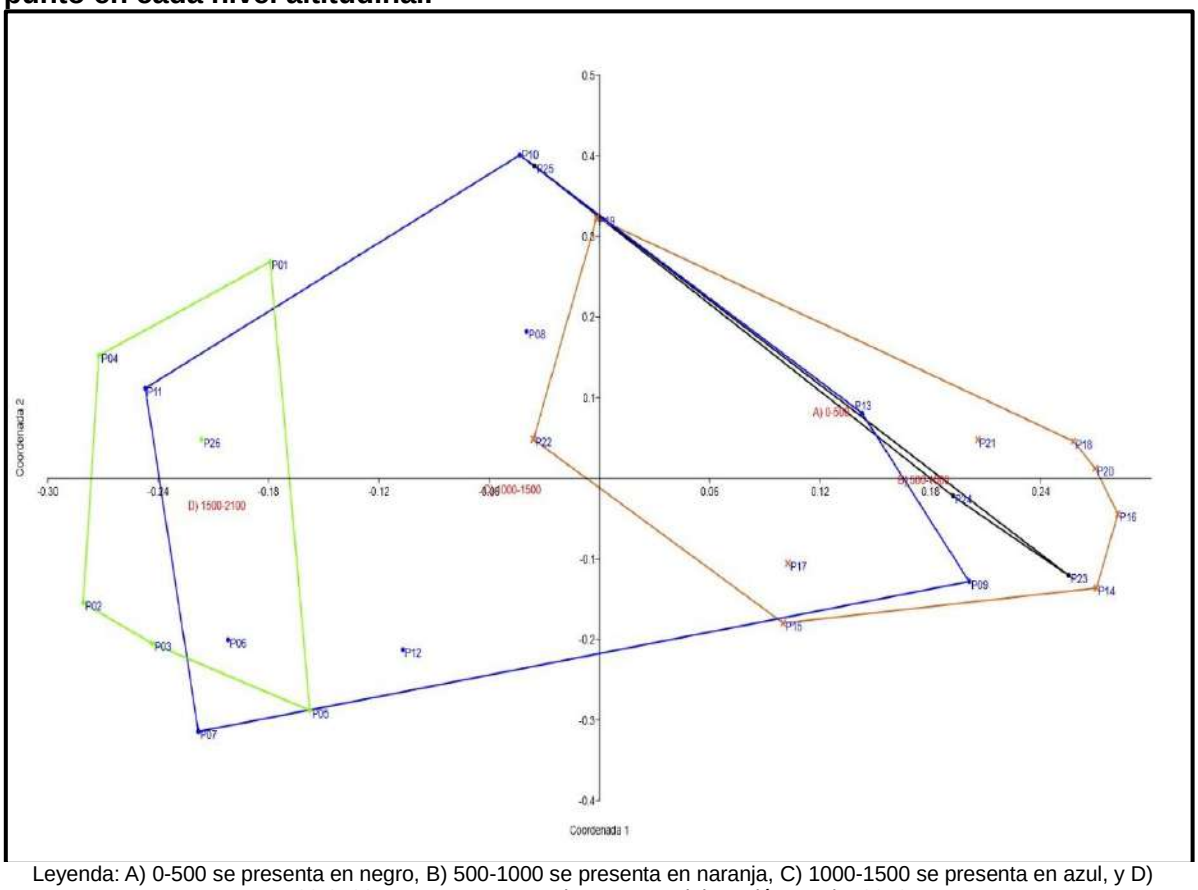
Fuente: Elaboración propia, 2018.

El grafico indica que las riquezas asociadas a cada punto por categoría altitudinal son mas bien homogéneas, aunque con fuertes variaciones en algunos puntos en cada nivel. Asimismo, se destaca la diferencia de esfuerzo de muestreo por nivel altitudinal, con solo 3 puntos en la categoría A, lo que podría estar al origen de la baja riqueza encontrada en esta categoría altitudinal (**Figura 4.3**). En la categoría B hay 9 puntos, 8 en la categoría C y 6 en la categoría D. Esta disminución en el esfuerzo de muestreo por categoría podría potencialmente determinar el gradual descenso en la riqueza a media que aumenta la altitud, indicado por la línea de tendencia lienal en la **Figura 4.4**.

Considerando esta variación, y para evidenciar la presencia de patrones de distribución espacial de la riqueza, determinados por la variación altitudinal de los registros en la Reserva en consideración a los puntos de muestreo, así como para evaluar el nivel de solapamiento de la composición de la riqueza de líquenes en las diferentes categorías altitudinales, se procedió a elaborar un análisis de ordenación basado en un análisis de coordenadas principals, utilizando el índice de similitud de Jaccard como ordenador, el que se define como el nivel de semejanza que tienen 2 o más situaciones (comunidades), utilizando sólo la riqueza en estudios en base a la presencia o ausencia de unidades taxonómicas operativas (Borcard et al. 2011, Gardener 2014).

En la **Figura 4.5** se presentan los resultados del análisis de coordenadas principales utilizando el índice de Jaccard por puntos de muestreo en relación al nivel altitudinal.

Figura 4.5. Análisis de coordenadas principales de las especies de líquenes por punto en cada nivel altitudinal.



Leyenda: A) 0-500 se presenta en negro, B) 500-1000 se presenta en naranja, C) 1000-1500 se presenta en azul, y D) 1500-2100 se presenta en verde. Fuente: Elaboración propia, 2018.

El grafico indica una alta semejanza en la composición de especies entre las categorías A (en negro) y B (en naranja), las que se encuentran parcialmente solapadas con la categoría C (en azul). Esta ultima es la que presenta la mayor amplitud de especies, con una composición de especies propia de zonas bajas y altas, al presentar un fuerte solapamiento con los niveles C y D.

Por otro lado, en los niveles A y D existe una mayor uniformidad en la composicion de riqueza de los puntos, determinado por la menor extension de los polígonos del análisis de coordenadas. Por otro lado, los puntos de la categoria altitudinal C son los mas diferentes entre si, determinado por la amplitude del poligono. Esta variacion puede estar determinada por la transicion vegetacional que ocurre a este nivel, con la progresiva disminucion de puntos con presencia de especies vegetales que pueden ser utilizadas como sustrato por liquenes.

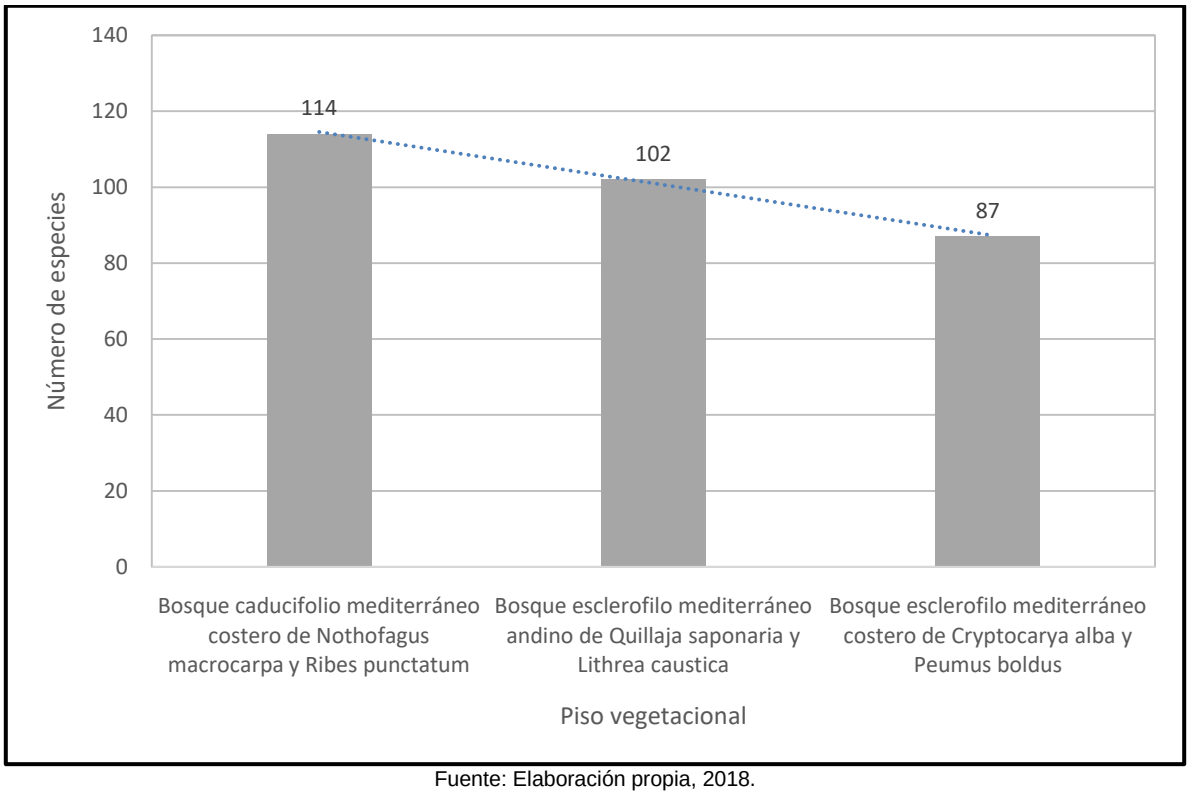
4.3.2 Distribución de los registros por piso vegetacional

Junto con las variaciones en niveles altitudinales, a lo largo del gradiente estudiado se presentan 3 pisos vegetacionales diferentes de acuerdo a la propuesta de Luebert & Pliscoff (2006). Desde la parte mas baja a la mas alta del gradiente, se presentan los pisos asociados al bosque esclerófilo mediterraneo, seguidos en la parte alta por el

Bosque caducifolio mediterráneo. El detalle de la disposición espacial de los pisos se presenta en la **Figura 3.1.**

Asumiendo que los líquenes tienden a la utilización regular de los mismos sustratos para su establecimiento (Ellis, 2012), la presencia de diferentes formaciones vegetacionales podrían indicar ensambles comunitarios específicos de líquenes. Para evaluar esta relación, en la **Figura 4.6** se grafica la riqueza de especies por piso vegetacional presentes en la Reserva.

Figura 4.6. Riqueza de especies según piso vegetacional.

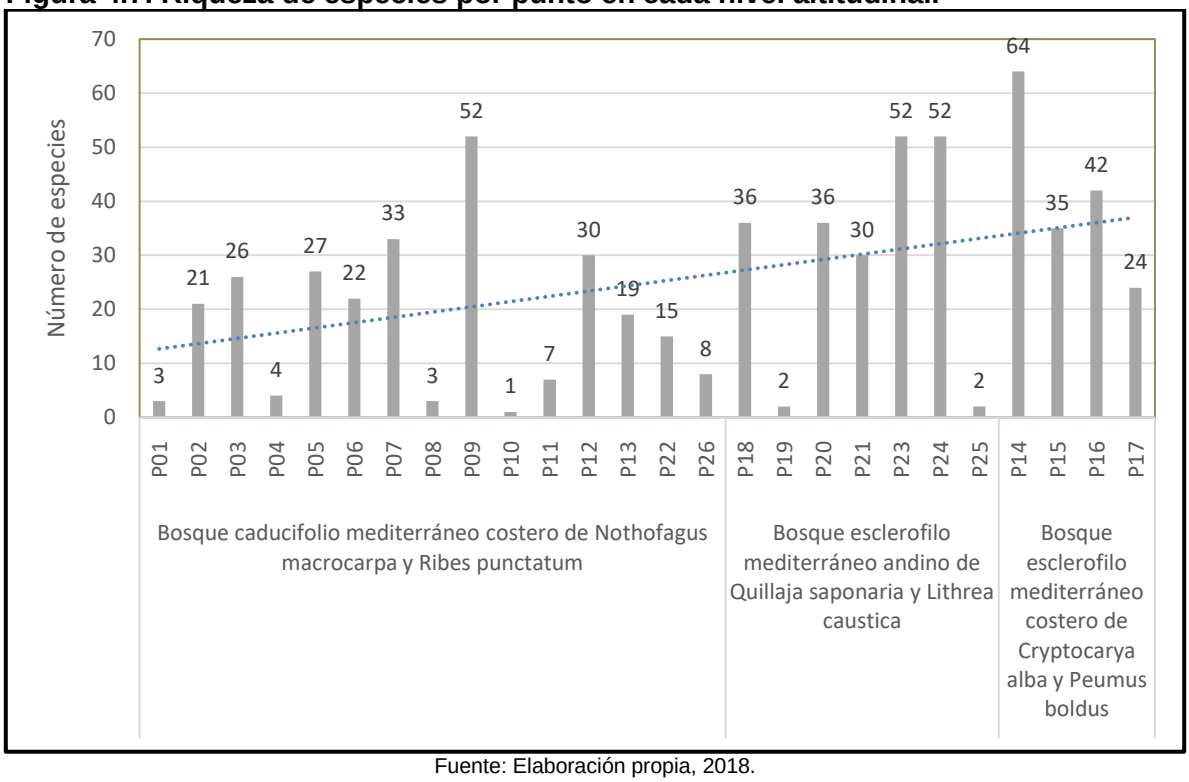


Fuente: Elaboración propia, 2018.

En análisis de la riqueza por piso indica que el piso de Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa* y *Ribes punctatum* es el mas rico en especies, seguido por los pisos de Bosque esclerofilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithrea caustica* y Bosque esclerofilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*.

Para desagregar el efecto de la categorización en la riqueza total asociada a cada piso vegetacional, en la **Figura 4.7** se presenta la riqueza de especies por punto de muestreo presente en cada piso vegetacional presente en la reserva, destacando la heterogeneidad de riquezas presentes en el gradiente altitudinal.

Figura 4.7. Riqueza de especies por punto en cada nivel altitudinal.



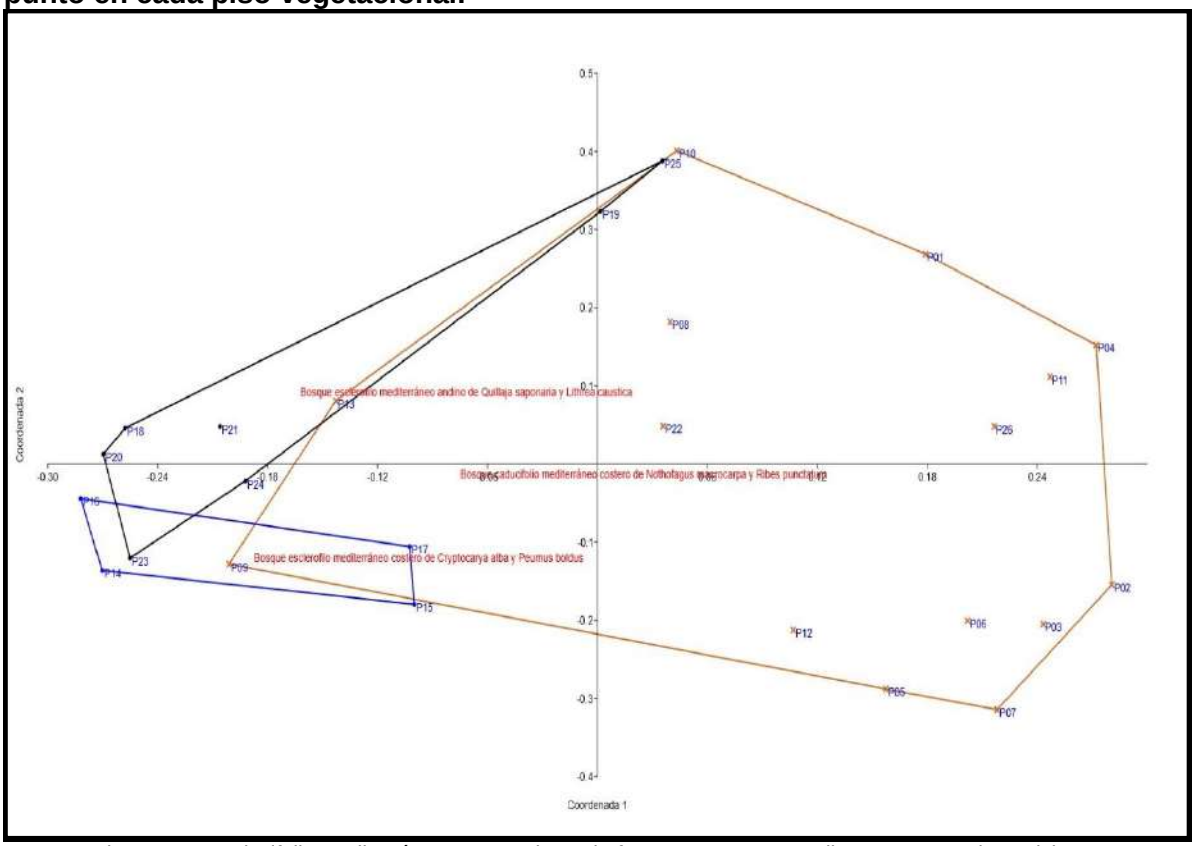
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Curiosamente, los resultados indican un aumento de la riqueza por puntos por piso, en oposición a la disminución de la riqueza desde el piso de Bosque caducifolio hacia los pisos de bosuqe esclerófilo. Este efecto es mas revelador aun considerando que el piso Bosque caducifolio presenta 15 de los 26 puntos de muestreo, y la cantidad de puntos por piso disminuye progresivamente a medida que aumenta la riqueza por punto por piso. Esta variación podría explicarse porque pogresivamente disminuyen la cantidad de puntos, pero la riqueza promedio de cada punto va en aumento. No obstante, eston puntos mas ricos son potencialmente mas similares entre si, a diferencia de los puntos menos ricos del piso Bosque caducifolio, que son mas pobres, pero donde existe una mayor riqueza total del piso producto de una mayor diferencia entre la composición de especies de cada punto.

Considerando esta variación, y para evidenciar la presencia de patrones de distribución espacial de la riqueza, determinados por la variación vagtacional de los registros en la Reserva en consideración a los puntos de muestreo, así como para evaluar el nivel de solapamiento de la composición de la riqueza de líquenes en los diferentes pisos vegetacionales, se procedió a elaborar un análisis de ordenación basado en un análisis de coordenadas principals, utilizando el índice de similitud de Jaccard como ordenador, el que se define como el nivel de semejanza que tienen 2 o más situaciones (comunidades), utilizando sólo la riqueza en estudios en base a la presencia o ausencia de unidades taxonómicas operativas (Borcard et al. 2011, Gardener 2014).

Para esto, se analizaron las semejanzas entre los diferentes pisos vegetacionales en relación a la composición de especies de los diferentes puntos, los que se presentan en la **Figura 4.8**.

Figura 4.8. Análisis de coordenadas principales de las especies de líquenes por punto en cada piso vegetacional.



Leyenda: Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa* y *Ribes punctatum* (naranjo), Bosque esclerofilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithrea caustica* (negro) y Bosque esclerofilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus* (Azul). Fuente: Elaboración propia, 2018.

El analisis de coordenadas principals indica la presencia de composiciones comunitarias propias en cada piso vegetacional, con un bajo solapamiento entre las composiciones de la riqueza de algunos puntos por piso. Asimismo, se destaca la marcada variabilidad en la composicion de la riqueza de los puntos del piso Bosque caducifolio, lo que estaria al origen de la alta riqueza de especies de liquenes del piso, pero con una baja riqueza por punto, los que son fuertemente disímiles entre si.

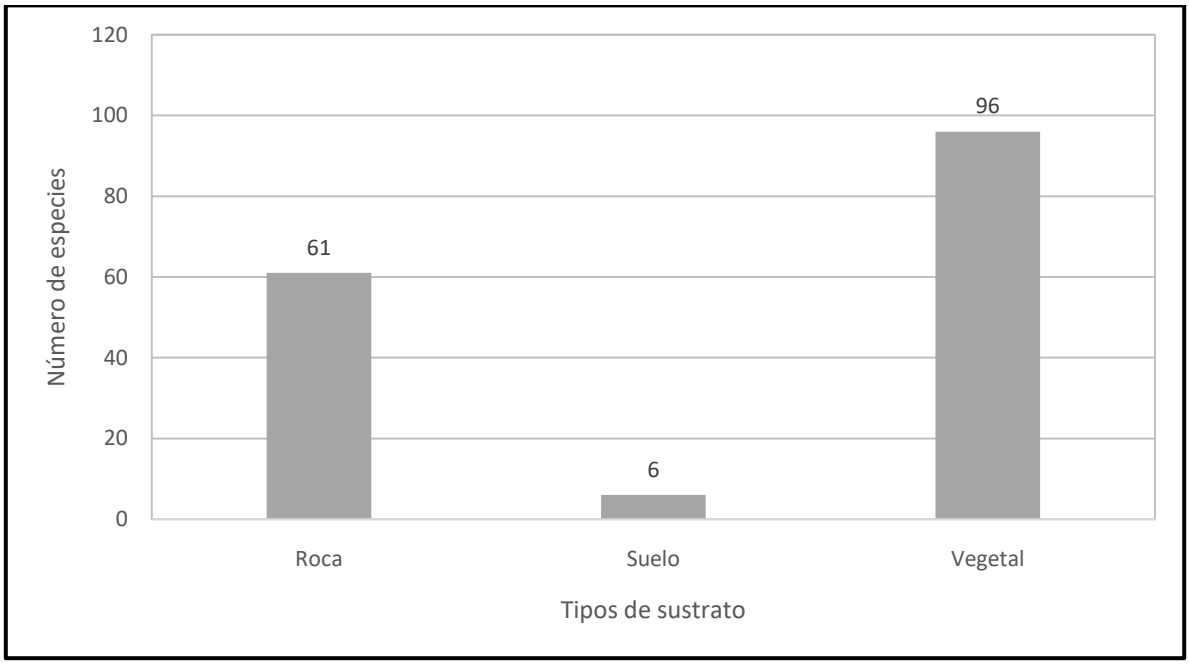
De este modo, la distribuión especial de los registros parece estar determinada eminentemente por el piso vegetacional al cual se asocian, el que, a su vez, varia de acuerdo a la altura, por lo que la intregración de ambos elementos, altitud y piso vegetacional, estan al origen de la variacion de la riqueza de líquenes en la Reserva.

4.3.3 Preferencia de sustrato

Los liquenes son organismos que tienden a la especializacion de sustratos, con marcadas diferencias en el tipo de sustrato utilzado, los que de manera general se pueden categorizar en sustratos saxicolas (sobre rocas y piedras), epífitos (sobre la corteza, leño o epidermis de diferentes grupos de plantas), o terrícolas (en el suelo desnudo). En la **Figura 4.9** se grafican la frecuencia de preferencias de sustratos de las diferentes especies encontradas en la Reserva.

Folio009215

Figura 4.9. Preferencia de sustrato de las especies de líquenes presentes en la Reserva.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Se observa que, del total de especies, 96 son especies epífitas que prefieren sustratos como cortezas, leños u hojas para su establecimiento. 61 especies prefieren el uso de rocas para su establecimiento. Finalmente, solo 6 especies utilizan el suelo desnudo como sustrato para su establecimiento.

La preferencia de sustratos vegetales es consistente con la observación de la variación de la riqueza en la Reserva mediada por la composición vegetacional, establecida a nivel de piso vegetacional.

4.4 Estados de conservación

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con las fuentes legales, existen dos cuerpos de conocimiento que son considerados por la autoridad ambiental para la evaluación de estados de conservación, de acuerdo con el orden de prelación de evaluación al cual adhieren (Memorando 387/2008 de CONAMA). Este orden considera como válidos las propuestas contenidas en la propuesta de Quilhot *et al.* (1998) de estados de conservación, y los procesos de clasificación de especies llevados a cabo por el Ministerio del Medio Ambiente, siendo el Décimotercer proceso el único que a la fecha ha evaluado o entregado estados de conservación para líquenes (DS N°6 del 2017 del MMA). Bajo esta perspectiva, tres (3) especies están bajo alguna categoría de conservación:

Acarospora altoandinaposee la categoría de **Datos Insuficientes** (DD) considerando que no se posee toda la información poblacional para establecer las dinámicas de las especies, así como su distribución efectiva.

Acarospora rhabarbarina, al igual que *A. altoandina*, posee la categoría de **Datos Insuficientes** (DD) considerando que no se posee toda la información poblacional para establecer las dinámicas de las especies, así como su distribución efectiva.

Caloplaca chilensisposee la categoría de **Preocupación menor** (LC) dado que su distribución es amplia entre la I y la V regiones, con preferencia por zonas costeras de la III y IV donde existe una mayor abundancia de especies vegetales donde se puede establecer (es una especie epífita), donde no existen evidencias de una potencial reducción crítica de las metapoblaciones, las que incluyen áreas protegidas por el estado.

De forma complementaria se puede mencionar que los estados potenciales de conservación para especies de líquenes presentes en Chile es la elaborada por Quilhot*et al.* (1998).En ella se describen los criterios a considerar para la inclusión de especies en diferentes niveles, y se presenta un primer ejercicio de clasificación, con el planteamiento explícito de categorías para 59 especies utilizando los criterios del año 1992 de la IUCN, los que no son vigentes a la fecha. 17 especies de las presentes en el área de influencia están en alguna categoría de conservación propuesta:

Tabla 4.2Especies en categorías de conservación según Quilhot *et al*. (1998).

Especie	Categoría de conservación
Caloplaca cf. cerina (Hedw.) Th. Fr.	Insuficientemente conocida
Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau	Rara e Insuficientemente conocida
Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll. Arg.	Fuera de Peligro
Canoparmelia austroamericana Adler	Rara e Insuficientemente conocida
Flavoparmelia caperata (L.) Hale	Fuera de Peligro
Hyperphyscia adglutinata (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt	Vulnerable e Insuficientemente conocida
Myriolecis dispersa (Pers.) Śliwa, Zhao Xin & Lumbsch	Insuficientemente conocida
Parmotrema reticulatum (Taylor) M. Choisy	Insuficientemente conocida
Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier	Rara e Insuficientemente conocida
Physcia caesia (Hoffm.) Hampe ex Fürnr.	Vulnerable y Fuera de Peligro
Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog	Rara e Insuficientemente conocida
Teloschistes chrysophthalmus (L.) Norman ex Tuck.	Vulnerable
Teloschistes flavicans (Sw.) Norman	Vulnerable
Umbilicaria polyphylla (L.) Baumg.	Rara
Varicellaria velata (Turner) I. Schmitt & Lumbsch	Vulnerable
Xanthomendoza mendozae (Räsänen) S.Y. Kondr. & Kärnefelt	Rara e Insuficientemente conocida
Xanthopeltis rupicola R. Sant.	Vulnerable

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.5 Distribución biogeográfica

De las 159especies presentes en el área de influencia, el 79% (126) tiene información a nivel específico, en tanto que el 21% (33) restante fue identificada a nivel genérico (**Figura 4.10**). Del total de especies en el área de influencia, 3% (5) tiene una distribución **Austral**, con presencia en diferentes continentes del hemisferio sur (*Canoparmelia austroamericana*, *Nephroma cellulosum var. cellulosum*, *Teloschistes velifer*, *Umbilicaria krempelhuberi* y *Xylographa perangusta*).

El 27% (43 especies) presenta una distribución **Bipolar** con presencia en zonas templadas y desérticas del hemisferio norte y sur (*Acarospora brouardii, Acarospora fuscata, Acarospora xanthophana, Amandinea coniops, Aspicilia cf. phaea, Buellia cf. aethalea, Buellia cf. arnoldii, Buellia halonia, Bulbothrix isidiza, Calicium viride, Caloplaca cf. cerina, Candelariella reflexa, Catapyrenium rufescens, Circinaria calcárea, Cladonia scabriuscula, Dimelaena cf. radiata, Flavoplaca flavocitrina, Lecanographa brattiae, Lecanora albella, Lecanora cf. argentata, Lecidea atrobrunnea, Lepraria membranácea, Massjukiella polycarpa, Melanohalea cf. multispora, Melanohalea subelegantula, Melanohalea subolivacea, Myriolecis dispersa, Opegrapha vulgata, Oxneria fallax, Parmelina cf. pastillifera, Parmelina cf. quercina, Physcia tenella, Punctelia rudecta, Punctelia subrudecta, Rhizocarpon cf. disporum, Rhizocarpon grande, Rhizocarpon lecanorinum, Solitaria cf. chrysophthalma, Teloschistes exilis, Umbilicaria phaea, Verrucaria cf. nigrescens* y *Xanthomendoza mendozae*).

El 31%(50) de las especies estudiadas tienen una distribución de tipo **Cosmopolita**, con presencia en diferentes situaciones geográficas y climáticas alrededor del mundo (*Acarospora bullata, Acarospora strigata, Acrocordia gemmata, Amandinea punctata, Arctomia fascicularis, Arthonia atra, Aspicilia cinérea, Buellia subdisciformis, Candelaria concolor, Candelariella vitellina, Catapyrenium squamulosum, Circinaria contorta, Cladonia chlorophaea, Diploicia canescens, Flavoparmelia caperata, Flavoparmelia soredians, Heterodermia leucomelos, Hyperphyscia adglutinata, Lecanactis abietina, Lecanora cf. chlarotera, Lecanora cf. subfusca, Lecidella elaeochroma, Lepraria incana, Myriospora smaragdula, Normandina pulchella, Parmelia saxatilis, Parmotrema crinitum, Parmotrema reticulatum, Pertusaria leioplaca var. turgida, Physcia adscendens, Physcia aipolia, Physcia caesia, Physcia stellaris, Placynthium nigrum, Protoparmeliopsis muralis, Psora cf. decipiens, Pyrenula nítida, Ramalina farinácea, Rhizocarpon geographicum, Rhizoplaca melanophthalma, Rinodina pyrina, Rinodina sophodes, Teloschistes chrysophthalmus, Teloschistes flavicans, Tephromela atra, Umbilicaria decusata, Umbilicaria polyphylla, Varicellaria velata, Xanthoparmelia conspersa* y *Xanthoria parietina*).

El 7% (11) de las especies poseen una distribución **Neoaustral**, entendida como aquella distribución donde las especies están presentes en diferentes países del neotrópico, que considera buena parte de Sudamérica (*Acarospora altoandina, Acarospora rhabarbarina, Acarospora rouxii, Buellia tristicolor, Caloplaca tucumanensis, Chrysothrix granulosa, Chrysothrix pavonii, Josefpoeltia sorediosa, Leptogium cochleatum, Placomaronea candelarioides* y *Teloschistes stellatus*).

El 1% (1) de las especies tienen una distribución **Pantropical**, entendida como aquella distribución donde las especies en las zonas tropicales de diferentes partes del mundo (*Dimerella lutea*).

Finalmente, 10% (16) de las especies corresponden a especies **Endémicas** (*Arthonia tetraspora, Buellia coquimbensis, Buellia jorgensis, Caloplaca chilensis, Caloplaca clandestina, Caloplaca rubina, Haematomma chilena, Heterodermia cf. multiciliata, Ochrolechia cf. chilensis, Polycauliona ascendens, Polycauliona kaernefeltii, Ramalina chilena, Ramalina striatula, Usnea poliothrix, Usnea pusilla* y *Xanthopeltis rupicola*).

De estas últimas, *Xanthopeltisrupicola* es un registro interesante dado que es una especie endémica de Chile, en los farellones oeste de la Cordillera de los Andes. Aparentemente, esta especie ha ocupado diferentes cumbres de la Cordillera de la Costa a partir del

Pleistoceno en el Último Máximo Glaciar. En este periodo, la disminución de las temperaturas favoreció el movimiento de las especies desde las zonas altas de la Cordillera de los Andes a los valles de la cuenca mediterránea, y con el posterior aumento de las temperaturas estas especies volvieron a sus refugios ancestrales y ocuparon nuevos puntos en la Cordillera de la Costa.

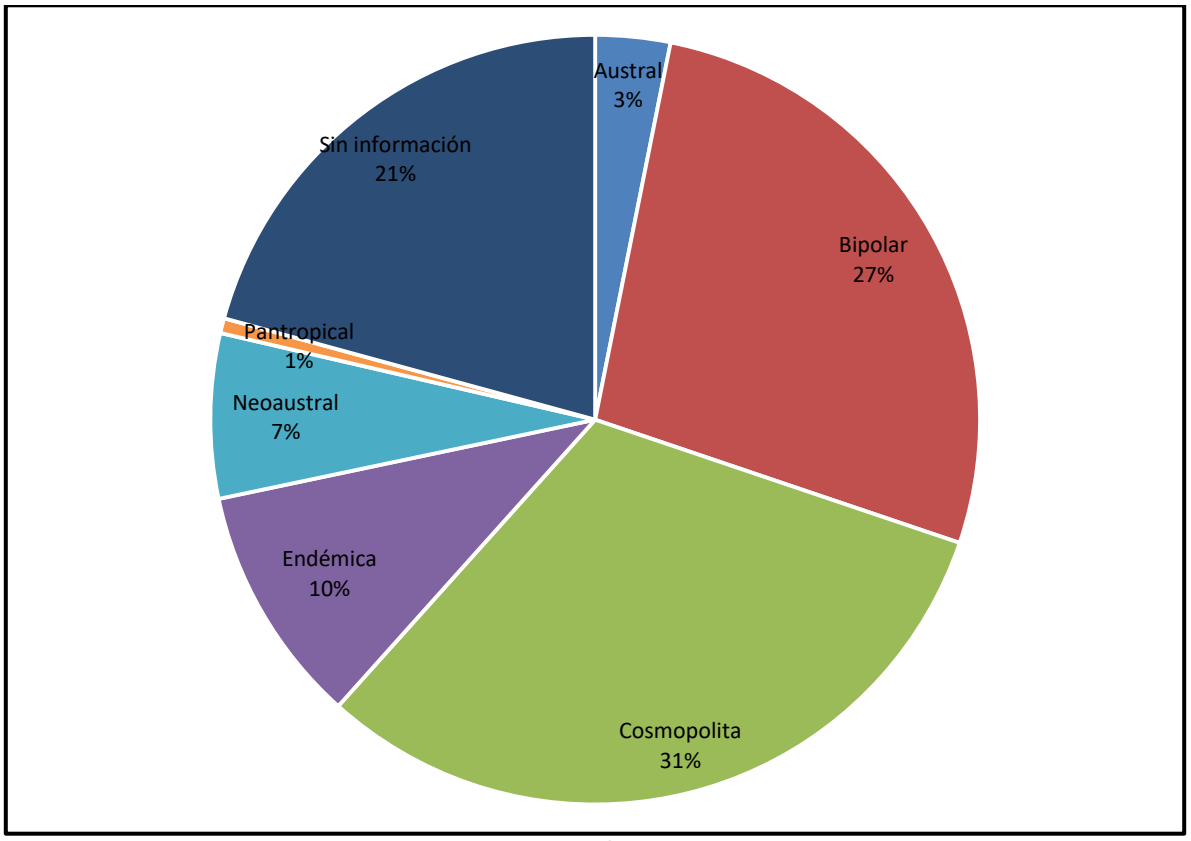
Un resumen del origen biogeográfico de las especies presentes en el área de influencia se presenta en la**Tabla 4.3**.

Tabla 4.3Distribución biogeográfica de los líquenes registrados en el área de influencia.

Origen	N° Especies	% Total
Austral	5	3
Bipolar	43	27
Cosmopolita	50	31
Neoaustral	11	7
Pantropical	1	1
Endémica	16	10
Sin información	33	21
TOTAL	**159**	**100**

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 4.10Relación porcentual de la distribución biogeográfica de las especies presentes en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

5 CONCLUSIONES

Considerando que los líquenes no son organismos estacionales ni transientes, es posible efectuar en sólo una visita muestreos que tengan significancia biológica y que permitan la descripción del grupo en términos de su riqueza.

En elárea de influencia se registraron un total de 159especies de líquenes, 79% (126) fueron identificados a nivel específico, en tanto que el 21% (33) restante fue identificado a nivel genérico. Estos valores posicionan, preliminarmente, a la Reserva como uno de los sitios mejor conocidos y más ricos en líquenes de la zona central, considerando el bajo conocimiento del grupo en el país.

En cuanto a la distribución espacial, se presenta de manera heterogenea a lo largo del gradiente altitudinal de la Reserva, la que se encuentra determinada por un efecto conjunto de la altitud y el piso vegetacional al cual se asocian los puntos. Así, a medida que aumenta la altitud, disminuye la riqueza, potencialmente asociado a la disminución de los sustratos vegetales disponibles para el establecimiento de líquenes. En el caso del piso vegetacional, el piso de Bosque caducifolio, que se encuentra a partir de los 1000 msnm, es el que presenta la mayor riqueza de especies, con una menor riqueza en los pisos mas bajos asociacios a Bosque esclerófilo. No obstante, los puntos en el piso Bosque caducifolio son menos ricos y menos semejantes entre si que los puntos de los pisos de Bosque esclerófilo.

Se presenta un endemismo relativamente bajo, representado por 16 especies (10% del total).Las especies endémicas encontradas son propias de la zona mediterránea de Chile central y es probable que una evaluación mas profunda de cuenta de la presencia de un ayor numero de especies endémicas.

De las especies de líquenes presentes, tres poseen una clasificación de estado de conservación por parte del Ministerio del Medio Ambiente en alguno de sus procesos: ***Acarospora altoadina*** (Datos insuficientes, DD), ***Acarospora rhabarbarina*** (Datos insuficientes, DD), y ***Caloplaca chilensis*** (Preocupación menor, LC).

Por otro lado, 17 especies poseen un estado de conservación propuesto de acuerdo conQuilhot*et al.* (1998)

Es importante destacar que estos resultados son producto de la revisión parcial de los materiales colectados. De este modo, los valores referenciales de riqueza por puntos, altitudes, cateogiras altitudinales, pisos vegetacionales y distribución biogeográfica podrían alterarse en el mediano a corto plazo.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMADJIAN V (1993)The lichen photobiont - what can it tell us about lichen systematics? The Bryologist 96:310-313.
- ALEXOPOULOS CJ, CW MIMS & M BLACKWELL (1996)Introductory mycology. 4th ed. John Wiley&Sons, Inc,EEUU.
- ARMESTO J&LC CONTRERAS (1981)Saxicolous lichen communities: nonequilibrium systems? American Naturalist 118:597-604.
- BARRENO E (1998) Hongos simbiontes: líquenes, micoficobiosis y micorrizas. En: Izco J, E Barreno, MBrugués, M Costa, J Devesda, F Fernández, T Gallardo, X Llimona, E Salvo, S Talavera& B Valdés (Eds.): Botánica: 309-340.México, McGraw-Hill International.
- BECKA, T FRIEDL & G RAMBOLD (1998) Selectivity of photobiont choice in a defined lichen community: inferences from cultural and molecular studies. New Phytologist 139:709-720.
- BRANDT A, J-P DE VERA, S ONOFRI & S OTT (2015) Viability of the lichen *Xanthoriaelegans* and its symbionts after 18 months of space exposure and simulated Mars conditions on the ISS. International Journal of Astrobiology14(3): 411-425.
- BRODO IM, S DURAN SHARNOFF& S SHARNOFF (2001) Lichens of North America. Yale University Press, New Haven & London. 795 pp.
- CONAMA (2008) Memorandum 387. Minuta de prelación para efectos del SEIA de las Clasificaciones y/o categorizaciones de las especies de Flora y Fauna silvestre. 14 pp.
- DE VERA J-P (2012) Lichens as survivors in space and on Mars. Fungal Ecology 5(4): 472-479.
- ELIX JA (2014) A Catalogue of Standardized Chromatographic Data and Biosynthetic Relationships for Lichen Substances. Third Edition. Published by the author, Canberra.
- ELLIS CJ (2012) Lichen epiphyte diversity:a species, community and trait-based review. Perspectives in Plantecology, EvolutionadnSistematics 14:131-152.
- ELVEBAKK A & R MOBERG (2002) Foliose and placodioid species of the lichen family Physciaceae in southernmost Chile. The Lichenologist 34(4): 311-320.
- FEUERER T&DL HAWKSWORTH (2007)Biodiversity of lichens, including a world-wide analysis of checklist data based on Takhtajan's floristic regions. Biodiversity and Conservation 16:85-98.
- FOLLMANN G (1965)Fensterflechten in der Atacamawuste. Die Naturwissenschaften 52:434-435.
- FOLLMANN G (1968)FelsbewohnendeArthoniaceen der chilenischenPazifikkuste. Willdenowia 4:365-382.
- FOLLMANN G(1995)On the impoverishment of the lichen flora and the retrogression of the lichen vegetation in coastal central and northern Chile during the last decades. Cryptogamic Botany 5:224-231.
- FOLLMANN G & J REDÓN (1972) Erganzungen zur Flechtenflora der nordchilenischen Nebeloasen Fray Jorge und Talinay. Willdenowia 6: 431-460.
- FRIEDL T&B BÜDEL (2008) Photobionts. En: T.H.Nash, III (Ed.):Lichen Biology: 7-26. SecondEdition. Cambridge UniversityPress, Cambridge.
- GALLOWAY DJ(1995) Lichens in Southern Hemisphere temperate rainforest and their role in maintenance of biodiversity. En: Allsopp, D., Colwell, RR, Hawksworth, DL (eds.): Microbial Diversity and Ecosystem Function. CAB International, pp. 125-135.
- GALLOWAY DJ(1998)The lichens of Chile: present knowledge and future prospects. En: Marcelli, M.P. and M.R.D. Seaward (Eds.): Lichenology in Latin America: History,

Current Knowledge and Applications: 87-100. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Estado de Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil.

- GALLOWAY DJ(2008) Lichen biogeography. En: T.H.Nash, III (Ed.): Lichen Biology: 315-335. SecondEdition. Cambridge UniversityPress, Cambridge.
- GALLOWAY DJ & C MARTICORENA (1991) A bibliography of Chilean lichenology. GayanaBotánica 48:17-66.
- GALLOWAY DJ & W QUILHOT (1998) Checklist of Chilean lichen-forming and lichenicolous fungi. Gayana Botánica 55:111-185.
- GUTIERREZ JR, PL MSERVE, DA KELT, A ENGILIS JR, MA PREVITALI, WB MILSTEAD & FM JAKSIC (2010) Long-term research in Bosque Fray Jorge National Park: Twenty years studying the role of biotic and abiotic factors in a Chilean semiarid scrubland. Revista Chilena de Historia Natural 83: 69-98.
- HENSSEN A&HM JAHNS (1973)Lichenes. Georg ThiemeVerlag, Stuttgart.
- HIBBETT DS, M BINDER, JF BISCHOFF, M BLACKWELL, PF CANNON, OE ERIKSSON, S HUHNDORF, T JAMES, PM KIRK, R LÜCKING, HT LUMBSCH, F LUTZONI, PB MATHENY, DJ MCLAUGHLIN, MJ POWELL, S REDHEAD, CL SCHOCH, JW SPATAFORA, JA STALPERS, R VILGALYS, MC AIME, AAPTROOT, R BAUER, D BEGEROW, GL BENNY, LA CASTLEBURY, PW CROUS, Y-C DAI, W GAMS, DM GEISER, GW GRIFFITH, C GUEIDAN, DL HAWKSWORTH, G HESTMARK, K HOSAKA, RA HUMBER, KD HYDE, JE IRONSIDE, U KÕLJALG, CP KURTZMAN, K-H LARSSON, R LICHTWARDT, J LONGCORE, J MIADLIKOWSKA, A MILLER, J-M MONCALVO, S MOZLEY-STANDRIDGE, F OBERWINKLER, E PARMASTO, V REEB, JD ROGERS, CROUX, LRYVARDEN, JP SAMPAIO, A SCHÜßLER, J SUGIYAMA, RG THORN, L TIBELL, WA UNTEREINER, C WALKER, Z WANG, A WEIR, M WEISS, MM WHITE, K WINKA, Y-J YAO &N ZHANG (2007) A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. MycologicalResearch 111:509-547.
- HONEGGER R (1993) Developmental biology of lichens. New Phytologist 125:659-677.
- JAKLITSCH W, H-O BARAL, R LÜCKING; HT LUMBSCH & W FREY (2016) Syllabus of Plant Families - A. Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien Part 1/2: Ascomycota. 13 Ed. BorntraegerVerlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- JAMES TY, F. KAUFF, C. SCHOCH, P. B. MATHENY, V. HOFSTETTER, C. J. COX, G. CELIO, C. GUEIDAN, E. FRAKER, J. MIADLIKOWSKA, H. T. LUMBSCH, A. RAUHUT, V. REEB, A. E. ARNOLD, A. AMTOFT, J. E. STAJICH, K. HOSAKA, G.-H. SUNG, D. JOHNSON, B. O'ROURKE, M. CROCKETT, M. BINDER, J. M. CURTIS, J. C. SLOT, Z. WANG, A. W. WILSON, A. SCHÜßLER, J. E. LONGCORE, K. O'DONNELL, S. MOZLEY-STANDRIDGE, D. PORTER, P. M. LETCHER, M. J. POWELL, J. W. TAYLOR, M. M. WHITE, G. W. GRIFFITH, D. D. DAVIES, R. A. HUMBER, J. B. MORTON, J. SUGIYAMA, A. ROSSMAN, J. D. ROGERS, D. H. PFISTER, D. HEWITT, K. HANSEN, S. HAMBLETON, R. A. SHOEMAKER, J. KOHLMEYER, B. VOLKMANN-KOHLMEYER, R. A. SPOTTS, M. SERDANI, P. W. CROUS, K. W. HUGHES, K. MATSURA, E. LANGER, G. LANFER, W. A. UNTEREINER, R. LÜCKING, B. BÜDEL, D. M. GEISER, A. APTROOT, P. DIEDERICH, I. SCHMITT, M. SCHULTZ, R. YAHR, D. S. HIBBETT, F. LUTZONI, D. J. MCLAUGHLIN, J. W. SPATAFORA & R. VILGALYS (2006) Reconstructing the early evolution of fungi using a six-gene phylogeny. Nature 443: 818-822.
- KIRKPM, PF CANNON, DW MINTER & JA STALPERS (2008) Dictionary of the Fungi (10th Ed.). CABI, Wallingford, United Kingdom.
- KNUDSENK (2012) Some Notes on Acarosporaceae in South America. OpusculaPhilolichenum 11: 31-35. Knudsen

- KNUDSENK, JA ELIX & V REEB (2008) A preliminary study of the genera Acarospora and Pleopsidium in South America. OpusculaPhilolichenum 5: 1-22.
- KNUDSENK, A FLAKUS & M KUKWA (2012) A contribution to the study of Acarosporaceae in South America. Lichenologist 44(2): 253-262.
- LANGE OL & J REDÓN (1983) Epiphytische Flechten im Bereich einer chilenischen "Nebeloase" (Fray Jorge). II. Okophysiologische Charakterisierung von CO2-Gaswechsel und Wasserhaushalt. Flora 174: 245-284.
- LÜCKING R,V WIRTH, L FERRARO &MES CÁCERES (2003)Foliicolous lichens from Valdivian temperate rain forest of Chile and Argentina: evidence of an austral element, with description of seven new taxa. Global Ecology and Biogeography 12:21-36.
- LUMBSCH HT&S HUHNDORF (2010)Myconet Volume 14. Part One. Outline of Ascomycota - 2009. Part Two. Notes on Ascomycete Systematics. Nos. 4751–5113. Fieldiana Life and Earth Sciences 1:1-64.
- MAGNUSSON, A.H. (1955) Key to saxicolous buellia species, mainly from South America. Ark. f. Bot. 3(9): 205-221.
- MARBACH, B. (2000) Corticole und lignicole Arten der Flechtengattung buellia sensu lato in den Subtropen und Tropen. Bibliotheca Lichenologica 74: 1-384.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2016) Decreto Supremo N° 16, Aprueba y Oficializa Clasificación De Especies Según Estado De Conservación, Duodécimo Proceso. 3p.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA) (2017) Decreto Supremo 6/2017. Aprueba y oficializa clasificación de especies según estado de conservación, décimo tercer proceso. Promulgado el jueves 16 de marzo de 2017. Publicado en el Diario oficial de la República de Chile, el viernes 2 de junio de 2017.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (2007) Decreto Supremo N° 151, Oficializa Primera Clasificacion De Especies Silvestres Segun Su Estado De Conservacion. 3 p.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (2008) Decreto Supremo N° 50, Aprueba Y Oficializa Nómina Para El Segundo Proceso De Clasificación De Especies Según Su Estado De Conservación. 5 p.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (2008) Decreto Supremo N° 51, Aprueba Y Oficializa Nómina Para El Tercer Proceso De Clasificación De Especies Según Su Estado De Conservación. 4 p.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (2009) Decreto Supremo N° 23, Aprueba Y Oficializa Nómina Para El Cuarto Proceso De Clasificación De Especies Según Su Estado De Conservación. 3 p.
- ORANGE A, PW JAMES &FJ WHITE (2001)Microchemical Methods for the Identification of Lichens. British Lichen Society, London.
- ØVSTEDAL DO& RI LEWIS SMITH (2001) Lichens of Antarctica and South Georgia: A Guide to Their Identification and Ecology. Studies in Polar Research, Cambridge UniversityPress, Cambridge, England.
- PEREIRA I&J SAN MARTIN (1998)Corticolous lichen flora of a relict forest of *Nothofagusalessandrii* in central Chile. Cryptogamie, Bryologie-Lichénologie 19:59-72.
- PEREIRA I, J SAN MARTÍN & C ROUX (1999)Patrón florístico de líquenes epifitos de *Nothofagus glauca* in un bosque costero de Chile central. Gayana Botánica 56:69-76.
- PEREIRA I,JSAN MARTÍN& M MOYA (2002)Epiphytic lichens on *Gomortegakeule* (Gomortegaceae) in the coastal mountains of central Chile. MitteilungenausdemInstitutfürAllgemeineBotanik in Hamburg 30-32:171-185.
- PEREIRA I, FMÜLLER&A VALDERRAMA (2006) Diversity and distribution of bryophytes and lichens of El Colorado, Central Chile. Nova Hedwigia 83:117-127.

- PEREIRA I, F MÜLLER & M MOYA (2014) Influence of *Nothofagus* bark pH on the lichen and bryophytes richness, Central Chile. GayanaBotanica 71:120-130.
- QUILHOT W(1995) Líquenes. En: Simonetti, J.A., Arroyo, M.T.K., Spotorno, A.E. and E. Lozada(Eds.): Diversidad Biológica de Chile: 26-37. Conicyt,Santiago.
- QUILHOT W, I PEREIRA, G GUZMÁN, R RODRÍGUEZ & I SEREY (1998) Categorías de conservación de líquenes nativos de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47:9-22.
- QUILHOTW, M CUELLAR, R DÍAZ, F RIQUELME & C RUBIO (2012) Lichens of Aisen, Southern Chile. Gayana Botánica 69:57-87.
- REDÓN FJ (1973) BeobachtungenzurGeographie und Okologie der chilenischenFlechtenflora. Journal of theHattoriBotanicalLaboratory 37:153-167.
- REDÓN J & OL LANGE (1983) Epiphytische Flechten im Bereich einer chilenischen "Nebeloase" (Fray Jorge). I. Vegetationskundliche Gliederung und Standortsbedingungen. Flora 174: 213-243.
- REDÓN J& W QUILHOT (1977)Los líquenes de las Islas de Juan Fernández I: estudio preliminar. Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso 10:15-26.
- REDÓN J & A WALKOWIAK (1978) Estudio Preliminar de la Flora liquénica del Parque Nacional La Campana. I: Resultados sistemáticos. Anales el museo de Historia Natural, Valparaíso 11:19-36.
- REDÓN J, W QUILHOT & E ZUÑIGA (1975) Observaciones sistemáticas y ecológicas en líquenes del Parque Nacional Fray Jorge. Anales del Museo de Historia Natural, Chile 8: 51-57.
- RUNDEL PW (1980)Corticolous lichen communities of *Nothofagusdombeyi* on VolcanVillarica in southern Chile. The Bryologist 83:82-84.
- SANCHO LG, R DE LA TORRE, G HORNECK, C ASCASO, A DE LOS RIOS, A PINTADO, J WIERZCHOS & M. SCHUSTER (2006) Lichens Survive in Space: Results from the 2005 LICHENS Experiment. Astrobiology 7:443-454.
- SCHOCH, C., G.-H. SUNG, F. LÓPEZ-GIRÁLDEZ, J. P. TOWNSEND, J. MIADLIKOWSKA, V. HOFSTETTER, B. ROBBERTSE, B. MATHENY, F. KAUFF, Z. WANG, C. GUEIDAN, R.M. ANDRIE, K. TRIPPE, L.M. CIUFETTI, A. WYNNS, E. FRAKER, B.P. HODKINSON, G. BONITO, J.Z. GROENEWALD, M. ARZANLOU, G.S. DE HOOG, P.W. CROUS, D. HEWITT, D. PFISTER, K. PETERSON, M. GRYZENHOUT, M.J. WINGFIELD, A. APTROOT, S.-O. SUH, M. BLACKWELL, D.M. HILLIS, G.W. GRIFFITH, L.A. CASTLEBURY, A. ROSSMAN, H.T. LUMBSCH, R. LÜCKING, B. BÜDEL, A. RAUHUT, P. DIEDERICH, D. ERTZ, D. M. GEISER, K. HOSAKA, P. INDERBITZIN, J. KOHLMEYER, B. VOLKMANN-KOHLMEYER, L. MOSTERT, K. O'DONNELL, H. SIPMAN, J.D. ROGERS, R. SHOEMAKER, J. SUGIYAMA, R.C. SUMMERBELL, W. UNTEREINER, P.R. JOHNSTON, S. STENROOS, A. ZUCCARO, P.S. DYER, P.D. CRITTENDEN, M. S. COLE, K. HANSEN, J.M. TRAPPE, R. YAHR, F. LUTZONI & J.W. SAPATAFORA. 2009. The Ascomycota tree of life: a phylum-wide phylogeny clarifies the origin and evolution of fundamental reproductive and ecological traits. Systematic Biology 58(2): 224-239.
- SPRIBILLE T, V TUOVINEN, P RESL, D VANDERPOOL, H WOLINSKI, MC AIME, K SCHNEIDER, E STABENTHEINER, M TOOME-HELLER, G THOR, H MAYRHOFER, H JOHANNESSON, JP MCCUTCHEON (2016) Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. Science 10.1126/science.aaf8287.
- TAKHTAJAN, A (1986) Floristic regions of the world. University of California Press, California.

- VARGAS R&A BECK (2012) Photobiont selectivity and specificity in *Caloplaca* species in a fog-induced community in the Atacama Desert, northern Chile. FungalBiology 116:665-676.
- VARGAS R & C MORANO (2014)Hongos liquenizados en morrenas del monte San Lorenzo, Región de Aisén, Chile. Gayana Botánica 71:140-146.
- VARGAS R, D STANTON & PR NELSON (2017) Aportes al conocimiento de la biota liquénica del oasis de neblina de Alto Patache, Desierto de Atacama. Revista de Geografía Norte Grande 68: 49-64
- WEBSTER J&RWS WEBER (2007) Introduction to Fungi. Third edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- WESTBERG M(2004)*Candelariella*. En: Nash TH III, BD Ryan, P Diederich, CGries& F Bungartz(eds.): Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region, Vol. 2. Lichens Unlimited, Arizona State University, Tempe, Arizona, pp. 46-53.
- ZAHLBRUCKNER A (1924) Die Flechten der Juan-Fernandez-Inseln. En: Skottsberg C. (ed.): The natural history of Juan Fernandez and Easter Island. II.

ANEXO A- CATÁLOGO TAXONÓMICO DE LA BIOTA LIQUENOLÓGICA REGISTRADA EN EL AI

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	NOMBRE CIENTÍFICO
Ascomycota	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	Acarospora	Acarospora altoandina H. Magn.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	Acarospora	Acarospora brouardii B. de Lesd.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	Acarospora	Acarospora bullata Anzi
Ascomycota	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	Acarospora	Acarospora fuscata (Nyl.) Th. Fr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	Acarospora	Acarospora rhabarbarina Hue
Ascomycota	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	Acarospora	Acarospora rouxii K. Knudsen, Elix & Reeb
Ascomycota	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	Acarospora	Acarospora sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	Acarospora	Acarospora strigata (Nyl.) Jatta
Ascomycota	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	Acarospora	Acarospora xanthophana (Nyl.) jatta
Ascomycota	Dothideomycetes	Monoblastiales	Monoblastiaceae	Acrocordia	Acrocordia gemmata (Ach.) A. Massal.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Amandinea	Amandinea coniops (Wahlenb.) M. Choisy ex Scheid. & H. Mayrhofer
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Amandinea	Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheid.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Amandinea	Amandinea sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecideales	Lecideaceae	Amygdalaria	Amygdalaria sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Arctomiales	Arctomiaceae	Arctomia	Arctomia fascicularis (L.) Otálora & Wedin
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae	Arthonia	Arthonia atra (Pers.) A. Schneid.
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae	Arthonia	Arthonia sp.
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae	Arthonia	Arthonia tetraspora S.Y. Kondr. & Kärnefelt
Ascomycota	Lecanoromycetes	Pertusariales	Megasporaceae	Aspicilia	Aspicilia cf. phaea Owe-Larss. & A. Nordin
Ascomycota	Lecanoromycetes	Pertusariales	Megasporaceae	Aspicilia	Aspicilia cinerea (L.) Körb.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Pertusariales	Megasporaceae	Aspicilia	Aspicilia sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Ramalinaceae	Bacidia	Bacidia phacodes Körb.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Ramalinaceae	Bacidia	Bacidia sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Buellia	Buellia cf. aethalea (Ach.) Th. Fr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Buellia	Buellia cf. arnoldii Servít
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Buellia	Buellia coquimbensis C.W. Dodge
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Buellia	Buellia halonia (Ach.) Tuck.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Buellia	Buellia jorgensis Zahlbr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Buellia	Buellia sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Buellia	Buellia sp. 2
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Buellia	Buellia sp. 3
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Buellia	Buellia subdisciformis (Leight.) Jatta
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Buellia	Buellia tristicolor Zahlbr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Bulbothrix	Bulbothrix isidiza (Nyl.) Hale
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Calicium	Calicium viride Pers.

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	NOMBRE CIENTÍFICO
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Caloplaca	Caloplaca cf. cerina (Hedw.) Th. Fr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Caloplaca	Caloplaca chilensis Kärnefelt, S.Y. Kondr., Frödén & Arup
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Caloplaca	Caloplaca clandestina Zahlbr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Caloplaca	Caloplaca rubina Zahlbr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Caloplaca	Caloplaca sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Caloplaca	Caloplaca tucumanensis H. Magn.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Candelariales	Candelariaceae	Candelaria	Candelaria concolor (Dicks.) Arnold
Ascomycota	Lecanoromycetes	Candelariales	Candelariaceae	Candelariella	Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau
Ascomycota	Lecanoromycetes	Candelariales	Candelariaceae	Candelariella	Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll. Arg.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Canoparmelia	Canoparmelia austroamericana Adler
Ascomycota	Eurotiomycetes	Verrucariales	Verrucariaceae	Catapyrenium	Catapyrenium rufescens (Ach.) Breuss
Ascomycota	Eurotiomycetes	Verrucariales	Verrucariaceae	Catapyrenium	Catapyrenium squamulosum (Ach.) Breuss
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Chrysthricaceae	Chrysothrix	Chrysothrix granulosa G. Thor.
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Chrysthricaceae	Chrysothrix	Chrysothrix pavonii (Fr.) J.R. Laundon
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Circinaria	Circinaria calcarea (L.) A. Nordin, Savić & Tibell
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Circinaria	Circinaria contorta (Hoffm.) A. Nordin, Savić & Tibell
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Cladoniaceae	Cladonia	Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Cladoniaceae	Cladonia	Cladonia scabriuscula (Delise) Leight.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Dimelaena	Dimelaena cf. radiata (Tuck.) Hale & W.L. Culb.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Ostropales	Coenogoniaceae	Dimerella	Dimerella lutea (Dicks.) Trevis.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Diploicia	Diploicia canescens (Dicks.) A. Massal.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Ostropales	Graphidaceae	Diploschistes	Diploschistes sp.
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Roccellaceae	Enterographa	Enterographa sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Flavoparmelia	Flavoparmelia caperata (L.) Hale
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Flavoparmelia	Flavoparmelia soredians (Nyl.) Hale
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Flavoplaca	Flavoplaca flavocitrina (Nyl.) Arup, Frödén & Søchting
Ascomycota	Lecanoromycetes	Ostropales	Graphidaceae	Graphis	Graphis sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Haematommataceae	Haematomma	Haematomma chilena C.W. Dodge
Ascomycota	Lichinomycetes	Lichinales	Heppiaceae	Heppia	Heppia sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Heterodermia	Heterodermia cf. multiciliata (Kurok.) Trass
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Heterodermia	Heterodermia leucomelos (L.) Poelt
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Heterodermia	Heterodermia sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Hyperphyscia	Hyperphyscia adglutinata (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Hypotrachyna	Hypotrachyna sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Josefpoeltia	Josefpoeltia sorediosa S.Y. Kondr. & Kärnefelt
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Roccellaceae	Lecanactis	Lecanactis abietina (Ehrh. ex Ach.) Körb.

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	NOMBRE CIENTÍFICO
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Roccellaceae	Lecanactis	Lecanactis sp.
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Roccellaceae	Lecanographa	Lecanographa brattiae (Egea & Ertz) Ertz & Tehler
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Roccellaceae	Lecanographa	Lecanographa sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Lecanora	Lecanora albella (Pers.) Ach.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Lecanora	Lecanora cf. argentata (Ach.) Röhl.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Lecanora	Lecanora cf. chlarotera Nyl.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Lecanora	Lecanora cf. subfusca (L.) Ach.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Lecanora	Lecanora sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecideales	Lecideaceae	Lecidea	Lecidea atrobrunnea (DC.) Schaer.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Lecidella	Lecidella elaeochroma (Ach.) M. Choisy
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Stereocaulaceae	Lepraria	Lepraria incana (L.) Ach.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Stereocaulaceae	Lepraria	Lepraria membranacea (Dicks.) Vain.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Stereocaulaceae	Lepraria	Lepraria sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Peltigerales	Collemataceae	Leptogium	Leptogium cochleatum (Dicks.) P.M. Jørg. & P. James
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Massjukiella	Massjukiella polycarpa (Hoffm.) S.Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, J.S. Hur & A. Thell
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Melanohalea	Melanohalea cf. multispora (A. Schneid.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Melanohalea	Melanohalea sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Melanohalea	Melanohalea subelegantula (Essl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Melanohalea	Melanohalea subolivacea (Nyl. ex Hasse) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Myriolecis	Myriolecis dispersa (Pers.) Śliwa, Zhao Xin & Lumbsch
Ascomycota	Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	Myriospora	Myriospora smaragdula (Wahlenb.) Nägeli ex Uloth
Ascomycota	Lecanoromycetes	Peltigerales	Nephromataceae	Nephroma	Nephroma cellulosum var. cellulosum (Sm.) Ach.
Ascomycota	Incertae sedis	Incertae sedis	Incertae sedis	Normandina	Normandina pulchella (Borrer) Nyl.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Pertusariales	Ochrolechiaceae	Ochrolechia	Ochrolechia cf. chilensis Verseghy
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Roccellaceae	Opegrapha	Opegrapha sp.
Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Roccellaceae	Opegrapha	Opegrapha vulgata (Ach.) Ach.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Oxneria	Oxneria fallax (Arnold) S.Y. Kondr. & Kärnefelt
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Parmelia	Parmelia saxatilis (L.) Ach.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Parmelia	Parmelia sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Parmelina	Parmelina cf. pastillifera (Harm.) Hale
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Parmelina	Parmelina cf. quercina (Willd.) Hale
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Parmotrema	Parmotrema crinitum (Ach.) M. Choisy

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	NOMBRE CIENTÍFICO
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Parmotrema	Parmotrema reticulatum (Taylor) M. Choisy
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Parmotrema	Parmotrema sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Pertusariales	Pertusariaceae	Pertusaria	Pertusaria leioplaca var. turgida Müll. Arg.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Ostropales	Phlyctidaceae	Phlyctis	Phlyctis sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Physcia	Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Physcia	Physcia aipolia (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Physcia	Physcia caesia (Hoffm.) Hampe ex Fürnr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Physcia	Physcia stellaris (L.) Nyl.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Physcia	Physcia tenella (Scop.) DC.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Candelariales	Candelariaceae	Placomaronea	Placomaronea candelarioides Räsänen
Ascomycota	Lecanoromycetes	Peltigerales	Placynthiaceae	Placynthium	Placynthium nigrum (Huds.) Gray
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Polycauliona	Polycauliona ascendens (S.Y. Kondr.) Frödén, Arup & Søchting
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Polycauliona	Polycauliona kaernefeltii (S.Y. Kondr., D.J. Galloway & Goward) Frödén, Arup & Søchting
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecideales	Lecideaceae	Porpidia	Porpidia sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Lecanora	Protoparmeliopsis muralis (Schreb.) M. Choisy
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Psoraceae	Psora	Psora cf. decipiens (Hedw.) Hoffm.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Psoraceae	Psora	Psora sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Punctelia	Punctelia rudecta (Ach.) Krog
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Punctelia	Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog
Ascomycota	Eurotiomycetes	Pyrenulales	Pyrenulaceae	Pyrenula	Pyrenula nitida (Weigel) Ach.
Ascomycota	Eurotiomycetes	Pyrenulales	Pyrenulaceae	Pyrenula	Pyrenula sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Ramalinaceae	Ramalina	Ramalina chilena (Nyl.) Kashiw.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Ramalinaceae	Ramalina	Ramalina farinacea (L.) Ach.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Ramalinaceae	Ramalina	Ramalina striatula Nees & Flot.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Rhizocarpales	Rhizocarpaceae	Rhizocarpon	Rhizocarpon cf. disporum (Nägeli ex Hepp) Müll. Arg.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Rhizocarpales	Rhizocarpaceae	Rhizocarpon	Rhizocarpon geographicum (L.) DC.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Rhizocarpales	Rhizocarpaceae	Rhizocarpon	Rhizocarpon grande (Flörke ex Flot.) Arnold
Ascomycota	Lecanoromycetes	Rhizocarpales	Rhizocarpaceae	Rhizocarpon	Rhizocarpon lecanorinum Anders
Ascomycota	Lecanoromycetes	Rhizocarpales	Rhizocarpaceae	Rhizocarpon	Rhizocarpon sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Lecanoraceae	Rhizoplaca	Rhizoplaca melanophthalma (DC.) Leuckert
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Rinodina	Rinodina pyrina (Ach.) Arnold
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Rinodina	Rinodina sophodes (Ach.) A. Massal.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	Rinodina	Rinodina sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Solitaria	Solitaria cf. chrysophthalma (Degel.) Arup, Søchting &

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	NOMBRE CIENTÍFICO
					Frödén
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Teloschistes	Teloschistes chrysophthalmus (L.) Norman ex Tuck.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Teloschistes	Teloschistes exilis (Michx.) Vain.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Teloschistes	Teloschistes flavicans (Sw.) Norman
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Teloschistes	Teloschistes stellatus (Meyen & Flot.) Müll. Arg.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Teloschistes	Teloschistes velifer F. Wilson
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Mycoblastaceae	Tephromela	Tephromela atra Fée
Ascomycota	Lecanoromycetes	Caliciales	Caliciaceae	Thelomma	Thelomma sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Ramalinaceae	Toninia	Toninia sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Umbilicariales	Umbilicariaceae	Umbilicaria	Umbilicaria decussata (Vill.) Zahlbr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Umbilicariales	Umbilicariaceae	Umbilicaria	Umbilicaria krempelhuberi Müll. Arg.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Umbilicariales	Umbilicariaceae	Umbilicaria	Umbilicaria phaea Tuck.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Umbilicariales	Umbilicariaceae	Umbilicaria	Umbilicaria polyphylla (L.) Baumg.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Usnea	Usnea poliothrix Kremp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Usnea	Usnea pusilla (Räsänen) Räsänen
Ascomycota	Lecanoromycetes	Pertusariales	Ochrolechiaceae	Varicellaria	Varicellaria velata (Turner) I. Schmitt & Lumbsch
Ascomycota	Eurotiomycetes	Verrucariales	Verrucariaceae	Verrucaria	Verrucaria cf. nigrescens Pers.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Xanthomendoza	Xanthomendoza mendozae (Räsänen) S.Y. Kondr. & Kärnefelt
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Xanthoparmelia	Xanthoparmelia conspersa (Ehrh. ex Ach.) Hale
Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	Xanthoparmelia	Xanthoparmelia sp.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Xanthopeltis	Xanthopeltis rupicola R. Sant.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Teloschistaceae	Xanthoria	Xanthoria parietina (L.) Beltr.
Ascomycota	Lecanoromycetes	Baeomycetales	Trapeliaceae	Xylographa	Xylographa perangusta (Stirt.) Müll. Arg.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Folio009231

ANEXO B– DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES Y TOTAL DE ESPECIES POR PUNTO DE MUESTREOREGISTRADO EN EL AI

Especies	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
Acarospora altoandina H. Magn.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acarospora brouardii B. de Lesd.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acarospora bullata Anzi	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Acarospora fuscata (Nyl.) Th. Fr.	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acarospora rhabarbarina Hue	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Acarospora rouxii K. Knudsen, Elix & Reeb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Acarospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acarospora strigata (Nyl.) Jatta	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Acarospora xanthophana (Nyl.) jatta	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acrocordia gemmata (Ach.) A. Massal.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Amandinea coniops (Wahlenb.) M. Choisy ex Scheid. & H. Mayrhofer	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheid.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Amandinea sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amygdalaria sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Arctomia fascicularis (L.) Otálora & Wedin	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Arthonia atra (Pers.) A. Schneid.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
Arthonia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthonia tetraspora S.Y. Kondr. & Kärnefelt	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Folio009233

Especies	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
Aspicilia cf. phaea Owe-Larss. & A. Nordin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Aspicilia cinerea (L.) Körb.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Aspicilia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Bacidia phacodes Körb.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
Bacidia sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Buellia cf. aethalea (Ach.) Th. Fr.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buellia cf. arnoldii Servít	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Buellia coquimbensis C.W. Dodge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Buellia halonia (Ach.) Tuck.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
Buellia jorgensis Zahlbr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Buellia sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Buellia sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buellia sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buellia subdisciformis (Leight.) Jatta	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Buellia tristicolor Zahlbr.	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bulbothrix isidiza (Nyl.) Hale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Calicium viride Pers.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Caloplaca cf. cerina (Hedw.) Th. Fr.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Caloplaca chilensis Kärnefelt, S.Y. Kondr., Frödén & Arup	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Caloplaca clandestina Zahlbr.	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Especies	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
Caloplaca rubina Zahlbr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Caloplaca sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caloplaca tucumanensis H. Magn.	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Candelaria concolor (Dicks.) Arnold	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll. Arg.	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Canoparmelia austroamericana Adler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Catapyrenium rufescens (Ach.) Breuss	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Catapyrenium squamulosum (Ach.) Breuss	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Chrysothrix granulosa G. Thor.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chrysothrix pavonii (Fr.) J.R. Laundon	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
Circinaria calcarea (L.) A. Nordin, Savić & Tibell	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Circinaria contorta (Hoffm.) A. Nordin, Savić & Tibell	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Cladonia scabriuscula (Delise) Leight.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Dimelaena cf. radiata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Especies	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
(Tuck.) Hale & W.L. Culb.																										
Dimerella lutea (Dicks.) Trevis.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
Diploicia canescens (Dicks.) A. Massal.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Diploschistes sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Enterographa sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Flavoparmelia caperata (L.) Hale	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flavoparmelia soredians (Nyl.) Hale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Flavoplaca flavocitrina (Nyl.) Arup, Frödén & Søchting	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
Graphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
Haematomma chilena C.W. Dodge	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Heppia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heterodermia cf. multiciliata (Kurok.) Trass	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Heterodermia leucomelos (L.) Poelt	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Heterodermia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Hyperphyscia adglutinata (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Hypotrachyna sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Josefpoeltia sorediosa S.Y. Kondr. & Kärnefelt	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lecanactis abietina (Ehrh. ex Ach.) Körb.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Lecanactis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Lecanographa brattiae (Egea & Ertz) Ertz &	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Folio009236

Especies	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
Tehler																										
Lecanographa sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lecanora albella (Pers.) Ach.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
Lecanora cf. argentata (Ach.) Röhl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Lecanora cf. chlarotera Nyl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Lecanora cf. subfusca (L.) Ach.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Lecanora sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Lecidea atrobrunnea (DC.) Schaer.	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Lecidella elaeochroma (Ach.) M. Choisy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Lepraria incana (L.) Ach.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Lepraria membranacea (Dicks.) Vain.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Lepraria sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Leptogium cochleatum (Dicks.) P.M. Jørg. & P. James	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Massjukiella polycarpa (Hoffm.) S.Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, J.S. Hur & A. Thell	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melanohalea cf. multispora (A. Schneid.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melanohalea sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Melanohalea	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Especies	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
subelegantula (Essl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch																										
Melanohalea subolivacea (Nyl. ex Hasse) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myriolecis dispersa (Pers.) Śliwa, Zhao Xin & Lumbsch	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Myriospora smaragdula (Wahlenb.) Nägeli ex Uloth	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nephroma cellulosum var. cellulosum (Sm.) Ach.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
Normandina pulchella (Borrer) Nyl.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ochrolechia cf. chilensis Verseghy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Opegrapha sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Opegrapha vulgata (Ach.) Ach.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Oxneria fallax (Arnold) S.Y. Kondr. & Kärnefelt	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Parmelia saxatilis (L.) Ach.	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Parmelia sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Parmelina cf. pastillifera (Harm.) Hale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parmelina cf. quercina (Willd.) Hale	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1

Folio009238

Especies	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
Parmotrema crinitum (Ach.) M. Choisy	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
Parmotrema reticulatum (Taylor) M. Choisy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Parmotrema sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pertusaria leioplaca var. turgida Müll. Arg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Phlyctis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Physcia aipolia (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Physcia caesia (Hoffm.) Hampe ex Fürnr.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physcia stellaris (L.) Nyl.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physcia tenella (Scop.) DC.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Placomaronea candelarioides Räsänen	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Placynthium nigrum (Huds.) Gray	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Polycauliona ascendens (S.Y. Kondr.) Frödén, Arup & Søchting	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
Polycauliona kaernefeltii (S.Y. Kondr., D.J. Galloway & Goward) Frödén, Arup & Søchting	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Porpidia sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoparmeliopsis	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0

Especies	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
muralis (Schreb.) M. Choisy																										
Psora cf. decipiens (Hedw.) Hoffm.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Psora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Punctelia rudecta (Ach.) Krog	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Pyrenula nitida (Weigel) Ach.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Pyrenula sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ramalina chilena (Nyl.) Kashiw.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
Ramalina farinacea (L.) Ach.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0
Ramalina striatula Nees & Flot.	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Rhizocarpon cf. disporum (Nägeli ex Hepp) Müll. Arg.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizocarpon geographicum (L.) DC.	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizocarpon grande (Flörke ex Flot.) Arnold	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rhizocarpon lecanorinum Anders	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizocarpon sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizoplaca melanophthalma (DC.) Leuckert	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinodina pyrina (Ach.) Arnold	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
Rinodina sophodes (Ach.) A. Massal.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Rinodina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Especies	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
Solitaria cf. chrysophthalma (Degel.) Arup, Søchting & Frödén	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Teloschistes chrysophthalmus (L.) Norman ex Tuck.	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Teloschistes exilis (Michx.) Vain.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Teloschistes flavicans (Sw.) Norman	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Teloschistes stellatus (Meyen & Flot.) Müll. Arg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Teloschistes velifer F. Wilson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tephromela atra Fée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0
Thelomma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Toninia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Umbilicaria decussata (Vill.) Zahlbr.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umbilicaria krempelhuberi Müll. Arg.	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Umbilicaria phaea Tuck.	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umbilicaria polyphylla (L.) Baumg.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Usnea poliothrix Kremp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Usnea pusilla (Räsänen) Räsänen	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Varicellaria velata (Turner) I. Schmitt & Lumbsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0
Verrucaria cf.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0

Folio009241

Especies	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
nigrescens Pers.																										
Xanthomendoza mendozae (Räsänen) S.Y. Kondr. & Kärnefelt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Xanthoparmelia conspersa (Ehrh. ex Ach.) Hale	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
Xanthoparmelia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Xanthopeltis rupicola R. Sant.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xanthoria parietina (L.) Beltr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xylographa perangusta (Stirt.) Müll. Arg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total general	**3**	**21**	**26**	**4**	**27**	**22**	**33**	**3**	**52**	**1**	**7**	**30**	**19**	**64**	**35**	**42**	**24**	**36**	**2**	**36**	**30**	**15**	**52**	**52**	**2**	**8**

Fuente: Elaboración propia, 2018

Folio009242

ANEXO C– ANEXO FOTOGRAFICO DE ESPECIES OBSERVADAS EN LA RESERVA

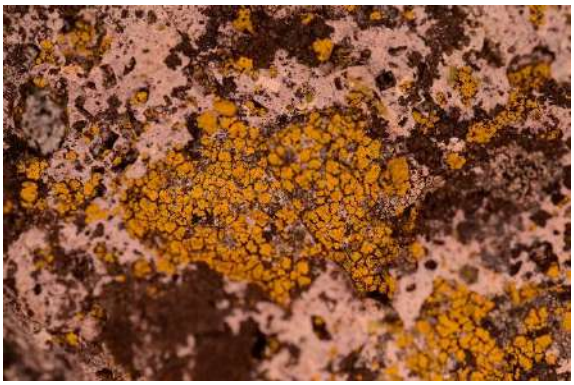
1. *Acarospora fuscata*

2. *Acarospora rhabarbarina*

3.*Aspicilia cinerea*

4.*Buellia tristicolor*

5. *Caloplaca tucumanensis*



6. *Candelariella vitellina*

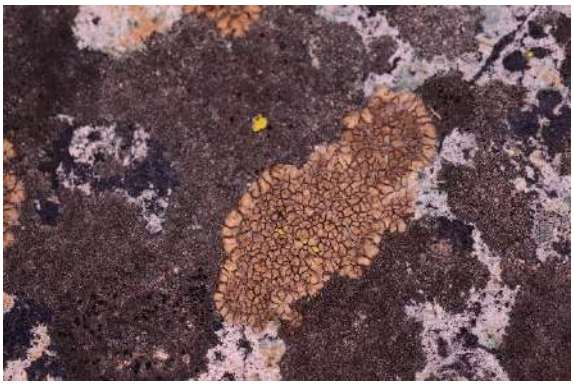
7.*Canoparmelia austroamericana*

8.*Circinaria contorta*

9.*Cladonia chlorophaea*

10.*Lecanora argentata*

11. *Lecidea atrobrunnea*



12. *Myriospora smaragdula*

13.*Parmelia saxatilis*

14.*Protoparmeliopsis muralis*

15.*Punctelia subrudecta*

16.*Tephromela atra*

17. *Umbilicaria krempelhuberi*

18. *Xanthopeltis rupicola*

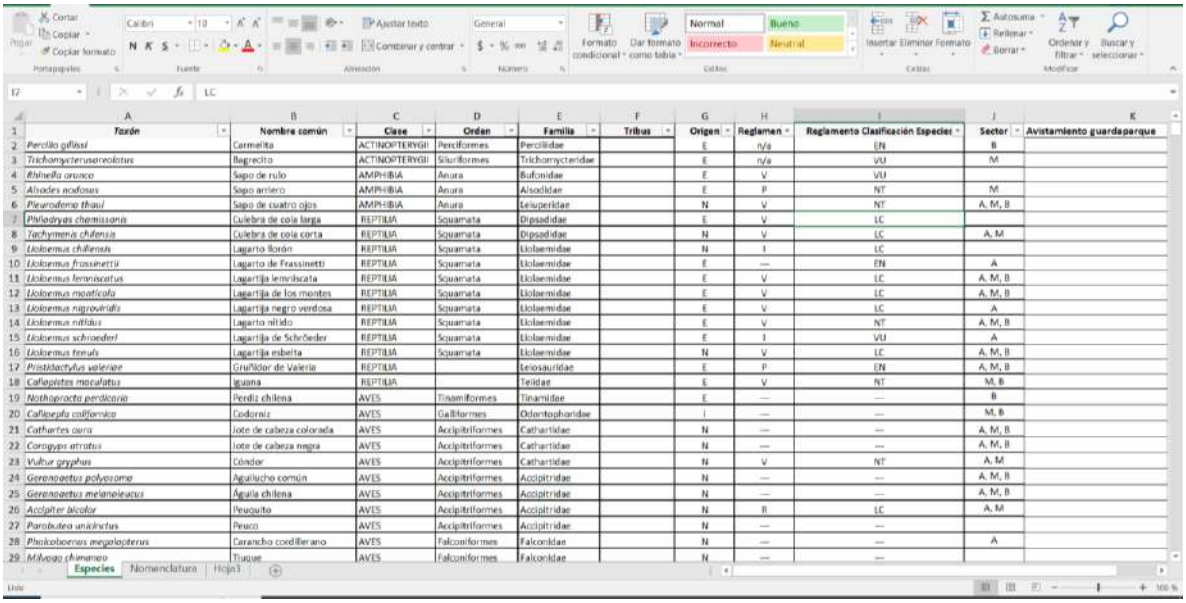
Ministerio del Medio Ambiente

Gobierno de Chile

CONSTANCIA DE PIEZA EXCEPTUADA

Se deja constancia del ingreso, en calidad de pieza exceptuada del Expediente de la Macrozona Centro en el marco del artículo 8vo transitorio de la Ley 21.600 que mandata el proceso para el establecimiento de Sitios Prioritarios de la Estrategia Nacional y las Estrategias Regionales de Biodiversidad, a los siguientes archivos digitales recibidos a través de correo electrónico el 15 de junio 2024, cuyo nombre de archivo es el siguiente:

“Línea Base Fauna_actualizado.xlsx”



Taxón	Nombre común	Clase	Orden	Familia	Tribus	Origen	Reglamen	Reglamento Clasificación Especies	Sector	Avistamiento guardaparque
Percilia gillissi	Carmelita	ACTINOPTERYGII	Perciformes	Perciliidae		E	n/a	EN	B	
Trichomycterus areolatus	Bagrecito	ACTINOPTERYGII	Siluriformes	Trichomycteridae		E	n/a	VU	M	
Rhinella arunco	Sapo de rulo	AMPHIBIA	Anura	Bufonidae		E	V	VU		
Alsodes nodosus	Sapo arriero	AMPHIBIA	Anura	Alsodidae		E	P	NT	M	
Pleurodema thaul	Sapo de cuatro ojos	AMPHIBIA	Anura	Leiuperidae		N	V	NT	A, M, B	
Philodryas chamissonis	Culebra de cola larga	REPTILIA	Squamata	Dipsadidae		E	V	LC		
Tachymenis chilensis	Culebra de cola corta	REPTILIA	Squamata	Dipsadidae		N	V	LC	A, M	
Liolaemus chilensis	Lagarto lorón	REPTILIA	Squamata	Liolaemidae		N	I	LC		
Liolaemus fraseri	Lagarto de Fraser	REPTILIA	Squamata	Liolaemidae		E	—	EN	A	
Liolaemus lemniscatus	Lagartija lemniscata	REPTILIA	Squamata	Liolaemidae		E	V	LC	A, M, B	
Liolaemus monticola	Lagartija de los montes	REPTILIA	Squamata	Liolaemidae		E	V	LC	A, M, B	
Liolaemus nigroviridis	Lagartija negro verdosa	REPTILIA	Squamata	Liolaemidae		E	V	LC	A	
Liolaemus nitidus	Lagarto nítido	REPTILIA	Squamata	Liolaemidae		E	V	NT	A, M, B	
Liolaemus schroederi	Lagartija de Schröeder	REPTILIA	Squamata	Liolaemidae		E	I	VU	A	
Liolaemus tenuis	Lagartija esbelta	REPTILIA	Squamata	Liolaemidae		N	V	LC	A, M, B	
Pristidactylus valeriae	Gruñidor de Valeria	REPTILIA		Leiosauridae		E	P	EN	A, M, B	
Callopistes maculatus	iguana	REPTILIA		Teiidae		E	V	NT	M, B	
Nothoprocta perdicaria	Perdiz chilena	AVES	Tinamiformes	Tinamidae		E	—	—	B	
Callipepla californica	Codorniz	AVES	Galliformes	Odontophoridae		I	—	—	M, B	
Cathartes aura	Jote de cabeza colorada	AVES	Accipitriformes	Cathartidae		N	—	—	A, M, B	
Coragyps atratus	Jote de cabeza negra	AVES	Accipitriformes	Cathartidae		N	—	—	A, M, B	
Vultur gryphus	Cóndor	AVES	Accipitriformes	Cathartidae		N	V	NT	A, M	
Geranoaetus polyosoma	Aguilucho común	AVES	Accipitriformes	Accipitridae		N	—	—	A, M, B	
Geranoaetus melanoleucus	Águila chilena	AVES	Accipitriformes	Accipitridae		N	—	—	A, M, B	
Accipiter bicolor	Peuquito	AVES	Accipitriformes	Accipitridae		N	II	LC	A, M	
Parabuteo unicinctus	Peuco	AVES	Accipitriformes	Accipitridae		N	—	—		
Phalcoboenus megalopterus	Carancho cordillerano	AVES	Falconiformes	Falconidae		N	—	—	A	
Milvago chimango	Tiuque	AVES	Falconiformes	Falconidae		N	—	—		

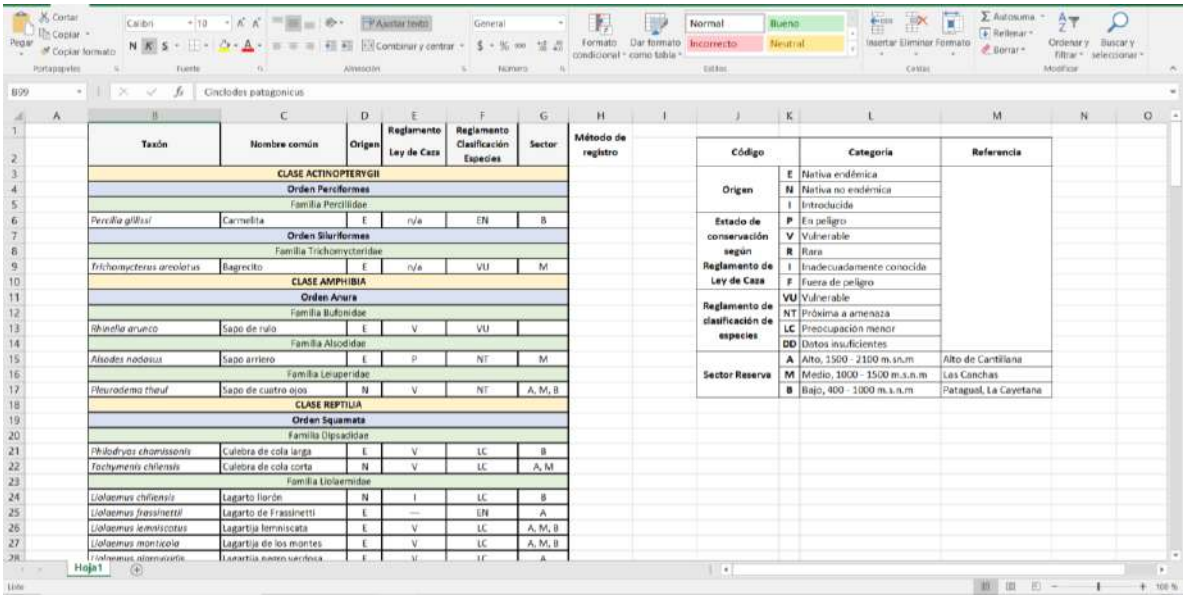
Ministerio del Medio Ambiente

Gobierno de Chile

CONSTANCIA DE PIEZA EXCEPTUADA

Se deja constancia del ingreso, en calidad de pieza exceptuada del Expediente de la Macrozona Centro en el marco del artículo 8vo transitorio de la Ley 21.600 que mandata el proceso para el establecimiento de Sitios Prioritarios de la Estrategia Nacional y las Estrategias Regionales de Biodiversidad, a los siguientes archivos digitales recibidos a través de correo electrónico el 15 de junio 2024, cuyo nombre de archivo es el siguiente:

“Vertebrados RNAC_ originalGarín.xlsx”



Taxón	Nombre común	Origen	Reglamento Ley de Caza	Reglamento Clasificación Especies	Sector	Método de registro
CLASE ACTINOPTERYGII						
Orden Perciformes						
Familia Percilidae						
Percilia gillissi	Carmelita	E	n/a	EN	B	
Orden Siluriformes						
Familia Trichomycteridae						
Trichomycterus areolatus	Bagrecito	E	n/a	VU	M	
CLASE AMPHIBIA						
Orden Anura						
Familia Bufonidae						
Rhinella arunco	Sapo de rulo	E	V	VU		
Familia Alsodidae						
Alsodes nodosus	Sapo arriero	E	P	NT	M	
Familia Leiuperidae						
Pleurodema thaul	Sapo de cuatro ojos	N	V	NT	A, M, B	
CLASE REPTILIA						
Orden Squamata						
Familia Dipsadidae						
Philodryas chamissonis	Culebra de cola larga	E	V	LC	B	
Tachymenis chilensis	Culebra de cola corta	N	V	LC	A, M	
Familia Liolaemidae						
Liolaemus chiliensis	Lagarto lionón	N	I	LC	B	
Liolaemus fraseri	Lagarto de Fraser	E	—	EN	A	
Liolaemus lemniscatus	Lagartija lemniscata	E	V	LC	A, M, B	
Liolaemus montanus	Lagartija de los montes	E	V	LC	A, M, B	
Liolaemus nigromaculatus	Lagartija negra verdosa	E	V	LC	A	

Código		Categoría	Referencia
Origen	E	Nativa endémica	
	N	Nativa no endémica	
	I	Introducida	
Estado de conservación según Reglamento de Ley de Caza	P	En peligro	
	V	Vulnerable	
	R	Rara	
	I	Inadecuadamente conocida	
	F	Fuera de peligro	
Reglamento de clasificación de especies	VU	Vulnerable	
	NT	Próxima a amenaza	
	LC	Preocupación menor	
	DD	Datos insuficientes	
Sector Reserva	A	Alto, 1500 - 2100 m.sn.m	Alto de Cantillana
	M	Medio, 1000 - 1500 m.s.n.m	Las Conchas
	B	Bajo, 400 - 1000 m.s.n.m	Patagual, La Cayetana

Lista de especies de los briófitos de la Reserva Privada Altos de Cantillana

Juan Larraín

Enero 2018

Metodología

Durante los días 9 y 11 de noviembre de 2017 se realizaron colecciones de briófitos a lo largo de la Quebrada del Cepillo, incluyendo los sectores Puerta de Quillayes, Punta del Viento y Las Canchas, así como a través del sendero entre los refugios Puerta del Espino y Rangue, y los alrededores del refugio Rangue - incluyendo los bordes del camino vehicular aledaño a este último refugio. Con anterioridad, el día 8 de julio de 2017 se realizó una visita a la parte baja de la Reserva, donde se realizaron colecciones en los alrededores de las oficinas centrales y a lo largo del camino hacia el bosque "El Patagual". Fueron recolectados todos los taxones que pudieron ser observados en terreno.

La clasificación y nomenclatura de los taxones sigue a Goffinet et al. (2008) para musgos y a Soderstrom et al. (2016) para hepáticas y antocerotes. Las distribuciones de los taxones se basan en Müller (2009) para musgos y a Hässel de Menéndez & Rubies (2009) para musgos y hepáticas. Este último trabajo fue actualizado con la información entregada por Gradstein & Cuvertino (2015).

Todos los especímenes encontrados serán depositados en el herbario de la Universidad de Concepción (CONC).

Resultados

En total fueron recolectados 276 especímenes. Se entrega a continuación una lista del total de muestras identificadas, correspondientes a 110 taxones de briófitos, correspondientes a 5 taxones de antocerotes (Anthocerotophyta), 24 hepáticas (Marchantiophyta), y 81 taxones de musgos (Bryophyta). Nueve de estos taxones fueron identificados a nivel de género o a nivel de especie con cierto grado de incertidumbre (indicado en la lista con un signo "?"). Se entregan comentarios en la lista de especies para los especímenes que no pudieron ser identificados con certeza, o para los especímenes con morfologías aberrantes dentro de la circunscripción conocida para cada taxón.

Los 110 taxones identificados corresponden a 59 géneros (36 de musgos, 19 de hepáticas y 3 de antocerotes) y 36 familias botánicas (19 de musgos, 15 de hepáticas y 2 de antocerotes). Las familias con mayor número de taxones son la familia Pottiaceae (30 taxones) y Bryaceae (10 taxones).

Entre los taxones encontrados destacan cuatro nuevos registros para Chile: el antocerote *Phaeoceros* cf. *austroandinus*, los musgos *Bryum gemmiluscens* y *Bartramia matthewsii*, y la hepática *Riccia austinii*. Un quinto taxón, *Trichostomum brachydontium*, es por primera vez reportado para Chile continental (previamente reportado para Juan Fernández e Isla de Pascua). En total se reportan 42 nuevos registros para la Región Metropolitana (incluyendo los nuevos registros para Chile), de los cuales 4 corresponden a antocerotes, 5 a hepáticas, y 33 a musgos (Tabla 1, material suplementario).

Un hallazgo interesante es el de la especie *Rhodobryum chilense* (=*Bryum rubromarginatum*), conocido previamente solo del especimen tipo (Ochi 1982) recolectado por Bertho y Jaffuel en Renca en 1919 (PC!, Fig. 1).

Entre el material estudiado, hay cinco especímenes que podrían corresponder a especies nuevas que poseen caracteres diferentes a los de las especies conocidas dentro de cada uno de los géneros a los que

pertenecen (*Funaria* sp., *Pseudocrossidium* sp., *Schizymenium* sp., *Syntrichia* sp. y *Weissia* sp.). Estos especímenes requieren de un estudio más profundo para concluir si efectivamente corresponden a especies nuevas.

Cabe destacar que la mayoría de las especies de hepáticas encontradas en la reserva ya habían sido reportadas en un trabajo anterior (Gradstein & Cuvertino 2015). Dos taxones reportados en el mencionado trabajo no fueron encontrados por el autor de esta lista (i.e. *Riccardia* sp. y *Sphaerocarpos stipitatus*), lo que elevaría la diversidad de briófitos de la reserva a 112 taxones, correspondientes a 81 musgos, 26 hepáticas y 5 antocerotes.

Se sugiere realizar una campaña invernal (julio-septiembre) para complementar la lista de especies que se presenta a continuación. Al tiempo de realizar la campaña a la zona de la Quebrada del Cepillo (noviembre 2017) muchos de los taxones efímeros de invierno comunes de la zona central de Chile (*Acaulon, Ephemerum, Lorentziella, Microbryum, Oxymitra*, etc.) no pudieron ser encontrados.

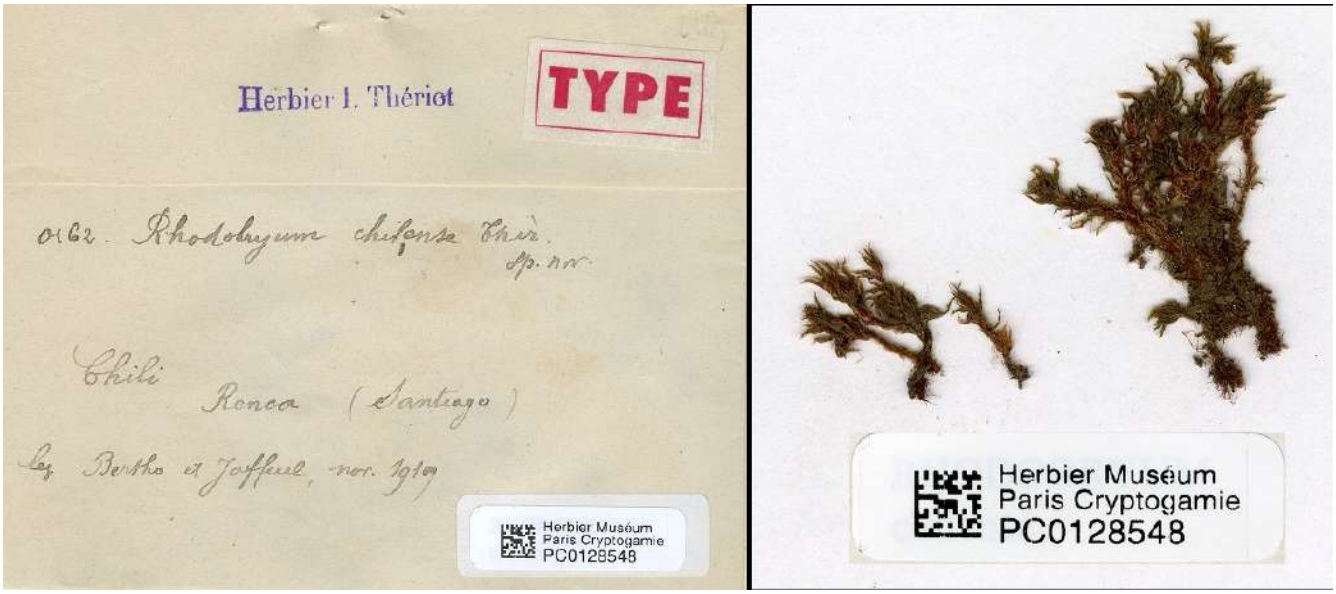


Fig. 1. Tipo de *Rhodobryum chilense* conservado en el herbario criptogámico del Museo Nacional de Historia Natural de París (PC).

Phylum Anthocerotophyta

1. Anthoceros peruvianus Steph.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en banco de río, húmedo (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42106B; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en el interior de bosque de Cryptocarya, en bancos de canal de regadío (lat. 33° 51' 20.5" S, long. 70° 59' 01.5" W, alt. 660 m, 10.11.2017), JL 42185; sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra húmeda junto al sendero (lat. 33° 51' 12.4" S, long. 70° 58' 57.2" W, alt. 600 m, 11.11.2017), JL 42227.

2. Anthoceros cf. peruvianus Steph.

Reserva Privada Altos de Cantillana, en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en base de pared de tierra junto al camino vehicular (lat. 33° 51' 10.5" S, long. 70° 58' 46.4" W, alt. 595 m, 11.11.2017), JL 42269.

Esporas de 45 µm, con verrugas bajas, marca trilete muy pronunciada y las zonas triangulares no evidentemente hundidas, bastante diferente a lo ilustrado en la Fig. 1 de Hässel de Menéndez (1990).

3. Paraphymatoceros diadematus Hässel

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, matorral xerofítico, en talud húmedo junto al sendero (lat. 33° 52' 11.3" S, long. 70° 58' 40.7" W, alt. 940 m, 10.11.2017), JL 42164; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, en planicie húmeda en claro de bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en suelo abierto (lat. 33° 51' 25.4" S, long. 70° 59' 00.4" W, alt. 680 m, 10.11.2017), JL 42205; Refugio Rangue, en caída de agua junto al refugio, en interior de bosque de Cryptocarya, en pared de tierra húmeda junto a cascada (lat. 33° 51' 09.0" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42253.

4. Phaeoceros cf. austroandinus Hässel

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en bancos húmedos del río, en la sombra (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 10.11.2017), JL 42138.

Nuevo para Chile, conocido previamente sólo de la provincia de Neuquén, Argentina (Hässel & Rubies 2009). Esporas algo inmaduras, pero son de ca. 50 µm de diámetro, con espinas bajas, no agrupadas en el centro, 23-25 espinas de lado a lado, pseudoeláteres de 1-2(-3) células.

5. Phaeoceros squamuligerus (Spruce) Hässel

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en banco de río, húmedo (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42106A.

Esporas con fovea central distal a veces clara otras no, aparentemente lisas en 400x, marca trilete muy clara, esporas de 30-40 µm de diametro; podría ser P. chiloensis, pero las esporas son mucho mas pequeñas, o P. bulbiculosus, pero no se observan bulbos y algunas esporas tienen una débil fovea.

Phylum Marchantiophyta

1. Asterella chilensis (Nees & Mont.) A.Evans

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, sobre tierra en pared de roca junto al río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42119, en suelo húmedo en el borde del río, JL 42122; Quebrada El Cepillo, orilla del río, en cauce rocoso con matorral seco, en suelo húmedo bajo roca en la orilla del río (lat. 33° 51' 37.6" S, long. 70° 58' 59.0" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42242.

2. Cephaloziella divaricata (Sm.) Schiffn.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en pared de tierra húmeda en cavidad en el cerro junto al sendero, (lat. 33° 51' 10.6" S, long. 70° 58' 55.7" W, alt. 610 m, 11.11.2017) , JL 42217.

3. Chiloscyphus muricatus (Lehm.) J.J.Engel & R.M.Schust.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en el suelo a la sombra en la orilla del sendero (lat. 33° 51' 19.9" S, long. 70° 59' 03.3" W, alt. 605 m, 11.11.2017), JL 42233; sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en el interior de bosque de Cryptocarya, en bancos de canal de regadío (lat. 33° 51' 20.5" S, long. 70° 59' 01.5" W, alt. 660 m, 10.11.2017), JL 42190.

4. Clasmatocolea vermicularis (Lehm.) Grolle

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en banco de río húmedo y oscuro bajo roca (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42107B, en bancos del río, JL 42113A, sobre rocas sumergidas en el río, JL 42117; Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, sumergido en el río, adherido a las rocas (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42193.

5. Clevea spathysii (Lindenb.) Müll.Frib.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en el interior de bosque de Cryptocarya, en bancos de canal de regadío (lat. 33° 51' 20.5" S, long. 70° 59' 01.5" W, alt. 660 m, 10.11.2017), JL 42182.

6. Cryptomitrium tenerum (Hook.) Austin ex Underw.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Refugio Rangue, en caída de agua junto al refugio, en interior de bosque de Cryptocarya, en pared de tierra húmeda junto a cascada (lat. 33° 51' 09.0" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42249.

7. Fossombronia cf. valparaisiana Hässel

Reserva Privada Altos de Cantillana, en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 08.6" S, long. 70° 58' 41.0" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42279A.

Plantas con cápsulas sésiles, el resto de los caracteres calzan con F. valparaisiana, como son las esporas espiculadas con 10-11 espinas a lo largo del diámetro de la espora y los rizoides rojo-violáceos (Hässel de Menéndez & Villagrán 2007).

8. Frullania pluricarinata Gottsche

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en bosque de Cryptocarya-Peumus, con mucha Tillandsia usneoides, epífito en Cryptocarya alba en el interior del bosque (lat. 33° 51' 37.7" S, long. 70° 58' 48.9" W, alt. 715 m, 10.11.2017), JL 42174A; JL 42176A; Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, sobre roca junto a arroyo (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017) , JL 42201; cominezo del sendero, en base de pequeño cerro, con vegetación arbustiva, epífito en Proustia en ladera sombría (lat. 33° 52' 15.7" S, long. 70° 55' 25.0" W, alt. 350 m, 8.7.2017), JL 41716.

9. Frullania trinervis (Lehm.) Drège **var. berteroana** Gottsche, Lindenb. & Nees

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, sobre gran bloque errático dentro del bosque (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42199.

Plantas con periantos pequeños y globosos, con el ápice hundido. A pesar que no se estudió el tipo de este nombre, la morfología del especímen encontrado concuerda perfectamente con el protólogo de este nombre (Gottsche et al. 1845).

10. Gongylanthus dusenii Steph.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, en planicie húmeda en claro de bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra junto al sendero (lat. 33° 51' 25.4" S, long. 70° 59' 00.4" W, alt. 680 m, 10.11.2017), JL 42207; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra junto al sendero (lat. 33° 51' 12.4" S, long. 70° 58' 57.2" W, alt. 600 m, 11.11.2017), JL 42224A.

11. Lejeunea globosiflora (Steph.) Steph.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, sobre tocón podrido de Peumus boldus y en cara vertical de rocas en el interior del bosque (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42197.

12. Leptoscyphus chiloscyphoideus (Lindenb. ex Lehm.) Gottsche

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en el suelo a la sombra en la orilla del sendero (lat. 33° 51' 19.9" S, long. 70° 59' 03.3" W, alt. 605 m, 11.11.2017), JL 42231, en talud de tierra a la sombra, JL 42232; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue en frente del refugio de la reserva, en pared de tierra, muy abundante (lat. 33° 51' 08.6" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42256, en cavidad protegida en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 08.6" S, long. 70° 58' 41.0" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42277.

Gradstein & Cuvertino (2015) se refieren a este taxón como *Leptoscyphus expansus* (Lehm.) Grolle. Hässel de Menéndez (2001) demuestra que este es un complejo de especies y que *L. expansus* no ocurre en Sudamérica.

13. Lethocolea radicosa (Lehm. & Lindenb.) Grolle

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en banco del río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42090; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en pared de tierra húmeda en cavidad en el cerro junto al sendero (lat. 33° 51' 10.6" S, long. 70° 58' 55.7" W, alt. 610 m, 11.11.2017), JL 42211, JL 42212B; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 08.6" S, long. 70° 58' 41.0" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42279B.

14. Lunularia cruciata (L.) Dumort. ex Lindb.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en talud de tierra junto al río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42100; sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en el interior de bosque de Cryptocarya, en bancos de canal de regadío (lat. 33° 51' 20.5" S, long. 70° 59' 01.5" W, alt. 660 m, 10.11.2017), JL 42184.

15. Marchantia polymorpha L.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, sobre roca en borde de arroyo (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42118.

16. Plagiochasma rupestre (G.Forst.) Steph.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en talud de tierra (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 10.11.2017), JL 42132; Refugio Rangue, en caída de agua junto al refugio, en interior de bosque de Cryptocarya, en pared de tierra húmeda junto a cascada (lat. 33° 51' 09.0" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42248; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en taludes de tierra y en raíces de gran Peumus boldus (lat. 33° 51' 08.2" S, long. 70° 58' 48.4" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42264.

17. Riccia austinii Steph.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en pastizal abierto con grandes Quillaja y un corral para ganado, en suelo expuesto (lat. 33° 52' 07.7" S, long. 70° 58' 41.8" W, alt. 926 m, 10.11.2017), JL 42167.

Nuevo para Chile. Previamente conocido de otras áreas mediterráneas del mundo (California, cuenca del Mediterráneo), y de Argentina y Uruguay en Sudamérica (Hässel de Menéndez & Rubies 2009).

18. Riccia crystallina L.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, en planicie húmeda en claro de bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en suelo húmedo y sombrío entre matorrales en claro del bosque (lat. 33° 51' 25.4" S, long. 70° 59' 00.4" W, alt. 680 m, 10.11.2017), JL 42206A; en estacionamiento alrededor de las oficinas centrales, en suelo compactado y perturbado contiguo a las casas (lat. 33° 52' 07.7" S, long. 70° 55' 21.2" W, alt. 350 m, 8.7.2017), JL 41713C.

19. Riccia nigrella DC.

Reserva Privada Altos de Cantillana, en estacionamiento alrededor de las oficinas centrales, en suelo compactado y perturbado contiguo a las casas (lat. 33° 52' 07.7" S, long. 70° 55' 21.2" W, alt. 350 m, 8.7.2017), JL 41713A.

20. Riccia sorocarpa Bisch.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, en planicie húmeda en claro de bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en suelo húmedo y sombrío entre matorrales en claro del bosque (lat. 33° 51' 25.4" S, long. 70° 59' 00.4" W, alt. 680 m, 10.11.2017), JL 42206A, JL 42210C; en estacionamiento alrededor de las oficinas centrales, en suelo compactado y perturbado contiguo a las casas (lat. 33° 52' 07.7" S, long. 70° 55' 21.2" W, alt. 350 m, 8.7.2017), JL 41713B.

21. Riccia trichocarpa M.Howe.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, en planicie húmeda en claro de bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en suelo

húmedo y sombrío entre matorrales en claro del bosque (lat. 33° 51' 25.4" S, long. 70° 59' 00.4" W, alt. 680 m, 10.11.2017), JL 42206B.

22. Sphaerocarpos texanus Austin

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, en planicie húmeda en claro de bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en suelo húmedo y sombrío entre matorrales en claro del bosque (lat. 33° 51' 25.4" S, long. 70° 59' 00.4" W, alt. 680 m, 11.11.2017), JL 42210B.

23. Symphyogyna circinata Nees & Mont.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en banco de río húmedo y oscuro bajo roca (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42107, en la sombra, JL 42121.

24. Targionia hypophylla L.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en pared de tierra cerca del río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42095.

Phylum Bryophyta

1. Amphidium tortuosum (Hornsch.) Cufod.

Reserva Privada Altos de Cantillana, en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino, muy abundante (lat. 33° 51' 08.2" S, long. 70° 58' 48.4" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42260; en cavidad protegida en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 08.6" S, long. 70° 58' 41.0" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42276.

2. Archidium julaceum Müll.Hal.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en pastizal abierto con grandes Quillaja y un corral para ganado, en suelo expuesto (lat. 33° 52' 07.7" S, long. 70° 58' 41.8" W, alt. 926 m, 10.11.2017), JL 42168.

3. Barbula costesii Thér.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, sobre tierra en base de roca (lat. 33° 53' 46.5" S, long. 70° 58' 32.3" W, alt. 1615 m, 9.11.2017), JL 42070; por sendero entre Las Canchas y el refugio Puerta del Espino, en el suelo al costado del sendero (lat. 33° 53' 14.2" S, long. 70° 58' 52.1" W, alt. 1230 m, 10.11.2017), JL 42125; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, sobre tierra en suelo y talud (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42145; Quebrada El Cepillo, orilla del río, en cauce rocoso con matorral seco, en base de roca junto al río, formando pequeño cojín, escaso (lat. 33° 51' 37.6" S, long. 70° 58' 59.0" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42240; en suelo seco cerca del río, JL 42241.

4. Bartramia mathewsii Mitt.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, matorral xerofítico, en suelo expuesto (lat. 33° 52' 11.3" S, long. 70° 58' 40.7" W, alt. 940 m, 10.11.2017), JL 42162.

Nuevo para Chile. Las plantas se asemejan a la subsp. brasiliensis Fransén, pero las hojas perigoniales no son claramente mas largas que las vegetativas. Las plantas son masculinas (plantas dioicas), y la lámina tiene papilas muy altas, lamina triestratificada al centro y biestratificada hacia los margenes; las células basales tienen paredes muy finas y no porosas.

5. Bartramia stricta Brid.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, en suelo bajo roca (lat. 33° 53' 46.5" S, long. 70° 58' 32.3" W, alt. 1615 m, 9.11.2017), JL 42064; sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en paredes de roca junto al río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017) JL 42103; por sendero entre Las Canchas y el refugio Puerta del Espino, en el suelo al costado del sendero (lat. 33° 53' 14.2" S, long. 70° 58' 52.1" W, alt. 1230 m, 10.11.2017), JL 42128;

Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra junto al sendero (lat. 33° 51' 12.4" S, long. 70° 58' 57.2" W, alt. 600 m, 11.11.2017), JL 42225; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 08.2" S, long. 70° 58' 48.4" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42263.

6. Brachymenium acuminatum Harv.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, en tierra húmeda bajo roca (lat. 33° 53' 40.3" S, long. 70° 58' 30.9" W, alt. 1560 m, 9.11.2017), JL 42060; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en suelo desnudo del espinal (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42142B; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, en planicie húmeda en claro de bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra junto al sendero (lat. 33° 51' 25.4" S, long. 70° 59' 00.4" W, alt. 680 m, 10.11.2017), JL 42209; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 10.5" S, long. 70° 58' 46.4" W, alt. 595 m, 11.11.2017), JL 42268A; parte baja, cominezo del sendero, junto al camino llegando al bosque “Patagual”, entre matorrales, sobre tierra desnuda junto al sendero (lat. 33° 52' 23.3" S, long. 70° 55' 33.7" W, alt. 375 m, 8.7.2017), JL 41720C.

7. Bryoerythrophyllum berthoanum (Thér.) J.A.Jiménez

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, sobre roca en la orilla del río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42086; en paredes de roca junto al río, JL 42096.

8. Bryum argenteum Hedw.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Puerta de Quillayes, sitio abierto entre bosque de Quillaja con matorral de Azara y Baccharis, junto a pirca de piedra, en suelo abierto (lat. 33° 53' 37.2" S, long. 70° 58' 30.6" W, alt. 1530 m, 9.11.2017), JL 42051B; parte baja, cominezo del sendero, junto al camino llegando al bosque “Patagual”, entre matorrales, sobre tierra desnuda junto al sendero (lat. 33° 52' 23.3" S, long. 70° 55' 33.7" W, alt. 375 m, 8.7.2017), JL 41720B.

9. Bryum billarderi Schwägr.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, por el cauce del río cerca del refugio Rangue, matorral xerofítico con Crinodendron en sectores más húmedos, en cicatriz de Echinopsis muerto en lecho del río (lat. 33° 51' 38.0" S, long. 70° 59' 00.1" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42246.

10. Bryum caespiticium Hedw.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector La Montura, planicie en cumbre con matorral xerofítico y rocas dispersas, en suelo bajo roca (lat. 33° 53' 58.9" S, long. 70° 58' 29.4" W, alt. 1735 m, 9.11.2017), JL 42073.

11. Bryum campylothecium Taylor

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Puerta de Quillayes, sitio abierto entre bosque de Quillaja con matorral de Azara y Baccharis, junto a pirca de piedra, en cara vertical de roca en sitio abierto (lat. 33° 53' 37.2" S, long. 70° 58' 30.6" W, alt. 1530 m, 9.11.2017), JL 42052B; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en suelo muy seco a pleno sol (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42154.

12. Bryum capillare Hedw.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en banco de río, húmedo (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42104, JL 42107C, JL 42115.

13. Bryum clavatum (Schimp.) Müll.Hal.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en bancos del río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42113C3.

14. Bryum gemmilucens R.Wilczek & Demaret

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Puerta de Quillayes, sitio abierto entre bosque de Quillaja con matorral de Azara y Baccharis, junto a pirca de piedra, en suelo abierto (lat. 33° 53' 37.2" S, long. 70° 58' 30.6" W, alt. 1530 m, 9.11.2017), JL 42051A; sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, sobre tierra en suelo protegido bajo Baccharis (lat. 33° 53' 40.3" S, long. 70° 58' 30.9" W, alt. 1560 m, 9.11.2017), JL 42059B.

Nuevo para Chile. Plantas con muchos bulbos por axila (5-8), cada uno de 150-200 µm, brillantes, rojos (especímenes llenos de propágulos!).

15. Bryum muehlenbeckii Bruch & Schimp.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en bancos húmedos del río, en la sombra (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 10.11.2017), JL 42136; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en suelo irrigado junto al sendero (lat. 33° 51' 12.4" S, long. 70° 58' 57.2" W, alt. 600 m, 11.11.2017), JL 42229.

16. Bryum platyphyllum (Schwägr.) Müll.Hal.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en roca irrigada en el río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42114.

17. Bryum viridescens Welw. & Duby

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en bosque seco de Cryptocarya, Lithrea y Peumus, en suelo en la sombra de Cryptocarya alba (lat. 33° 51' 33.4" S, long. 70° 58' 51.4" W, alt. 700 m, 10.11.2017), JL 42177, en suelo seco del bosque de Cryptocarya, JL 42180.

18. Campylopus incrassatus Müll.Hal.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, matorral xerofítico, en suelo a la sombra bajo Quillaja y Chusquea (lat. 33° 52' 11.3" S, long. 70° 58' 40.7" W, alt. 940 m, 10.11.2017), JL 42163; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 08.2" S, long. 70° 58' 48.4" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42261, JL 42278.

19. Catagoniopsis berteroana (Mont.) Broth.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, matorral de Colliguaja, Lithrea y Acacia, en el suelo del matorral, abundante (lat. 33° 52' 18.6" S, long. 70° 58' 39.3" W, alt. 990 m, 10.11.2017), JL 42160; Refugio Rangue, en caída de agua junto al refugio, en interior de bosque de Cryptocarya, en talud de tierra húmeda junto a cascada (lat. 33° 51' 09.0" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42255.

20. Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en grieta de roca en la orilla del río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42094.

21. Chileobryon callicostelloides (Broth. ex Thér.) Enroth

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en el interior de bosque de Cryptocarya, en bancos de canal de regadío (lat. 33° 51' 20.5" S, long. 70° 59' 01.5" W, alt. 660 m, 10.11.2017), JL 42189.

22. Costesia macrocarpa (Schimp.) Cuvertino, Miserere & Buffa

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en talud de tierra junto al río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42102; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en suelo desnudo del espinal (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42143B, JL 42149; cominezo del sendero, junto al camino llegando al bosque “Patagual”, entre matorrales, sobre tierra desnuda junto al sendero (lat. 33° 52' 23.3" S, long. 70° 55' 33.7" W, alt. 375 m, 8.7.2017), JL 41720A.

23. Cratoneuropsis chilensis (Lorentz) Ochyra

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en roca irrigada en el río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42112; sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en bancos del río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42113C2, en bancos húmedos del río, en la sombra, JL 42120; Refugio Rangue, en caída de agua junto al refugio, en interior de bosque de Cryptocarya, en rocas irrigadas en la cascada (lat. 33° 51' 09.0" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42254.

24. Didymodon andreaeoides Cardot & Broth.

Reserva Privada Altos de Cantillana, en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 08.2" S, long. 70° 58' 48.4" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42265.

Nuevo para la RM, extensión del límite norte antes conocido en la IX Región (Müller 2009). Bordes levemente recurvados, nervio diferente al ilustrado en Cardot & Brotherus (1923), células ovales, apariencia superficial de típico D. andreaeoides.

25. Didymodon fuscus (Müll.Hal.) J.A.Jiménez & M.J.Cano

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, sobre tierra en suelo protegido bajo Baccharis (lat. 33° 53' 40.3" S, long. 70° 58' 30.9" W, alt. 1560 m, 9.11.2017), JL 42059A; sendero entre Puerta de Quillayes y sector Punta del Viento, ladera norte con matorral xerofítico, sobre tierra en suelo bajo Lithrea (lat. 33° 53' 38.5" S, long. 70° 58' 42.8" W, alt. 1480 m, 9.11.2017), JL 42080; por sendero entre Las Canchas y el refugio Puerta del Espino, en el suelo al costado del sendero (lat. 33° 53' 14.2" S, long. 70° 58' 52.1" W, alt. 1230 m, 10.11.2017), JL 42129; sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, sobre roca junto al río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 10.11.2017), JL 42133; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra a la sombra (lat. 33° 51' 19.9" S, long. 70° 59' 03.3" W, alt. 605 m, 11.11.2017), JL 42235; Refugio Rangue, en caída de agua junto al refugio, en interior de bosque de Cryptocarya, sobre roca en el sendero junto al refugio (lat. 33° 51' 09.0" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42251; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en base de pared de tierra junto al camino vehicular (lat. 33° 51' 10.5" S, long. 70° 58' 46.4" W, alt. 595 m, 11.11.2017), JL 42270.

26. Didymodon santessonii (E.B.Bartram) J.A.Jiménez & M.J.Cano

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en suelo desnudo del espinal (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42142A, en suelo expuesto, JL 42146.

27. Dryptodon trichophyllus (Grev.) Brid.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Puerta de Quillayes, sitio abierto entre bosque de Quillaja con matorral de Azara y Baccharis, junto a pirca de piedra, en cara vertical de roca en sitio abierto (lat. 33° 53' 37.2" S, long. 70° 58' 30.6" W, alt. 1530 m, 9.11.2017), JL 42058; sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, sobre roca en ladera N, a pleno sol (lat. 33° 53' 46.5" S, long. 70° 58' 32.3" W, alt. 1615 m, 9.11.2017), JL 42066, sobre roca, JL 42069; sector La Montura, planicie en cumbre con matorral xerofítico y rocas dispersas, sobre roca (lat. 33° 53' 58.9" S, long. 70° 58' 29.4" W, alt. 1735 m, 9.11.2017), JL 42071, sobre tierra en base de roca, JL 42077; sendero entre Punta del Viento y sector Las Canchas, ladera norte con matorral xerofítico, sobre roca a pleno sol en ladera exposición NW (lat. 33° 53' 34.9" S, long. 70° 58' 52.8" W, alt. 1390 m, 9.11.2017), JL 42085; sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en grieta en pared de roca (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42089; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en pastizal abierto con grandes Quillaja y un corral para ganado, sobre roca a pleno sol (lat. 33° 52' 07.7" S, long. 70° 58' 41.8" W, alt. 926 m, 10.11.2017), JL 42170; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 10.5" S, long. 70° 58' 46.4" W, alt. 595 m, 11.11.2017), JL 42275.

28. Eurhynchiella acanthophylla (Mont.) M.Fleisch. var. **acanthophylla**

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra a la sombra en el interior del bosque (lat. 33° 51' 19.9" S, long. 70° 59' 03.3" W, alt. 605 m, 11.11.2017), JL 42234.

29. Eurhynchiella acanthophylla (Mont.) M.Fleisch. var. **robusta** (Thér.) Ochyra

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en el interior de bosque de Cryptocarya, en bancos de canal de regadío (lat. 33° 51' 20.5" S, long. 70° 59' 01.5" W, alt. 660 m, 10.11.2017), JL 42188; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en raíces de gran Peumus boldus en corte de tierra junto a la carretera (lat. 33° 51' 08.2" S, long. 70° 58' 48.4" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42267A.

30. Eustichia longirostris (Brid.) Brid.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en bancos del río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42098; sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en el interior de bosque de Cryptocarya, en bancos de canal de regadío (lat. 33° 51' 20.5" S, long. 70° 59' 01.5" W, alt. 660 m, 10.11.2017), JL 42183; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en pared de tierra húmeda en cavidad en el cerro junto al sendero (lat. 33° 51' 10.6" S, long. 70° 58' 55.7" W, alt. 610 m, 11.11.2017), JL 42215.

31. Fissidens berteroi (Mont.) Müll.Hal.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, sumergido en el río, adherido a las rocas (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42192.

32. Fissidens crispus Mont.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en el interior de bosque de Cryptocarya, en bancos de canal de regadío (lat. 33° 51' 20.5" S, long. 70° 59' 01.5" W, alt. 660 m, 10.11.2017), JL 42181, en el interior de bosque de Cryptocarya, en bancos de canal de regadío, JL 42187; Refugio Rangue, en caída de agua junto al refugio, en interior de bosque de Cryptocarya, en pared de tierra húmeda junto a cascada (lat. 33° 51' 09.0" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42252.

33. Fissidens curvatus Hornsch.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector La Montura, planicie en cumbre con matorral xerofítico y rocas dispersas, sobre tierra en base de roca (lat. 33° 53' 58.9" S, long. 70° 58' 29.4" W, alt. 1735 m, 9.11.2017), JL 42075.

34. Fissidens rigidulus Hook.f. & Wilson

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, en rocas irrigadas del río (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42196; Refugio Rangue, en caída de agua junto al refugio, en interior de bosque de Cryptocarya, en rocas irrigadas en la cascada (lat. 33° 51' 09.0" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42250.

35. Fissidens scalaris Mitt.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en pared de tierra húmeda en cavidad en el cerro junto al sendero (lat. 33° 51' 10.6" S, long. 70° 58' 55.7" W, alt. 610 m, 11.11.2017), JL 42214, JL 42216A.

36. Funaria chilensis (Thér.) Thér.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, en planicie húmeda en claro de bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra junto al sendero (lat. 33° 51' 25.4" S, long. 70° 59' 00.4" W, alt. 680 m, 10.11.2017), JL 42208B.

37. Funaria hygrometrica Hedw.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Puerta de Quillayes, sitio abierto entre bosque de Quillaja con matorral de Azara y Baccharis, junto a pirca de piedra, en suelo abierto (lat. 33° 53' 37.2" S, long. 70° 58' 30.6" W, alt. 1530 m, 9.11.2017), JL 42056; sector La Montura, planicie en cumbre con

matorral xerofítico y rocas dispersas, suelo expuesto en la cumbre (lat. 33° 53' 58.9" S, long. 70° 58' 29.4" W, alt. 1735 m, 9.11.2017), JL 42074.

38. Funaria sp.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en pastizal abierto con grandes Quillaja y un corral para ganado, en suelo expuesto (lat. 33° 52' 07.7" S, long. 70° 58' 41.8" W, alt. 926 m, 10.11.2017), JL 42169; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, en planicie húmeda en claro de bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra junto al sendero (lat. 33° 51' 25.4" S, long. 70° 59' 00.4" W, alt. 680 m, 10.11.2017), JL 42208A.

Esporofitos con peristoma simple, cápsulas grandes, esporas de hasta 38 µm con forma de tetrada, hojas enteras, celulas rectangulares; podría ser una forma peristomada de F. chilensis? El especimen crecía junto con fenotipos típicos de F. chilensis.

39. Hennediella bellii (E.B.Bartram) R.H.Zander

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector La Montura, planicie en cumbre con matorral xerofítico y rocas dispersas, en suelo bajo roca (lat. 33° 53' 58.9" S, long. 70° 58' 29.4" W, alt. 1735 m, 9.11.2017), JL 42072B.

Nuevo para Chile central, previamente conocido en Chile de la Región de Antofagasta solamente (Müller 2009). Plantas con bordes incurvados (justo en el borde, no antes), borde submarginal diferenciado, hojas sin dientes en apice (solo algunas hojas apenas dentadas).

40. Hennediella kunzeana (Müll.Hal.) R.H.Zander

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Puerta de Quillayes, sitio abierto entre bosque de Quillaja con matorral de Azara y Baccharis, junto a pirca de piedra, en suelo abierto (lat. 33° 53' 37.2" S, long. 70° 58' 30.6" W, alt. 1530 m, 9.11.2017), JL 42050.

41. Juratzkaea seminervis (Kunze ex Schwägr.) Lorentz

Reserva Privada Altos de Cantillana, por sendero entre Las Canchas y el refugio Puerta del Espino, en base de tronco de Proustia (lat. 33° 53' 14.2" S, long. 70° 58' 52.1" W, alt. 1230 m, 10.11.2017), JL 42127; Quebrada El Cepillo, por el cauce del río cerca del refugio Rangue, matorral xerofítico con Crinodendron en sectores más húmedos, sobre roca en el interior del bosque en la sombra (lat. 33° 51' 38.0" S, long. 70° 59' 00.1" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42244B.

42. Mielichhoferia argentifolia Mitt.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Punta del Viento y sector Las Canchas, ladera norte con matorral xerofítico, en talud de tierra (lat. 33° 53' 34.9" S, long. 70° 58' 52.8" W, alt. 1390 m, 9.11.2017), JL 42083; sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en bosque de Cryptocarya-Peumus, con mucha Tillandsia usneoides, en talud de tierra (lat. 33° 51' 37.7" S, long. 70° 58' 48.9" W, alt. 715 m, 10.11.2017), JL 42173; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 10.5" S, long. 70° 58' 46.4" W, alt. 595 m, 11.11.2017), JL 42271.

43. Orthotrichum assimile Müll.Hal.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en base de Quillaja saponaria (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42147, en corteza en base de Acacia caven, JL 42150A.

44. Orthotrichum rupestre Schleich. ex Schwägr.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en paredes de roca junto al río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42097.

45. Orthotrichum tristriatum Lewinsky

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Puerta de Quillayes, sitio abierto entre bosque de Quillaja con matorral de Azara y Baccharis, junto a pirca de piedra, epífito en gran Quillaja saponaria (lat. 33° 53' 37.2" S, long. 70° 58' 30.6" W, alt. 1530 m, 9.11.2017) , JL 42054; sendero entre Puerta de Quillayes y sector Punta del Viento, ladera norte con matorral xerofítico, en base de Acacia caven, en corteza (lat. 33° 53' 38.5" S, long. 70° 58' 42.8" W, alt. 1480 m, 9.11.2017), JL 42078A; por sendero entre Las Canchas y el refugio Puerta del Espino, epífito en gran Cryptocarya alba, a 2-3 m de altura (lat. 33° 53' 22.9" S, long. 70° 58' 52.7" W, alt. 1245 m, 9.11.2017), JL 42123; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, matorral de Colliguaja, Lithrea y Acacia, epífito en Quillaja saponaria (lat. 33° 52' 22.9" S, long. 70° 58' 38.0" W, alt. 1012 m, 10.11.2017), JL 42156A; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, epífito en Cryptocarya alba (lat. 33° 51' 19.9" S, long. 70° 59' 03.3" W, alt. 605 m, 11.11.2017), JL 42236.

46. Philonotis esquelensis Matteri

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, en tierra húmeda bajo roca (lat. 33° 53' 40.3" S, long. 70° 58' 30.9" W, alt. 1560 m, 9.11.2017), JL 42061; sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en roca irrigada en el río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42111; Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, en suelo húmedo en bancos del río (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42194; sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en suelo irrigado junto al sendero (lat. 33° 51' 12.4" S, long. 70° 58' 57.2" W, alt. 600 m, 11.11.2017), JL 42226.

47. Philonotis krausei (Müll.Hal.) Broth.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra húmeda junto al sendero (lat. 33° 51' 12.4" S, long. 70° 58' 57.2" W, alt. 600 m, 11.11.2017), JL 42228; sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea,

con Luma y Gunnera y paredes de roca, en bancos del río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42113C1.

Algunas hojas con papilas distales en las células de la mitad distal.

48. Philonotis polymorpha (Müll.Hal.) Kindb.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en banco de río, húmedo (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42105.

49. Philonotis scabrifolia (Hook.f. & Wilson) Braithw.

Reserva Privada Altos de Cantillana, en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue en frente del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 08.6" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42258.

Nuevo para la RM, extensión del límite norte antes conocido en la VII Región (Müller 2009).

50. Pleuridium costesii Thér.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, en tierra bajo roca muy seco (lat. 33° 53' 46.5" S, long. 70° 58' 32.3" W, alt. 1615 m, 9.11.2017), JL 42065; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en suelo abierto, abundante (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42152.

51. Pleuridium robinsonii (Mont.) Mitt.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en suelo desnudo del espinal (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42142C; sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en bosque seco de Cryptocarya, Lithrea y Peumus, en suelo pedregoso abierto (lat. 33° 51' 33.4" S, long. 70° 58' 51.4" W, alt. 700 m, 10.11.2017), JL 42179.

Anteridios en perigonios en la base de los tallos, en ramitas cortas, hojas aserradas, las periqueciales también pero mucho menos, casi enteras.

52. Pogonatum perichaetiale (Mont.) A.Jaeger subsp. **oligodus** (Kunze ex Müll.Hal.) Hyvönen

Reserva Privada Altos de Cantillana, por sendero entre Las Canchas y el refugio Puerta del Espino, en talud de tierra junto al sendero (lat. 33° 53' 14.2" S, long. 70° 58' 52.1" W, alt. 1230 m, 10.11.2017), JL 42126.

53. Pohlia chilensis (Mont.) A.J.Shaw

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, en talud protegido entre rocas (lat. 33° 53' 46.5" S, long. 70° 58' 32.3" W, alt. 1615 m, 9.11.2017), JL 42067; sector La Montura, planicie

en cumbre con matorral xerofítico y rocas dispersas, sobre tierra en base de roca (lat. 33° 53' 58.9" S, long. 70° 58' 29.4" W, alt. 1735 m, 9.11.2017), JL 42076; por sendero entre Las Canchas y el refugio Puerta del Espino, en el suelo al costado del sendero (lat. 33° 53' 14.2" S, long. 70° 58' 52.1" W, alt. 1230 m, 10.11.2017), JL 42130.

54. Pohlia humilis (Mont.) Broth.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en bancos del río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42116.

55. Pseudocrossidium carinatum (Gillies ex Grev.) R.H.Zander

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Puerta de Quillayes, sitio abierto entre bosque de Quillaja con matorral de Azara y Baccharis, junto a pirca de piedra, en cara vertical de roca en sitio abierto (lat. 33° 53' 37.2" S, long. 70° 58' 30.6" W, alt. 1530 m, 9.11.2017), JL 42052A; sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en roca expuesta (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 10.11.2017), JL 42134, sobre rocas junto al sendero, JL 42139; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, sobre roca bajo Acacia caven (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42151, epífito en base de gran Quillaja saponaria, JL 42159; Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, sobre gran roca junto al río (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42195, por el cauce del río cerca del refugio Rangue, matorral xerofítico con Crinodendron en sectores más húmedos, sobre roca a la sombra en matorral abierto en el lecho del río (lat. 33° 51' 38.0" S, long. 70° 59' 00.1" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42245.

56. Pseudocrossidium chilense R.S.Williams

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en suelo desnudo del espinal (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42143A, matorral de Colliguaja, Lithrea y Acacia, en el suelo junto al sendero (lat. 33° 52' 22.9" S, long. 70° 58' 38.0" W, alt. 1012 m, 10.11.2017), JL 42157; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en pastizal abierto con grandes Quillaja y un corral para ganado, en suelo expuesto (lat. 33° 52' 07.7" S, long. 70° 58' 41.8" W, alt. 926 m, 10.11.2017), JL 42166.

57. Pseudocrossidium leucocalyx (Mont.) Thér.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, ladera norte con matorral de Lithrea y Colliguaja, en el suelo a la sombra bajo Chusquea (lat. 33° 52' 02.1" S, long. 70° 58' 46.6" W, alt. 920 m, 10.11.2017), JL 42172; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 10.5" S, long. 70° 58' 46.4" W, alt. 595 m, 11.11.2017), JL 42274.

58. Pseudocrossidium replicatum (Taylor) R.H.Zander

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra (lat. 33° 51' 10.6" S, long. 70° 58' 55.7" W, alt. 610 m, 11.11.2017), JL 42219.

59. Pseudocrossidium santiagensis (Broth.) M.J.Cano

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en paredes de roca junto al río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42099, JL 42101.

60. Pseudocrossidium sp.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector La Montura, planicie en cumbre con matorral xerofítico y rocas dispersas, en suelo bajo roca (lat. 33° 53' 58.9" S, long. 70° 58' 29.4" W, alt. 1735 m, 9.11.2017), JL 42072A.

Plantas con hojas linguladas, a veces algo apenas triangulares, teminadas en corto mucrón, borde revoluto en más de una vuelta, células lisas en los bordes recurvados, con papilas muy altas y coronadas en la parte central de la lamina, nervio con 5 células guía, arriba con una capa de células ventrales grandes y muy papilosas (papilas iguales a las de la lamina), con 4-6 capas de estereidas dorsales.

61. Rhodobryum chilense Thér.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en base de Luma chequen junto al río, en sitio muy protegido (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42108.

Segunda colección conocida de este taxón. La primera y única previamente conocida realizada en 1919.

62. Schistidium perplexum (Thér.) Ochyra

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en pared de roca en afloramientos rocosos junto al río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017) , JL 42087, en grieta en pared de roca, JL 42088, en pared de roca en afloramientos rocosos junto al río, JL 42091.

63. Schizymenium sp.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, sobre tierra en base de roca en talud (lat. 33° 53' 46.5" S, long. 70° 58' 32.3" W, alt. 1615 m, 9.11.2017), JL 42063.

Plantas dioicas (sólo se observaron arquegonios), esporas ca. 25 µm, hojas lanceoladas, borde dentado en mitad distal, nervio percurrente o levemente subpercurrente, celulas lineares ca 6:1, las basales apenas mas cortas, nunca cuadradas. Peristoma simple formado por los segmentos de endostoma.

64. Syntrichia breviseta (Mont.) M.J.Cano & M.T.Gallego

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Puerta de Quillayes, sitio abierto entre bosque de Quillaja con matorral de Azara y Baccharis, junto a pirca de piedra, en cara vertical de roca en sitio abierto (lat. 33° 53' 37.2" S, long. 70° 58' 30.6" W, alt. 1530 m, 9.11.2017), JL 42055; sendero entre Puerta de Quillayes y sector Punta del Viento, ladera norte con matorral xerofítico, en base de Acacia caven, en corteza (lat. 33° 53' 38.5" S, long. 70° 58' 42.8" W, alt. 1480 m, 9.11.2017), JL 42078B; por sendero entre Las Canchas y el refugio Puerta del Espino, sobre corteza en base de Cryptocarya alba (lat. 33° 53' 22.9" S, long. 70° 58' 52.7" W, alt. 1245 m, 9.11.2017), JL 42124; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, matorral de Colliguaja, Lithrea y Acacia, epífito en Quillaja saponaria (lat. 33° 52' 22.9" S, long. 70° 58' 38.0" W, alt. 1012 m, 10.11.2017), JL 42155.

65. Syntrichia costesii (Thér.) R.H.Zander

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en base de Quillaja saponaria (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42148B, en corteza en base de Acacia caven, JL 42150B.

66. Syntrichia flagellaris (Schimp.) R.H.Zander

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en el suelo en la sombra bajo Acacia caven (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42144.

Hojas con células basales hialinas pocas, las superiores papilosas, nervio papiloso por el envés, areolación muy opaca, algunas hojas con nervio que desaparece en el ápice.

67. Syntrichia fragilis (Taylor) Ochyra

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en pastizal abierto con grandes Quillaja y un corral para ganado, en raíz de gran Quillaja en la sombra (lat. 33° 52' 07.7" S, long. 70° 58' 41.8" W, alt. 926 m, 10.11.2017), JL 42165; Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, epífito en gran Cryptocarya junto a rodado de rocas en el bosque (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42198; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, en claro del bosque, en tronco caído a pleno sol en claro del bosque (lat. 33° 51' 29.2" S, long. 70° 59' 01.8" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42238; Refugio Rangue, en caída de agua junto al refugio, en interior de bosque de Cryptocarya, epífito en base de Peumus boldus (lat. 33° 51' 09.0" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42247; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en raíces de gran Peumus boldus en corte de tierra junto a la carretera (lat. 33° 51' 08.2" S, long. 70° 58' 48.4" W, alt. 620 m, 11.11.2017) , JL 42267B; parte baja, cominezo del sendero, en base de pequeño cerro, con vegetación arbustiva, sobre roca en talud de tierra en ladera sombría (lat. 33° 52' 15.7" S, long. 70° 55' 25.0" W, alt. 350 m, 8.7.2017), JL 41717.

68. Syntrichia glacialis (Kunze ex Müll.Hal.) R.H.Zander

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en roca expuesta junto a los posones (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 10.11.2017), JL 42131.

Hojas con pelo espinuloso, rojizo, corto, <500 µm, costa con hidroide, bordes anchamente recurvados, celulas de 12.5 µm de diámetro, nervio papiloso en toda su extensión.

69. Syntrichia papillosa (Wilson) Jur.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en base de Quillaja saponaria (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42148A, matorral de Colliguaja, Lithrea y Acacia, epífito en Quillaja saponaria (lat. 33° 52' 22.9" S, long. 70° 58' 38.0" W, alt. 1012 m, 10.11.2017), JL 42156B; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, matorral de Colliguaja, Lithrea y Acacia, epífito en gran Quillaja saponaria (lat. 33° 52' 22.9" S, long. 70° 58' 38.0" W, alt. 1012 m, 10.11.2017), JL 42158, en pastizal abierto con grandes Quillaja y un corral para ganado, epífito en gran Quillaja saponaria (lat. 33° 52' 07.7" S, long. 70° 58' 41.8" W, alt. 926 m, 10.11.2017), JL 42171; sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en bosque de Cryptocarya-Peumus, con mucha Tillandsia usneoides, epífito en Cryptocarya alba en el interior del bosque (lat. 33° 51' 37.7" S, long. 70° 58' 48.9" W, alt. 715 m, 10.11.2017), JL 42174B, JL 42176B.

70. Syntrichia princeps (De Not.) Mitt. ?

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Puerta de Quillayes, sitio abierto entre bosque de Quillaja con matorral de Azara y Baccharis, junto a pirca de piedra, en suelo abierto (lat. 33° 53' 37.2" S, long. 70° 58' 30.6" W, alt. 1530 m, 9.11.2017), JL 42053, en suelo a la sombra de Azara, JL 42057; sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, en grieta de roca (lat. 33° 53' 46.5" S, long. 70° 58' 32.3" W, alt. 1615 m, 9.11.2017), JL 42068; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en savana de Acacia caven, en suelo muy seco (lat. 33° 52' 32.8" S, long. 70° 58' 37.3" W, alt. 1060 m, 10.11.2017), JL 42153; Quebrada El Cepillo, orilla del río, en cauce rocoso con matorral seco, en suelo arenoso entre rocas del lecho del río, muy seco (lat. 33° 51' 37.6" S, long. 70° 58' 59.0" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42239.

Plantas dioicas, hojas con pelo liso, células de la lamina variables en tamaño, pero casi siempre mayores que 12.5 µm de diámetro, papilas altas, bífidas, nervio con hidroide muy desarrollado, con papilas bajas hasta la base, bordes de casi planos a claramente recurvados, nervio papiloso en el envés.

71. Syntrichia scabrella (Dusén) R.H.Zander

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, matorral de Colliguaja, Lithrea y Acacia, en suelo a la sombra de Colliguaja, pasado bifurcación Rangue (lat. 33° 52' 18.6" S, long. 70° 58' 39.3" W, alt. 990 m, 10.11.2017), JL 42161; Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, en el suelo del bosque bajo Cryptocarya y Lithrea (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42202, JL 42203; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya, Peumus y Lithrea, en suelo bajo Acacia caven y Peumus boldus (lat. 33° 51' 38.2" S,

long. 70° 58' 57.9" W, alt. 640 m, 10.11.2017), JL 42204, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra (lat. 33° 51' 10.6" S, long. 70° 58' 55.7" W, alt. 610 m, 11.11.2017), JL 42220.

72. Syntrichia scabrinervis (Müll.Hal.) R.H.Zander

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Punta del Viento y sector Las Canchas, ladera norte con matorral xerofítico, sobre roca a pleno sol en ladera exposición NW (lat. 33° 53' 34.9" S, long. 70° 58' 52.8" W, alt. 1390 m, 9.11.2017) , JL 42084; sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en pared de roca en afloramientos rocosos junto al río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42092; sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, por matorral seco con Lithrea, Quillaja y Colliguaja, sobre roca a la sombra (lat. 33° 53' 04.1" S, long. 70° 58' 38.5" W, alt. 1250 m, 10.11.2017), JL 42140, en grieta de roca a la sombra junto a Echinopsis, JL 42141; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, sobre tierra en roca (lat. 33° 51' 12.4" S, long. 70° 58' 57.2" W, alt. 600 m, 11.11.2017), JL 42230.

73. Syntrichia squarripila (Thér.) Herzog ?

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, en pared de roca en afloramientos rocosos junto al río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42093.

Fenotipo similar a S. princeps, pero no tiene un banda de hidroide central propiamente tal, solo tiene una célula guía auxiliar en el medio y debajo de las 2 células guía centrales, bordes muy recurvados en toda la hoja, hoja plegada arriba, lámina corta, con largo pelo espinoso.

74. Syntrichia sp.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto al río, sobre gran bloque errático dentro del bosque (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42200; Quebrada El Cepillo, por el cauce del río cerca del refugio Rangue, matorral xerofítico con Crinodendron en sectores más húmedos, sobre roca en el interior del bosque en la sombra (lat. 33° 51' 38.0" S, long. 70° 59' 00.1" W, alt. 580 m, 11.11.2017), JL 42244A; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue cerca del refugio de la reserva, en pared de roca en quebrada sombría junto al camino (lat. 33° 51' 08.2" S, long. 70° 58' 48.4" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42262.

Hojas oblongo-espatuladas, teminadas en un mucrón robusto y bien dentado de 150-250 µm, rojizo, nervio sin hidroide evidente, con 2 filas de células guía, dentado en dorsal, bordes planos en la parte distal, algo recurvados en la parte proximal de las hojas, hojas levemente bordeadas, algunas plantas con hojas quebradizas.

75. Tortula atrovirens (Sm.) Lindb.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Puerta de Quillayes y sector Punta del Viento, ladera norte con matorral xerofítico, en el suelo, talud bajo Azara, muy seco (lat. 33° 53' 35.7" S, long. 70° 58' 45.6" W, alt. 1440 m, 9.11.2017), JL 42081A.

76. Tortula jaffuelii Thér.

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en pared de tierra húmeda en cavidad en el cerro junto al sendero (lat. 33° 51' 10.6" S, long. 70° 58' 55.7" W, alt. 610 m, 11.11.2017), JL 42213, en talud de tierra a la sombra (lat. 33° 51' 19.9" S, long. 70° 59' 03.3" W, alt. 605 m, 11.11.2017), JL 42237; parte baja, cominezo del sendero, en base de pequeño cerro, con vegetación arbustiva, sobre tierra entre rocas en lecho seco de río (lat. 33° 52' 15.7" S, long. 70° 55' 25.0" W, alt. 350 m, 8.7.2017), JL 41715, sobre tierra en suelo desnudo , JL 41719B.

77. Tortula platyphylla Mitt.

Aculeo, Reserva Privada Altos de Cantillana, parte baja, cominezo del sendero, en base de pequeño cerro, con vegetación arbustiva, sobre tierra en suelo desnudo (lat. 33° 52' 15.7" S, long. 70° 55' 25.0" W, alt. 350 m, 8.7.2017), JL 41719A.

78. Trichostomum brachydontium Bruch

Reserva Privada Altos de Cantillana, Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra (lat. 33° 51' 10.6" S, long. 70° 58' 55.7" W, alt. 610 m, 11.11.2017), JL 42221, en talud de tierra junto al sendero (lat. 33° 51' 12.4" S, long. 70° 58' 57.2" W, alt. 600 m, 11.11.2017), JL 42224B; en paredes rocosas del camino vehicular de la cuesta Rangue en frente del refugio de la reserva, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 08.6" S, long. 70° 58' 50.8" W, alt. 620 m, 11.11.2017), JL 42257, JL 42259, en pared de tierra junto al camino (lat. 33° 51' 10.5" S, long. 70° 58' 46.4" W, alt. 595 m, 11.11.2017), JL 42268B, JL 42272.

Nuevo para Chile continental. Previamente conocido de Juan Fernández e Isla de Pascua (Müller 2009). Taxón común en otras zonas mediterráneas del mundo.

79. Triquetrella patagonica Müll.Hal.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Puerta del Espino y el Refugio Rangue, en bosque seco de Cryptocarya, Lithrea y Peumus, en el suelo sobre hojarasca junto al sendero (lat. 33° 51' 33.4" S, long. 70° 58' 51.4" W, alt. 700 m, 10.11.2017), JL 42178.

80. Vittia pachyloma (Mont.) Ochyra

Reserva Privada Altos de Cantillana, sector Las Canchas, parte alta de la quebrada El Cepillo, alrededores del río, con bosque de Cryptocarya y Persea, con Luma y Gunnera y paredes de roca, sobre rocas sumergidas en el río (lat. 33° 53' 24.3" S, long. 70° 58' 58.3" W, alt. 1250 m, 9.11.2017), JL 42109; Quebrada El Cepillo, interior de bosque de Cryptocarya, Persea, Peumus y Crinodendron, junto

al río, sumergido en el río, adherido a las rocas (lat. 33° 51' 44.6" S, long. 70° 59' 01.1" W, alt. 620 m, 10.11.2017), JL 42191.

81. Weissia sp.

Reserva Privada Altos de Cantillana, sendero entre Puerta de Quillayes y sector Punta del Viento, ladera norte con matorral xerofítico, en el suelo, talud bajo Azara, muy seco (lat. 33° 53' 35.7" S, long. 70° 58' 45.6" W, alt. 1440 m, 9.11.2017), JL 42081B; sendero entre Punta del Viento y sector Las Canchas, ladera norte con matorral xerofítico, en el suelo en la sombra de un Quillaja saponaria (lat. 33° 53' 34.9" S, long. 70° 58' 52.8" W, alt. 1390 m, 9.11.2017), JL 42082; sendero entre Puerta de Quillayes y La Montura, ladera exposición N con matorral xerofítico, Puya, Azorella, y Neoporteria, sobre tierra en suelo protegido bajo Baccharis (lat. 33° 53' 40.3" S, long. 70° 58' 30.9" W, alt. 1560 m, 9.11.2017), JL 42062; Quebrada El Cepillo, sendero entre el refugio Rangue y el río, por bosque de Cryptocarya y matorral de Acacia-Peumus-Colliguaja, en talud de tierra (lat. 33° 51' 10.6" S, long. 70° 58' 55.7" W, alt. 610 m, 11.11.2017) , JL 42222.

Plantas paroicas, con protonema persistente, cápsulas cleistocárpicas y bordes involutos en más de una vuelta.

Bibliografía

Cardot, J. & V.F. Brotherus. 1923. Botanische Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach Patagonien und dem Feuerlande 1907-1909. X. Les Mousses. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. 63(10): 1–73.

Goffinet, B., W.R Buck & A.J. Shaw. 2008. Morphology and classification of the Bryophyta, in Goffinet & Shaw (eds.) Bryophyte Biology 2nd edition, p. 55–138, Cambridge University Press.

Gottsche, C.M., J.B.G. Lindenberg & C.G. Nees von Esenbeck. 1845. *Frullania*. In: Synopsis Hepaticarum, coniunctis studiis scripserunt et edi curaverunt (fasc. 3): 408–466.

Gradstein, S.R. & J. Cuvertino 2015. Observations on the Liverwort Flora of the Surroundings of Santiago, Central Chile. Cryptogamie, Bryologie 36: 129–141.

Hässel de Menéndez, G.G. 1990. Las especies de Anthoceros y Folioceros (Anthocerotophyta) de América del Norte, Sud y Ccentral; la ornamentación de sus esporas y taxonomía. Cadollea 45: 201–220.

Hässel de Menéndez, G.G. 2001. Revision of the genus Leptoscyphus Mitt. (Hepatophyta) from southern South America. Journal of the Hattori Botanical Laboratory 91: 205–227.

Hässel de Menéndez, G.G. & C. Villagrán. 2007. New species of *Fossombronia* (Hepatophyta, Fossombroniopsida) from Chile. Nova Hedwigia Beiheft 131: 13–20.

Hässel de Menéndez, G.G. & M. Rubies. 2009. Catalogue of Marchantiophyta and Anthocerotophyta of southern South America: Chile, Argentina and Uruguay, including Easter Is. (Pascua I.), Malvinas Is. (Falkland Is.), South Georgia Is., and the subantarctic South Shetland Is., South Sandwich Is., and South Orkney Is. Nova Hedwigia Beiheft 134: 1–672.

Müller, F. 2009. An updated checklist of the mosses of Chile. Archive for Bryology 58: 1–124.

Ochi, H. 1982. A revision of the Bryoideae (Musci) in southern South America. Journal of the Faculty of Education, Tottori University, Natural Science 31: 11–47.

Söderström, L., A. Hagborg, M. von Konrat (eds.), S. Bartholomew-Began, D. Bell, L. Briscoe, E. Brown, D.C. Cargill, E.D. Cooper, D.P. Costa, B.J. Crandall-Stotler, G. Dauphin, J.J. Engel, K. Feldberg, D. Glenny, S.R. Gradstein, X. He, A.L. Ilkiu-Borges, J. Heinrichs, J. Hentschel, T. Katagiri, N.A. Konstantinova, J. Larraín, D.G. Long, M. Nebel, T. Pócs, F. Puche, E. Reiner-Drehwald, M.A.M. Renner, A. Sass-Gyarmati, A. Schäfer-Verwimp, J.G. Segarra Moragues, R.E. Stotler, P. Sukkharak, B.M. Thiers, J. Uribe, J. Váňa, J.C. Villarreal, M. Wigginton, L. Zhang & R.-L. Zhu. 2016. World checklist of hornworts and liverworts. PhytoKeys 59: 1–828.

	Anthocerotophyta	Familia	novedad geográfica
1	Anthoceros peruvianus Steph.	Anthocerotaceae	nuevo para la RM
2	Anthoceros cf. peruvianus Steph.	Anthocerotaceae	
3	Paraphymatoceros diadematus Hässel	Notothyladaceae	nuevo para la RM
4	Phaeoceros cf. austroandinus Hässel	Notothyladaceae	nuevo para Chile
5	Phaeoceros squamuligerus (Spruce) Hässel	Notothyladaceae	nuevo para la RM
	Marchantiophyta	**Familia**	**novedad geográfica**
1	Asterella chilensis (Nees & Mont.) A.Evans	Aytoniaceae	
2	Cephaloziella divaricata (Sm.) Schiffn.	Cephaloziellaceae	
3	Chiloscyphus muricatus (Lehm.) J.J.Engel & R.M.Schust.	Lophocoleaceae	nuevo para la RM
4	Clasmatocolea vermicularis (Lehm.) Grolle	Lophocoleaceae	
5	Clevea spathysii (Lindenb.) Müll.Frib.	Cleveaceae	
6	Cryptomitrium tenerum (Hook.) Austin ex Underw.	Aytoniaceae	
7	Fossombronia cf. valparaisiana Hässel	Fossombroniaceae	nuevo para la RM
8	Frullania pluricarinata Gottsche	Frullaniaceae	
9	Frullania trinervis (Lehm.) Drège var. berteroana Gottsche, Lindenb. & Nees	Frullaniaceae	nuevo para la RM
10	Gongylanthus dusenii Steph.	Arnelliaceae	
11	Lejeunea globosiflora (Steph.) Steph.	Lejeuneaceae	
12	Leptoscyphus chiloscyphoideus (Lindenb. ex Lehm.) Gottsche	Lophocoleaceae	
13	Lethocolea radicosa (Lehm. & Lindenb.) Grolle	Acrobolbaceae	
14	Lunularia cruciata (L.) Dumort. ex Lindb.	Lunulariaceae	
15	Marchantia polymorpha L.	Marchantiaceae	
16	Plagiochasma rupestre (G.Forst.) Steph.	Aytoniaceae	
17	Riccia austinii Steph.	Ricciaceae	nuevo para Chile
18	Riccia crystallina L.	Ricciaceae	
19	Riccia nigrella DC.	Ricciaceae	
20	Riccia sorocarpa Bisch.	Ricciaceae	
21	Riccia trichocarpa M.Howe.	Ricciaceae	
22	Sphaerocarpos texanus Austin	Sphaerocarpaceae	nuevo para la RM
23	Symphyogyna circinata Nees & Mont.	Pallaviciniaceae	
24	Targionia hypophylla L.	Targioniaceae	
	Bryophyta	**Familia**	**novedad geográfica**
1	Amphidium tortuosum (Hornsch.) Cufod.	Rhabdoweisiaceae	
2	Archidium julaceum Müll.Hal.	Archidiaceae	nuevo para la RM

3	Barbula costesii Thér.	Pottiaceae	nuevo para la RM
4	Bartramia mathewsii Mitt.	Bartramiaceae	nuevo para Chile
5	Bartramia stricta Brid.	Bartramiaceae	
6	Brachymenium acuminatum Harv.	Bryaceae	
7	Bryoerythrophyllum berthoanum (Thér.) J.A.Jiménez	Pottiaceae	
8	Bryum argenteum Hedw.	Bryaceae	nuevo para la RM
9	Bryum billarderi Schwägr.	Bryaceae	
10	Bryum caespiticium Hedw.	Bryaceae	nuevo para la RM
11	Bryum campylothecium Taylor	Bryaceae	nuevo para la RM
12	Bryum capillare Hedw.	Bryaceae	nuevo para la RM
13	Bryum clavatum (Schimp.) Müll.Hal.	Bryaceae	nuevo para la RM
14	Bryum gemmilucens R.Wilczek & Demaret	Bryaceae	nuevo para Chile
15	Bryum muehlenbeckii Bruch & Schimp.	Bryaceae	
16	Bryum platyphyllum (Schwägr.) Müll.Hal.	Bryaceae	nuevo para la RM
17	Bryum viridescens Welw. & Duby	Bryaceae	nuevo para la RM
18	Campylopus incrassatus Müll.Hal.	Leucobryaceae	
19	Catagoniopsis berteroana (Mont.) Broth.	Stereophyllaceae	
20	Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid.	Ditrichaceae	nuevo para la RM
21	Chileobryon callicostelloides (Broth. ex Thér.) Enroth	Anomodontaceae	nuevo para la RM
22	Costesia macrocarpa (Schimp.) Cuvertino, Miserere & Buffa	Gigaspermaceae	
23	Cratoneuropsis chilensis (Lorentz) Ochyra	Amblystegiaceae	
24	Didymodon andreaeoides Cardot & Broth.	Pottiaceae	nuevo para la RM
25	Didymodon fuscus (Müll.Hal.) J.A.Jiménez & M.J.Cano	Pottiaceae	
26	Didymodon santessonii (E.B.Bartram) J.A.Jiménez & M.J.Cano	Pottiaceae	nuevo para la RM
27	Dryptodon trichophyllus (Grev.) Brid.	Grimmiaceae	
28	Eurhynchiella acanthophylla (Mont.) M.Fleisch. var. acanthophylla	Brachytheciaceae	
29	Eurhynchiella acanthophylla (Mont.) M.Fleisch. var. robusta (Thér.) Ochyra	Brachytheciaceae	nuevo para la RM
30	Eustichia longirostris (Brid.) Brid.	Eustichiaceae	
31	Fissidens berteroi (Mont.) Müll.Hal.	Fissidentaceae	
32	Fissidens crispus Mont.	Fissidentaceae	
33	Fissidens curvatus Hornsch.	Fissidentaceae	
34	Fissidens rigidulus Hook.f. & Wilson	Fissidentaceae	
35	Fissidens scalaris Mitt.	Fissidentaceae	
36	Funaria chilensis (Thér.) Thér.	Fissidentaceae	nuevo para la RM

37	Funaria hygrometrica Hedw.	Funariaceae	
38	Funaria sp.	Funariaceae	
39	Hennediella bellii (E.B.Bartram) R.H.Zander	Pottiaceae	nuevo para la RM
40	Hennediella kunzeana (Müll.Hal.) R.H.Zander	Pottiaceae	
41	Juratzkaea seminervis (Kunze ex Schwägr.) Lorentz	Stereophyllaceae	
42	Mielichhoferia argentifolia Mitt.	Mniaceae	
43	Orthotrichum assimile Müll.Hal.	Orthotrichaceae	
44	Orthotrichum rupestre Schleich. ex Schwägr.	Orthotrichaceae	
45	Orthotrichum tristriatum Lewinsky	Orthotrichaceae	
46	Philonotis esquelensis Matteri	Bartramiaceae	nuevo para la RM
47	Philonotis krausei (Müll.Hal.) Broth.	Bartramiaceae	
48	Philonotis polymorpha (Müll.Hal.) Kindb.	Bartramiaceae	
49	Philonotis scabrifolia (Hook.f. & Wilson) Braithw.	Bartramiaceae	nuevo para la RM
50	Pleuridium costesii Thér.	Ditrichaceae	nuevo para la RM
51	Pleuridium robinsonii (Mont.) Mitt.	Ditrichaceae	
52	Pogonatum perichaetiale (Mont.) A.Jaeger subsp. oligodus (Kunze ex Müll.Hal.) Hyvönen	Polytrichaceae	
53	Pohlia chilensis (Mont.) A.J.Shaw	Mniaceae	
54	Pohlia humilis (Mont.) Broth.	Mniaceae	nuevo para la RM
55	Pseudocrossidium carinatum (Gillies ex Grev.) R.H.Zander	Pottiaceae	
56	Pseudocrossidium chilense R.S.Williams	Pottiaceae	
57	Pseudocrossidium leucocalyx (Mont.) Thér.	Pottiaceae	
58	Pseudocrossidium replicatum (Taylor) R.H.Zander	Pottiaceae	
59	Pseudocrossidium santiagensis (Broth.) M.J.Cano	Pottiaceae	
60	Pseudocrossidium sp.	Pottiaceae	
61	Rhodobryum chilense Thér.	Bryaceae	
62	Schistidium perplexum (Thér.) Ochyra	Grimmiaceae	
63	Schizymenium sp.	Mniaceae	
64	Syntrichia breviseta (Mont.) M.J.Cano & M.T.Gallego	Pottiaceae	
65	Syntrichia costesii (Thér.) R.H.Zander	Pottiaceae	nuevo para la RM
66	Syntrichia flagellaris (Schimp.) R.H.Zander	Pottiaceae	
67	Syntrichia fragilis (Taylor) Ochyra	Pottiaceae	nuevo para la RM
68	Syntrichia glacialis (Kunze ex Müll.Hal.) R.H.Zander ?	Pottiaceae	nuevo para la RM
69	Syntrichia papillosa (Wilson) Jur.	Pottiaceae	nuevo para la RM
70	Syntrichia princeps (De Not.) Mitt. ?	Pottiaceae	nuevo para la RM

71	Syntrichia scabrella (Dusén) R.H.Zander	Pottiaceae	nuevo para la RM
72	Syntrichia scabrinervis (Müll.Hal.) R.H.Zander	Pottiaceae	nuevo para la RM
73	Syntrichia squarripila (Thér.) Herzog ?	Pottiaceae	nuevo para la RM
74	Syntrichia sp.	Pottiaceae	
75	Tortula atrovirens (Sm.) Lindb.	Pottiaceae	
76	Tortula jaffuelii Thér.	Pottiaceae	nuevo para la RM
77	Tortula platyphylla Mitt.	Pottiaceae	
78	Trichostomum brachydontium Bruch	Pottiaceae	nuevo para Chile continental
79	Triquetrella patagonica Müll.Hal.	Pottiaceae	nuevo para la RM
80	Vittia pachyloma (Mont.) Ochyra	Amblystegiaceae	
81	Weissia sp.	Pottiaceae	

LÍNEA BASE

Contribución a la riqueza de macrohongos de la Reserva Natural Altos de Cantillana

Antecedentes generales y primeros resultados

Tetrapyrgos alba (Berk. & M.A. Curtis) E. Horak

Santiago, 9 de febrero 2019

Índice

Introducción

3

Objetivos

5

Metodología

6

Resultados

10

Conclusiones

26

Referencias

27

Anexo

31

Introducción

Los integrantes del reino Fungi cumplen relevantes funciones ecosistémicas como la descomposición orgánica y el reciclaje de nutrientes, y sostienen, con las plantas formadoras de micorrizas, uno de los mutualismos más prevalente en nuestro planeta (Kiers et al., 2011; Peña & Soto, 2015). Su riqueza especifica fue estimada en 2,2 a 3,8 millones, de las cuales actualmente son aceptadas alrededor de 120.000 (Hawksworth & Lücking, 2017). Por su parte, los macrohongos se agrupan principalmente en los fila Basidiomycota y Ascomycota, se caracterizan por la producción de cuerpos fructíferos visibles a simple vista -setas, orejas de palo, pedos de lobo, entre otros-, y se calcula que existen como mínimo 49.500 especies (Schmit & Muller, 2007).

La Reserva Natural Privada Altos de Cantillana se encuentra al sur poniente de la Región Metropolitana de Chile, cerca de la Laguna Aculeo, al Oeste y Sur de esta, conteniendo 12.800 hectáreas de ambientes naturales comprendidos en distintos pisos altitudinales, planos, conos, laderas y quebradas, asociadas a un segmento de la Cordillera de la Costa en el lado Este de la formación montañosa, lugar donde se pueden encontrar los picos más altos de esta, en la Región Metropolitana -2.281 m.s.n.m. en el Cerro Cantillana y 2.076 m.s.n.m. en el Horcón de Piedra-. Se encuentra influenciada por el macrobioclima Mediterráneo, y bajo la clasificación de los pisos vegetacionales de Luebert & Pliscoff (2006), en los mapas asociados a este trabajo (p. 314), la reserva natural reúne los siguientes: Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*, Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithraea caustica* y *Cryptocarya alba*, Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica*, Bosque caducifolio de mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa* y *Ribes punctatum*, y Matorral bajo mediterráneo costero de *Chuquiraga oppositifolia* y *Mulinun spinosum* (sub-mapa en Figura 1). De modo que las formaciones vegetacionales, presentes en la reserva, están ligadas mayoritariamente, en un primer piso altitudinal, al bosque esclerófilo; en el siguiente piso, al bosque caducifolio; y luego, a matorrales andinos -sobre los 2000 m. s. n. m. aproximadamente-. Cabe señalar que formaciones de matorral y matorral arborescente espinoso son distinguibles en las laderas de exposición norte y en plano, constituyendo una parte importante de la superficie de la reserva -que muchas veces se mezclan con

elementos esclerófilos- y que forman comunidades características, como matorral arborescente de *Acacia caven*, *Echinopsis chiloensis* y *Proustia cuneifolia*, matorral espinoso de *Puya* sp., *Lithraea caustica* y *Chusquea* sp., entre otros. Si bien parte de estas últimas formaciones son naturales, también son producto de la influencia ganadera, incendios, tala de bosque (Luebert & Pliscoff; 2006) y cambio climático.

Existe la urgencia de estudiar la diversidad de hongos de los ambientes naturales chilenos, ya que los estudios de riqueza y distribución geográfica están limitados a pocas publicaciones y autores, contribuciones que generalmente fijaron esfuerzos en los bosques de la zona sur del país (Singer, Moser, Horak, Gamundi, Garrido, Lazo, Valenzuela, Sandoval y Furci). También hay que destacar que muchos de estos hábitats yacen en áreas *hot spot*, donde se incluye al bosque esclerófilo (Arroyo et al., 2006), hábitats históricamente expuestos al cambio de uso de suelo y al consecuente aislamiento geográfico de sus unidades (GORE RMS & SEREMI MMA RMS, 2013; Echeverría et al., 2006), como también a otras influencias del Antropoceno y el cambio climático. Respecto a los macrohongos presentes en el bosque esclerófilo y matorral espinoso chileno, no hay ningún compendio formal que trate sobre ellos, salvo algunos registros, como los de Rolf Singer y Waldo Lazo, compilados principalmente en *Mycoflora australis* (Singer, 1969) y Atlas Micológico de Chile (Lazo, 2001); ni tampoco información acabada de la riqueza de macrohongos en la Reserva Natural Altos de Cantillana.

Además, cabe agregar, que a fines del 2013 entró en vigencia el Decreto 40 que aprueba el nuevo Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en Chile, en él se establece la obligación de realizar Líneas de Base de Hongos para los Estudios de Impacto Ambiental, oportunidad para la protección de este grupo biológico y el desarrollo de la micología chilena, desde la taxonomía e historia natural, hasta ámbitos más aplicados, como conservación o mitigación ambiental. Hay que destacar que después de esto, se agregaron por primera vez especies fúngicas en la Lista de especies de Chile según Estado de Conservación -número 24 hasta la última nómina- (MMA, 2017). Como también el surgimiento de nuevos investigadores.

Folio009283

Bajo este escenario, al tiempo que se desarrollen técnicas para la evaluación rápida de la diversidad fúngica, que permitan tomar decisiones sobre su futuro en hábitats amenazados y el detrimento de servicios ecosistémicos vinculados (Cannon, 1997, Unterseher *et al.*, 2008), como también la incorporación de este componente en la ciencia de la conservación (Heilmann-Clausen *et al.*, 2014); se hace necesario que la elaboración de catastros y la puesta a prueba de metodologías de campo y análisis de datos, sean un impulso y sirvan de base para configurar y orientar al conjunto de medidas y tendencias a desarrollar, considerando que dar cuenta de la diversidad de hongos es igual de necesario que encontrar la mejor forma de protegerlos junto a los hábitats y servicios involucrados.

De modo que, mediante la elaboración de una línea base y la recopilación de colecciones gestionadas por el autor y personal de la corporación Altos de Cantillana, se quiere prospectar la riqueza de macrohongos en estos ambientes naturales con peligro a disminuir su biodiversidad y condiciones ambientales, para facilitar el monitoreo y conservación de su funga[1].

Objetivos

Principal:

-Realizar una descripción preliminar de la riqueza de macrohongos en la reserva.

Específicos:

-Determinar las principales especies y morfoespecies de macrohongos registrados.

-Analizar si existe una correlación entre la riqueza y el gradiente altitudinal.

-Analizar someramente similitudes y disimilitudes entre tipos vegetacionales.

[1] Funga se adopta en este documento como sustantivo colectivo para los hongos presentes en un área determinada, equivalente a fauna y flora (Kuhar *et al.*, 2018).

Folio009284

Metodología

Se muestrearon hábitats en 27 puntos de interés, donde el esfuerzo de muestreo se centró en un radio máximo de 30 metros. Los puntos fueron censados aproximadamente una vez al mes – de junio a octubre- de acuerdo a un gradiente altitudinal como parte de una línea base de un área prioritaria de estudio. A estos se le agregaron puntos en hábitats cercanos a senderos en dirección al área delimitada, que parten desde la recepción y del refugio de Rangue, lo que permitió censar un espectro más amplio del bosque esclerófilo y matorral espinoso (Tabla 1). La cartografía se elaboró con QGIS (Figura 1).

Se registraron y colectaron cuerpos fructíferos de macrohongos bajo las indicaciones estándar de trabajo de campo. En resumen, se dio cuenta de la presencia de hongos y se sacaron de sus sustratos los cuerpos fructíferos que requerían ser analizados en laboratorio, se guardaron en bolsas de papel, se dejaron secar en una deshidratadora y se ordenaron en una colección (Arora, 1986, Furci, 2018). Para determinar las distintas morfoespecies, se analizaron las estructuras de interés taxonómico; las macroscópicas mediante anotaciones de campo y fotografía, y las microscópicas usando un microscopio óptico de 40x, 100x, 400x y 1000x. Se usó agua, KOH 20% y reactivo de Melzer como medio de montaje, y distintos reactivos para teñir paredes o encontrar algún carácter mediado por reacción química (Largent *et al.*, 1977). Para determinar especies se consultó a diversas claves y descripciones de la literatura micológica, coincidente en gran parte con los estudios realizados en Chile y literatura específica y general de los distintos grupos taxonómicos.

Se analizó el estado de conservación de las especies determinadas taxonómicamente en base a la Lista de especies de Chile según Estado de Conservación (MMA, 2018).

Se representó gráficamente la riqueza de hongos en un gradiente altitudinal, en un gráfico de dos variables agregando una línea de tendencia lineal, para observar si existe una tendencia respecto al gradiente. También se usará una representación mediada por un

análisis de coordenadas principales -mediante el *software* PAST-, utilizando el índice de similitud de Jaccard como ordenador, usando la riqueza en base a la presencia o ausencia de unidades taxonómicas operativas. Esto último con el fin de distinguir el grado de similitud entre los tipos vegetacionales seleccionados.

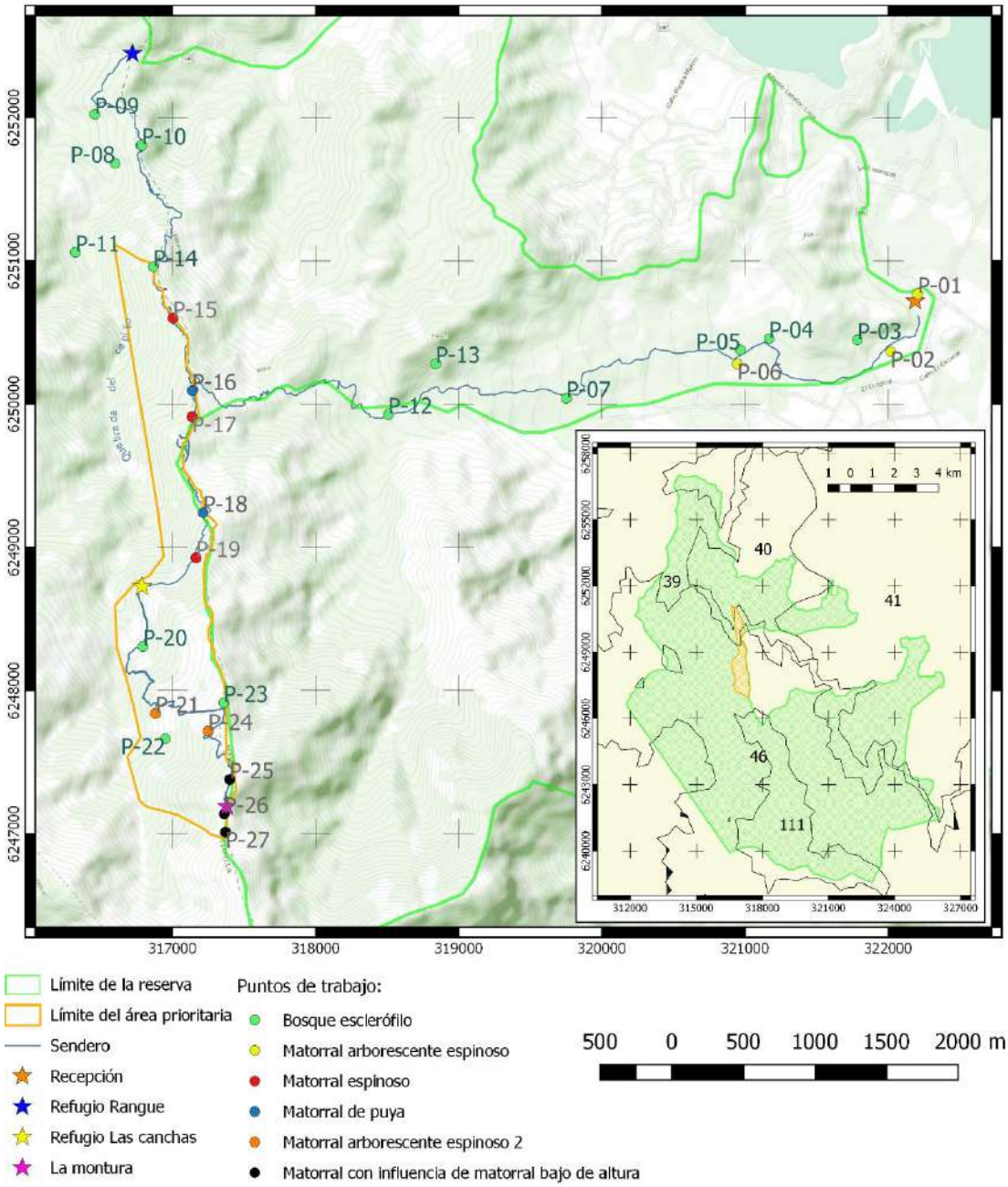
Tabla 1. Puntos de muestreo, características y coordenadas geográficas

Punto	Tipo vegetacional	Especies vegetales principales	Geomorfología	UTM E	UTM N	msnm	Meses visitados
P-01	Matorral arbóreo espinoso	*Acacia caven*	Plano	322206	6250768	382	Jl
P-02	Matorral arbóreo espinoso	*Acacia caven, Trichocereus* sp., *Proustia cuneifolia, Quillaja saponaria*	Plano	322017	6250365	396	Jn-Jl-A-S
P-03	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Quillaja saponaria, Peumus boldus*	Ladera y quebradas	321784	6250447	426	Jl-S
P-04	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Peumus boldus, Beilschmiedia miersii, Crinodendron patagua*	Plano con pequeños lomajes y quebradas	321168	6250457	443	Jn-Jl-S
P-05	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Lithraea caustica, Quillaja saponaria, Peumus boldus*	Plano	320967	6250376	448	Jn-Jl-S
P-06	Matorral arbóreo espinoso con bosque esclerófilo	*Quillaja saponaria, Lithraea caustica, Trichocereus* sp., *Acacia caven, Proustia cuneifolia*	Plano	320946	6250279	449	Jl-S-O
P-07	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Lithraea caustica, Quillaja saponaria, Peumus boldus*	Plano	319751	6250040	560	Jn-Jl
P-08	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Peumus boldus, Persea lingue*	En plano cercano a quebrada	316598	6251680	605	Jn-Jl-S-O
P-09	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Quillaja saponaria, Peumus boldus*	Ladera con pendiente pronunciada	316457	6252021	606	Jn-Jl-S-O
P-10	Bosque esclerófilo	*Quillaja saponaria, Lithraea caustica, Cryptocarya alba, Peumus boldus*	Meseta en ladera exposición Norte	316786	6251807	678	Jl-S-O
P-11	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Peumus boldus, Persea lingue, Crinodendron patagua, Drimys winteri*	Quebrada húmeda en ladera oeste	316322	6251059	689	Jn-Jl-S-O
P-12	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Lithraea caustica, Quillaja saponaria, Peumus boldus*	Quebrada exposición Sur	318507	6249927	726	Jn-Jl-S
P-13	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Lithraea caustica, Quillaja saponaria, Peumus boldus*	Quebrada exposición Sur	318839	6250282	741	Jn-Jl-A-S
P-14	Bosque esclerófilo	*Quillaja saponaria, Lithraea caustica, Cryptocarya alba, Peumus boldus*	Meseta en ladera exposición Norte	316866	6250957	894	Jn-JL-A-O
P-15	Matorral espinoso	*Acacia caven, Colliguaja odorifera, Proustia* sp., *Quillaja saponaria*	Meseta en ladera exposición Norte	317003	6250599	920	Jn-JL-A-O
P-16	Matorral espinoso	*Puya sp., Chusquea* sp., *Lithraea caustica*	Ladera de poca pendiente exposición Norte	317137	6250093	1,006	Jn-JL-A-O
P-17	Matorral espinoso	*Acacia caven, Colliguaja odorifera, Escallonia sp. Lithraea caustica*	Meseta en ladera exposición Norte	317136	6249911	1,035	Jn-JL-A-O
P-18	Matorral espinoso	*Puya* sp., *Chusquea* sp., *Lithraea caustica*	Ladera de poca pendiente exposición Norte	317214	6249241	1,183	Jn-JL-A-O

P-19	Matorral espinoso	*Chusquea* sp.	Ladera con pendiente pronunciada	317164	6248926	1,235	Jn-JL-A-O
P-20	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Lithraea caustica*	Quebrada	316793	6248308	1,258	Jn-JL-A-O
P-21	Matorral arbóreo espinoso 2	*Azara petiolaris, Baccharis* sp., *Proustia* sp., *Lithraea caustica*	Ladera exposición Noroeste	316881	6247840	1,414	Jn-JL-A-O
P-22	Bosque esclerófilo	*Cryptocarya alba, Quillaja saponaria, Lithraea caustica, Azaria petiolaris*	Ladera cercana a una quebrada	316950	6247664	1,438	Jn-JL-A-O
P-23	Bosque esclerófilo	*Quillaja saponaria, Lithraea caustica, Azara petiolaris*	Meseta en ladera exposición Norte	317358	6247915	1,529	Jn-JL-A-O
P-24	Matorral arbóreo espinoso 2	*Azara petiolaris, Baccharis sp., Proustia* sp., *Lithraea caustica*	Ladera exposición Norte	317249	6247718	1,562	Jn-JL-A-O
P-25	Matorral espinoso con matorral bajo de montaña	*Mulinum spinosum, Azara petiolaris, Baccharis* sp., *Proustia sp., Festuca* sp.	Ladera exposición Norte	317399	6247379	1,695	Jn-Jl-A-O
P-26	Matorral arbóreo con matorral bajo de montaña	*Acaena* sp., *Azara petiolaris*	Meseta en ladera exposición Norte y ladera Oeste	317361	6247139	1,712	Jl-A-O
P-27	Matorral espinoso con matorral bajo de montaña	*Mulinum spinosum, Azara petiolaris, Baccharis* sp., *Proustia* sp., *Festuca* sp.	Matorral en ladera expo. Norte	317370	6247012	1,728	O

Folio009287

Figura 1. Delimitación territorial y puntos de trabajo. Se representan los puntos de trabajo, puntos de referencia, y el perímetro de la reserva y del área prioritaria de muestreo para la LB. Se inserta un mapa con el área de la reserva y los pisos vegetacionales presentes: 39. Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*, 40. Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithraea caustica* y *Cryptocarya alba*, 41. Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica*, 46. Bosque caducifolio de mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa* y *Ribes punctatum*, y 111. Matorral bajo mediterráneo costero de *Chuquiraga oppositifolia* y *Mulinun spinosum* (Luebert & Pliscoff; 2006).



Resultados

1.- Identidades taxonómicas censadas en los puntos de trabajo

En la Tabla 2 se muestra el número de especies y morfoespecies representados en las distintas categorías taxonómicas, que incluyen reino, filo, clase, orden, familia y género. En estos cómputos también se agregaron morfoespecies que no pudieron ser determinadas a nivel de especie ni de género. Así tenemos que, en Ascomycota se agregaron discomicetes (Discomicete spp.), que no se pueden agregar a una categoría de menor rango taxonómico debido a que solo hace referencia a un tipo morfológico dentro de Ascomycota -hongos ascomicetos en forma de disco, morillas y trufas-; en Basidiomycota y Agaricomycetes se agregaron hongos corticioides (Corticioide spp.), que solo representa un grupo morfológico -hongos frecuentemente resupinados que crecen generalmente debajo de los troncos caídos-. varios hongos agaricoides, en forma de seta – que generalmente son representadas por el orden Agaricales-, fueron identificados hasta la clasificación de orden. En Psathyrellaceae se agregaron hongos coprinoides, que no fueron determinados a nivel de género y que antes formaban parte del género *Coprinus*, que hace un tiempo, gracias a técnicas moleculares de filogenia, fue separado en varios géneros; en Tricholomataceae se agregaron Tricholomataceae spp.; y en Hymenochetaceae se agregó una colección determinada solo hasta el rango de familia. En la tabla estos cómputos están señalados con un asterisco.

En la Tabla 3 se entrega el listado de especies y morfoespecies registrados en una tabla de ausencia y presencia respecto a los puntos de trabajo. Es necesario mencionar que en el punto 4 -sector El patagual-, el encargado de la LB no presto mayores esfuerzos, debido a que, desde hace un tiempo, personal de la corporación Altos de Cantillana ha venido colectando hongos en este sector, los cuales, eventualmente, serán incorporados y analizados en un nuevo informe. A demás se respeto la medida de dejar descansar aquel espacio, del impacto de los visitantes y senderistas.

Folio009289

Tabla 2. Número de especies y morfoespecies representados en las distintas categorías taxonómicas

Fungi					**184**
	Ascomycota				**18***
		Geoglossomycetes			**1**
			Geoglossales		**1**
				Geoglossaceae	**1**
				Geoglossum	**1**
		Leotiomycetes			**3**
			Helotiales		**3**
				Dermateaceae	**1**
				Mollisia	**1**
				Helotiaceae	**1**
				Bisporella	**1**
				Hyaloscyphaceae	**1**
				Hyaloscypha	**1**
		Pezizomycetes			**3**
			Pezizales		**3**
				Pyronemataceae	**2**
				Cheilymenia	**1**
				Scutellinia	**1**
				Sarcoscyphaceae	**1**
				Sarcoscypha	**1**
		Sordariomycetes			**6**
			Xylariales		**6**
				Xylariaceae	**6**
				Annulohypoxylon	**2**
				Hypoxylon	**2**
				Xylaria	**2**
	Basidiomycota				**166***
		Agaricomycetes			**166***
			Agaricales		**121***
				Agaricaceae	**15**
				Agaricus	**2**
				Bovista	**2**
				Calvatia	**3**
				Cyathus	**2**
				Disciseda	**1**
				Lepiota	**4**

	Tulostoma	1
Cortinariaceae		1
	Meottomyces	1
Entolomataceae		1
	Entoloma	1
Hymenogastraceae		3
	Galerina	2
	Psilocybe	1
Inocybaceae		5
	Crepidotus	4
	Phaeomarasmius	1
Incertae sedis		2
	Melanotus	2
Marasmiaceae		2
	Marasmius	1
	Tetrapyrgos	1
Mycenaceae		24
	Favolaschia	1
	Mycena	22
	Roridomyces	1
Niaceae		1
	Merismodes	1
Pleurotaceae		4
	Hohenbuehelia	3
	Pleurotus	1
Pluteaceae		7
	Pluteus	7
Psathyrellaceae		8*
	Coprinellus	1
	Parasola	2
	Psathyrella	3
Schizophyllaceae		1
	Schizophyllum	1
Strophariaceae		3
	Agrocybe	2
	Gymnopilus	1
Tricholomataceae		25*
	Arrhenia	1

					Clitocybe	2
					Collybia	1
					Lepista	1
					Melanoleuca	2
					Melanomphalia	1
					Omphalina	1
					Resupinatus	1
				Tubariaceae		2
					Tubaria	2
			Atheliales			1
				Atheliaceae		1
					Athelia	1
			Auriculariales			1
				Incertae sedis		1
					Ductifera	1
			Dacryomycetales			2
				Dacrymycetaceae		2
					Dacrymyces	1
					Dacryopinax	1
			Geastrales			8
				Geastraceae		8
					Geastrum	6
					Myriostoma	1
					Radiigera	1
			Gomphales			1
				Gomphaceae		1
					Ramaria	1
			Hymenochaetales			3
				Hymenochetaceae		2*
					Phellinus	1
				Schizoporaceae		1
					Xylodon	1
			Polyporales			10
				Meruliaceae		5
					Mycoacia	1
					Phlebia	2
					Steccherinum	2
				Phanerochaetaceae		2

					Byssomerulius	**1**
					Ceriporia	**1**
				Polyporaceae		**2**
					Pycnoporus	**1**
					Trametes	**1**
				Russulales		**3**
				Hericiaceae		**1**
					Hericium	**1**
				Peniophoraceae		**1**
					Peniophora	**1**
				Stereaceae		**1**
					Stereum	**1**
				Tremellales		**1**
				Tremellaceae		**1**
					Tremella	**1**

Tabla 3. Listado de especies y morfoespecies registradas inserto en una tabla de ausencia y presencia en los distintos puntos censados.

	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08	P-09	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	P-16	P-17	P-18	P-19	P-20	P-21	P-22	P-23	P-24	P-25	P-26	P-27
Agaricales sp. 01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Agaricales sp. 04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 07	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 09	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Agaricales sp. 16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agaricus porphyrizon P.D. Orton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Agaricus sp.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agrocybe praecox (Pers.) Fayod	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agrocybe sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annulohypoxylon bovei cf. (Speg.) Y.M. Ju, J.D. Rogers & H.M. Hsieh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annulohypoxylon sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
cf. *Arrhenia chilensis* (Mont.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athelia cf. *acrospora* Jülich	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
cf.*Bisporella* sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bovista brunnea Berk.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bovista colorata (peck) Kreisel	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Byssomerulius corium (Pers.) Parmasto	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Calvatia cyathiformis (Bosc) Morgan	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calvatia sp. 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calvatia sp. 2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cf. *Ceriporia* sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cheilymenia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clitocybe espinosae Singer	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clitocybe sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Collybia cf. *subhybrida* Singer	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coprinellus disseminatus (Pers.) J.E. Lange	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coprinoide sp. 1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coprinoide sp. 2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Corticioide sp. 02	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 03	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 05	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	
Corticioide sp. 06	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 09	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Corticioide sp. 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Corticioide sp. 11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
Corticioide sp. 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Crepidotus applanatus (Pers.) P. Kumm.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crepidotus brunswickianus (Speg.) Sacc.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Crepidotus sp. 1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crepidotus sp. 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyathus olla (Batsch) Pers.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyathus stercoreus (Schwein.) De Toni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Dacrymyces sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Dacryopinax spathularia (Schwein.) G.W. Martin	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Disciseda sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Discomicete sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Discomicete sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Discomicete sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Discomicete sp. 4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Discomicete sp. 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
cf. *Ductifera millei* Lloyd	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entoloma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Favolaschia antarctica (Speg.) Kuntze	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fulvifomes cf. *inermis* (Ellis & Everh.) Y.C. Dai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Galerina sp. 1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Galerina sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geastrum cf. *arenarium* Lloyd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geastrum cf. *campestre* Morgan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geastrum cf. *saccatum* Fr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geastrum cf. *triplex*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geastrum fornicatum (Huds.) Hook.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geastrum pectinatum Pers.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geoglossum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnopilus sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hericium sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hohenbuehelia nigra (Schwein.) Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hohenbuehelia sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hohenbuehelia sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cf. *Hyaloscypha* sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hymenochaetaceae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypoxylon sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypoxylon sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepiota sp. 1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepiota sp. 2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepiota sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepiota sp. 4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepista nuda (Bull.) Cooke	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marasmius sp.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Melanoleuca sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melanoleuca stridula (Fr.) Singer	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melanomphalia omphaliopsis (Singer) Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melanotus sp. 1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Melanotus sp. 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Meottomyces cf. *dissimulans* (Berk. & Broome) Vizzini	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cf. *Merismodes anomala* (Pers.) Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollisia sp.	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena cyanocephala Singer	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena cf. *galericulata* (Scop.) Gray	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena cf. *hyalinotricha* Singer	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena pura (Pers.) P. Kumm.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 05	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 06	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 07	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 08	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycena sp. 18	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cf. *Mycoacia fuscoatra* (Fr.) Donk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myriostoma coliforme (Dicks.) Corda	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omphalina versatilis (Berk. & Mont.) Raithelh.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parasola cf. *conopilea* (Fr.) Örstadius & E. Larss.	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parasola sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peniophora incarnata (Pers.) P. Karst.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Phaeomarasmius sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Phlebia sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Phlebia subochracea (Alb. & Schwein.) J. Erikss. & Ryvarden	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pluteus globiger Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pluteus nanus (Pers.) P. Kumm.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pluteus nigrolineatus Murrill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pluteus sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pluteus sp. 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pluteus sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pluteus spegazzinianus Singer	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poliporoide sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Psathyrella sp. 1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psathyrella sp. 2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psathyrella sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psilocybe subcoprophila (Britzelm.) Sacc.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pycnoporus cinnabarinus (Jacq.) P. Karst cf.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radiigera sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Ramaria sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Resupinatus applicatus (Batsch) Gray	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Roridomyces austrororidus (Singer) Rexer	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarcoscypha coccinea (Gray) Boud.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schizophyllum amplum (Lév.) Nakasone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Scutellinia sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steccherinum cf. *fimbriatum* (Pers.) J. Erikss.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cf. *Steccherinum meridionale* (Rajchenb.) Westphalen, Tomšovský & Rajchenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stereum hirsutum (Willd.) Pers.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1		
Tetrapyrgos alba (Berk. & M.A. Curtis) E. Horak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trametes versicolor (L.) Lloyd	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tremella mesenterica Retz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 01	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 05	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 06	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 08	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Folio009297

Tricholomataceae sp. 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubaria sp. 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubaria sp. 2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tulostoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xylaria cf. *apiculata* Cooke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xylaria sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xylodon raduloides Riebesehl & Langer cf.	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Riqueza en especies y morfoespecies por punto de trabajo	**3**	**17**	**19**	**15**	**17**	**7**	**32**	**19**	**21**	**23**	**36**	**26**	**40**	**16**	**16**	**6**	**15**	**6**	**2**	**11**	**5**	**8**	**5**	**3**	**6**	**4**	**3**

De los datos obtenidos en estas tablas, hay que destacar la predominancia de macrohongos basidiomicetos (166) en comparación con los ascomicetos (18), lo que se ve reflejado en un 90% de basidiomicetos y 10 % ascomicetos. Dentro de Basidiomycota el más diverso es el orden de los Agaricales (122) que representa el 66% de la riqueza total del estudio.

En torno a la naturaleza y origen de las distintas especies, se destacan especies australes que probablemente en esta zona (Chile central) están cerca de su límite de distribución norte. Se destaca esto, ya que la información generada con esta prospección fúngica, podría ser base para hacer más sólidos estos límites, incluso agregar nuevos, ya que muchas especies encontradas en la reserva son citadas para los bosques del sur del país (ej.: *Favolaschia anctartica, Arrhenia chilensis, Mycena cyanocephala, Pluteus spegazzinianus, Tetrapyrgos alba,* entre otras). Es llamativa la convergencia de especies, ya que se podría hablar de una mezcla de influencias u orígenes, probablemente debido a la condición climática de la zona, reuniendo entonces especies con una distribución más austral, y especies adaptadas a condiciones xéricas (ej.: *Geastrum* spp. encontrados en matorral, *Tulostoma* sp., *Disciseda* sp. y *Calvatia* spp.). Este contraste, de alguna forma se acopla al mismo contraste que genera la exposición de las laderas y su vegetación característica -ladera exposición sur, mayor humedad, mayores masas vegetales, y ladera exposición norte, más seca y descubierta-. Hay que agregar también que es posible

encontrar especies endémicas al bosque esclerófilo y ambientes aledaños, como *Clitocybe espinosae*, pero para mayores detalles se necesita mayor tiempo en análisis bibliográfico, como también mayor tiempo para dilucidad las especies que no han podido ser determinadas taxonómicamente.

Otro detalle importante es que durante el año 2018 las precipitaciones fueron bajas, por lo que el número de especies quizás no es el más representativo. Por un lado, esto hizo fijar mayores esfuerzos de búsqueda, encontrando una gran variedad de hongos que crece bajo troncos, casi enterrados, como corticioides, cifeloides (*Cyphelloid fungi* en inglés) e hipogeos, que muchas veces pasan desapercibidas y que ocasionalmente son fuente grata de nuevos registros. En esta oportunidad es el caso de *Merismodes anomala* (Pers.) Singer, especie Cifeloide, que en este informe se entrega como cf. *M. anómala* (Figura 2) -ya que para estar bien seguro hay que volver a revisar con mayor detención-, pero se trata sin dudas de un nuevo registro, aunque no llegase a corresponder exactamente con *M. anómala*, ya que no hay nada similar citado para Chile. Otro caso similar sucedió con *Radiigera* sp. (Figura 3), especie hipogea que fue encontrada bajo bosque esclerófilo. Es un género hermano de *Geastrum*, de hecho, últimamente especies de *Radiigera* han pasado a formar parte de *Geastrum*. Aquí se mantuvo el nombre tradicional para destacar que hay diferencias a simple vista, por lo menos macroscópicas, ya que al microscopio son casi lo mismo. No hay ninguna cita sobre este género en Chile.

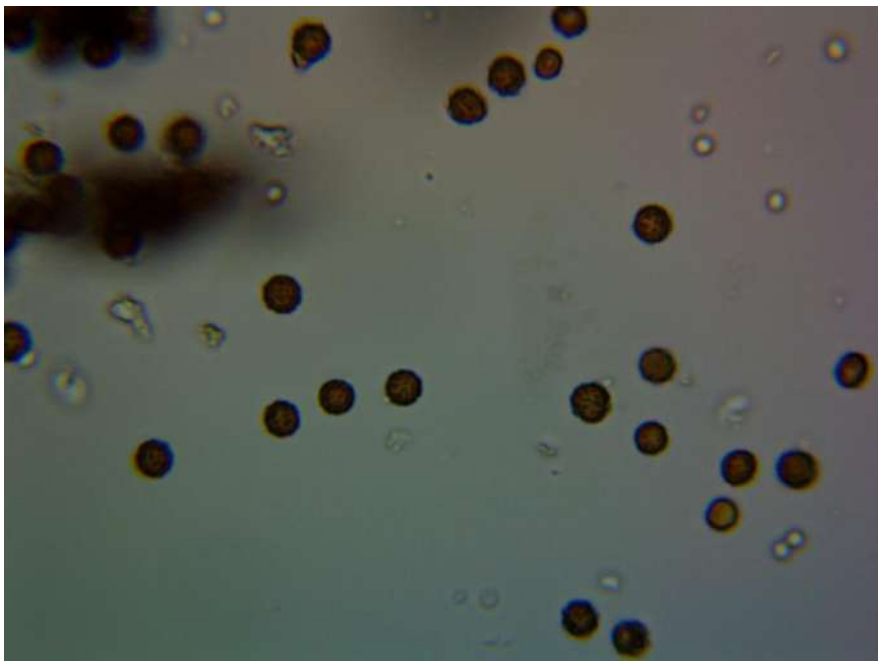
Respecto a si se encontraron hongos con problemas de conservación, no hubo coincidencia con ninguna de las incluidas en la última actualización de la Lista de especies de Chile según Estado de Conservación (MMA, 2018).

Otro dato importante es la presencia de especies con potencial alimenticio (ej. *Hericium* sp.), que pueden abrir la posibilidad de estudios para su cultivo o para la realización de alguna actividad relacionada, incluso ligada a turismo gourmet y de ocasión.

Figura 2. cf. *Merismodes anomala* (Pers.) Singer

Figura 3a. Cuerpo fructífero de *Radiigera* sp.

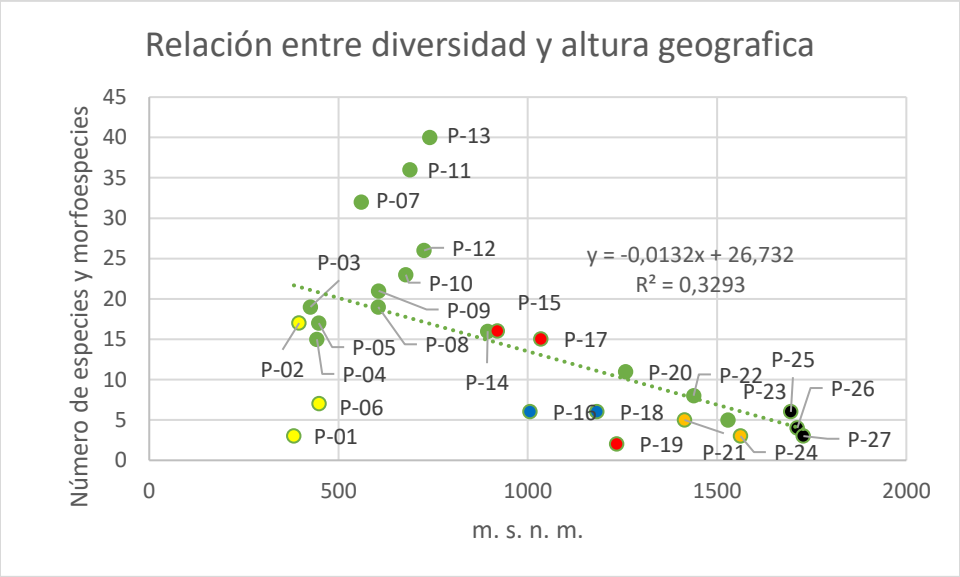
Figura 3b. Esporas de *Radiigera* sp., muy similares de la de *Geastrum spp.*



Folio009301

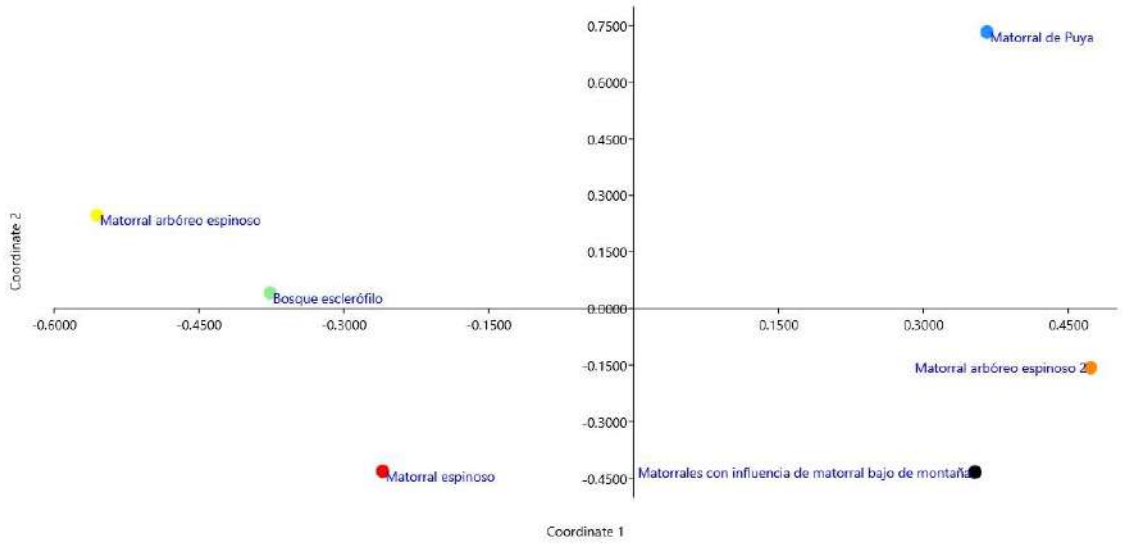
2.- Representaciones gráficas

Figura 4. Variación de la riqueza en un gradiente altitudinal.



Nota: En verde bosque esclerófilo, en amarillo matorral arborescente espinoso, en rojo matorral espinoso, en azul matorral de puya, en naranja matorral arborescente espinoso 2, en negro matorral con influencia de matorral bajo de montaña.

Figura 5. Gráfico obtenido con PCoA, con los principales grupos vegetacionales censados



En cuanto a estas representaciones graficas de la riqueza en los puntos de muestreo, tenemos primero un gráfico con la relación entre la riqueza y un gradiente altitudinal (Figura 4). Si bien en la recta de tendencia lineal, el r2 es bajo y la pendiente aún más, se puede apreciar visualmente que existe una disminución de la riqueza en cuanto aumentamos la altura geográfica. La aparente disminución de la riqueza, en el caso de esta experiencia, pudo deberse a que las condiciones se vuelven más secas a medida que se avanza o interna en la ladera de exposición norte, sobre todo pasado los meses lluviosos y nivales (junio y julio) por lo menos hasta el punto más alto que se censo. Además, hay que considerar que las condiciones ambientales sufren un cambio multifactorial a medida que se gana altura; la geomorfología va cambiando, el suelo es más compacto o delgado, hay más rocas, los arboles disminuyen y la vegetación cambia, hay mayor exposición solar, entre otras cosas; provocando variación en la humedad, cantidad y calidad de luz, temperatura, como también en la disponibilidad y tipo de fuente nutricia, condiciones muy relevantes para el desarrollo de los macrohongos.

De modo que si se hubiera trabajado sobre los 2000 m. s. n. m., quizás la tendencia podría seguir o no, pero de seguro que, al cambiar de ambiente, hay una posibilidad grande de que se refugien macrohongos especializados a estos ambientes montañosos, en los matorrales bajos, como también en el mismo bosque caducifolio, este último sobrevive como relicto, y se encuentra cercano al horcón de piedra y en algunas áreas de la parte alta de la reserva. El caducifolio probablemente contiene especies micorrícicas -generalmente relacionadas al género *Cortinarius*- como es común en los bosques de Nothofagus spp- y otros macrohongos característicos de estos bosques (es característico encontrar *Cyttaria* spp., parasito de Nothofagus; *Ramaria* spp., otro micorrícico; entre otras especies que es necesario ir a censar o incorporar en un próximo estudio).

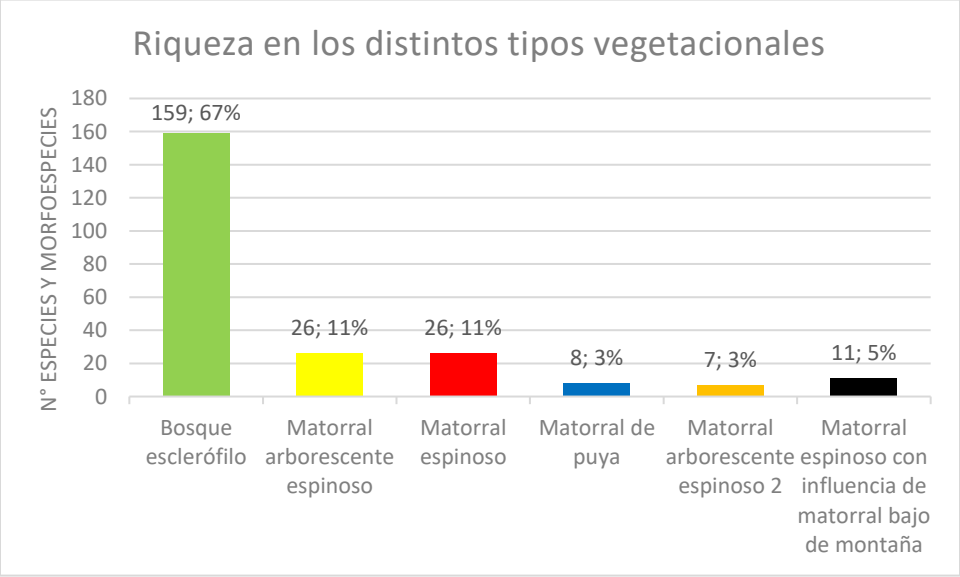
Los puntos con mayor riqueza corresponden a bosque esclerófilo, alcanzando su pick en el P-13, lugar inserto en una quebrada con exposición sur. Los puntos con menores diversidad se dan en matorral espinoso y matorral bajo de montaña.

En torno al grafico de la Figura 5, este solo fue incorporado para apreciar rápidamente que tan similares son las riquezas en los distintos tipos vegetaciones. Ahí se

puede observar que los puntos más próximos entre si son más similares. Lo destacable es que los puntos se dispersaron de modo que los tipos vegetacionales de altitud baja a media son más similares entre sí, y alejados a los puntos de altitud más elevada, que entre ellos tienen más similitud. De todas formas, esta representación es solo para hacerse un panorama, ya que para elaborar un gráfico con resultados más resolutorios necesitamos más puntos de muestreo y estudios de abundancia. El matorral de puya fue el que se alejó más de todos los demás, en este se encontró un pool de especies característicos de este hábitat. Allí se encontró, por ejemplo, a cf. *Pycnoporus cinnabarinus* que se adhiere a tallos de la puya -no queda claro que relación se establece, ya que no fue fácil de distinguir si estaba haciendo de saprofito de troncos viejos o muertos, o autocombustionados (se hace referencia a eso, ya que autores afirman que *P. cinnabarinus* crece en troncos quemados); o que de lleno estaba adherido a una planta viva- y que no se encontró en los otros tipos vegetacionales.

Como último se agrega la Figura 6 con la riqueza ponderada de los distintos puntos que conforman los grupos vegetacionales analizados en los gráficos anteriores.

Figura 6. Riqueza en los distintos tipos vegetacionales



Esta más que claro que el bosque esclerófilo es el que reúne mayor cantidad de especies, debido a sus características ambientales, de hecho, muchas de estas también se

comparten los otros tipos vegetaciones. Un mayor análisis a estas composiciones fungosas será entregado luego de volver a revisar las colecciones y de incorporar las colecciones faltantes. Esto se hará en el marco de la tesis del autor. De todas formas, mediante la Tabla 2, de ausencia y presencia, se pueden dilucidar varias cosas. Si existe curiosidad en el lector, se agrega la Tabla 4 en el anexo, que simplifica esta tarea.

Conclusiones

Debido a la complejidad que tiene la determinación taxonómica de muchas de las especies fúngicas censadas, a lo disperso y a las pocas revisiones que tiene las especies citadas por Singer y Lazo en sus trabajos donde se incluyen hongos registrados en la zona central de Chile -hace varias décadas atrás-, es que no se puede tener una certeza satisfactoria respecto a las identidades taxonómicas de varias colecciones. Se requiere de mayor tiempo.

En el sitio no hay especies en peligro, por lo menos en los listados oficiales, pero eso no indica nada, es probable que muchas especies corran peligro debido al cambio climático, por lo tanto, hay que trabajar rápidamente para aumentar la lista de hongos amenazados.

Existen diferencias entre los tipos vegetacionales, pero se requiere mayor masa de datos, e incorporar parcelas para medir abundancia, con el fin de entregar una caracterización más sólida.

El bosque esclerófilo por excelencia, en esta área de estudio, es el lugar más diverso y merece mayor atención. Incorporar más puntos de muestreo en zonas aún más húmedas y aislada de los matorrales podría entregar resultados diferentes, e incluso sorpresas

Folio009305

taxonómicas, que podrían dar chance para reencontrarse con especies descritas y no vueltas a registrar oficialmente desde hace más de 50 años.

La reserva guarda una gran diversidad, que en esta primera prospección entrega un panorama bien diverso de formas, concentrando especies contrastantes -del bosque al matorral xérico-, que podrían, y en parte son, un excelente ejemplo de cómo podemos encontrar diferentes nichos y especies dependiendo de las características del hábitat que consideremos.

Las distintas replicas no fueron equivalentes para cada grupo vegetacional, esto podría traer sesgos, pudiendo ser que haya diferencias más marcadas o no. Esto podrá mejorarse en un contexto diferente a una línea base.

Análisis moleculares de filogenia podrían entregar resultados más resolutorios sobre la naturaleza e identidad taxonómica de las especies censadas.

Referencias

Arora, D. (1986). *Mushrooms demystified*. 2° ed. Berkeley. Ten Speed Press.

Arroyo, M.T.K., Marquet, P. A., Marticorena, C., Simonetti, J., Cavieres, L., Squeo, F., Rozzi, R. & Massardo, F. (2006). El Hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. En Saball, P., Arroyo, M.T.K., Castilla, J.C., Estades, C., Ladrón De Guevara, J.M., Larraín, S., Moreno, C., Rivas, F., Rovira, J., Sánchez, A., & Sierralta, L., *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y desafíos*, 1° ed. Santiago de Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Borcard, D., Gillet, F., & Legendre, P. (2011). *Numerical ecology with R*. New York. Springer.

Folio009306

Cannon, P. F. (1997). Strategies for rapid assessment of fungal diversity. *Biodiversity & Conservation*, 6(5), 669-680.

Decreto Supremo 40, Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Diario Oficial de La República de Chile, 12 de agosto de 2013, Santiago, Chile.

Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J. M., Lara, A., & Newton, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological conservation*, 130(4), 481-494.

Furci, G. (2018). Guía de campo – Hongos de Chile – Vol. II. 1° ed. Santiago de Chile. Fundación Fungi.

Gardener, M. (2014). *Community ecology: analytical methods using R and Excel*. Pelagic Publishing Ltd.

GORE-RMS & SEREMI MMA RMS (2013). *Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago 2015-2025*. Santiago de Chile. Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y Secretaría Regional Ministerial del Ministerio del Medio Ambiente

Hawksworth, D. L., & Lücking, R. (2017). Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species. *Microbiology spectrum*, 5(4).

Heilmann-Clausen, J., Barron, E. S., Boddy, L., Dahlberg, A., Griffith, G. W., Nordén, J. & Halme, P. (2014). A fungal perspective on conservation biology. *Conservation biology*, 29(1), 61-68.

Kiers, E. T., Duhamel, M., Beesetty, Y., Mensah, J. A., Franken, O., Verbruggen, E., ... & Palmer, T. M. (2011). Reciprocal rewards stabilize cooperation in the mycorrhizal symbiosis. *science*, 333(6044), 880-882.

Kuhar, F., Furci, G., Drechsler-Santos, E. R., & Pfister, D. H. (2018). Delimitation of Funga as a valid term for the diversity of fungal communities: the Fauna, Flora & Funga proposal (FF&F). *IMA FUNGUS*, *9*(2), 71-74.

Largent, D., Johnson, D., & Watling, R. (1977). *How to identify mushrooms to genus III. Microscopic features*. California. Mad River Press Inc.

Lazo, W. (2001). *Hongos de Chile: Atlas Micológico*. Santiago de Chile. Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

Luebert, F., & Pliscoff, P. (2006). *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Editorial Universitaria.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2017). *Lista de especies de Chile según Estado de Conservación*. Santiago de Chile. MMA.

Peña Avendaño, I., & Soto Medina, E. (2015). Efecto de la estructura de la vegetación sobre la distribución y riqueza de macrohongos en Isla Palma, Pacífico colombiano. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 19(2), 251-262.

Schmit, J. P., & Mueller, G. M. (2007). An estimate of the lower limit of global fungal diversity. *Biodiversity and conservation*, 16(1), 99-111.

Singer, R. (1969). Mycoflora australis. *Beih Nova Hedwigia*, 29, 1-405.

Unterseher, M., Schnittler, M., Dormann, C., & Sickert, A. (2008). Application of species richness estimators for the assessment of fungal diversity. *FEMS Microbiology Letters*, 282(2), 205-213.

Wilkins, W. H., & Patrick, S. H. (1940). The ecology of the larger fungi: IV. The seasonal frequency of grassland fungi with special reference to the influence of environmental factors. *Annals of applied Biology*, 27(1), 17-34.

Anexo

Tabla 4. Presencia y ausencia en los tipos vegetacionales establecidos para este estudio.

	Bosque esclerófilo	Matorral arbóreo espinoso	Matorral espinoso	Matorral de Puya	Matorral arbóreo espinoso 2	Matorrales con influencia de matorral bajo de montaña
Agaricales sp. 01	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 02	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 03	0	0	0	0	1	0
Agaricales sp. 04	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 05	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 06	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 07	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 08	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 09	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 10	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 11	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 12	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 13	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 14	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 15	0	0	0	0	0	1
Agaricales sp. 16	1	0	0	0	0	0
Agaricales sp. 17	1	0	0	0	0	0
Agaricus porphyrizon P.D. Orton	1	0	0	0	0	0
Agaricus sp.	1	1	0	0	0	0
Agrocybe praecox (Pers.) Fayod	1	1	0	0	0	0
Agrocybe sp.	0	0	0	0	0	0
Annulohypoxylon bovei cf. (Speg.) Y.M. Ju, J.D. Rogers & H.M. Hsieh	1	0	0	0	0	0
Annulohypoxylon sp.	1	0	0	0	1	0
cf. *Arrhenia chilensis* (Mont.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys	0	1	1	0	0	0
Athelia cf. *acrospora* Jülich	1	0	0	0	0	1
cf. *Bisporella* sp.	1	0	0	0	0	0
Bovista brunnea Berk.	0	1	1	0	0	0
Bovista colorata (peck) Kreisel	1	0	0	0	0	0
Byssomerulius corium (Pers.) Parmasto	1	0	1	0	0	0
Calvatia cyathiformis (Bosc) Morgan	1	1	0	0	0	0
Calvatia sp. 1	0	1	0	0	0	0
Calvatia sp. 2	1	1	0	0	0	0
cf. *Ceriporia* sp.	1	0	0	0	0	0
Cheilymenia sp.	1	0	0	0	0	0

Clitocybe espinosae Singer	1	0	1	0	0	0
Clitocybe sp.	1	0	0	0	0	0
Collybia cf. *subhybrida* Singer	1	1	1	0	0	0
Coprinellus disseminatus (Pers.) J.E. Lange	1	0	0	0	0	0
Coprinoide sp. 1	1	1	0	0	0	0
Coprinoide sp. 2	1	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 01	1	0	1	0	0	1
Corticioide sp. 02	1	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 03	1	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 04	1	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 05	1	0	1	0	1	0
Corticioide sp. 06	1	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 07	1	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 08	1	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 09	1	0	1	0	0	1
Corticioide sp. 10	1	0	0	0	0	1
Corticioide sp. 11	0	1	0	0	0	0
Corticioide sp. 12	0	1	1	0	0	0
Corticioide sp. 13	1	0	0	0	0	0
Corticioide sp. 14	1	0	0	0	0	1
Corticioide sp. 15	1	0	0	0	0	0
Crepidotus applanatus (Pers.) P. Kumm.	1	0	0	0	0	0
Crepidotus brunswickianus (Speg.) Sacc.	1	1	0	0	0	0
Crepidotus sp. 1	1	0	0	0	0	0
Crepidotus sp. 2	1	0	0	0	0	0
Cyathus olla (Batsch) Pers.	1	0	0	0	0	0
Cyathus stercoreus (Schwein.) De Toni	0	0	0	0	0	1
Dacrymyces sp.	1	0	0	0	1	0
Dacryopinax spathularia (Schwein.) G.W. Martin	1	0	0	0	0	0
Disciseda sp.	0	0	0	1	1	1
Discomicete sp. 1	1	0	0	0	0	0
Discomicete sp. 2	1	0	0	0	0	0
Discomicete sp. 3	0	0	0	1	0	0
Discomicete sp. 4	1	0	0	0	0	0
Discomicete sp. 5	1	0	0	0	0	0
cf. *Ductifera millei* Lloyd	1	0	0	0	0	0
Entoloma sp.	1	0	0	0	0	0
Favolaschia antarctica (Speg.) Kuntze	1	0	0	0	0	0
Fulvifomes cf. *inermis* (Ellis & Everh.) Y.C. Dai	1	0	0	0	0	0
Galerina sp. 1	1	1	0	0	0	0
Galerina sp. 2	1	0	0	0	0	0
Geastrum cf. *arenarium* Lloyd	0	0	1	0	0	0
Geastrum cf. *campestre* Morgan	0	0	1	0	0	0
Geastrum cf. *saccatum* Fr.	1	0	0	0	0	0
Geastrum cf. *triplex*	1	0	0	0	0	0
Geastrum fornicatum (Huds.) Hook.	0	1	0	0	0	0
Geastrum pectinatum Pers.	0	0	1	0	0	0
Geoglossum sp.	1	0	0	0	0	0
Gymnopilus sp.	1	0	0	0	0	0
Hericium sp.	1	0	0	0	0	0
Hohenbuehelia nigra (Schwein.) Singer	1	0	0	0	0	0

Hohenbuehelia sp. 1	1	0	0	0	0	0
Hohenbuehelia sp. 2	1	0	0	0	0	0
cf. *Hyaloscypha* sp.	1	0	0	0	0	0
Hymenochaetaceae sp.	1	0	0	0	0	0
Hypoxylon sp. 1	1	0	0	0	0	0
Hypoxylon sp. 2	1	0	0	0	0	0
Lepiota sp. 1	1	1	1	0	0	0
Lepiota sp. 2	1	1	0	0	0	0
Lepiota sp. 3	1	0	0	0	0	0
Lepiota sp. 4	1	0	0	0	0	0
Lepista nuda (Bull.) Cooke	1	1	0	0	0	0
Marasmius sp.	1	0	0	0	0	0
Melanoleuca sp.	0	1	0	0	0	0
Melanoleuca stridula (Fr.) Singer	1	0	0	0	0	0
Melanomphalia omphaliopsis (Singer) Singer	0	0	1	0	0	0
Melanotus sp. 1	1	1	1	0	0	0
Melanotus sp. 2	1	0	1	0	0	0
Meottomyces cf. *dissimulans* (Berk. & Broome) Vizzini	1	1	0	0	0	0
cf. *Merismodes anomala* (Pers.) Singer	0	0	1	0	0	0
Mollisia sp.	1	0	0	0	0	0
Mycena cyanocephala Singer	1	0	0	0	0	0
Mycena cf. *galericulata* (Scop.) Gray	1	0	0	0	0	0
Mycena cf. *hyalinotricha* Singer	1	0	0	0	0	0
Mycena pura (Pers.) P. Kumm.	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 01	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 02	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 03	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 04	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 05	1	1	0	0	0	0
Mycena sp. 06	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 07	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 08	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 09	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 10	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 11	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 12	0	0	1	0	0	0
Mycena sp. 13	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 14	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 15	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 16	1	0	0	0	0	0
Mycena sp. 17	0	0	0	1	0	0
Mycena sp. 18	1	0	0	0	0	0
cf. *Mycoacia fuscoatra* (Fr.) Donk	1	0	0	0	0	0
Myriostoma coliforme (Dicks.) Corda	1	0	0	0	0	0
Omphalina versatilis (Berk. & Mont.) Raithelh.	1	1	0	0	0	0
Parasola cf. *conopilea* (Fr.) Örstadius & E. Larss.	1	0	0	0	0	0
Parasola sp.	1	0	0	0	0	0
Peniophora incarnata (Pers.) P. Karst.	1	0	1	0	0	1
Phaeomarasmius sp.	1	0	0	0	0	0
Phlebia sp.	1	0	0	0	0	0
Phlebia subochracea (Alb. & Schwein.) J. Erikss. & Ryvarden	1	0	0	0	0	0

Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm.	1	0	0	0	0	0
Pluteus globiger Singer	1	0	0	0	0	0
Pluteus nanus (Pers.) P. Kumm.	1	0	0	0	0	0
Pluteus nigrolineatus Murrill	1	0	0	0	0	0
Pluteus sp. 1	1	0	0	0	0	0
Pluteus sp. 2	1	0	0	0	0	0
Pluteus sp. 3	1	0	0	0	0	0
Pluteus spegazzinianus Singer	1	0	0	0	0	0
Poliporoide sp. 1	1	0	1	0	0	0
Psathyrella sp. 1	1	0	1	0	0	0
Psathyrella sp. 2	1	0	1	0	0	0
Psathyrella sp. 3	1	0	0	0	0	0
Psilocybe subcoprophila (Britzelm.) Sacc.	0	0	1	0	0	0
cf. *Pycnoporus cinnabarinus* (Jacq.) P. Karst	0	0	0	1	0	0
Radiigera sp.	1	0	0	1	0	0
Ramaria sp.	1	0	0	0	0	0
Resupinatus applicatus (Batsch) Gray	1	1	0	1	0	0
Roridomyces austrororidus (Singer) Rexer	1	0	0	0	0	0
Sarcoscypha coccinea (Gray) Boud.	1	0	0	0	0	0
Schizophyllum amplum (Lév.) Nakasone	1	0	0	0	1	0
Scutellinia sp.	1	0	0	0	0	0
Steccherinum cf. *fimbriatum* (Pers.) J. Erikss.	1	0	1	0	0	0
cf. *Steccherinum meridionale* (Rajchenb.) Westphalen, Tomšovský & Rajchenberg	1	0	0	0	0	0
Stereum hirsutum (Willd.) Pers.	1	0	1	0	1	1
Tetrapyrgos alba (Berk. & M.A. Curtis) E. Horak	1	0	0	0	0	0
Trametes versicolor (L.) Lloyd	1	0	0	0	0	0
Tremella mesenterica Retz.	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 01	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 02	1	0	0	1	0	0
Tricholomataceae sp. 03	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 04	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 05	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 06	0	1	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 07	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 08	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 09	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 10	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 11	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 12	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 13	1	1	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 14	1	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 15	0	0	0	0	0	0
Tubaria sp. 1	1	1	0	0	0	0
Tubaria sp. 2	1	0	1	0	0	0
Tulostoma sp.	0	0	0	1	0	0
Xylaria cf. *apiculata* Cooke	1	0	0	0	0	0
Xylaria sp.	1	0	0	0	0	0
Xylodon raduloides Riebesehl & Langer	1	0	0	0	0	1
	159	26	26	8	7	11

LÍNEA DE BASE DE LA FAUNA DE COLEÓPTEROS (INSECTA), REGISTRADOS EN LA QUEBRADA DEL CEPILLO (RESERVA ALTOS DE CANTILLANA)

Douglas Jackson Squella

Sociedad Chilena de Entomología

E-mail:

INTRODUCCIÓN

Los estudios de la entomofauna de ambientes alto montanos de los cordones cordilleranos costeros son escasos en Chile central, teniéndose solo antecedente de algunos grupos de insectos, los que básicamente están referidos al orden coleóptera, siendo prácticamente inexistentes referencias de otros órdenes. Esto se debe en parte a la falta de especialistas en la mayoría de los órdenes existentes en el país., acentuándose este problema con un universo de taxa aún no estudiadas (Simonetti *et al.,* 1995). No obstante existe información parcial en algunas familias de coleópteros, especialmente de la familia Curculionidae, Tenebrionidae, Carabidae, como también antecedentes parciales de estas familias (Elgueta 1985, 1988; Kuschel 1960; Peña 1966; Roig-Juñent 1994; Vidal y Guerrero 2007).En particular, en el cordón cordillerano de Altos de Cantillana, están presentes varias especies propias de este cordón, caracterizadas por ser especies epigeas con élitros soldados y alas atrofiadas, lo cual limitan su dispersión, entre las cuales se encuentra*Callyntra paulseni* Fairmaire, 1885; *Callyntra penai* (Kulzer, 1954); *Callyntra cantillana* Vidal & Flores, 2000; *Psectrascelis cinerea* Solier, 1851; *Psectrascelis subcostata* (Germain, 1855); *Auladera rugicollis* (Philippi & Philippi, 1864) (Tenebrionidae); *Heteromagdalis montanus* Elgueta, 1985; *Listroderes* spp. (Curculionidae), *Cnemalobus obscurus* (Brullé, 1834), *Cnemalobus montanus* (Roig-Juñent, 1994) (Carabidae). (Elgueta 1985, 1988; Roig-Juñent 1994; Vidal & Guerreo 2007).

En este marco se ha tenido como objetivo estudiar la diversidad de insecto coleópteros de la Quebrada del Cepillo, localidad colindante al cerro Horcón de Piedra (2070 m), situada en el cordón de los Altos de Cantillana, ubicada en la cordillera de la costa de Chile central. De manera de obtener información básica de los insectos del orden Coleoptera, que se

encuentran en esta área de la Reserva, la cual constituye y es considerado un "*hotspots*" de protección de la biodiversidad del mundo (Arroyo *et al*., 1999).

MÉTODO Y ÁREA DE ESTUDIO

Las recolecciones se realizaron entre los días 26 y 29 de octubre (2017); principalmente en los alrededores del Refugio denominado "Rincón de la Piedra" que se encuentra a un altitud de 900-1200 msnm; además se realizaron recolección en el sector denominado "Casa de Piedra", donde se encuentra un bosque de renovales de roble a una altitud de 1400 msnm.

Los especímenes de insectos se capturaron principalmente con la técnica del "paraguas", que consiste en sacudir el follaje de los arbustos y árboles más representativos que se encuentran en el área, especialmente aquellos que se encuentran en floración. También se realizaron recolecciones manuales buscando principalmente bajo rocas, fecas de vacunos, entre y bajo troncos volteados en descomposición y bajo la corteza de árboles muertos. Además se tomaron muestras de 700 y 1000 grs. aprox. de hojarascas del bosque de hualo (*Nothofagus glauca*) y del sotobosque de lingue (*Persea lingue*), luma (*Luma chequen*) y peumo (*Cryptocarya alba*), las que se procesaron en tubos de Berlese-Tullgreen, durante 5 días con luz continua, para la extracción de los coleópteros edáficos. Todos los especímenes recolectadosmediante estas metodologías, fueron conservados en alcohol etílico al 70%, para su posterior identificación.

Los ejemplares colectados se montaron siguiendo los procedimientos descritos por Walker & Crosby (1979). Para la identificación se considera los caracteres de las estructuras externas y el examen de sus genitales, para lo cual se ocupó una lupa estereoscópica Nikon, con oculares de 10x/21 y objetivo zoom de 0,66x4. La identificación se efectuó al nivel taxonómico más inferior, de acuerdo al estado del conocimiento de cada grupo taxonómico. Cada espécimen fue comparado con ejemplares previamente determinado y conservados en la Sección de Entomología del Museo Nacional de Historia Natural de Santiago y conservados en la colección del particular del Sr. Manuel Diéguez (Sociedad Chilena de Entomología).

RESULTADOS

En total se recolectaron 372 especímenes de coleópteros asignados a 103 especies, pertenecientes 25 familias. Del total de especímenes identificados el 63.10% (N= 65)

fueron consignados a nivel especifico, el 31,07% (N= 32) solo a nivel genérico y el 5.83% (N=6) identificados solo a nivel de familia, de estos últimos se encuentran dos especies de la familia Staphylinidae, una especie de Elateridae, Melyridae y Zopheridae. A continuación se presenta la lista sistemática de las especie de coleópteros identificados.

LISTA SISTEMÁTICA DE LOS INSECTOS DEL ORDEN COLEOPTERA, COLECTADOS EN LA QUEBRADA DEL CEPILLO, RESERVA DE ALTOS DE CANTILLANA

ORDEN: COLEOPTERA

SUBORDEN: ADEPHAGA

FAMILIA: CARABIDAE

SUBFAMILIA: HARPALINAE

1- *Chaudoirina nigrofasciata* (Solier, 1849)

2- *Mimodromites nigrotestaceus* (Solier, 1849)

3- *Cnemalobus obscurus* (Brullé, 1834)

4- *Cnemalobuspulchellus* Roig-Juñent, 1994

FAMILIA: DYTISCIDAE

SUBFAMILIA: LANCETINAE

5-*Lancetes* sp.

SUBORDEN: POLYPHAGA

FAMILIA: LEIODIDAE

SUBFAMILIA: CAMIAEINAE

6- *Agyrtodes ovatus* Portevin, 1907

FAMILIA: STAPHYLINIDAE

SUBFAMILIA**:** PSELAPHINAE

7- Género y especie no identificada

SUBFAMILIA: STAPHYLININAE

8- *Loncovilius* sp.

SUBFAMILIA: OXYTELINAE

9- Género y especie no identificada

FAMILIA: TROGIDAE

SUBFAMILIA: TROGINAE

10- *Polynoncus bullatus* (Curtis, 1844)

FAMILIA: SCARABAEIDAE

SUBFAMILIA: RUTELINAE

11-*Hylamorpha elegans* (Burmeister, 1844)

FAMILIA: SCIRTIDAE

SUBFAMILIA: SCIRTINAE

12- *Cyphon* sp.

FAMILIA: BUPRESTIDAE

SUBFAMILIA: POLYCESTINAE

13-*Mastogeniusparallelus* Solier, 1849

14- *Mastogenius* sp.

15-*Tyndaris marginella* Fairmaire & Germain, 1858

16- *Tyndaris planata* (Laporte & Gory, 1835)

SUBFAMILIA: CHRYSOCHROINAE

17- *Ectinogonia buqueti* Spinola, 1837.

FAMILIA: ELATERIDAE

SUBFAMILIA: ELATERINAE

18- *Lynnyella suturalis* (Candéze, 1865)

19- *Elater ruficollis* (Solier, 1851)

20- Género y especie no identificada.

SUBFAMILIA: AGRYPNINAE

21- *Candanius* sp.

FAMILIA: CANTHARIDAE

SUBFAMILIA: CHAULIOGNATHINAE

22- *Chauliognathus* sp.

23- *Polemius denticornis* (Blanchard, 1846).

FAMILIA: DERMESTIDAE

SUBFAMILIA: MEGATOMINAE

24- *Trogodema santiagoi* Hada & Kadej, 2009

FAMILIA: BOSTRICHIDAE

SUBFAMILIA: POLYCAONINAE

25-*Polycaon chilensis*(Erichson, 1834)

FAMILIA: PTINIDAE

SUBFAMILIA: PTININAE

26- *Ptinus* sp.

SUBFAMILIA: XYLETININAE

27- *Xyletomerus* sp. 1

28- *Xyletomerus* sp. 2

SUBFAMILIA: DORCATOMINAE

29- *Calymmaderus* sp. 1

30- *Calymmaderus* sp. 2

31- *Calymmaderus* sp. 3

SUBFAMILIA: ANOBIINAE

32- *Allobregmus* sp.

SUBFAMILIA: ERNOBIINAE

33- *Microzogus* sp. ?

FAMILIA: TROGOSSITIDAE

SUBFAMILIA: PELTINAE

34-*Diontolobus flavolimbatus* (Reitter, 1877)

35- *Diontolobus punctipennis* Solier, 1849

36- *Diontolobus* sp.

37- *Decamerus haemorrhoidalis* Solier, 1849

FAMILIA: CLERIDAE

SUBFAMILIA: CLERINAE

38- *Epiclines gayi* Chevrolat, 1838.

39- *Epiclinesbasalis* Blanchard, 1843

SUBFAMILIA: KORYNETINAE

40- *Solervicensia ovatus* (spinola, 1849)

SUBFAMILIA: HYDNOCERINAE

41- *Eurymetomorphon inaequalicolle* Pic, 195

42- *Silviella nudatum* (Spinola, 1849)

43- *Eurymetopum maculatum* Blanchard, 1844.

44- *Eurymetopum* sp. 1

45-*Eurymetopum* sp. 2

FAMILIA: MELYRIDAE

SUBFAMILIA: DASYTINAE

46- *Hylodanacaea ruficollis* (Philippi & Philippi, 1864)

47- *Amecocerus* sp.

48- género y especie no identificada

SUBFAMILIA: MELYRIAE

49- *Anthrobrachus limbatus* Solier, 1849

50- *Anthrobrachus maestus* (Blanchard, 1843)

FAMILIA: NITIDULIDAE

SUBFAMILIA: CARPOPHILINAE

51- *Carpophilus* sp.

FAMILIA: COCCINELLIDAE

SUBFAMILIA: COCCIDULINAE

52- *Stenadalia peregrina* (Weise, 1922).

53- *Stenadalia* sp. ?

SUBFAMILIA: SCYMNINAE

54- *Hyperaspis nana* Mader, 1957.

SUBFAMILIA: COCCINELLINAE

55 - *Eriopis chilensis* Hofmann, 1970.

56- *Adalia deficiens* Mulsant, 1850.

57- *Psyllobora picta* (Germain, 1854).

FAMIIA: MORDELLIDAE

SUBFAMILIA: MORDELLINAE

58- *Mordellaargentipunctata* Curtis, 1845

FAMILIA: ZOPHERIDAE

SUBFAMILIA: COLYDIINAE

59- Género y especie no identificada

FAMILIA: TENEBRIONIDAE

SUBFAMILIA: PIMELIINAE

60- *Hexagonochilus dilaticollis* Solier, 1851

61- *Callyntra cantillana* Vidal & Flores, 2000.

62- *Callyntra pauseni* Fairmaire, 1885.

63 - *Praocis (Anthrosomus)* sp.

64 - *Nyctopetus tenebrioides* Guérin-Méneville, 1830.

SUBFAMILIA: TENEBRIONINAE

65- *Scotobius* sp.

66- *Nycterinus(Nycterinus) substriatus*. Solier, 1848

67 -*Nycterinus(Nycterinus)* sp.

SUBFAMILIA: STENOCHIINAE

68- *Heliofugus* sp. (Larva)

FAMILIA: ANTHICIDAE

SUBFAMILIA: ANTHICINAE

69- Género y especie no identificada

FAMILIA: CERAMBYCIDAE

SUBFAMILIA: PRIONINAE

70- *Acanthinodera cummingi* Hope, 1833.

71- *Chiasmetes limae* (Guérin, 1830).

SUBFAMILIA: CEREMBYCINAE

72- *Tillomorpha lineoligera* Blanchard, 1851

73-*Tacyba tenuis* (Blanchard, 1851)

SUBFAMILIA: LAMIINAE

74- *Brachychilus scutellaris* Blanchard, 1851.

75- *Brachychilus lituratus* Blanchard, 1851.

76- *Microcleptes variolosus* Fairmaire & Germain, 1859

77- *Microcleptes araneus* Newman, 1840.

78- *Hoplocleptes humeridens* Breuning, 1947

FAMILIA: CHRYSOMELIDAE

SUBFAMILIA: BRUCHINAE

79- *Bruchuspoverus* Blanchard, 1851

80- *Lithraeusferruginoeipennis* (Blanchard, 1851)

SUBFAMILIA: CHRYSOMELINAE

81- *Jolivetia obscura* (Philippi & Philippi, 164)

SUBFAMILIA: GALERUCINAE

82- *Gramicopterus flascens* Blanchard, 1851.

83- *Procalus lenzi* (Von Harold, 1876).

84- *Protopsilapha* sp.

SUBFAMILIA: CRYPTOCEPHALINAE

85- *Chlamisus apricarius* Lacordaire, 1845.

86- *Dachrys succincta* Erichson, 1834.

87- *Pachybrachis* sp.

88- *Mylassa rubronotata* (Blanchard, 1851)

89- *Ambrotodes* sp.

90- *Psathyrocerus* sp.

SUBFAMILIA: EUMOLPINAE

91- *Dictyneis* sp. 1

92- *Dictyneis* sp. 2

93- *Psathyrocerus variegatus* Blanchard, 1851

94- *Plastonothus chalybaeus* (Blanchard, 1851)

FAMILIA: CURCULIONIDAE

SUBFAMILIA: MESOPTILIINAE

95 - *Apocnemidophorus pruinosus* (Blanchard, 1851)

96- *Berberidicola* sp.

SUBFAMILIA: ENTIMINAE

97- *Cyphometopus cinereus* (Blanchard, 1851)

98- *Geniocremnus chiliensis*(Boheman, 1842)

99- *Polydrusus nothofagi* Kuschel, 1950

100- *Polydrusus roseus* (Blanchard, 1851)

SUBFAMILIA: ERIRHININAE

101- *Neopsilorhinus variegatus* (Blanchard, 1851)

SUBFAMILIA: CRYPTORHYNCHINAE

102- *Rhyephenes humeralis*(Guérin-Méneville, 1830)

SUBFAMILIA: RHYTHIRRHININAE

103- *Hyperoides* sp. (Nueva especie)

DISCUSIÓN

A modo se discusión se puede indicar que en el área de la reserva denomina Quebrada del cepillo, se presentan 103 especies de coleópteros, correspondientes a 25 familias, que representan el 23% de las familias de coleópteros presentes en el país. Respecto a las

especies representan solo el 2.76% de la totalidad de especies del país (Elgueta y Arriagada, 1989). Esta baja diversidad de especies se debe a varios factores, entre los cuales ha influido su restringida área de muestreo y su acotada altitud (entre 900 a 1400 mt.) y tiempo de recolección limitada prácticamente a dos días. Por otra parte faltan otros métodos de muestreos (trampa Baber, luz y Malaise), además de trampas con cebos, las cuales serán utilizada enpróximas recolecciones, lo que harán incrementar sustancialmente el número de especies, probablemente aumentando a más del doble de las especies registradas hasta ahora.

La diversidad de especies por familia (Fig. 1), muestra que la familia Chrysomelidae es la más variada en cuanto al número de géneros y de especies con un 15.53% (N= 16), seguido por las familias Curculionidae, Tenebrionidae y Cerambycidae, cada una representada por el 8.73% (N=9). Por su parte menos variada son las familias Ptinidae, Cleridae y Coccinellidae; las dos primeras representadas por un 7,77% (N=8), mientras que Coccinellidae con un 5.83% (N= 6). Las demás familias están pobremente representadas, siendo cada una de ellas inferior al 5%, como en el caso de los Buprestidae 4.85% (N=5), Melyridae 4.85% (N=5), Elateridae 3.80% (N=4), Trogossitidae 3.80% (N=4), Carabidae 3.80% (N=4), Cantharidae 1.94% (N=2) Staphylinidae 2.91% (N=3).

Por su parte las demás familias se encuentran representadas cada una sola por una especie, como es el caso de la familia Dytiscidae, Leiodidae, Trogidae, Scarabaeidae, Scirtidae, Dermestidae, Bostrichidae, Nitidulidae, Mordelidae, Zopheridae y Anthicidae.

En cuanto al hábitat, la gran mayoría de las especies de coleópteros polinizadores (75%), se encontraron principalmente asociados a floración de arbustos de frutilla de campo (*Retanilla ephedra*: Rhamnaceae)y crucero (*Colletia spinosa*: Rhamnaceae); mientras que las especies defoliadoras (20%) sobre follaje de litre (*Lithraea caucatica*; Anacardiaceae), boldo (*Criptocarya alba*: Lauraceae), Peumo (*Peumus boldus*: Monimiaceae) y lingue (*Persea lingue*: Lauraceae). Todas demás epecies conforman el 5% que se mencionan a continuación.

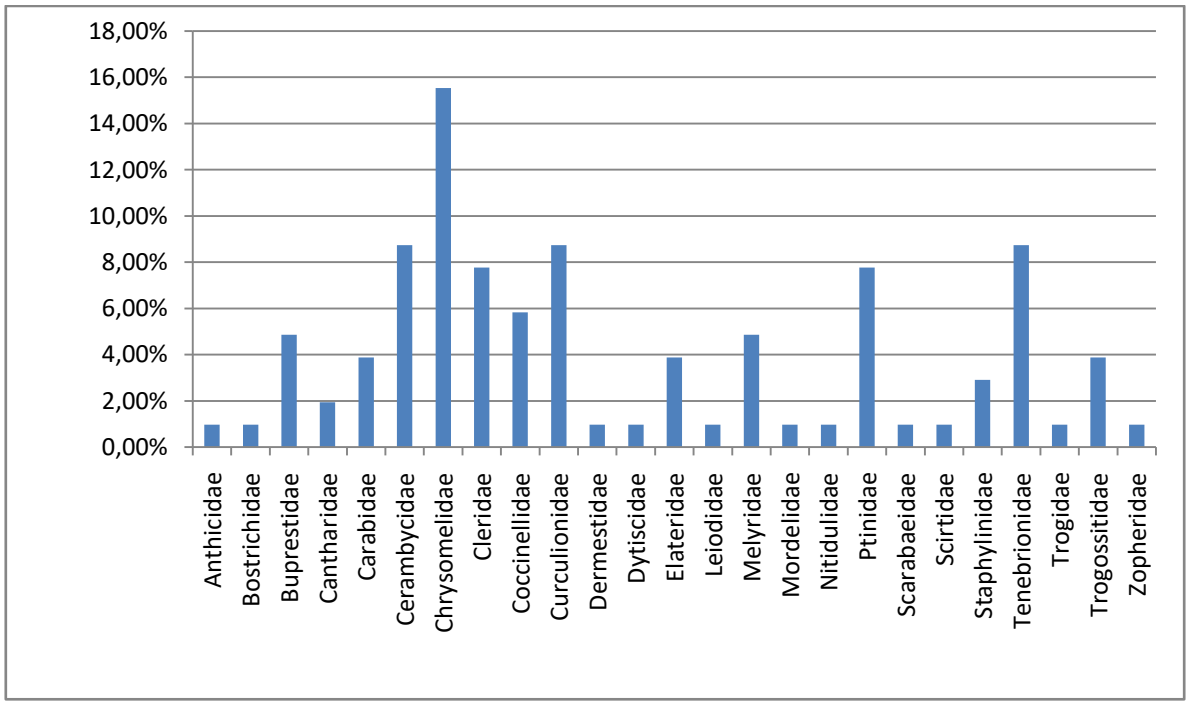


Figura 1: Frecuencia relativa del número de especies por familia de coleópteros, registrados en Quebrada del Cepillo, Altos de Cantillana (N= 103 especies)

Entre la fauna edáfica se encuentran especies de Leiodidae (*Agyrtodes ovatus*) y especies de Staphylinidae sin identificar. En tanto las especies epigeas están representadas por especies detriboras de la familia Tenebrionidae (*Nycterinus, Scotobius, Callyntra, Praocis*), Curculionidae (*Hyperoides*) y especies entomofagas de la familia Carabidae (*Cnemalobus*). En cuanto a las especies xilófagas (taladradores), se encuentran representados principalmente por *Rhyephenes humeralis* (Curculionidae), *Hylamorpha elegans*(Scarabaeidae), *Polycaon chilensis* (Bostrichidae), *Heliofugus* (Tenebrionidae) y los Cerambícidos por *Acanthinodera cummingi*y *Chiasmetes limae*; cuyas larvas taladran troncos de árboles vivo o muertos.

Por su parte los coleópteros coprófagos están representados solo por *Polynoncus bullatus*(Trogidae) y los acuáticos por *Lancetes* sp (Dytiscidae).Por otra parte se debe destacar la presencia de dos especies del género *Polydrusus* (*P. roseus* y *P.nothofagi*) que fueron colectadas en el sector de casa de piedra, asociadas al follaje de *Nothofagus glauca*(Fagaceae).

Por último lo más destacable entre los especímenes recolectados es una especie del género Hyperoides, que por sus características tanto en su genitalia masculina como en la femenina (Morrone, 1993), correspondería a una nueva especie de este género de hábitos

epigeos. Hasta ahora solo se han encontrado dos ejemplares, un ejemplar macho y una hembra, colectados bajo piedra.La genitalia de esta nueva especie se caracteriza en el ejemplar macho por presentar un aedeagus asimétrico, fuertemente curvado en su tercio distal y con ápice aguzado. Antenas con escapo corto (no sobrepasan el margen posterior de los ojos, cuando reposan en las escrobas).

Actualmente este género de Curculionidae se encuentra representada en Suramérica por 5 especies (*Hyperoides subcintus, H. murinus, H. victus, H. bulfourbrownei, H. fragariae*), de las cuales tres se encuentran en Chile (*H. subcintus, H. murinus y H. victus*) (Morrone 1993, Elgueta y Marvaldi 2006).

Agradecimientos:A Manuel Diéguez por disponer de su laboratorio de entomología, para la comparación e identificación de los insectos coleópteros aqui tratadas.A Fernanda Romero y Alvaro Escobar por la invitación a colaboraren la línea de base de los coleópteros de la Reserva de Altos de Cantillana**.**

LITERATURA CITADA

Arroyo, M. T. K.,R. Rozzi, R, J. Simonetti, P. Marquet, M. Salaberry, 1999. Central Chile. In: Muttermeier, R.A., Myers, N., Gil, P. R., Mittermeier, C.G. (Eds.). Hotsports: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Cemex, Conservation International and Agrupación Sierra Madre, Monterrey, México.

Cerda, M. 1986. Lista sistemática de los Cerambícidos chilenos (Coleoptera: Cerambycidae). *Revista Chilena de Entomología* 14: 29-39.

Diéguez, M. 2008. Conocimiento de los Trogidae de Chile (Coleoptera: Scarabaeiodea). *Revista Chilena de Entomología* 34: 11-28.

Elgueta, M. 1985. *Heteromagdalis* n. género chileno *de Magdalinae* (Col., Curculionidae). *Revista Chilena de Entomología*. 12: 95-99.

Elgueta, M. 1988. Insectos epigeos de ambientes altomontanos en Chile Central: Algunas consideraciones biogeográficas con especial referencia a Tenebrionidae y Curculionidae (Coleoptera). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*. 41: 125-144.

Elgueta, M. y G. Arriagada. 1989. Estado actual del conocimiento de los coleópteros de Chile (Insecta: Coleoptera). *Revista Chilena de Entomología*, 17: 5-60

Elgueta, M. y A. Marvaldi. 2006 Lista sistemática de las especies de Curculionoidea (Insecta; Coleoptera) presentes en Chile, con su sinonimia. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 55: 113-153

Moore, T. & P. Vidal. 2015. Los Bupréstidos de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile.

Morrone, J. 1993. Revisión sistemática del género Hyperoides Marshall (Coleoptera: Curculionidae). *Neotrópica* 39 (101-102): 17-26.

Roig-Juñent, S. 1994. Las especies chilenas de Cnemalobus Guérin-Méneville 1838 (Coleoptera: Carabidae: Cnemalobini). *Revista Chilena de Entomología* 21: 5-30.

Simonetti, J. T. K. Arroyo, A. Spotorno & E. R. Lozada. 1995. Diversidad Biológica de Chile Editores. CONICYT.

Solervicens, J. 1986. Revisión taxonómica del género Eurymetopum, Blanchard, 1844 (Coleoptera, Cleridae, Phyllobaeninae). *Actas Entomológicas Chilenas* 13: 11-120.

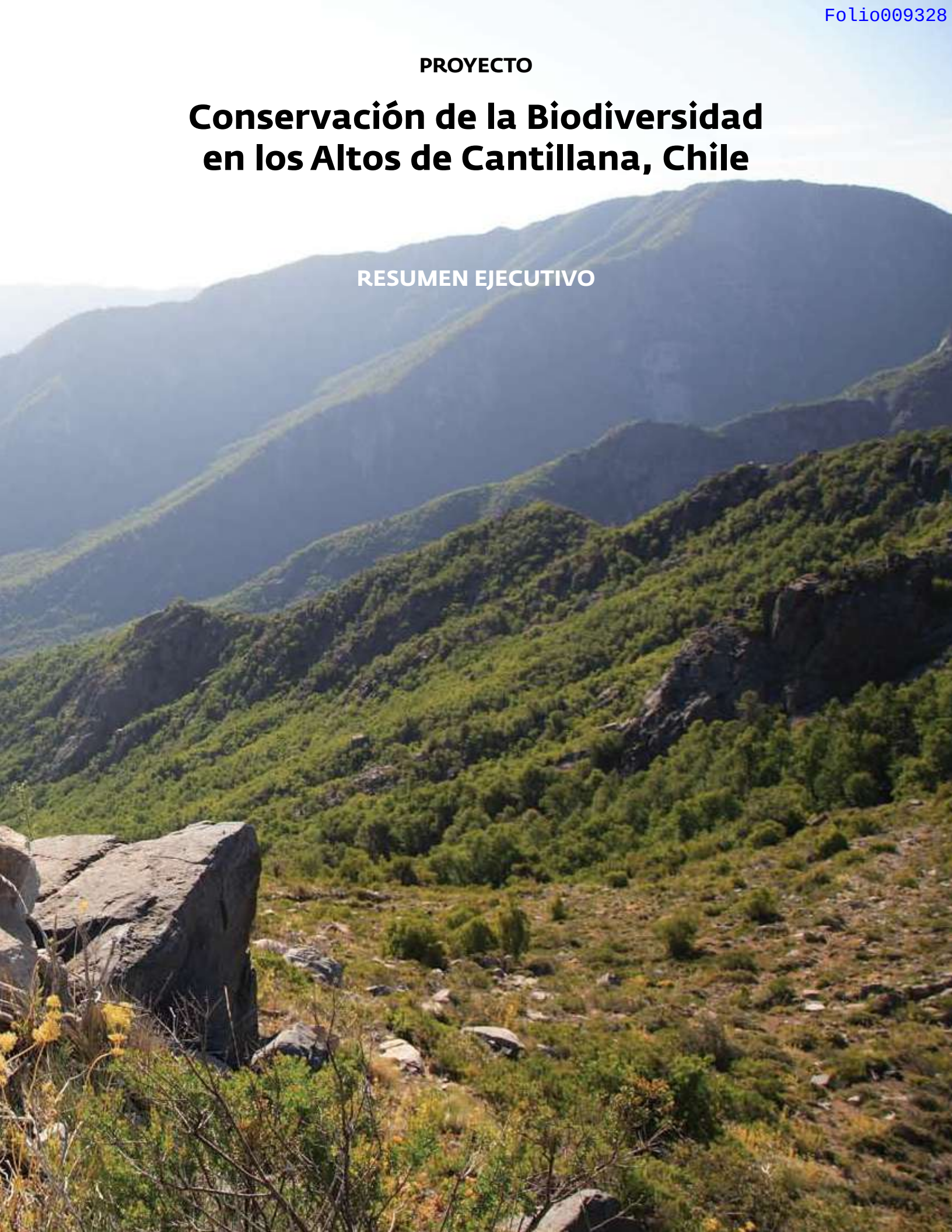
Solervicens, J. 2001. Clave para los géneros de Cleridae de Chile (Coleoptera). *Actas Entomológicas Chilenas* 25: 41-46.

Solervicens, J. 2014. Coleópteros de la Reserva Nacional Río Clarillo, en Chile central: taxonomía y biogeografía. CONAF.

Vidal, P. & M. Guerrero. 2007. Los Tenebriónidos de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile.

PROYECTO

Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana, Chile



RESUMEN EJECUTIVO

Folio009330

ÍNDICE

1. CONTEXTO GENERAL, UN COMPROMISO PAÍS 5

2. ASOCIACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN 6

3. DURACIÓN Y FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO 6

4. COORDINACIÓN Y APOYO INSTITUCIONAL 7

5. OBJETIVO DEL PROYECTO 8

6. LOS ALTOS DE CANTILLANA, PATRIMONIO NATURAL 9
- 6.1. La biodiversidad de la zona
- 6.2. Amenazas a la biodiversidad

7. DESAFÍOS DEL PROYECTO 13
- 7.1. Potenciar los instrumentos legales existentes para la conservación privada
- 7.2. Fortalecer la fiscalización de la normativa ambiental
- 7.3. Fortalecer las capacidades público-privadas para un manejo integrado del área
- 7.4. Aumentar la efectividad en el funcionamiento de las áreas protegidas
- 7.5. Identificar las actividades productivas sustentables para el área del proyecto
- 7.6. Aumentar el nivel de conciencia sobre el valor de los ecosistemas de los Altos de Cantillana

8. RESULTADOS ESPERADOS 18

9. GEF-CANTILLANA, UN APORTE PARA EL PAÍS 21

ALTOS DE CANTILLANA

CONAMA METROPOLITANA DE SANTIAGO

GEF

PNUD Chile

Foto portada:
Roblerías detrás del
Horcón de Piedra

◀ Flor del Chagual
(*Puya berteroniana*)

▲ Foto aérea del área del Proyecto

◥ Inicio de subida o cabalgata a Las Canchas

La implementación del proyecto "Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana, Chile" se basa en una innovadora asociación público-privada orientada al desarrollo sustentable de la zona, compatibilizando la conservación de la biodiversidad en tierras privadas con el impulso de las actividades económicas de sus habitantes. En este sentido, se constituye en una gran oportunidad de generar un modelo susceptible de ser replicado por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASP) y por las distintas estrategias de conservación en Chile.

Folio009332

1. CONTEXTO GENERAL, UN COMPROMISO PAÍS

▲ Portezuelo de las Finezas

◀◀◀ Izquierda: "Culén". *Otholobium glandulosum* (=*Psoralea glandulosa*)

◀◀ Centro: *Echinopsis chiloensis* "quisco"

Desde principios de la década de 1990, Chile adoptó, en sus estrategias de desarrollo, el concepto de desarrollo sustentable, dentro del cual la biodiversidad cumple una función decisiva en el aumento de la calidad de vida de las personas, a través del desarrollo cultural y económico del país. Es así como el 9 de septiembre de 1994 Chile ratificó la Convención sobre Diversidad Biológica, asumiendo con ello el compromiso de elaborar e implementar una Estrategia y un Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica a escala nacional, los que fueron aprobados los años 2003 y 2004, respectivamente.

Al mismo tiempo, CONAMA, como ente coordinador y propositivo en materias ambientales —entre las cuales está la protección y conservación de la naturaleza—, trabajó en conjunto con los organismos del Estado competentes en la materia y con propietarios de la zona, en el establecimiento de un Acuerdo Público-Privado para la conservación del Cordón de Cantillana, cuyo proceso de suscripción concluyó en abril de 2005, encontrándose actualmente en plena vigencia.

Ratificando lo anterior, la Agenda Ambiental País 2006-2010 del Gobierno de Chile expone el compromiso de diseñar y coordinar los instrumentos y políticas públicas que integren los esfuerzos de los sectores públicos y privados orientados hacia la preservación de la naturaleza del país.

El proyecto "Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana, Chile" es una expresión concreta de la asociatividad entre las políticas públicas mencionadas y la voluntad de los propietarios privados en la conservación del patrimonio natural de Chile.

Folio009333

2. ASOCIACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Representando el objetivo de asociatividad público-privada, para la gestión del proyecto, la estrategia de ejecución incluye a distintos organismos y actores relevantes en el área. Estos son:

- Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF, en su sigla en inglés)
- Agencia de Implementación: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
- Organismo Ejecutor: Comisión del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago (CONAMA RMS)
- Otros organismos comprometidos: Gobernación Provincial del Maipo y las direcciones regionales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF RMS) y del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG RMS).
- Propietarios privados signatarios del Acuerdo Público-Privado de Conservación del Cordón de Cantillana.

Centaurium cachanlahuen "canchalagua"

3. DURACIÓN Y FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

El proyecto tuvo una fase previa de preparación (PDFA) durante el año 2002, y fue aprobado finalmente el año 2005. De esta forma se inicia su ejecución en agosto de 2005, y se espera su conclusión para diciembre de 2009. El presupuesto total cubre el período de implementación de cinco años. El total de fondos estimados, incluido el PDF A, es de US$ 2.134.086, de los que US$ 1.152.601 son cubiertos por el Gobierno de Chile, de acuerdo al siguiente detalle de co-financiamiento:

TOTAL FMAM	US$ 981.485	TOTAL GOBIERNO DE CHILE	US$ 1.152.601
EJECUCIÓN FINAL PDF A	US$ 956.485 US$ 25.000	GOBERNACIÓN DEL MAIPO CONAF RMS SAG RMS CONAMA RMS PDF A	US$ 163.982 US$ 485.869 US$ 253.783 US$ 231.467 US$ 17.500
TOTAL FINANCIAMIENTO US$ 2.134.086			

Folio009334

4. COORDINACIÓN Y APOYO INSTITUCIONAL

Los distintos actores signatarios del "Acuerdo para la Conservación del Cordón de Cantillana" integran un Comité Público-Privado, o Comité Directivo del Proyecto, el que se convertirá en una herramienta de participación constructiva que colaborará en la solución de conflictos. El PNUD también formará parte del Comité en calidad de asesor.

El PNUD actuará como Agencia de Implementación, mientras que las responsabilidades de Organismo Ejecutor estarán en manos de la CONAMA RMS. El manejo a largo plazo, más allá del período de co-financiamiento, será responsabilidad de una instancia público-privada creada durante el desarrollo del proyecto.

Para la ejecución operativa, se establecerá una Unidad Coordinadora del Proyecto (UCP), dirigida por el coordinador, el que reportará al Comité Público-Privado el cumplimiento de los objetivos del GEF-Cantillana.

CONAMA RMS, estará a cargo de coordinar todos los acuerdos necesarios para el correcto desarrollo, ejecución y sustentabilidad de la iniciativa. Además, quedarán bajo su liderazgo la repetición del modelo público-privado, las lecciones aprendidas y el monitoreo y evaluación del proyecto. La Gobernación del Maipo, y las oficinas regionales del SAG y CONAF, además de su integración al Comité Público-Privado, colaborarán como asesores en la ejecución de las actividades propuestas.

▶ Tucúquere (*Bubo virginatus*)

▼ "Qunchamali" *Quinchamalium chilense*

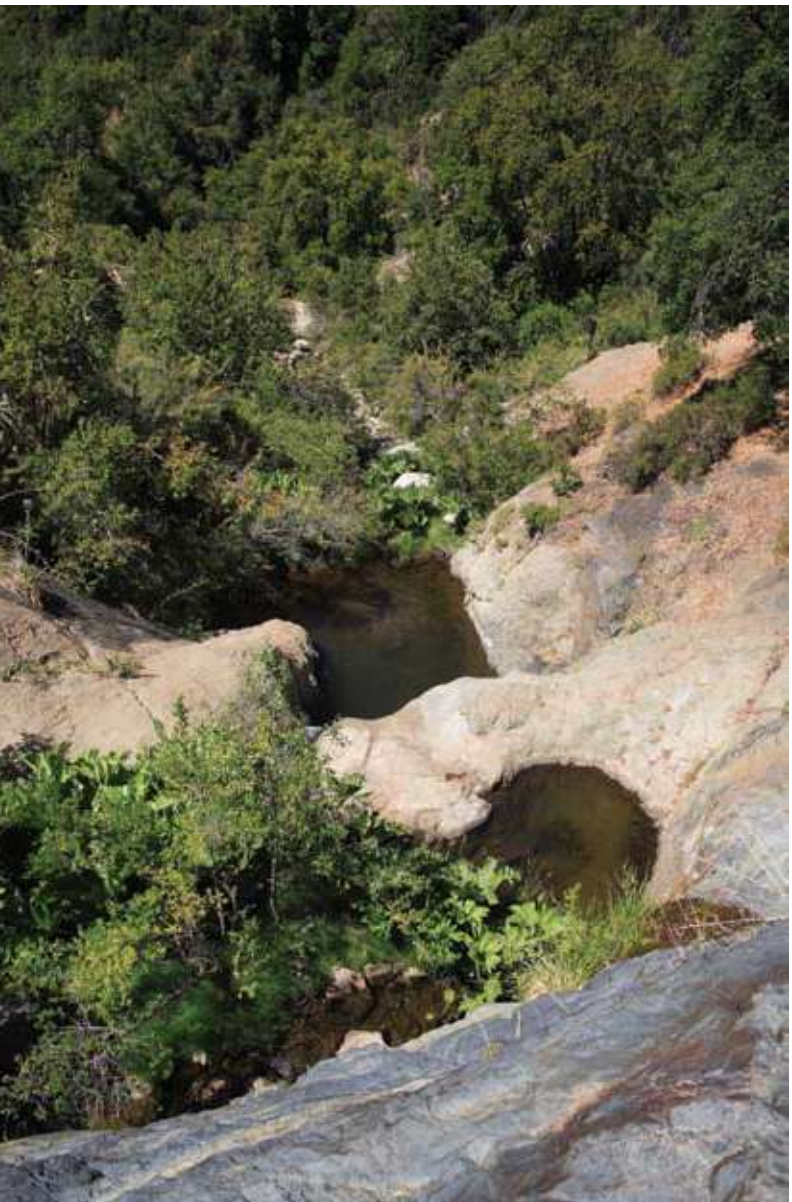
▼ "Capachito, Topa-Topa" *Calceolaria* sp.

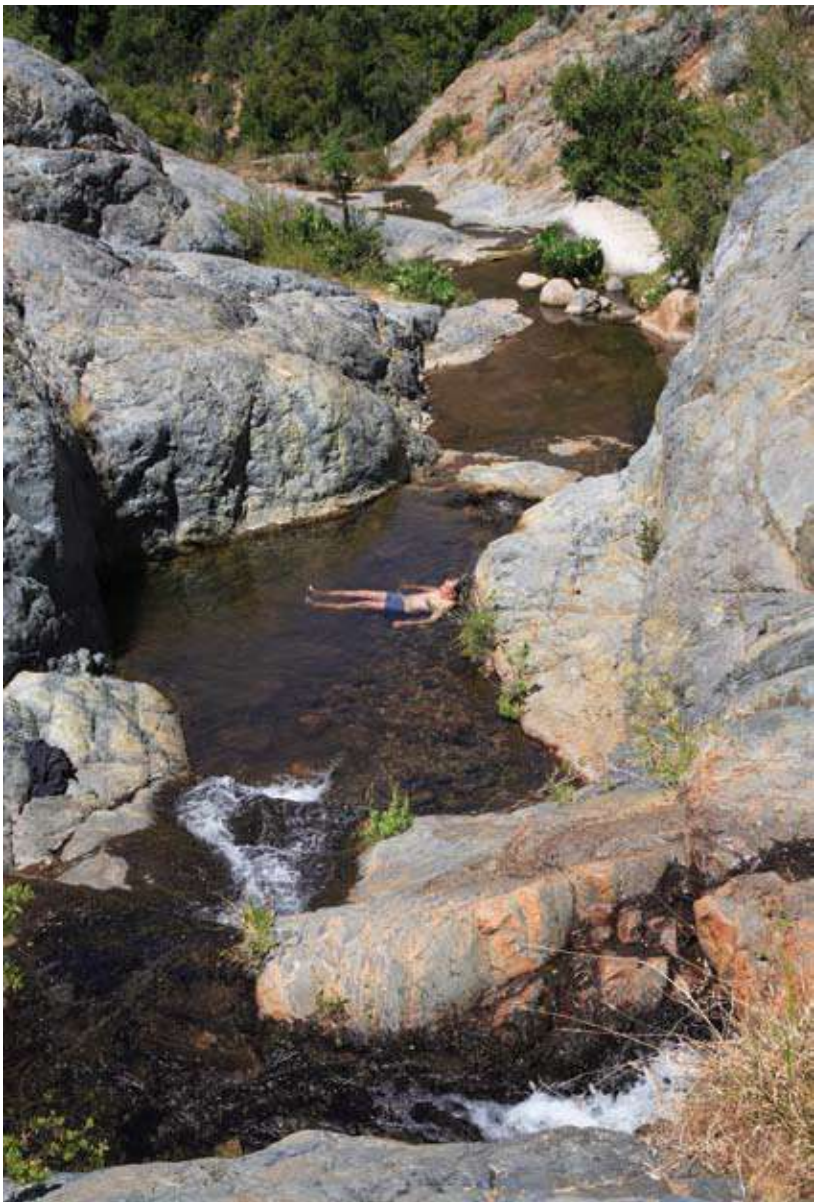
5. OBJETIVO DEL PROYECTO

El proyecto se propone avanzar en la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASP), ampliando la representatividad de la Ecorregión Mediterránea chilena en las áreas efectivamente protegidas e incrementando la contribución de los propietarios privados a los objetivos nacionales previstos para ellas.

Lo anterior se logrará a través del desarrollo de un marco legal y de un manejo público-privado apropiado para los Altos de Cantillana que, a su vez, se conviertán en un modelo factible de ser repetido en otras áreas para la protección efectiva de la biodiversidad en tierras privadas.

▼ Pozas de Corrales de las Canchas





6. LOS ALTOS DE CANTILLANA, PATRIMONIO NATURAL

El área de influencia del proyecto cubre unas 205 mil hectáreas en la Región Metropolitana de Santiago, que se encuentran dentro de los límites territoriales de cinco municipalidades (Alhué, Isla de Maipo, Melipilla, Paine y San Pedro). Gran parte de la superficie pertenece al cordón denominado los Altos de Cantillana. Este es un macizo montañoso formado por cumbres discontinuas, intersectadas por quebradas y valles profundos, que determinan en gran medida la ubicación de los asentamientos humanos, donde habitan 180 mil personas aproximadamente. La tierra está concentrada en manos de privados, muchos de los cuales son propietarios de predios de más de cien hectáreas. Las principales actividades económicas son la agricultura y la agroindustria, la minería, la ganadería, la recolección de leña y de tierra de hoja.

▼ Caída de Agua en el sector de las Canchas

▼ *Gunnera tinctoria* (pangue)

Folio009337

6.1. La biodiversidad de la zona

La zona de los Altos de Cantillana pertenece a la Ecorregión Mediterránea de Chile, la cual está clasificada como un "área crítica" (*hot spot*) para la biodiversidad mundial y como un centro mundial para la diversidad de la flora. Esto, debido al alto grado de endemismo regional y la riqueza de especies de la flora, pero que se encuentra altamente amenazada por la presencia humana.

En la zona del proyecto se encuentran al menos ocho comunidades vegetacionales, como por ejemplo: bosque caducifolio (Roble de Santiago, *Nothofagus macrocarpa*); bosque mixto caducifolio y esclerófilo; bosque esclerófilo con presencia de Avellanita (*Avellanita bustillosii*) y Belloto del Sur (*Beilschmiedia berteroana*); bosque esclerófilo con Palma chilena (*Jubaea chilensis*); matorral esclerófilo y estepa altoandina.

En cuanto a las especies de fauna encontradas, se puede mencionar la existencia de al menos 163 especies de vertebrados terrestres, de las cuales 3 son anfibios, 11 reptiles, 7 aves y 4 mamíferos —en total, un 15 por ciento son endémicas de Chile— muchas de ellas amenazadas. Entre estas últimas destacan: el Lagarto Gruñidor de Valeria (*Pristidactylus valeriae*); la Iguana Chilena (*Callopistes palluma*); el Sapo Arriero (*Alsodes nodosus*); la Becacina (*Gallinago paraguaiae*); la Garza Cuca (*Ardea cocoi*); la Güiña (*Oncifelis guigna*); el Puma (*Puma concolor*); el Quique (*Galictis cuja*); y ambas especies de zorro, rojo y gris (*Pseudalopex culpaeus* y *P. griseus*).

▼ Bagre

▲ *Stemodia durantifolia*

▶ Clavel del campo
Mutisia subulata

6.2. Amenazas a la biodiversidad

El aprovechamiento directo o indirecto y a largo plazo de los recursos de flora y fauna amenaza seriamente la biodiversidad en el área del proyecto, provocando el agotamiento de especies específicas, como el Quillay (*Quillaja saponaria*), que se extrae ampliamente como leña y carbón vegetal. Asimismo, se está produciendo la degradación del hábitat en diferentes ecosistemas como resultado de las actividades económicas y de las presiones antrópicas que causan cambios estructurales y funcionales, los que resultan en la pérdida y extinción de especies y material genético. En este sentido, las principales causas de pérdida de la biodiversidad en aquellas áreas de mayor valor para el proyecto son las siguientes:

La deforestación y pastoreo ilegal: Afectan directamente la tierra, alterando los niveles de infiltración y escorrentía, aumentando la posible erosión hídrica.

La extracción de tierra de hoja: Formada por la descomposición de hojas, ocurre en las áreas de la ladera baja y media, afectando a aquellas especies con semillas que necesitan un sustrato orgánico para germinar.

La extracción, cosecha y comercio de flora y caza de fauna nativa y endémica: Está provocando una reducción de las especies, y potencialmente la variabilidad genética.

Los vertederos ilegales en sitios ecológicamente sensibles: Los arroyos temporales son usados como áreas para verter desechos en forma ilegal, bloqueando y contaminando las vías fluviales, afectando las funciones del ecosistema.

Folio009339

▲ Roblería de Las Lagunitas

▲ Probablemente *Mutisia ilicifolia*

▶ "Flor del águila, Mariposa del campo" *Alstroemeria* sp

El turismo ocasional: Los visitantes estacionales al área incrementan las amenazas antes descritas. Además, son los principales causantes de incendios forestales.

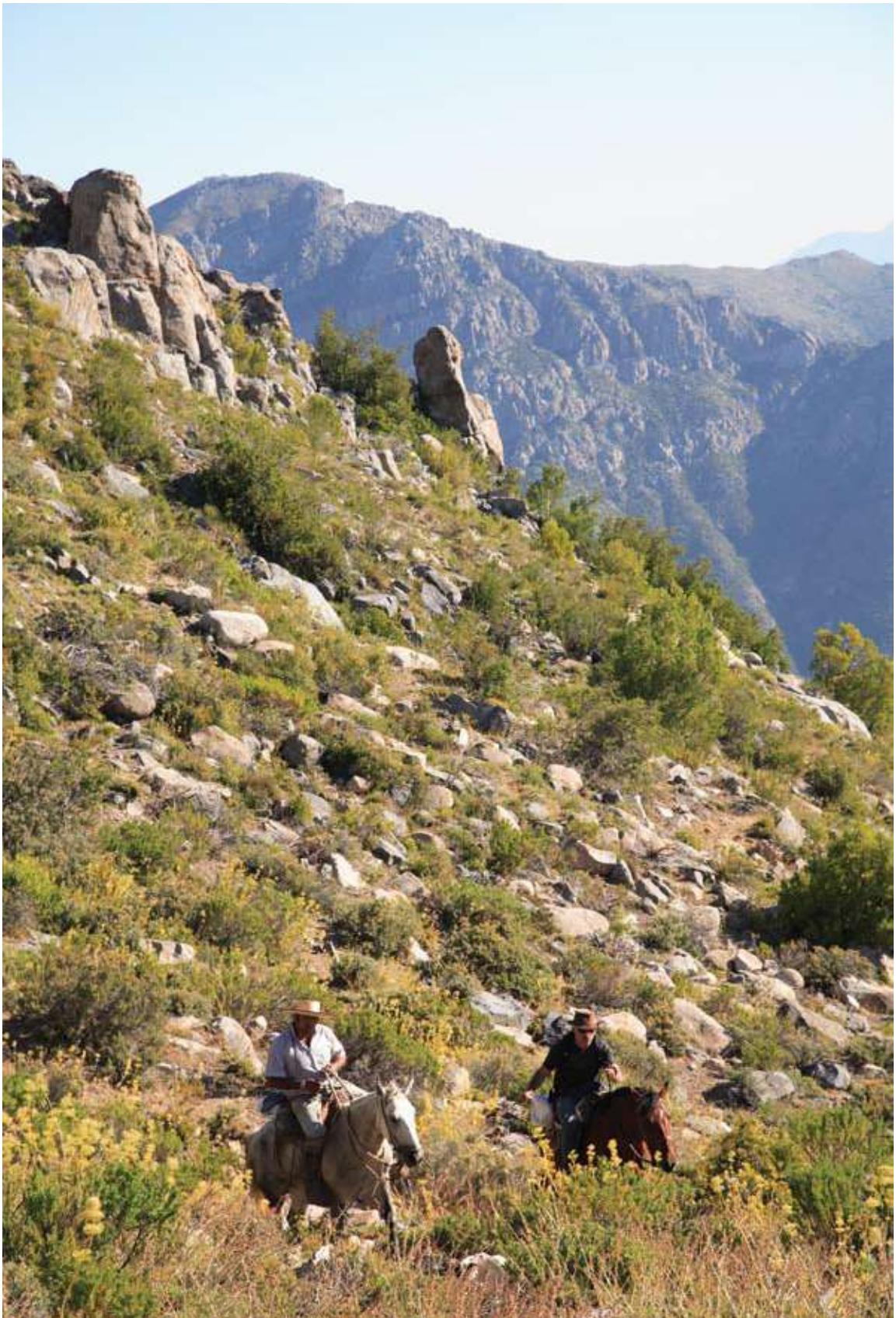
La infraestructura residencial y vial: La proximidad a Santiago y sus atributos naturales hacen que el área sea muy atractiva para proyectos inmobiliarios. No todos ellos siguen los criterios técnicos requeridos para los ecosistemas montañosos frágiles, lo que provoca un aumento de la erosión, pérdida de la cubierta forestal y modificación del paisaje.

Los insumos para la minería: La minería está limitada a lugares específicos y no constituye una amenaza para las áreas de más alto valor en biodiversidad, pero está vinculada a estas áreas debido a que necesita asegurar el suministro de agua desde las zonas de captación superiores.

Las prácticas agrícolas no-sustentables: Gracias al riego tecnificado han sido incorporadas a actividades agrícolas, tierras altas caracterizadas por suelos más frágiles y débiles en nutrientes. Esto, cuando se ha realizado en forma no-sustentable, ha hecho avanzar el proceso de erosión, afectando a zonas que se habían mantenido intocables y que abrigan conjuntos completos de especies y, por tanto, de un mayor valor ecológico.

7. DESAFÍOS DEL PROYECTO

Lograr la conservación de la biodiversidad en los Altos de Cantillana, a través de áreas de conservación privadas y actividades económicas sustentables, constituye el gran reto del proyecto GEF-Cantillana. Esto se explica a través de los siguientes desafíos específicos, sobre los que se focalizarán los esfuerzos en la ejecución del proyecto:



Quebrada
Altos de Cantillana ▶

Folio009341

7.1. Potenciar los instrumentos legales existentes para la conservación privada

El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) es el principal instrumento legal para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, se aplica sólo a terrenos públicos.

Para la conservación de la biodiversidad en terrenos de propiedad privada, existe un conjunto de instrumentos que pueden implementarse voluntariamente y en forma consensuada entre privados o con el Estado, de modo de dar protección efectiva a terrenos donde se estén llevando a cabo actividades para la conservación. Las diferentes figuras legales empleadas son los usufructos, las servidumbres, los contratos de arriendo y comodato, entre otras.

De esta manera, para asegurar una efectiva conservación, se deben seleccionar cuidadosamente los instrumentos legales aplicables a estos terrenos, verificando que se ajusten a las motivaciones e intereses de sus propietarios. A partir de este trabajo se deberán realizar recomendaciones para la integración de terrenos privados al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASP).

▼ Meseta, sector Las Lagunitas

Folio009342

▲ Cóndor (*Vultur griphus*)

7.2. Fortalecer la fiscalización de la normativa ambiental

Para reducir las amenazas en la totalidad del área del proyecto, más allá de las zonas legalmente protegidas, es necesario fortalecer la acción fiscalizadora de aquellos instrumentos aplicables a terrenos privados, como por ejemplo, las Áreas con Prohibición de Caza, los Planes Reguladores Regionales (PRMS) o Comunales (PRC), entre otros. De esta manera se logrará fortalecer la efectividad de estos instrumentos para la protección de la biodiversidad.

7.3. Fortalecer las capacidades público-privadas para un manejo integrado del área

En Chile, la experiencia de asociaciones público-privadas para objetivos de conservación es reducida y no existe un marco claro que defina los respectivos roles, derechos y responsabilidades de los propietarios privados, de las autoridades municipales y regionales, ni los mecanismos para implementarlos una vez que hayan sido definidos. Sin embargo, en el área del proyecto, en el año 2005 se dio un importante paso con la firma del Acuerdo para la Conservación del Cordón de Cantillana, formalizando tanto el compromiso privado como público para trabajar en conjunto por la conservación.

En este sentido, el desafío es establecer un sistema de gestión ambiental que integre a los distintos actores públicos, los propietarios privados y la comunidad, de manera que sean capaces de realizar un manejo ambiental a largo plazo, teniendo como objetivos la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sustentable del área.

Folio009343

Liolaemus sp ▶

7.4. Aumentar la efectividad en el funcionamiento de las áreas protegidas

El objetivo de conservación en áreas protegidas depende en gran medida de la efectividad de los Planes de Manejo aplicados a ellas para guiar sus operaciones. Por eso es importante apoyar y orientar a aquellos propietarios que avancen en la concreción de acuerdos —formales o no-formales— para la conservación, otorgándoles los recursos o el conocimiento para desarrollar e implementar un plan de manejo efectivo.

7.5. Identificar las actividades productivas sustentables para el área del proyecto

Una de las principales barreras para la conservación efectiva de la biodiversidad es el vacío de conocimientos sobre actividades económicas sustentables apropiadas para las condiciones de los Altos de Cantillana. Por lo tanto, se hace necesaria una evaluación detallada de las condiciones socioeconómicas, los niveles de desempleo y las necesidades de ingreso de sus habitantes, para posteriormente definir las alternativas de actividades económicas sustentables, que consideren el valor ambiental del área, en términos de su biodiversidad y de los servicios ambientales que proporciona.

7.6. Aumentar el nivel de conciencia sobre el valor de los ecosistemas de los Altos de Cantillana

La comunidad, local y regional, debe transformarse en el gran sostenedor de la conservación de la biodiversidad en el largo plazo, ya que ella es la que principalmente ocupa y usa el territorio. Es por esto que se deberá aumentar el nivel de conciencia pública sobre el valor ambiental y ecológico de los Altos de Cantillana, permitiendo una integración cultural entre las comunidades y su entorno.

Folio009345

8. RESULTADOS ESPERADOS

Los esfuerzos para abordar los desafíos planteados se traducirán en resultados concretos que fortalecerán el marco legal vigente, a través de un modelo de gestión público-privado para los Altos de Cantillana, factible de ser replicado, para la protección efectiva de la biodiversidad en terrenos privados. Al final del proyecto se espera obtener los siguientes productos:

Producto 1. **Los terrenos privados dentro del área con mayor interés ecológico se encuentran con un apropiado estado de protección legal**

Se elaborará un completo levantamiento de información ambiental, social y económica, de manera de identificar el valor de la biodiversidad de las propiedades privadas. De esta forma, se establecerán las regulaciones legales necesarias para la protección del "área de mayor interés ecológico", a través de los distintos Instrumentos formales y no-formales, tales como los Instrumentos de Planificación Territorial; los acuerdos para la conservación entre los propietarios; y las áreas protegidas privadas, entre otros.

▼ *Salpiglossis sinuata*

Folio009346

▲ Larvas de Sapo Arriero (*Alsodes npodosus*)

Producto 2. Un sistema sustentable de manejo público-privado instalado

Basado en el Comité Público-Privado conformado luego de la firma del Acuerdo para la Conservación de la Biodiversidad en Altos de Cantillana, se creará una institucionalidad público-privada para los Altos de Cantillana, que contará con todo lo necesario para su funcionamiento, incluidos los mecanismos y fuentes de financiamiento para asegurar su continuidad.

Producto 3. Un programa conjunto de fiscalización para aumentar el cumplimiento de las regulaciones ambientales en los Altos de Cantillana una vez operando

Se diseñará e implementará un programa conjunto de fiscalización para fines de prevención y control, para ser implementado por las entidades de gobierno y municipalidades pertinentes.

Producto 4. Planes de manejo para los recursos naturales en áreas de conservación diseñados y en proceso de implementación

Se formulará un plan de manejo indicativo general para el área del proyecto, a partir del cual se formularán planes de manejo para los predios privados considerando sus intereses e iniciativas de protección, investigación y de implementación de actividades económicas.

Folio009347

Producto 5. Actividades ambiental y económicamente sustentables operando en terrenos privados para reducir la degradación y aumentar la conservación

Se diseñará e implementará un programa de fomento productivo para actividades económica y ambientalmente sustentables, identificando y apoyando a las comunidades que están haciendo uso no sustentable de los recursos naturales.

Producto 6. Mecanismo público-privado de Altos de Cantillana para el manejo de áreas protegidas reproducido sobre un área más amplia e incorporado a las estrategias y sistemas de conservación

Se implementará un programa de sensibilización y educación como vehículo para la difusión local y regional del valor ambiental de los Altos de Cantillana y del modelo de gestión público-privado, de manera de aumentar su replicación en otras áreas del país.

Producto 7. Aumento del aprendizaje, evaluación y manejo adaptativo para mejorar el impacto del proyecto

Entregará las herramientas a través de las cuales las actividades del proyecto sean monitoreadas y evaluadas y, de esta manera, orientará la definición de planes anuales de trabajo operativo y distribución del presupuesto asociado al proyecto.

▼ Coleóptero de la familia *Tenebrionidae*

Folio009348

9. GEF-CANTILLANA, UN APORTE PARA EL PAÍS

El proyecto GEF-Cantillana pretende ser un aporte efectivo para la gestión ambiental del país instalando, en el largo plazo, un sistema de manejo público-privado en los Altos de Cantillana que sea aceptado e implementado por parte de todos los actores sociales relevantes del área. De esta manera se convertirá en un modelo innovador susceptible de ser replicado sobre áreas más extensas, incorporándose a las estrategias y políticas nacionales de conservación, incluido el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASP).

Lo anterior será posible de concretar en la medida en que se logre la sustentabilidad de los diferentes procesos y productos desarrollados por el proyecto. Esto está dado por los siguientes conceptos, los que se traducirán en el gran aporte de Cantillana al país:

La sustentabilidad ambiental. Las áreas de conservación privadas serán más sustentables en la medida en que los propietarios actúen en forma integrada para complementarse en dicho objetivo. El proyecto producirá modelos de conservación y de producción económica que asimilen prácticas ambientalmente más sólidas que se adapten a las características biológicas, físicas, sociales y culturales del área.

La sustentabilidad institucional. La asociatividad entre los distintos actores vinculados a los territorios, que interprete los diversos intereses y motivaciones de cada uno de ellos, asegurará la continuidad a largo plazo. En este sentido, la formalización de una institucionalidad entre los sectores público y privado correctamente constituida, potenciará los esfuerzos y reducirá los riesgos en la conservación, al mismo tiempo que incorporará las políticas públicas al desarrollo ambiental en tierras privadas.

La sustentabilidad financiera. Será posible sólo si se logran instalar actividades económicas sustentables que permitan valorizar los recursos naturales presentes en las áreas privadas protegidas, a través de servicios y productos ambientales. De esta manera, dichas áreas se incorporarán a las dinámicas económicas de los sectores circundantes, dentro de un diseño que permita desarrollar las vocaciones productivas propias de cada localidad. Así, se asegurarán recursos financieros suficientes para cumplir con las exigencias presupuestarias propias de una gestión ambiental integral.

La sustentabilidad social. Se materializará siempre y cuando se realicen las acciones necesarias para incorporar a la comunidad en las decisiones que afectan el territorio, en la medida en que se respeten e integren las distintas identidades culturales, las costumbres, y se otorguen alternativas de desarrollo económico compatibles con la protección de la naturaleza. Lo anterior se basa en un constante esfuerzo educativo y de capacitación hacia la comunidad que utiliza la zona y la adecuada legitimación de sus aspiraciones y conocimientos sobre el territorio.

Meseta Altos de Cantillana

Salpiglossis sinuata

ALTOS DE CANTILLANA

CONAMA METROPOLITANA DE SANTIAGO

GEF Fondo para el Medio Ambiente Mundial

PNUD Chile

CONAMA
METROPOLITANA
DE SANTIAGO

PLAN DE ACCIÓN "CORDÓN DE CANTILLANA"

2005-2010

PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO

Folio009353

INTRODUCCIÓN

En mayo de 2005 la Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA RMS), mediante Resolución Exenta Nº 184 de la Comisión Regional del Medio Ambiente, aprobó el documento final "Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago", constituyéndose en el marco para la elaboración e implementación de Planes de Acción específicos para cada sitio prioritario.

El Plan de Acción para el sitio prioritario Nº 1 "Cordón de Cantillana" recoge principalmente dos iniciativas que actualmente están en curso:

- La suscripción de un acuerdo de voluntades y compromisos entre el sector público y grandes propietarios de Cantillana, tendientes a proteger la naturaleza, su diversidad biologica y patrimonio ambiental, en armonía con el desarrollo económico y productivo de la zona, documento denominado *"Acuerdo para la Conservación del Cordón de Cantillana*", en adelante "el Acuerdo", cuya vigencia de 15 años permitirá el desarrollo de acciones más allá de lo indicado en este Plan, y
- La ejecución del proyecto "*Conservación de la Biodiversidad de los Altos de Cantillana, Chile*", en adelante "Proyecto GEF", el cual es co-financiado en aportes similares por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF por sus siglas en inglés) y el Estado de Chile, mediante el cual se desarrollará en los próximos 5 años, un modelo de gestión público-privado que incluye entre otros la realización de planes de manejo y la incorporación de actividades sustentables para reducir la degradación y aumentar la conservación en terrenos privados.

En base a lo indicado precedentemente, se elaboró un Plan de Acción cuyas iniciativas a desarrollarse se orientan en los lineamientos establecidos en la Estrategia de Biodiversidad mencionada inicialmente. Estos lineamientos se agrupan en los siguientes ejes temáticos:

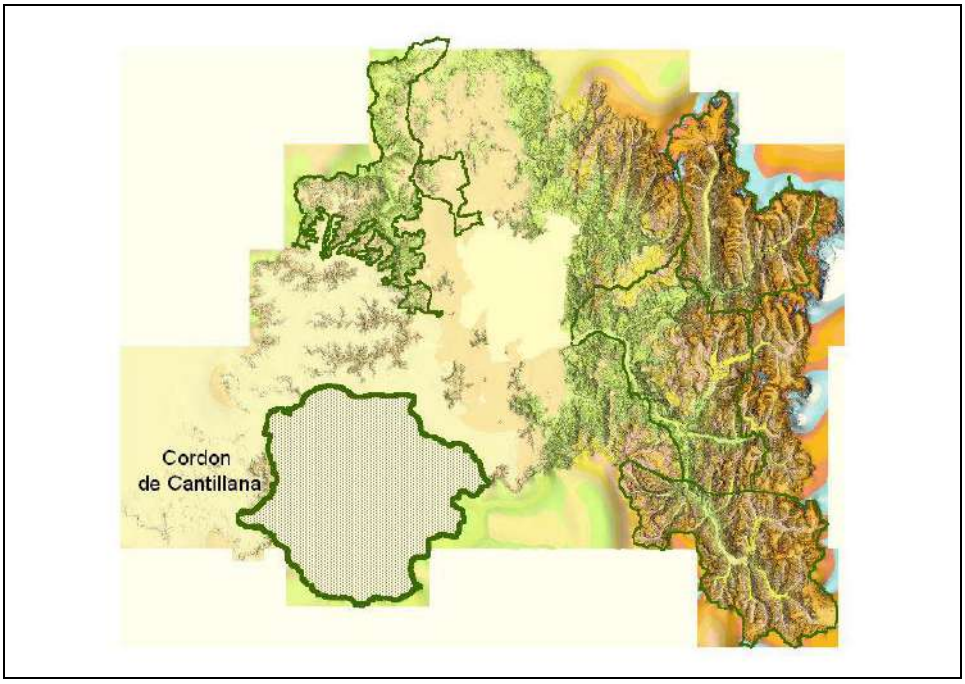
- Eje temático I: Medidas Generales. Aborda las siguientes líneas estratégicas: 1) Medidas generales de coordinación y 2) Identificación y seguimiento.
- Eje Temático II: Componentes de la Diversidad Biológica. Aborda la Línea Estratégica "Conservación in situ"
- Eje Temático III: Sustentabilidad de políticas y prácticas productivas. Aborda las siguientes Líneas Estratégicas: 1) Evaluación del impacto y reducción al mínimo del impacto adverso y 2) Utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica.
- Eje Temático IV: Investigación y Tecnología. Aborda la Línea Estratégica "Investigación y Capacitación".
- Eje Temático V: Educación. Aborda la Línea Estratégica "Educación y Conciencia Pública".

Finalmente, el presente Plan de Acción describe actividades específicas que responden a objetivos asociados a cada una de las líneas estratégicas, definiendo en cada caso, responsable, plazos y metas concretas, en un horizonte de 5 años (2005 – 2010). La

función de los responsables de cada actividad será la de gestionar su cumplimiento, debiendo constituir mesas intersectoriales de trabajo, que permitan obtener los productos de este Plan.

1. Descripción general del sitio

El sitio "Cordón de Cantillana" se localiza al surponiente de la Región Metropolitana de Santiago, entre las coordenadas UTM 278.640 y 340.696 E y 6.270.272 y 6.215.885 N, cubriendo un área de 205.378 hectáreas y abarcando territorios de las comunas de Alhué, Melipilla y San Pedro en la Provincia de Melipilla, de la comuna de Paine en la Provincia del Maipo y de la comuna de Isla de Maipo en la Provincia de Talagante.



El área corresponde a un relieve de predominio montañoso, correspondiente al borde oriental de la Cordillera de la Costa, en contacto con la depresión intermedia, marcando el límite occidental y sur de la cuenca de Santiago. En estos cordones, las mayores altitudes corresponden al Cerro Cantillana (2.281 msnm), el morro Las Lagunas (2.073 msnm), Morro Toros Muertos (2.159 msnm) y Horcón de Piedra (2.075 msnm) y se encuentran disecados por valles encajonados de fuertes pendientes. Los valles y llanuras tienen una menor representación. Los principales valles del área, por el norte, son la llanura del Río Maipo-Angostura, del cual forma parte la Laguna de Aculeo; por el sur, el estero Alhué y, hacia el oeste, el valle del estero Cholqui y del estero Popeta.

En cuanto a la propiedad de los territorios del sector, el 90% corresponde a privados y el 10% restante es de propiedad de Codelco Chile División El Teniente, lugar donde se ubica el tranque de relave Carén.

La ecorregión de Chile central, donde se inserta el área del cordón de Cantillana, es considerada como uno de los 5 "hotspot" de ecosistemas mediterráneos existentes en el

Folio009355

mundo. Esta denominación se justifica por el alto número de especies endémicas[1] presentes en esta zona, que hacen prioritaria su conservación; lo que resulta aún más significativo si se tiene en cuenta el gran desarrollo urbano de la ciudad de Santiago y la consecuente presión sobre los componentes de la biodiversidad. Por esto, Chile central corresponde a una de las 25 áreas que la Fundación Internacional para la Conservación en Washington D.C., ha identificado como centros de la biodiversidad, ricos en endemismo pero intensamente amenazados por la actividad humana.

El valor ambiental de la zona se fundamenta en la presencia de ecosistemas únicos y específicos, con especies de flora y fauna endémicas y en categoría de conservación.

Desde el punto de vista de la flora y vegetación, en el área se desarrollan al menos 8 comunidades vegetacionales que contienen 19 especies que están en alguna categoría de conservación, tales como avellanita, belloto del norte, hualo, palma chilena, lingue del norte.

En cuanto a fauna, especialmente vertebrados terrestres, en el área existirían al menos 163 especies, de los cuales 25 son endémicos y al menos 37 especies en alguna categoría de conservación, tales como loro tricahue, halcón peregrino, colocolo, güiña y varias especies de reptiles. Además incluye parte del Estero de Angostura, que presenta una interesante Fauna piscícola autóctona, también catalogada con problemas de conservación.

Asimismo, el macizo montañoso es una importante fuente de agua tanto para el consumo de la población en su área de influencia como para las actividades productivas (agricultura, minería) que allí se desarrollan.

El Área del Cordón de Cantillana incluye la "Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha" (D.S. Nº 62/96 MINAGRI) y el Area complementaria al SNASPE Hacienda Tantehue (D.S. Nº427/68 MINAGRI). Por su valor biológico, el área se constituye en un sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad y ha sido declarada como Zona Prohibida de Caza por un período de 30 años (D.S. Nº 382/98 MINAGRI).

Dentro de las amenazas persistentes en el sitio se pueden mencionar, por ejemplo, la existencia de proyectos inmobiliarios, que aumentan de la presión del uso del suelo, instrumentos de ordenamiento territorial no implementados, extracción de masa Forestal para leña y carbón, extracción de materia orgánica en forma de tierra de hoja y la falta de recursos para una fiscalización efectiva.

[1] Especies propias de un lugar y que no se encuentran de forma natural en ningún otro.

Folio009356

2. Plan de Acción

I. Medidas Generales

1. Medidas Generales de Coordinación

Se deberá asegurar el logro del objetivo de la presente Estrategia a través del fortalecimiento de la gestión integral de la biodiversidad, incluyendo el apoyo político, la coordinación interinstitucional e intersectorial, y la participación de la comunidad, expresado en planes específicos.

Objetivo Específico

Desarrollar los mecanismos que aseguren la participación y compromiso de los actores involucrados en la implementación del presente Plan de Acción, incluyendo a la comunidad.

Actividades

- Se dará inicio al funcionamiento de la mesa intersectorial para la coordinación y seguimiento del Plan de Acción del sitio "Cordón de Cantillana". Dicha mesa busca establecer una instancia de trabajo y diálogo de los agentes públicos y privados para desarrollar y concretar iniciativas comprometidas en "el Acuerdo" el cual fue firmado en abril del 2005, más otras acciones sectoriales.

  Los organismos públicos y privados que integran esta mesa son los siguientes:

  a) Intendencia Región Metropolitana de Santiago
  b) Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS
  c) Gobernación Provincial de Maipo
  d) Gobernación Provincial de Melipilla
  e) Gobernación Provincial de Talagante
  f) Secretaría Regional del Ministerio de Salud
  g) Secretaría Regional del Ministerio de Obras Públicas
  h) Secretaría Ministerial Metropolitana de Vivienda y Urbanismo
  i) Secretaría Regional del Ministerio de Minería
  j) Secretaría Regional del Ministerio de Agricultura
  k) Corporación de Fomento de la Producción
  l) Servicio Nacional de Geología y Minería
  m) Servicio Nacional de Turismo
  n) Servicio Agrícola y Ganadero RMS
  o) Corporación Nacional Forestal RMS
  p) I. Municipalidad de Paine
  q) I. Municipalidad de Melipilla
  r) I. Municipalidad de San Pedro
  s) I. Municipalidad de Alhué
  t) I. Municipalidad de Isla de Maipo
  u) Carabineros de Chile
  v) Representantes de propietarios y comunidad

Esta mesa estará presidida por el Intendente Regional y actuará como Secretaría Ejecutiva el Director Regional de la CONAMA RMS. Esta estructura operativa funcionará hasta la formación de una instancia definitiva acordada por las partes, cuya definición se enmarca en los lineamientos del Acuerdo. La frecuencia de las reuniones quedará establecida en el correspondiente Reglamento de Sala.

El plazo para la constitución de la mesa será el segundo semestre del año 2005 y la institución responsable de que ello ocurra deberá ser la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS)

2. Identificación y seguimiento

Apunta a identificar los componentes de la diversidad biológica y las actividades que los afectan, así como a su seguimiento, de manera de focalizar las medidas a implementar para el logro de los objetivos específicos planteados en la presente Estrategia.

Objetivo Específico

Identificar y realizar seguimiento de los componentes de la diversidad biológica, así como las actividades que tengan o puedan tener efectos perjudiciales importantes para su conservación y utilización sostenible.

Actividades

- Se realizará un levantamiento de línea base de los componentes ambientales de manera de conocer las características biológicas de la zona.

  Los componentes ambientales que formarán parte del diagnóstico se clasificarán en los siguientes niveles:

  a) Medio Físico: clima, geología, geomorfología, hidrología, suelo.
  b) Medio Biótico: flora y vegetación, fauna y paisaje.
  c) Estructura Territorial
  d) Estructura de la propiedad

  Parte de esta información fue levantada para la propuesta del proyecto GEF y la complementación de esta línea base se efectuará a través de la ejecución de este mismo.

  El plazo para realizar dicha actividad será a más tardar el segundo semestre del 2006.

  La institución responsable de su cumplimiento será la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS) en conjunto con las oficinas regionales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG RMS), Corporación Nacional Forestal (CONAF RMS) y Gobernación del Maipo.

- Se realizará una propuesta de zonificación del sitio, identificando áreas homogéneas en base a las características físicas, restricciones ambientales y potencialidades del área de manera que, a través de este proceso, se contribuya a la conservación, protección y al uso sustentable del espacio natural en el área de estudio, y a compatibilizar dichos objetivos con las actividades y usos actuales y planificados.

Folio009358

La zonificación se llevará a cabo a una escala que permita el nivel de detalle requerido para orientar el uso apropiado del terreno según las características bióticas y abióticas de cada sitio. Esta zonificación se obtendrá a través de la ejecución del Proyecto GEF.

El plazo para completar esta actividad será a más tardar el segundo semestre del 2006.

La institución responsable de su cumplimiento será la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS) en conjunto con las oficinas regionales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG RMS), Corporación Nacional Forestal (CONAF RMS) y Gobernación del Maipo.

- Se elaborará un catastro de todas las actividades económicas que sean una amenaza para la conservación de la biodiversidad en el sitio, tales como la extracción de tierra de hoja y de leña para carbón, entre otras. De ésta manera se buscará conocer el foco de atención para los futuros planes y programas sobre el desarrollo de actividades económicas ambientalmente sustentables.

  El plazo para dar cumplimiento a esta actividad será a más tardar el segundo semestre del 2006.

  La institución responsable de su cumplimiento será la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS)

- Se realizarán Informes del estado de los componentes ambientales y sus amenazas para el conocimiento periódico del avance de las medidas tomadas en este ámbito. Esto forma parte de un completo plan de monitoreo y seguimiento considerado en el Proyecto GEF.

  Estos informes se elaborarán anualmente a partir del segundo semestre del año 2006.

  Las instituciones responsables del cumplimiento de esta actividad serán las oficinas regionales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF RMS), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG RMS) y Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS).

II. Componentes de la Diversidad Biológica

1. Conservación in situ

Apunta a la conservación y restauración de los componentes de la diversidad biológica en su estado natural a través de la generación y aplicación de normativas, programas y acuerdos público-privados.

Objetivo Específico

a) Promover la protección de especies, así como la conservación y/o restauración de los ecosistemas de montaña, ecosistemas existentes en la zona, a través de mecanismos de protección legal, la generación de acuerdos público-privados, entre otros.

Folio009359

Actividades

- Se gestionará el fortalecimiento de la protección legal del área. Se reconocerá parte del sitio prioritario, en la modificación del Plan Regulador Metropolitano de Santiago "Incorporación Provincias de Melipilla / Talagante y comunas de Buin y Paine", como Área de Protección Prioritaria. Dicha protección se hará efectiva cuando la mencionada modificación sea aprobada por los organismos competentes y publicada en el diario oficial.

  El plazo para realizar dicha actividad deberá ser a más tardar el segundo semestre del 2006.

  La institución responsable de su cumplimiento será la Secretaría Regional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (SEREMI MINVU).

- Se analizará y elaborará en el marco del Proyecto GEF un informe de factibilidad técnica para declarar el sitio bajo alguna categoría de protección reconocida a nivel nacional e internacional como es una reserva de la biosfera.

  El plazo para realizar este informe será a más tardar el segundo semestre del 2006.

  La institución responsable de ella será la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS).

- Se desarrollará un Plan de Manejo Indicativo general para la totalidad de la superficie del sitio, en el marco de la metodología propuesta para áreas protegidas privadas (CONAMA/FAO, 1999) y de otras experiencias en Chile, de acuerdo a lo propuesto en el Proyecto GEF.

  Éste Plan determinará la mezcla de diferentes categorías de protección para cada zona y sus objetivos y estándares de manejo a largo plazo. Este proceso requerirá el apoyo de los distintos servicios públicos con competencia ambiental. El Plan de Manejo Indicativo se elaborará a partir de la zonificación consensuada con autoridades y propietarios.

  El plazo para el cumplimiento de esta actividad será a más tardar el segundo semestre del 2006. La institución responsable de ella será la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS).

- Se diseñará y materializarán obras de mejoramiento en el camino público G-546 "Champa-Rangue-Cholqui" en el tramo correspondiente a Cuesta El Cepillo con la finalidad de minimizar intervenciones en el ecosistema.

  El plazo para el cumplimiento de esta actividad será a más tardar el primer semestre del 2006. La institución responsable de ella será la Secretaría Regional del Ministerio de Obras Públicas (SEREMI MOP) a través de su Dirección Regional de Vialidad.

- Se generarán acuerdo para la conservación y apoyo en el largo plazo del manejo del suelo. En el marco del Proyecto GEF se trabajará individualmente con propietarios de modo de generar acuerdos voluntarios y/o formales sobre conservación ambiental. Este proceso será apoyado por los servicios públicos con competencia ambiental.

El plazo para el cumplimiento de esta actividad será a más tardar el segundo semestre del 2006. La institución responsable de ella será la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS).

- Se generará y acordará en el marco del Proyecto GEF, por parte de los propietarios con interés, una propuesta de manejo y conservación legalmente factible y con ello la implementación básica de esta área protegida privada.

  El plazo para el cumplimiento de esta actividad será a más tardar el segundo semestre del 2006. La institución responsable de ella será la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS).

III. Sustentabilidad de Políticas y Prácticas Productivas

1. Evaluación del impacto y reducción al mínimo del impacto adverso

Apunta a asegurar que se tengan debidamente en cuenta las consecuencias ambientales, para la conservación de la diversidad biológica, de las políticas e iniciativas legales impulsadas por el Estado, así como a establecer procedimientos apropiados para la evaluación del impacto ambiental de proyectos que puedan tener efectos adversos significativos para la diversidad biológica, con miras a evitar o reducir al mínimo sus efectos.

Objetivos Específicos

a) Fortalecer la protección de la biodiversidad en los planes de alcance regional, así como en los instrumentos de planificación territorial, de alcance comunal y/o intercomunal, de manera de asegurar el uso sustentable de sus componentes.

Actividades

- Se apoyará en el marco del Proyecto GEF, el desarrollo de planes comunales y seccionales y ordenanzas medioambientales, de manera de asegurar que la estructura legal permita que una variedad de acuerdos de conservación privada puedan desarrollarse en el área del sitio prioritario. Esto contará con asesoría técnica externa y apoyo por parte de expertos de organismos públicos, tanto legales como de otras áreas de competencia.

  El plazo para el cumplimiento de esta actividad será a más tardar el segundo semestre del 2006.

  Las instituciones responsables de ella serán la Gobernación del Maipo, la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS), la Secretaría Regional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (SEREMI MINVU) y las cinco Municipalidades involucradas.

- Se apoyará en la conservación del valor ambiental del sitio "Cordón de Cantillana" a través de labores de prevención, control y vigilancia de aquellos sectores

Folio009361

especialmente vulnerables, de modo de garantizar el orden público y la seguridad pública.

El plazo para el cumplimiento de esta actividad se iniciará a partir del segundo semestre del 2005. La institución responsable de ella será Carabineros de Chile.

b) Fortalecer los programas de fiscalización de la normativa vigente, de manera de disminuir el impacto adverso sobre los componentes de la diversidad biológica.

- Se fortalecerá los Programas de Fiscalización de la normativa vigente, donde participarán aquellos servicios con competencia fiscalizadora en materia ambiental. A través del Proyecto GEF se diseñará un Programa conjunto de fiscalización para fines de prevención y control que será implementado por las entidades de gobierno y municipalidades pertinentes, además del fortalecimiento institucional a través de recursos en términos de equipamiento.

  Para el correcto desarrollo de este Programa, será necesario el establecimiento de requerimientos legales y administrativos para acordar acciones conjuntas respecto del alcance, financiamiento y las responsabilidades institucionales, así como también para desarrollar un acuerdo entre las organizaciones y municipalidades correspondientes. Para esto, se espera, en primer lugar un acuerdo entre los organismos públicos mediante la COREMA RMS, para luego sumar a las distintas municipalidades.

  Dicho programa deberá estar funcionado a más tardar el primer semestre del 2006 y se deberán elaborar informes anualmente a partir de esta fecha.

  La institución responsable del diseño del programa será la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS) en conjunto con las instituciones responsables de su implementación que son las oficinas regionales del Servicio Agrícola y Ganadero RMS (SAG RMS) y la Corporación Nacional Forestal RMS (CONAF RMS).

- Se realizarán monitoreos del Plan de Manejo Indicativo, en el marco del Proyecto GEF, de manera de evaluar periódicamente la efectividad de los objetivos planteados.

  Estos monitoreos se realizarán anualmente a partir del segundo semestre del año 2006.

  Las instituciones responsables del cumplimiento de estas actividades serán las oficinas regionales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF RMS) y del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG RMS)

- Se realizarán en el marco del Proyecto GEF, monitoreos de los Planes de Manejo Prediales que se hayan elaborado en la zona. Ésta actividad servirá para mejorar aquellas deficiencias que se generen en la implementación de los planes de manejo y para reforzar las medidas de buen resultado. Con este monitoreo se asegura la sustentabilidad en el tiempo para dichos planes, así como, una eficiente asistencia técnica para aquellos propietarios que se acojan a estos programas. Asimismo se deberá llevar un registro de infracciones relativo a la cosecha ilegal de flora y a la caza furtiva de fauna, y a otras preocupaciones ambientales encontradas en el sitio.

Folio009362

Estos monitoreos se realizarán anualmente a partir del segundo semestre del año 2006.

Las instituciones responsables del cumplimiento de estas actividades serán las oficinas regionales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF RMS) y del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG RMS)

b) Promover Acuerdos entre los organismos del Estado y los privados, de manera de propiciar procesos productivos ambientalmente sustentables.

Actividad

- Se promoverá la formulación y firma de Acuerdos de Producción Limpia entre servicios públicos relacionados y sectores productivos del sitio a fin de lograr la certificación de los procedimientos utilizados y productos obtenidos, logrando con ello obtener la rotulación de "sello verde Cantillana".

  Dichas gestiones deberán iniciarse a más tardar el segundo semestre del 2006.

  La institución responsable del cumplimiento de esta actividad será la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS) en conjunto con la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

2. Utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica

Apunta a la promoción de prácticas sostenibles en aquellas actividades económicas basadas en la utilización de los componentes de la diversidad biológica, considerando los aspectos culturales tradicionales involucrados en ellas

Objetivos Específicos

a) Promover la generación de experiencias de uso sustentable de la biodiversidad factibles de ser replicadas.

Actividad

- Se desarrollarán programas y/o proyectos ambientalmente sustentables como turismo, agricultura o silvicultura sustentable entre los propietarios y habitantes de la zona. A través del Proyecto GEF, esta actividad incluirá la identificación de comunidades cuyos recursos naturales están siendo amenazados, y el desarrollo de propuestas de uso alternativos que sean compatibles con los recursos naturales disponibles en la zona, y, cuando sea posible, la introducción de tecnologías para las condiciones locales.

  Para lograr esto se identificarán las oportunidades económicas, así como también los sistemas nuevos para el uso sustentable de los recursos naturales. El perfil de los proyectos será preferentemente de carácter productivo, socioambiental y cultural que evalúe los riesgos y los transforme en oportunidades, como por ejemplo: reciclaje, producción de plantas nativas, producción de compost y turismo

  Esta actividad deberá iniciarse más tardar el segundo semestre del 2006.

Folio009363

Las instituciones responsables de su cumplimiento serán la Gobernación del Maipo y la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS).

- Se apoyará a los empresarios en el diseño y puesta en marcha de un Programa de Fomento del sector privado para la protección y conservación de la diversidad biológica, y el desarrollo de actividades económicas sustentables en el sitio "Cordón de Cantillana".

  Esta actividad se iniciará a más tardar el primer semestre del 2007. La institución responsable del cumplimiento de esta actividad será la Corporación de Fomento (CORFO).

- Se realizarán Planes de Manejo Prediales con aquellos propietarios de mayor superficie que, voluntariamente, deseen formularlos ponderando sus intereses e iniciativas de protección y de implementación de actividades económicas. El co-financiamiento de tales planes prediales se realizarán en conformidad a las leyes y reglamentos que rigen a la Corporación de Fomento (CORFO).

  La información obtenida en el proceso de zonificación será usada para desarrollar una base de datos geográfica, y para preparar términos técnicos y condiciones indicativas, con el objeto de guiar el manejo de los recursos naturales locales.

  Dichos Planes de Manejo deberán iniciarse a más tardar el primer semestre del año 2006.

  Las instituciones responsables del cumplimiento de esta actividad serán las oficinas regionales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF RMS), del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG RMS) y Corporación de Fomento (CORFO).

b) Apoyar a las comunidades locales en la aplicación de medidas correctivas, para aquellas actividades económicas no sustentables en el uso de los recursos naturales, en especial en zonas degradadas, considerando los aspectos culturales tradicionales.

<u>Actividades</u>

- Se implementará un programa de capacitación destinados a mejorar las prácticas productivas de comunidades locales como por ejemplo, la recuperación de suelos degradados. Estará dirigido, fundamentalmente, a los propietarios y líderes locales. El programa se orientará al desarrollo, implementación y seguimiento de proyectos individuales y comunitarios, según sea el caso. De esta forma se ayudará técnica y financieramente a las distintas ideas de negocios, a través del Proyecto GEF.

  El programa deberá estar en vigencia a partir del primer semestre del 2007.

  Las instituciones responsables del cumplimiento de esta actividad serán las oficinas regionales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF RMS) y del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG RMS)

Folio009364

IV. Investigación y Tecnología

1. Investigación y capacitación

Apunta a establecer programas de educación y capacitación científica y técnica con el fin de fomentar la investigación que contribuya a mejorar el conocimiento, a la conservación y a la utilización sostenible de la diversidad biológica.

Objetivo Específico

Fortalecer y Promover el desarrollo de programas de investigación, relacionados con la conservación y utilización sostenible de la Diversidad biológica y sus componentes.

Actividad

- Se desarrollarán en el marco del Proyecto GEF, programas de investigación aplicada a la conservación de especies propias de la zona de los Altos de Cantillana para incrementar su conocimiento a nivel global. Esto se realizará a través de acuerdos con universidades e instituciones de investigación, así como con programas de conservación privados que serán presentados a las instancias público-privadas involucradas en la ejecución del presente Plan de Acción.

  Dichos programas deberán iniciarse a más tardar el primer semestre del 2007.

  La institución responsable del cumplimiento de esta actividad será la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS) en conjunto con las secretarias regionales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF RMS) y Servicio Agrícola y Ganadero (SAG RMS).

V. Educación

1. Educación y conciencia pública

Apunta a promover y fomentar la importancia de la biodiversidad, de su conservación y de las medidas necesarias para lograrlo, así como su difusión a través de los medios de información, y la inclusión de esos temas en los programas de educación.

Objetivo Específico

a) Promover programas de difusión masiva de los temas ambientales importantes para la conservación de la biodiversidad.

Actividades

- Se desarrollará en el marco del Proyecto GEF, un programa de educación ambiental dirigido tanto a la población local de las cinco comunas insertas en el sitio, así como de las comunas aledañas. Estos programas estarán dirigidos a los líderes locales comunitarios, propietarios, empresarios relacionados con el área de protección y su periferia, y a los visitantes, y asegurará la inclusión de diferentes líderes organizacionales, profesores, carabineros, bomberos, guías y agentes de turismo,

Folio009365

expertos agropecuarios y vendedores de insumos. Se diseñará un módulo del programa especialmente para cada grupo objetivo, de la siguiente manera:

a) A las comunidades locales se llegará a través de componentes que aumenten la conciencia sobre el valor de la biodiversidad del área y del papel que juega en sus medios de subsistencia. Esto aumentará su aceptación para cumplir con el Plan de Acción, disminuir las infracciones y aumentar el interés en las prácticas productivas sustentables.
b) A los propietarios se llegará a través de información sobre los beneficios económicos, sociales y altruistas que pueden obtener de las áreas de conservación.
c) A los visitantes se les entregará principalmente información sobre la propuesta de conservación en los Altos de Cantillana y la contribución de los propietarios privados a este sitio.

Esta actividad deberá ser puesta en marcha a partir del primer semestre del 2007.

Las instituciones responsables de su cumplimiento serán la Gobernación del Maipo y la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS)

- Se elaborarán diferentes materiales de difusión sobre el valor ambiental del área y sus componentes, rescatando la riqueza cultural y natural del lugar. Dichos materiales serán financiados a través de los recursos comprometidos por los servicios públicos y en el marco del Proyecto GEF.

  Asimismo, el Servicio Agrícola y Ganadero RMS divulgará la estrategia de conservación del suelo, fauna y recursos naturales, como asimismo a la orientación de buenas prácticas agropecuarias.

  Estos materiales deberán ser elaborados periódicamente a partir del primer semestre del 2007.

  Las instituciones responsables de su cumplimiento serán la Gobernación del Maipo y la Comisión Nacional del Medio Ambiente RMS (CONAMA RMS) en conjunto con las oficinas regionales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF RMS) y Servicio Agrícola y Ganadero (SAG RMS)

- Se expondrán las actividades y proyectos que se desarrollen en Hacienda de Loncha, en cuya propiedad se implementa el proyecto "Hacienda Ecológica Los Cobres de Loncha", que busca demostrar que un tranque de relaves puede coexistir ambientalmente con un ecosistema sustentable.

  En la medida que se desarrollen actividades y proyectos en la Hacienda Loncha se expondrán a partir del primer semestre del 2006. La institución responsable será la División El Teniente de CODELCO Chile.

Folio009366

3. Valorización del Plan

Para implementar el Plan de Acción, el cual se enmarca principalmente en el desarrollo del Proyecto GEF, se requiere de un financiamiento total de US$ 2.091.586, donde el Gobierno de Chile se ha comprometido con US$ 1.135.101.

Proyecto GEF Nº 1725 / PIMS 1668
Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana, Chile

Evaluación de Medio Término del Proyecto

Mayo 2009

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY

Proyecto GEF/PNUD

Preparado por: Hernán Torres, Consultor

Dirección: Fidel Oteíza 1941. Oficina 306
Providencia – Santiago,
CHILE

Teléfono: Oficina (562) 941 2664
Celular (5699) 476 1924

Correo Electrónico: hernantorres@torresasociadosltda.com

Fecha: Mayo 2009

Acrónimos

APPs	Áreas Protegidas Privadas
CBD	Convención de Diversidad Biológica
CODEFF	Comite Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora
CODELCO	Corporación Nacional del Cobre
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente / National Environment Commission
COP	Conferencia de las Partes
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
COREMA	Comisión Regional del Medio Ambiente
DGA	Dirección General de Aguas
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
ENB	Estrategia Nacional de Biodiversidad
EULA	Centro de Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción
FAO	Food and Agriculture Organization
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GdeCh	Gobierno de Chile
GEF	Global Environmental Facility
ha	Hectáreas / Hectares
METT	Herramienta de Seguimiento para la Efectividad del Manejo / Management Effectiveness Tracking Tool
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
NEX	Ejecución Nacional / National Execution
ONG	Organización No Gubernamental
PFPS	Programa de Fomento Productivo Sustentable
PIR	Project Implementation Review
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
POA	Plan Operativo Anual
PPAs	Private Protected Areas
PRMS	Plan Regulador Metropolitano de Santiago
QR	Quarterly Reports
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geografía y Minería
SERNATUR	Servicio Nacional de Turismo
SGPP	Sistema de Gestión Público-Privado
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
UNDP	United Nations Development Programme
WWF	World Wildlife Fund

Abreviación	Calificación
HS – 6	Altamente Satisfactorio
S – 5	Satisfactorio
MS – 4	Marginalmente Satisfactorio
MU – 3	Marginalmente Insatisfactorio
U – 2	Insatisfactorio
HU – 1	Altamente Insatisfactorio
NA	No aplicable

Folio009370

Contenido

Resumen Ejecutivo **1**

Executive Summary **2**

1. Introducción **3**

2. El Proyecto y su contexto de desarrollo **4**

2.1. Vida del Proyecto 4

2.2. Principales Actores 6

2.3. Productos y resultados esperados del Proyecto 7

3. Hallazgos y Conclusiones sobre **18**

3.1. Formulación del Proyecto 18

3.1.1. Conceptualización y diseño 18

3.1.2. La apropiación nacional 19

3.1.3. La participación de Actores 19

3.1.4. Posibilidades de réplica 20

3.1.5. Rentabilidad 20

3.1.6. La ventaja comparativa del PNUD 20

3.1.7. Sinergias o vínculos entre proyectos y otras intervenciones dentro del sector 21

3.1.8. Indicadores 21

3.1.9. Acuerdos de Manejo (Modalidad de Gestión) 21

3.2. Implementación del Proyecto 21

3.2.1. Planificación Financiera 21

3.2.2. Monitoreo y Evaluación 22

3.2.3. Modalidades de Ejecución e Implementación 22

3.2.4. Gestión por la Oficina del PNUD 22

3.2.5. Temas de Coordinación y Operacionales 22

3.3. Resultados 23

3.3.1. Logro de Productos/Resultados y objetivos 23

3.3.2. Sostenibilidad 27

3.3.3. Contribución a mejorar las habilidades de personal nacional/local 27

4. Recomendaciones **29**

5. Lecciones Aprendidas **32**

6. Anexos al Informe de Evaluación **34**

6.1. Lista de documentos revisados 34

Folio009371

6.2. Lista de personas entrevistadas 35
6.3. Cuestionarios utilizados 35
6.4. Términos de referencia de la evaluación 36

Folio009372

Resumen Ejecutivo

El Proyecto “Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana” está siendo implementado por el PNUD bajo la modalidad de manejo nacional (NEX) y ejecutado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). El Proyecto se creó para proteger el área de los Altos de Cantillana por medio del desarrollo de una innovadora asociación público-privada para la conservación y manejo de tierras privadas en este cordón montañoso que sirva de ejemplo para poder ser replicada en otras partes del país. Se pretende reducir las numerosas barreras que actualmente dificultan el desarrollo total de éste tipo de asociaciones y los esfuerzos de conservación de 205.000 ha en el sector.

El macizo de Altos de Cantillana y la cuenca de la Laguna de Aculeo están ubicados en la Región Metropolitana de Chile, en las provincias de Maipo y Melipilla, respectivamente. Ésta área mantiene ejemplos bien conservados de la Ecorregión de Matorral Chileno número 122 en la clasificación de sitios prioritarios “Global 200” desarrollado por el World Wildlife Fund (WWF) y la National Geographic en 2001.

Como conclusión de ésta evaluación se recomienda una readecuación de algunos productos (outcomes) y resultados (outputs) del Proyecto “Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana”. Esto implica modificar el Marco Lógico para reflejar los cambios recomendados y al mismo tiempo, re-estructurar los indicadores con el fin de medir de mejor forma los logros obtenidos durante la implementación del Proyecto.

El Proyecto expira el 31 de diciembre de 2009 lo que no le permitirá desarrollar los productos (outcomes) y resultados (ouputs) esperados especialmente si deben hacerse modificaciones sustanciales a su diseño original según el PRODOC.

Por esta razón, el Consultor recomienda una extensión de la ejecución del Proyecto hasta el 30 de Septiembre de 2010 siendo ésta la única manera de lograr los productos (outcomes) y resultados (ouputs) que se espera lograr.

Folio009373

Executive Summary

The Project "Biodiversity Conservation in Altos de Cantillana" is being implemented by the UNDP under the National Execution (NEX) modality and executed by the National Environment Commission (CONAMA). The Project was created to protect an area of the Altos de Cantillana through the development of an innovative public-private association for the conservation and management of private lands in this mountain range that will serve as example and could be replicated in other parts of the Country. It is intended to reduce the number of barriers that currently turn the total development of these types of associations and the efforts to preserve 205,000 ha in this sector a difficult task.

The Altos de Cantillana massif and the Aculeo lagoon basin are situated in the Metropolitan Region of Chile, in the Maipo and Melipilla provinces, respectively. This area contains good conservation examples of the Chilean Matorral Ecoregion number 122 in the classification of priority sites "Global 200" developed by the WWF and the National Geographic in 2001.

As conclusion to this evaluation the main recommendation is to re-adequate some of the outcomes and outputs of the Project "Conservation of Biodiversity of the Altos de Cantillana". This implies the modification of the Logical Framework to reflect the recommended changes and at the same time, re-structure the indicators in order to measure in a better way the achievements obtained during the implementation of the Project.

The Project expires on December 31st, 2009, which will not allow the development of the expected outcomes and outputs especially if there is a need to carry out substantial modifications to its original design according to the PRODOC.

It is for this reason, that the Consultant recommends an extension of the Project's execution till September 30th, 2010, being this the only way to achieve the expected outcomes and outputs.

Folio009374

1. Introducción

La evaluación de medio término forma parte de la implementación del proyecto y es un requisito necesario de monitoreo del mismo. La evaluación de medio término tiene como propósito verificar la correcta implementación e impacto del proyecto en los esfuerzos para proteger la diversidad biológica de los Altos de Cantillana. También, busca constatar cómo han respondido los principales actores a la convocatoria del proyecto.

Además, evalúa el grado de cumplimiento de los resultados esperados y si se está alcanzado el objetivo del proyecto. También, busca conocer las lecciones aprendidas.

Los principales temas evaluados por el consultor han sido el contexto del proyecto, hallazgos y conclusiones sobre la formulación del proyecto, su implementación, resultados, recomendaciones y lecciones aprendidas.

La metodología de trabajo del consultor incluyó la revisión de documentación sobre el diseño e implementación del proyecto. De esta manera, se consultaron el documento de diseño del proyecto, los informes de revisión interna (PIR, etc.) e informes de consultorías especializadas.

Luego de la revisión de la información mencionada, el consultor realizó entrevistas en terreno de representantes de las organizaciones que participaron en el desarrollo del Proyecto.

La redacción de la meta, objetivos, productos y resultados del Proyecto se ha mantenido tal como se han redactado en los Términos de Referencia de la Consultoría.

Folio009375

2. El Proyecto y su contexto de desarrollo

2.1. Vida del Proyecto

El Proyecto "Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana" está siendo implementado por el PNUD bajo la modalidad de manejo nacional (NEX) y ejecutado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). El Proyecto se creó en el 2005 para proteger el área de los Altos de Cantillana por medio del desarrollo de lo que sería una innovadora asociación público-privada para la conservación y manejo de tierras privadas en este cordón montañoso que sirviera de ejemplo a replicarse en otras partes del País. Se pretendía reducir las numerosas barreras que actualmente dificultan el desarrollo total de éste tipo de asociaciones y los esfuerzos de conservación de 187.000 hectáreas en el sector.

El macizo de Altos de Cantillana y la cuenca de la Laguna de Aculeo están ubicados en la Región Metropolitana de Chile, en las provincias de Maipo y Melipilla, respectivamente. Ésta área mantiene ejemplos bien conservados de la Ecorregión de Matorral Chileno número 122 en la clasificación de sitios prioritarios "Global 200" desarrollado por el World Wildlife Fund (WWF) y la National Geographic en 2001. Ésta Ecorregión se caracteriza por altos niveles de endemismo con 2.537 especies, de las cuales 1.176 son endémicas de Chile y 600 de un área que se extiende desde los 32° a 40° sur.

Además es un sitio de alta prioridad nacional para la conservación de la biodiversidad en Chile, de acuerdo con el Libro Rojo de CONAF sobre Sitios Altamente Prioritarios, y está entre los 68 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, que fueron seleccionados por CONAMA. Dentro de los Altos de Cantillana, los sitios con mayor valor en biodiversidad y aquéllos destinados a la conservación, son principalmente las tierras altas que corresponden a cuencas receptoras. Estas son empinadas, con escasa vegetación, poseen un valor de producción limitado y todavía con bajos niveles de amenaza.

La meta del proyecto es avanzar en la maduración del Sistema de Áreas Protegidas de Chile, aumentando la representatividad de la Ecorregión Mediterránea chilena bajo áreas efectivamente protegidas y aumentando la contribución de los propietarios privados a los objetivos nacionales de áreas protegidas.

El objetivo del proyecto es desarrollar un marco legal y de manejo público-privado que sea apropiado para los Altos de Cantillana, que se convierta en un modelo factible de ser repetido en otras áreas para la protección efectiva de la biodiversidad en tierras privadas.

Productos Esperados del Proyecto:

(i) Tierras privadas dentro de un área núcleo de interés ecológico con un apropiado estatus de protección legal;

(ii) Un sistema de manejo público-privado sustentable en funcionamiento para los Altos de Cantillana;

(iii) Un programa conjunto de fiscalización efectiva funcionando para aumentar el cumplimiento con las regulaciones ambientales en los Altos de Cantillana;

Folio009376

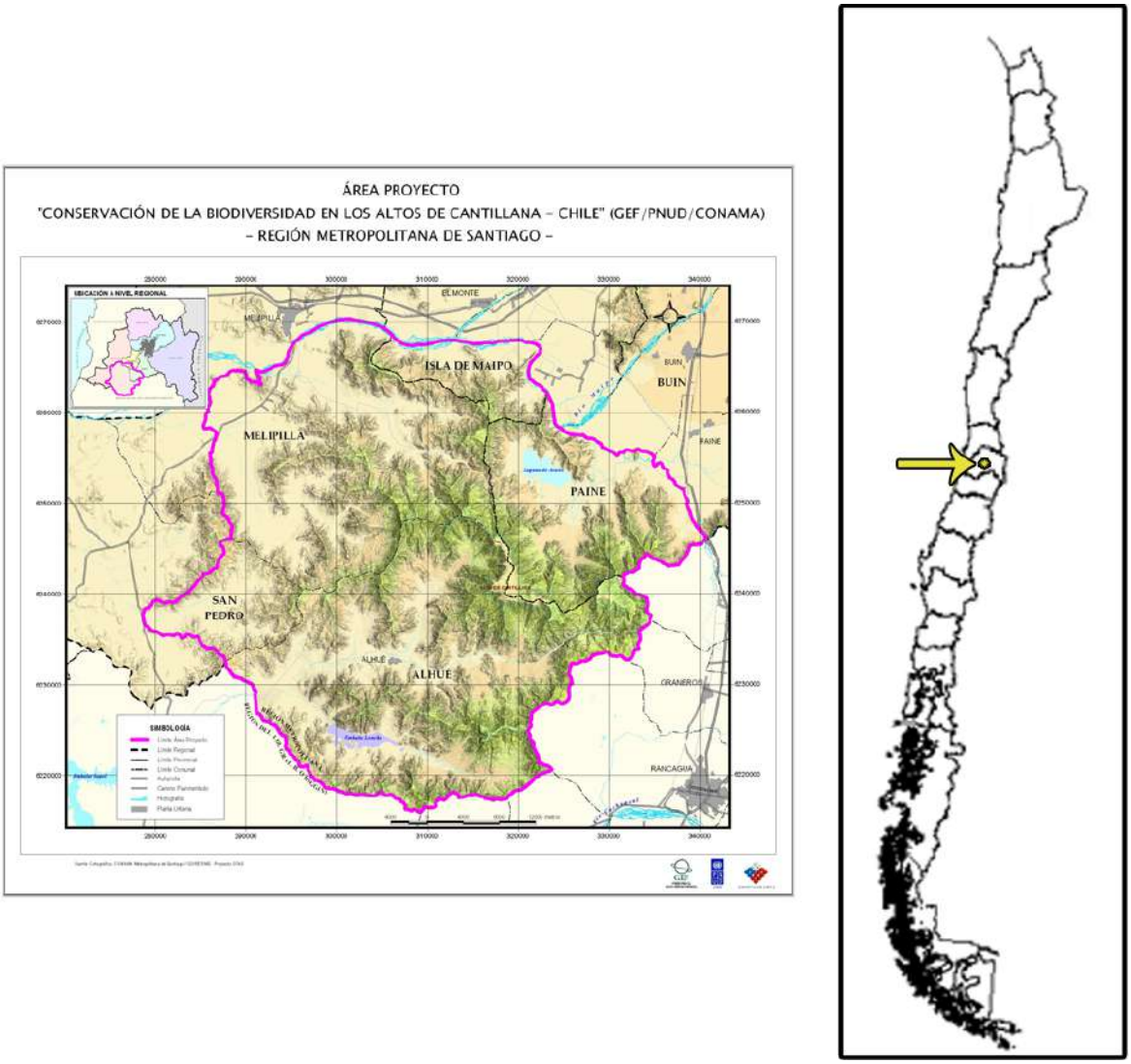
(iv) Planes de manejo de terrenos privados funcionando para la conservación de los recursos naturales en propiedades dentro de la zona núcleo con interés ecológico;

(v) Actividades ambiental y económicamente sustentables funcionando para reducir la degradación y aumentar la conservación en terrenos privados;

(vi) El mecanismo público-privado de Altos de Cantillana para el manejo de áreas protegidas es reproducido sobre un área más amplia e incorporado dentro de las estrategias y sistemas nacionales de conservación; y

(vii) El aprendizaje, la evaluación y el manejo adaptativo han aumentado para mejorar el impacto del proyecto.

Figura Nº 1 Mapa de Ubicación del Proyecto



Folio009377

2.2. Principales Actores

Los principales actores del Proyecto se pueden dividir en tres categorías: i) Organismos Gubernamentales; ii) Propietarios y empresas y iii) Comunidades.

i) Organismos Gubernamentales:

- Agencia Ejecutora: CONAMA RMS
- Agencia Implementadora: PNUD
- Ministerio de Obras Públicas (MOP)
- Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana (COREMA RM)
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
- Intendencia de la Región Metropolitana
- Gobernaciones: Provincia del Maipo, Provincia de Melipilla.
- Municipalidades: Alhué, Isla de Maipo, Melipilla, San Pedro y Paine.
- Oficinas de la Región Metropolitana de: la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Dirección General de Aguas (DGA), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Dirección de Vialidad, el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Secretaría Regional Ministerial de Salud, el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) y Carabineros de Chile (Policía).

Los organismos gubernamentales mencionados realizan diversas funciones relacionadas con la conservación de la biodiversidad en la zona de estudio y han comprometido su participación, desde sus respectivos ámbitos de competencia, en la ejecución del proyecto con apoyo en infraestructura, equipo y salarios de personal.

ii) Propietarios y empresas:

Hasta el momento han participado 16 propietarios privados cuyos terrenos están ubicados en el área del proyecto y una empresa estatal como es la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO) y tres privadas como AGROSUPER, Minera Florida y Agua Fría.

Estos actores expresaron su interés en la implementación de planes de manejo que les permitan desarrollar actividades productivas y recreativas compatibles con los objetivos generales del proyecto, así como también, su compromiso para apoyar la fiscalización del cumplimiento de normas ambientales o de uso del suelo.

iii) Comunidad:

Con la ayuda del PFPS se definirán proyectos de desarrollo local orientados a generar alternativas económicas ambientalmente sustentables que disminuyan la presión de la

Folio009378

población sobre el área del proyecto con miras a asegurar la protección de la diversidad biológica en los Altos de Cantillana.

2.3. Productos y resultados esperados del Proyecto

Producto 1: El terreno privado dentro del área núcleo de interés ecológico posee un apropiado estado de protección legal.

Durante la fase de preparación del proyecto, se llevó a cabo un proceso de zonificación inicial para identificar una zona de alta prioridad de protección a ser considerada como el "área de interés ecológico" para el proyecto. Esta selección se basó en criterios que incluyeron el estado de conservación, el grado de degradación, el uso actual y cobertura del terreno, el valor de conectividad, y la diversidad de comunidades en el área. Esta identificación inicial será mejorada durante la ejecución del proyecto, y al mismo tiempo, se identificarán categorías de protección adecuadas para sitios específicos dentro de esta área, a ser adoptados de mutuo acuerdo con los propietarios de la zona.

Además, los planes reguladores del uso del terreno-regionales, intercomunales, comunales y sectoriales serán detallados dentro del marco de las normas del Ministerio de Vivienda y Urbanismo e incluirán claramente a los Altos de Cantillana como un área protegida. Los acuerdos ambientales también se habrán promocionado y ejecutado, o se encontrarán en las últimas etapas del proceso (ej. servidumbres de conservación), entre los propietarios del área de protección, dirigido a proteger y desarrollar actividades sustentables. Finalmente, se habrá implementado un área de protección privada de interés ecológico.

Todas las actividades y sub-actividades estarán bajo la ejecución directa de las divisiones de la Región Metropolitana (RM) del SAG, la CONAF, la Gobernación de la Provincia del Maipo, y CONAMA (RM) la cual coordinará el trabajo de campo con expertos para el levantamiento de información, implementación y operación de un Sistema de Información Geográfica (SIG), zonificación e implementación de un área de interés ecológico. Este Producto se desarrollará dentro de los 3 primeros semestres, con excepción de la operación del SIG que se realizará durante el transcurso de todo el proyecto, de modo de entregar información y análisis para guiar el manejo adaptativo del área y del proyecto. Los Resultados Indicativos requeridos para lograr este Producto se describen a continuación.

Resultado 1.1. Zonificación Completa del Área.

Para identificar y demarcar el valor de la biodiversidad de propiedades privadas y de ahí el correspondiente nivel de conservación necesario. La zonificación caracterizará los terrenos privados para: preservación, conservación, desarrollo o conectividad. Las áreas núcleo de conservación se lograrán a través de los resultados descritos a continuación en lo que se refiere a regulación estatal y acuerdos de manejo de la conservación. Este resultado se lograra completando los vacíos críticos de información en el área del proyecto, de modo de seleccionar e implementar un estado de protección apropiado para los diferentes sitios.

Se mejorará el ejercicio de zonificación llevado a cabo para la formulación del proyecto (definición de áreas de uso intensivo, extensivo, preservación y conservación) al llevarlo a una escala que permita el nivel de detalle requerido para orientar el uso apropiado del

Folio009379

terreno según las características bióticas y abióticas de cada sitio. También considerará las variadas opciones de los propietarios locales, su voluntad e intereses. El término del proceso de zonificación requerirá de la implementación de un sistema de información geográfica que más tarde servirá como un instrumento de manejo.

Resultado 1.2. Regulaciones legales para el uso y desarrollo de la tierra establecidas en el área del proyecto especialmente dentro del "área de interés ecológico".

Los avances consistirán en definir las áreas bajo categorías de protección establecidas en el marco legal chileno y/o que pueden ser incluidas dentro de categorías reconocidas a nivel internacional, como es una reserva de la biósfera. Para lograr esto, se llevarán a cabo consultas formales no sólo con los propietarios del área de interés ecológico, sino que también con las autoridades pertinentes, de modo de determinar su criterio y ganarse su apoyo. El proyecto trabajará con autoridades estatales pertinentes para influir en las regulaciones para demarcar las áreas de conservación que luego obtengan un reconocimiento oficial. La principal estructura legal será el Plan Regulador Metropolitano de Santiago diseñado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Este plan define el uso de la tierra de manera bastante general y es el paso inicial para regular el desarrollo de actividades en importantes zonas de conservación dentro del área de proyecto.

El proyecto apoyará el desarrollo de planes reguladores comunales y seccionales y ordenanzas medioambientales dentro de este marco, de manera de asegurar que la estructura legal permita que una variedad de acuerdos de conservación privados puedan desarrollarse en el área del proyecto. Este procedimiento llevará a la protección legal de ciertos sitios y/o a acuerdos privados entre propietarios, y eventualmente preparará y procesará las respectivas solicitudes de estado legal adicional con la autoridad pertinente. Esto contará con asesoría técnica externa y apoyo por parte de expertos de organismos públicos, tanto legales como de otras áreas de competencia.

Resultado 1.3. Acuerdos para la conservación y el apoyo, en el largo plazo, del manejo de la tierra en el área de interés ecológico.

Esto se trabajará individualmente con los propietarios de modo de generar acuerdos voluntarios y/o formales sobre conservación ambiental. Esto sentará las bases para la implementación de acuerdos de manejo conjunto en función de la planificación territorial, entre los propietarios y la Corporación. Se considerará especialmente la experiencia obtenida por CODEFF en la coordinación y apoyo de la Red Nacional de Áreas Silvestres Protegidas Privadas. Todo el proceso será apoyado por los servicios con competencia ambiental, para presentación dada su capacidad para trabajar en el tema de participación ciudadana y generar acuerdos de conservación. Esto incluye su participación en el desarrollo de acuerdos voluntarios, así como visitas a terrenos para la concreción de estos mismos.

Resultado 1.4 Implementar mecanismos de protección en áreas de interés ecológico.

Se generará y acordará, por parte de todos los propietarios involucrados en el área del proyecto, una propuesta de manejo y conservación legalmente factible, con términos y condiciones para el manejo de áreas protegidas con interés ecológico, basada en las normas legales definidas. Esto será usado como base sobre la cual desarrollar los Planes

Folio009380

de Manejo en el Producto 4. El proyecto también apoyará la implementación básica de áreas protegidas privadas, a través de éste u otros Productos.

Producto 2: Un sistema sustentable de manejo público-privado para los Altos de Cantillana instalado.

El sistema de manejo para la conservación de la biodiversidad en los Altos de Cantillana será facilitado y supervisado por una entidad compuesta por múltiples actores, la cual reunirá a las respectivas entidades de gobierno con los propietarios y con una ONG de terceros. Esta entidad será establecida como la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana. Esta Corporación no substituirá al Gobierno en las responsabilidades en curso y en el trabajo, pero actuará como un mecanismo para reunir a los actores pertinentes para acordar sobre los principios, los procesos y las actividades de manejo para el área.

El proyecto establecerá esta Corporación y formalizará su función y las respectivas funciones de cada socio, proporcionando un nuevo modelo de asociación público-privada para Chile. El marco legal y administrativo de la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana será diseñado para permitirle ser altamente representativa de los propietarios en el área, de las autoridades importantes de los gobiernos municipales y regionales, de las organizaciones no-gubernamentales reconocidas y de otros actores interesados. Dependerá de acuerdos para el apoyo de la implementación de actividades de control y promoción en el área del proyecto, y hará uso de las instalaciones, equipos y personal necesario para cumplir sus objetivos. La Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana garantizará la continuación de las actividades del proyecto luego de finalizada la contribución del GEF. Los Resultados Indicativos para lograr esto son resumidos en los párrafos siguientes.

Resultado 2.1 Corporación Altos de Cantillana establecida.

El organismo de Ejecución del proyecto (CONAMA RM) coordinará el funcionamiento de un Comité Ejecutivo, basado en el Comité Público-Privado que será creado luego de la firma del Acuerdo para la Conservación de la Biodiversidad en Altos de Cantillana. El Comité Ejecutivo estará a cargo de hacer funcionar la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana, la cual está compuesta por las partes signatarias del Acuerdo y otras entidades presentes en el área que pueden contribuir significativamente a los objetivos de protección de la biodiversidad en Cantillana. Uno de los objetivos inmediatos clave de la Corporación será el desarrollo exitoso de las actividades definidas en el proyecto del FMAM.

Resultado 2.2. Corporación en funcionamiento.

Las oficinas de la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana estarán equipadas y dotadas de personal para hacerla funcionar. Esto incluye establecer una oficina en terrenos del SAG, ubicados en Aculeo, con la infraestructura adecuada, los equipos para su funcionamiento, el personal, y el presupuesto para los costos de mantención asociados. Dentro del personal que trabaje en la Corporación se incluirá un Director, un Gerente de Operaciones, y un funcionario administrativo con experiencia en contabilidad, un vigilante de noche y personal de aseo. La Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana operará dentro de un marco de plan de trabajo, y estará

Folio009381

apoyada por organismos gubernamentales y privados durante toda la ejecución del proyecto. El edificio será lo suficientemente espacioso como para cubrir las necesidades de espacio del Programa de Fiscalización y de la Brigada de Incendios, que se hace referencia en el Producto 3.

Resultado 2.3. Los mecanismos de financiamiento desarrollados para las operaciones de la Corporación en el largo plazo.

El diseño de la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana considerará la necesidad de mantener bajos los costos de operación e identificar y asegurar los recursos para cubrir estos costos una vez que finalice el proyecto del FMAM. Esto incluirá la identificación de fuentes alternativas de financiamiento para asegurar la sustentabilidad de la Corporación más allá del proyecto del GEF. Esto requerirá de un experto en mecanismos de financiamiento para llevar a cabo una evaluación de las posibles fuentes de financiamiento, tanto nacionales como internacionales, y preparar una propuesta de financiamiento.

El Director de la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana liderará la negociación de implementar esta propuesta y de obtener y comprometer las fuentes de financiamiento identificadas. Entre estos posibles mecanismos de financiamiento, se explorará el desarrollo de generación de ingresos a través de sistemas de pago basados en el valor de las captaciones de agua. El desarrollo y análisis de valoración de la producción y conservación del agua como un servicio del ecosistema también servirá para mostrar a los propietarios que las áreas de conservación producirán al final beneficios para su tierras bajas. Esto aumentará el interés en las reservas de conservación en las áreas de captación de sus tierras, así como también ofrecerá una posible fuente de financiamiento para la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana.

Producto 3: Un efectivo programa conjunto de fiscalización operando para aumentar el cumplimiento de las regulaciones ambientales en los Altos de Cantillana

Todos los servicios públicos con competencia ambiental y municipios serán integrados en un programa conjunto de fiscalización y supervisión para la prevención de la degradación y la fiscalización de las normas relacionadas con la conservación de la biodiversidad en Altos de Cantillana. Los presupuestos de las unidades operativas pertenecientes a los organismos competentes y municipalidades serán incrementados consecuentemente con los compromisos asociados al proyecto Altos de Cantillana. El programa conjunto de fiscalización será entregado a través de los siguientes resultados.

Resultado 3.1. Se diseñará un Programa conjunto de fiscalización.

Se diseñará para fines de prevención y control, a ser implementado por las entidades de gobierno y municipalidades pertinentes. Este programa incluirá los resultados de las consultas con los propietarios para determinar los mejores enfoques, y la función que pueden desempeñar dentro del programa. Incluirá el monitoreo de los planes de manejo territoriales que se mencionan en el Producto 4, así como también un registro de infracciones relativo a la cosecha ilegal de flora y a la caza furtiva de fauna, y a otras preocupaciones ambientales detectadas en el área.

Folio009382

Será necesario el establecimiento de requerimientos legales y administrativos para acordar acciones conjuntas respecto del alcance, financiamiento y las responsabilidades institucionales, así como también para desarrollar un acuerdo entre las organizaciones y municipalidades correspondientes, incluidas las funciones, la cobertura, los procedimientos y el financiamiento. El resultado requerirá una comunicación y negociación estrecha entre las partes. Se espera un acuerdo preliminar entre las oficinas regionales de CONAMA, CONAF y SAG, sujeta a la autorización por parte de las oficinas nacionales de las fiscalías y juntas directivas, y de las entidades tales como la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana (COREMA-RM). Sólo entonces se incluirán las municipalidades y otras entidades públicas.

Resultado 3.2. Fortalecimiento institucional de los servicios públicos con competencia ambiental y de los municipios.

Se llevará a cabo una evaluación detallada de las necesidades institucionales tanto en términos de equipamiento, como de recurso humano y capacidades, de modo de introducirlos en el diseño del programa y para cumplir los compromisos acordados para el programa de fiscalización. Posteriormente, cada entidad asegurará dentro de sus oficinas ministeriales respectivas los fondos para co-financiar el establecimiento del programa. Este programa operará en dos oficinas: una en la oficina de la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana (con sede en Aculeo), y otra en la zona de Alhué (con sede en Alhué). El SAG-RM y la CONAF-RM operarán también en estas oficinas.

La contribución del GEF a este producto es en gran medida el establecimiento y funcionamiento inicial del programa. Esto incluye el equipamiento de oficinas y algunas mejoras a la infraestructura, en el caso de la sede de Alhué. El proyecto también apoyará un sistema de comunicación inter-organizacional que ayudará a solucionar en forma eficiente los conflictos en el área, a la vez que atenderá emergencias. Se instalará una torre de observación, junto con una brigada de incendios para prevenir y controlar los incendios forestales en la zona. Esta brigada operará desde la sede de la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana. El personal seleccionado será capacitado en conservación de ecosistemas, supervisión y manejo de herramientas de información cartográfica.

Resultado 3.3. Programa de fiscalización en funcionamiento.

Se dotará de personal para operacionalizar el programa de fiscalización, así como para operar los vehículos y mantener las oficinas de Aculeo y Alhué. Cada oficina tendrá un experto de cada entidad fiscalizadora (SAG-RM y CONAF-RM), así como también una secretaria y un vigilante nocturno para la sede de Alhué. Las oficinas estarán dotadas de personal calificado para la brigada de incendios y para la operación de la torre de observación. Cada entidad finalizará los compromisos para asegurar este personal de sus respectivas oficinas ministeriales. Este incluye personal institucional del SAG-RM y de la CONAF-RM para capacitación y monitoreo del programa de fiscalización.

El vínculo entre el programa de fiscalización y la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana será definido a través del trabajo sobre las responsabilidades que se llevarán a cabo a través del Producto 2 y sobre la base de los mandatos existentes. Una vez aprobado el programa de fiscalización por parte de las entidades fiscalizadoras, se implementará con las entidades públicas apropiadas, apoyado por el Gobierno Regional, la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana, y con la colaboración de los

Folio009383

propietarios. Los recursos del GEF serán proporcionados para apoyar los costos de funcionamiento iniciales, pero desde el segundo año en adelante, proporcionalmente, el GdCh cubrirá estos costos hasta el final del proyecto. Todos los costos operacionales son asumidos por la Corporación.

Producto 4: Planes de manejo para los recursos naturales en áreas del Proyecto

Este Producto incluirá el desarrollo de un Plan de Manejo Indicativo para el Área del Proyecto, en el cual se identificarán las áreas con categorías de protección y su manejo a largo plazo. Esto incluirá la definición de un plan de monitoreo para guiar las actividades de la Corporación y establecer estándares de monitoreo de la implementación de los planes de manejo prediales de las áreas de conservación individuales. Inicialmente, este Plan creará el plan de monitoreo desarrollado para supervisar el proyecto en el Producto 7. Éste incluirá el uso de la Herramienta de Seguimiento para la Efectividad del Manejo (METT) para medir la efectividad del manejo en las áreas protegidas, aunque se espera algún ajuste para adaptarla a las características del área del proyecto. Dentro del marco del plan de manejo sobrepuesto, el proyecto trabajará con los propietarios para diseñar e implementar los planes de manejo del uso territorial.

Luego del término del proyecto, la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana continuará entregando apoyo y supervisión para el ajuste e implementación de estos planes. La información obtenida en el Producto 1 será usada para informar a los Planes. Esto será complementado por trabajo adicional que se llevará a cabo sobre la conservación de especies en alguna categoría de vulnerabilidad seleccionada para incluirse en el monitoreo y en las evaluaciones, ajustando adecuadamente tanto el plan de manejo indicativo como los planes de manejo prediales. Este Producto también promoverá la Producción Limpia a través del fortalecimiento de prácticas productivas para lograr la certificación de productos y procedimientos de un “sello verde Cantillana”. Este producto será entregado a través de los siguientes resultados:

Resultado 4.1. Plan de manejo indicativo para el área del proyecto.

Se formulará un plan de manejo indicativo general para el área de proyecto, bajo una perspectiva agregada en el marco de la metodología propuesta para áreas protegidas privadas (CONAMA/FAO, 1999) y de otras experiencias en Chile. Este plan general determinará la mezcla de diferentes categorías de protección para cada zona y sus objetivos y estándares de manejo a largo plazo. Este proceso requerirá el apoyo de los distintos servicios públicos con competencia ambiental, y de al menos once propietarios en el área del proyecto. El plan de manejo indicativo se realizará a partir de la zonificación consensuada con autoridades y propietarios obtenida del Producto 1, y será revisado anualmente por los organismos gubernamentales en el transcurso del proyecto.

Resultado 4.2 Planes de manejo para al menos once (11) propietarios del área del proyecto.

Se formulará un plan de manejo predial con al menos 11 propietarios del área del proyecto, ponderando sus intereses e iniciativas de protección y de implementación de actividades económicas. Este ejercicio comprometerá a propietarios de mayor superficie, como es el caso de CODELCO, así como también a entidades públicas con competencia

Folio009384

ambiental para definir los principios orientadores a ser usados para otros planes de manejo prediales.

La información sobre zonificación obtenida a partir de actividades en el Producto 1 será usada para desarrollar una base de datos geográfica, y para preparar términos técnicos y condiciones indicativas, con el objeto de guiar el manejo de los recursos naturales locales. La Corporación promoverá la formulación y firma de Acuerdos de Producción Limpia con apoyo de los servicios públicos y CORFO a fin de lograr la certificación de productos y procedimientos que permita la rotulación de "sello verde Cantillana". Las entidades con competencia ambiental apoyarán y monitorearán la implementación de planes de manejo prediales a través del programa conjunto de fiscalización.

Resultado 4.3. Fortalecimiento del diseño y monitoreo del plan, con información para la conservación de especies.

Para complementar la información obtenida en el Producto 1, se recogerán los datos sobre especies bajo categorías de vulnerabilidad seleccionadas, para preparar estrategias específicas de conservación en la mitad del período, y para fortalecer el diseño y monitoreo de los planes de uso prediales. Se explorarán formas potenciales de financiamiento de tales estrategias, incluyendo la función de los sectores público y académico. Los organismos con competencia ambiental prepararán los Términos de Referencia para los proyectos de cooperación entre los servicios públicos y las universidades.

Éstos desarrollarán directrices de investigación y propuestas de manejo para la protección y preservación de las especies seleccionadas. Estas especies deberán tener un efecto multiplicador o sinérgico en la protección del ecosistema. Por ejemplo, desarrollar protección para la Garza Cuca implica la conservación de los últimos humedales existentes en la Laguna de Aculeo. Entre estas especies inicialmente identificadas está el Roble de Santiago, la Avellanita, el Loro Cachaña y la Garza Cuca. Los equipos de expertos técnicos serán definidos para desarrollar dichos programas de investigación, en coordinación con el SAG-RM y con la CONAF-RM. Las estrategias de conservación resultantes serán incluidas en el Plan de Manejo Indicativo, con los ajustes necesarios a realizarse en su revisión anual. Los planes de manejo prediales para las áreas incluidas en la estrategia, serán ajustados para apoyar los objetivos de la estrategia de conservación.

Producto 5: Actividades ambiental y económicamente sustentables operando en terrenos privados para reducir la degradación y aumentar la conservación.

Este Producto se enfocará en influenciar el uso de los recursos por parte de las comunidades locales, de modo de que no necesiten sobre-extraer ilegalmente flora y fauna dentro de los terrenos privados. Esto incluye la promoción de la sustentabilidad de las actividades existentes, principalmente del pasturaje del ganado, la obtención de leña y compost y el desarrollo de alternativas tales como la agricultura orgánica.

También trabajará con los propietarios para ayudarlos a generar ingresos en sus áreas de conservación, que no dañen el medio ambiente, pero que generen ingresos suficientes como para motivarlos a continuar su compromiso con los acuerdos de conservación de

Folio009385

sus tierras. Se implementará un programa de promoción, coordinado principalmente por la Corporación, de modo de ayudar a los propietarios locales en la evaluación y aplicación de las iniciativas de conservación privadas, así como también en el desarrollo de formas alternativas de turismo, y otros proyectos económicos ambientalmente sustentables.

Algunos de estos propietarios habrán firmado Acuerdos de Producción Limpia, adoptando prácticas específicas para lograr la certificación de productos y procesos, a través de la creación de un "sello verde Cantillana", y así lograr ventajas competitivas en el mercado nacional. Este Producto será entregado a través de los siguientes Resultados.

Resultado 5.1. Programas y/o proyectos ambientalmente sustentables identificados e implementados.

Esto incluirá la identificación de comunidades cuyos recursos naturales están siendo amenazados, y el desarrollo de propuestas de uso alternativos que sean compatibles con los recursos naturales disponibles en el área, y, cuando sea posible, la introducción de tecnologías que sean apropiadas para las condiciones locales. Para lograr esto, se identificarán las oportunidades económicas, así como también los sistemas nuevos para el uso sustentable de los recursos naturales, particularmente la evaluación de una combinación de plantaciones multipropósito (para leña) y sistemas agropecuarios. Los servicios públicos con competencia ambiental prepararán los términos de referencia que orienten a la formulación de los programas o proyectos individuales.

El perfil de los proyectos será preferentemente de carácter productivo, socio-ambiental y cultural que evalúe los riesgos y los transforme en oportunidades, como por ejemplo, el reciclaje que permite evitar el depósito de basuras en el área, producción de plantas nativas en vivero, producción de carbón controlada, plantación de especies para leña, producción de compost. Se realizarán reuniones con organizaciones comunitarias a fin de levantar información y presentar las propuestas de uso alternativo de los recursos que finalmente convergerán en programas, los cuales serán supervisados principalmente por la Corporación.

Resultado 5.2. Ayuda técnica y financiera para ideas de negocios individuales.

Se diseñarán y realizarán capacitaciones a los propietarios y líderes locales en el desarrollo, implementación y seguimiento de proyectos individuales y comunitarios, según sea el caso. Se elaborará un catastro de posibles fuentes de financiamiento para proyectos tanto colectivos como individuales. La Corporación deberá asistir en las capacitaciones, identificar fuentes de financiamiento para las ideas de negocios individuales, así como promover la formulación y firma de Acuerdos de Producción Limpia con apoyo de los servicios públicos y CORFO a fin de lograr la certificación de productos y procedimientos que permitan la rotulación de "sello verde Cantillana", con el fin de obtener ventajas competitivas en el mercado nacional.

Folio009386

Producto 6: El mecanismo público-privado de Altos de Cantillana para el manejo de áreas protegidas es reproducido sobre un área más amplia e incorporado a las estrategias y sistemas de conservación.

Este Producto se enfocará en proporcionar un medio ambiente adecuado para la sustentabilidad a largo plazo del mecanismo público-privado, y en entregar un vehículo para su reproducción a otras áreas en la Región Metropolitana, y su comprensión dentro del diseño y las operaciones de un completo Sistema Nacional de Áreas Protegidas que será desarrollado a través de una iniciativa paralela.

Las acciones que contribuyen con este Producto también están incluidas a lo largo del proyecto y servirán como mecanismos de reproducción. Éstas incluyen ejemplos de cómo detallar los planes de uso prediales comunales y regionales para incluir directrices y estándares que hagan posible la conservación. Éstos serán complementados con información para políticas y directrices específicas a ser incluidas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, a través de la estrecha coordinación de CONAMA Regional con CONAMA Nacional.

El producto también incluirá acciones específicas tales como foros, sitios web, y difusión de lecciones para mejorar aún más la reproducción en otras áreas. Paralelamente, se implementará un programa de sensibilización en el área, enfocado no sólo a los residentes locales sino que también a los visitantes desde Santiago y otras regiones. Este programa tendrá el doble propósito de aumentar la sensibilización referente al valor ambiental de la región y la función que pueden tener los propietarios, y de actuar como un mecanismo para repetir esto a través de personas que visiten el área y que estén interesadas en adoptar las acciones de conservación privadas en sus regiones o a través de sus instituciones. Los resultados específicos se describen a continuación.

Resultado 6.1 Se implementa un programa de sensibilización como vehículo para la aceptación local y la replicación.

Este programa será enfocado a los líderes comunitarios, propietarios, empresarios relacionados con el área de protección y su periferia, y a los visitantes externos, y asegurará la inclusión de diferentes líderes organizacionales, profesores, carabineros (policía), bomberos, guías y agentes de turismo, expertos agropecuarios, y vendedores de insumos. Con el fin de ser llevado a cabo por la Corporación con el apoyo de los servicios públicos con competencia ambiental, se diseñará un módulo del programa especialmente para cada grupo objetivo. Éstos tendrán el doble propósito de aumentar el apoyo local al proyecto y a los objetivos de conservación para las áreas, y facilitar la repetición de esta experiencia a través de personas e instituciones que visiten el área. A las comunidades locales se llegará a través de componentes del programa diseñados para aumentar la conciencia sobre el valor de la biodiversidad del área y del papel que juega en sus medios de subsistencia.

Esto aumentará su aceptación para cumplir con el Plan de Manejo, disminuir las infracciones, y aumentar el interés en los esfuerzos de prácticas alternativas del proyecto. A los propietarios se llegará a través de módulos que estén diseñados para informar sobre los beneficios que pueden obtenerse a través de las áreas de conservación en términos económicos, sociales y altruistas, y para esbozar los diferentes enfoques posibles

Folio009387

disponibles y el proceso y requerimiento para obtener un reconocimiento oficial o un estado legal. Un tercer módulo entregaría información a los visitantes sobre la propuesta de conservación en los Altos de Cantillana, y sobre la contribución de los propietarios privados a ésta, y sobre las asociaciones público-privadas que se han desarrollado. Este resultado también incluirá la instalación de señalética y paneles en el área.

Resultado 6.2. Mecanismos desarrollados para aumentar la repetición de la experiencia en la región Metropolitana y a nivel nacional.

Una variedad de enfoques ha sido seleccionada para aumentar la repetición del modelo de Altos de Cantillana. Entre estos se incluye el desarrollo de informes sobre la experiencia de la Corporación que evalúa operaciones y entrega información para la definición de políticas y directrices a los gobiernos locales, regionales y nacionales, para ser desarrolladas en otras áreas de conservación.

Basándose en esto, se realizarán reuniones dentro del Gobierno Regional y con contrapartes nacionales para desarrollar políticas específicas, directrices e incentivos para permitir la repetición en otras áreas. Se pondrá especial atención a la incorporación de estos mecanismos dentro de la definición y establecimiento de un completo sistema nacional de áreas protegidas que incluiría tanto a áreas públicas como privadas. También se pondrá énfasis en la incorporación de este enfoque a los marcos reguladores de uso predial a nivel regional y nacional.

Este resultado también desarrollará documentos de difusión a un grupo más amplio de actores interesados en todo el país, entregando información sobre las experiencias de crear áreas protegidas privadas y operar una Corporación Público-Privada para el manejo integrado del área. Para complementar esto se llevará a cabo un foro nacional con la participación de miembros de las redes existentes de las reservas privadas tales como la RAPP (Red de Áreas Protegidas Privadas), apoyada por CODEFF, las ONG, representantes de los gobiernos regionales en medio ambiente y planificación, y representantes del sector privado. Este foro discutirá y evaluará las experiencias en Altos de Cantillana y definirá directrices sobre cómo se puede repetir esto en otras regiones. A su vez, las conclusiones de este foro serán usadas para alimentar las normativas y políticas que han sido desarrolladas en la Región Metropolitana y a nivel nacional para repetir esta experiencia.

Producto 7. Aumento del aprendizaje, la evaluación y el manejo adaptativo para mejorar el impacto del proyecto.

Este Producto entregará el vehículo a través del cual las actividades del proyecto serán monitoreadas y evaluadas y, como tal, orientará la definición de planes anuales de trabajo operativo y distribución de ingresos, para asegurar que se está avanzando hacia el logro de los objetivos del proyecto. También entregará la información a la cual tener acceso si se logran los impactos esperados y si no se requieren cambios de diseño. También incluirá actividades tales como la contratación de un Coordinador de Proyecto, la realización de reuniones del Comité Directivo y la difusión de las lecciones aprendidas. Esta última actividad deberá diferenciarse de aquellas acciones de difusión que se llevarán a cabo bajo el Producto 6. Las lecciones aprendidas bajo el Producto 7 se enfocan en un público más amplio e incluyen la participación en reuniones temáticas con otros proyectos del FMAM en la región de América Latina y el Caribe, así como los informes que pueden ser compartidos con otros proyectos del FMAM en el mundo. El

Producto 6, por el contrario, se enfoca en aumentar la repetición de la experiencia dentro de Chile y en la definición de mecanismos para esto a ser incorporados en las políticas nacionales relativas a la conservación.

Folio009389

3. Hallazgos y Conclusiones

3.1. Formulación del Proyecto (Calificación Promedio para ésta sección MS- 4)

3.1.1. Conceptualización y diseño (MU - 3)

La conceptualización del Proyecto por momentos resulta ambiciosa. Su objetivo inmediato consiste en desarrollar un apropiado sistema de gestión público-privado para los Altos de Cantillana, que se convierta en un modelo replicable para la protección efectiva de la biodiversidad en terrenos privados. Para ello, se propuso lograr excesivos productos y resultados muy difíciles de alcanzar los que además crearon expectativas en los interesados (stakeholders) que no se han podido satisfacer.

Esta situación se ejemplifica en la proposición de crear una Corporación Público-Privada de apoyo a la conservación de Altos de Cantillana y el establecimiento de un Área Protegida Privada legalmente establecida. Lamentablemente esto se basó en los supuestos de que el marco legal para poder apoyar éstas iniciativas estaría vigente al momento de la implementación del Proyecto, lo cual hasta ahora no ha ocurrido. Por otra parte, el Marco Lógico fue preparado con fallas estructurales que se expresan en la existencia de indicadores inadecuados para la correcta medición de los resultados del Proyecto.

Como herramienta de manejo se creó una estructura organizada por un **Comité Público-privado** que actúa como **Comité Directivo** del proyecto que tiene como objetivo coordinar y tomar decisiones respecto a la marcha de la ejecución del mismo y un **Equipo Formulador del Proyecto** integrado por la Gobernación del Maipo, el SAG RM, CONAF RM y la CONAMA RM) que pone en práctica las decisiones del Comité Directivo. Los integrantes del equipo formulador del proyecto deberían contribuir además con el co-financiamiento y asesorar a la Unidad Coordinadora del Proyecto.

El **Comité Directivo** se formó por **16 reparticiones públicas, 5 municipios y 13 propietarios privados** lo que hizo imposible la factibilidad de lograr acuerdos generales en cuanto a facilitar el logro de los productos y resultados del Proyecto. Otro problema de importancia ha sido la frecuente rotación de funcionarios de altos cargos de las organizaciones gubernamentales, situación que dificultó la continuidad de los logros del **Comité Directivo** debido a que fue necesario informar e interpretar a las nuevas autoridades la meta a conseguir y la importancia del Proyecto.

Sin embargo, el **Equipo Formulador del Proyecto** (actualmente se denomina **Equipo Co-financiador**) ha logrado significativos avances en la asesoría brindada a la **Unidad Coordinadora del Proyecto** en su labor para cumplir con la consecución de los productos y resultados planteados para el Proyecto.

También, es importante destacar que se ha logrado elevar los niveles de conciencia en los principales actores sobre la necesidad de alcanzar la meta y objetivo planteada. Como consecuencia, se ha logrado un importante resultado como es la decisión de los propietarios de los terrenos de mayor valor, en términos de diversidad biológica, de crear la **Reserva Natural Privada Altos de Cantillana** aunque no sea legalmente reconocida como tal. Este escenario no había sido previsto originalmente y sin duda significa una importante contribución al logro de la meta del Proyecto.

Folio009390

3.1.2. La apropiación nacional (HS - 6)

La necesidad de tomar acciones para la conservación de Altos de Cantillana por medio de una integración de intereses públicos y privados, llevó a la CONAMA RM a promover alguna forma de acuerdo, entre propietarios privados y organismos gubernamentales para cumplir con tal propósito. Como resultado de esta iniciativa, se logró la aceptación de un Protocolo de Acuerdo entre propietarios privados y organismos gubernamentales que fue firmado en septiembre del año 2002 por el Intendente de la región Metropolitana (S), el Director Ejecutivo de CONAMA y nueve propietarios, en presencia del Presidente de la República.

Como siguiente paso a la firma del Protocolo mencionado CONAMA RM promovió la firma de un acuerdo más amplio que se denominó **Acuerdo para la Conservación del Cordón de Cantillana** que fue suscrito por 22 organismos gubernamentales y 15 propietarios privados. Para poner en práctica este Acuerdo se estableció un Comité Público-Privado, que entró en vigencia el 2 de enero del año 2006.

Este Acuerdo se hizo oficial el 6 de enero de 2006 por medio de un acto público en que se hizo entrega del texto del documento al Presidente de la República del momento y simultáneamente se anunció la iniciación del proyecto **Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana** con el apoyo del GEF.

El proyecto es de iniciativa gubernamental, de tamaño medio, que tiene un financiamiento proveniente del GEF y del Gobierno de Chile. El co-financiamiento del Gobierno de Chile proviene de la CONAMA RM, SAG RM, CONAF RM y de la Gobernación Provincial del Maipo. Su Organismo Ejecutor es la CONAMA RM y la agencia implementadora es el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

El Proyecto GEF **Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana** inició su ejecución en agosto de 2005, enmarcado en la implementación del Acuerdo Público-Privado para la conservación del Cordón de Cantillana que ya se ha mencionado.

El Proyecto cumple con las siguientes prioridades Nacionales:

- Los compromisos adquiridos por Chile al ratificar la Convención sobre Diversidad Biológica en 1994.

- La Estrategia Nacional para la Conservación de la Biodiversidad que busca conservar la biodiversidad del País.

- La Regulación de Áreas Protegidas Privadas que fue aprobada por el Consejo de Ministros de la CONAMA, en el año 2003, y que está actualmente a la espera de ser aprobada por la Contraloría General de la República.

- La Política Ambiental para el Desarrollo Sustentable de Chile de 1998.

3.1.3. La participación de Actores (MU - 3)

Si bien la idea inicial del Proyecto promueve la motivación de los actores locales y se firma el “Acuerdo para la Conservación del Cordón de Cantillana” en el 2005, el diseño del Proyecto en sí contó con muy poca consulta y diseminación de información entre la

Folio009391

mayoría de los actores locales (propietarios, empresas y comunidades) ya que el trabajo de preparación de la iniciativa se realizó entre organismos gubernamentales.

Actualmente existen algunos logros en cuanto a la construcción de alianzas durante la implementación del Proyecto. Hay dos buenos ejemplos de esto. El primero es la preparación participativa de un manual para el intercambio de información sobre fiscalización que introduce una innovación en la forma de traspasar información entre servicios públicos, implementándose a través de un sitio Web que ahorra tiempo y costos y el segundo, es la creación de la organización no gubernamental denominada Corporación Privada Altos de Cantillana formada por los propietarios privados con el fin de avanzar hacia un mejor escenario de conservación en el área.

3.1.4. Posibilidades de réplica (MS - 4)

Aunque la Corporación Público-Privada no se ha podido crear y por lo tanto el modelo de gestión público-privada que se esperaba implementar no ha sido logrado, sí se podría replicar la experiencia de aumentar la conciencia entre los propietarios de predios privados e incentivar la creación de áreas de conservación desarrolladas en forma privada, aunque no estén legalmente reconocidas, en otros lugares del País como es el caso de la creación de la organización no gubernamental “Corporación Privada Altos de Cantillana” y de su “Reserva Natural Privada Altos de Cantillana” que puede considerarse uno de los importantes logros del Proyecto no previstos en su diseño.

3.1.5. Rentabilidad (MS - 4)

El proyecto “Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana” fue firmado el 30 junio del año 2005 y cuenta con un presupuesto total de US $2.091.586, de los cuales US $1.135.101, en bienes y personal (in kind), provienen del Gobierno de Chile y US $956.485 del GEF. El saldo actual de fondos GEF disponible para el proyecto hasta la fecha de esta evaluación es de US $504.241 equivalente a 24% del presupuesto total (US $2.091.586).

El criterio de costo incremental (esto es, los fondos GEF se usan para financiar el componente de un proyecto que no hubiera tenido lugar sin ellos) ha sido aplicado adecuadamente hasta el momento de ésta evaluación.

3.1.6. La ventaja comparativa del PNUD (HS - 6)

La capacidad del PNUD como agencia implementadora del Proyecto ha sido una ventaja comparativa frente a otras agencias, para efectos de respaldo a una organización ejecutora gubernamental, y en la capacidad de convocatoria. En términos de los arreglos y coordinaciones formales, la formulación y preparativos gerenciales así como la adopción obligatoria de estándares de retribuciones, consultorías y gastos de viaje, que son normas establecidas para el donante, se han percibido como adecuadas para el contexto cultural y de desarrollo del ámbito y de los participantes en el Proyecto.

Folio009392

3.1.7. Sinergias o vínculos entre proyectos y otras intervenciones dentro del sector (MS - 4)

Tiene sinergía directa con el Proyecto GEF/PNUD Nº 809 Plan Nacional de Acción Estratégico para la Conservación de la Diversidad Biológica, Informe a la CBD. Éste proyecto ayudó al Gobierno de Chile a cubrir el vacío existente entre las actividades y la capacidad de identificación, conservación y manejo de la diversidad biológica del País, por medio de la preparación de la Estrategia Nacional para la Conservación de la Diversidad Biológica, el Plan de Acción para la implementación de la estrategia y la Primera Comunicación Nacional al COP de la CBD.

3.1.8. Indicadores (U - 2)

Durante la evaluación se ha encontrado que el equipo del Proyecto no pudo seguir los criterios y patrones establecidos para los indicadores según la técnica de programación llamada marco lógico. Esto, debido a que en la fase de diseño del Proyecto, los supuestos en los que se basaron los resultados a alcanzar fueron mal planteados. En general, el diseño del Proyecto adolece de fallas, al parecer, por una mala interpretación y por consiguiente una mala aplicación de la técnica del marco lógico.

Por lo tanto, los indicadores utilizados en el marco lógico en su mayoría son subjetivos y casi imposibles de medir, particularmente aquellos que se refieren al nivel de sensibilización de los actores locales. Como consecuencia de esta situación, no representan en forma fidedigna los resultados obtenidos durante la implementación del Proyecto.

3.1.9. Acuerdos de Manejo (Modalidad de Gestión) (HS - 6)

Éste Proyecto está siendo gestionado bajo la modalidad de Ejecución Nacional (NEX), que se refiere a la gestión por parte de una entidad gubernamental, en éste caso la CONAMA, y que se aplica cuando existe la adecuada capacidad en el Gobierno local de hacerse cargo de las funciones y actividades del proyecto.

Para ésta iniciativa el PNUD, como agencia implementadora, es signatario de contratos con proveedores a solicitud del Gobierno, y prevalecen las políticas y procedimientos del propio PNUD las cuales han sido aplicadas en total conformidad. Además, garantiza que los resultados esperados se logren por medio de una utilización efectiva y eficiente de los recursos del PNUD.

3.2. Implementación del Proyecto (Calificación Promedio para ésta sección HS - 6)

3.2.1. Planificación Financiera (S - 5)

Los presupuestos se han preparado con buen nivel técnico y profesional, y con la debida coordinación interna por los ejecutores y el equipo técnico; los requerimientos de información, métodos de monitoreo y control del PNUD-GEF han sido observados diligentemente, en especial en lo referente a información administrativa y financiera de las actividades proyectadas y ejecutadas.

Folio009393

A la fecha, el Proyecto ha sido costo-eficiente y todavía queda alrededor del 24% del presupuesto disponible para seguir ejecutando actividades y lograr mejores resultados. Sin embargo, los detalles sobre el co-financiamiento no están debidamente señalados por lo que no fue posible para el evaluador identificar individualmente la contribución “in kind” comprometida por las organizaciones gubernamentales según el PRODOC.

Por lo tanto, la tabla sobre planificación financiera que se incluye en los términos de referencia de esta evaluación, no pudo ser completada.

3.2.2. Monitoreo y Evaluación (HS - 6)

La unidad coordinadora del Proyecto ha llevado a cabo un seguimiento periódico de las actividades previstas en el PRODOC por medio de POAs, informes trimestrales y los reportes anuales exigidos por el GEF (PIRs), se puede decir que el seguimiento y control de actividades ha sido satisfactorio a la fecha de ésta evaluación.

Los informes anuales (PIR) han permitido analizar con mayor detenimiento y rigor los avances en resultados. Este mecanismo de control y seguimiento del proyecto ha sido eficiente y ha permitido al equipo monitorear y evaluar los avances logrados tomando como referencia el PRODOC que presenta significativos problemas de diseño.

3.2.3. Modalidades de Ejecución e Implementación (HS - 6)

La modalidad NEX ha probado ser la adecuada en el caso de Chile y particularmente en éste Proyecto la CONAMA ha funcionado de manera eficiente como agencia ejecutora.

3.2.4. Gestión por la Oficina del PNUD (HS - 6)

El PNUD ha sido efectivo en su participación en los procesos de selección, contratación de personal, expertos, consultores y en la definición de roles y funciones como agencia implementadora.

3.2.5. Temas de Coordinación y Operacionales (HS - 6)

El equipo de trabajo está bien afianzado y operacionalmente el Proyecto funciona con precisión. Existe una buena comunicación entre la agencia implementadora y la agencia ejecutora del mismo.

La coordinación de acciones con los beneficiarios del proyecto se ha realizado razonablemente bien y a juicio del evaluador no se perciben dificultades en lo que queda por realizar hacia la meta del Proyecto.

Folio009394

3.3. Resultados (Calificación Promedio para ésta sección S - 5)

3.3.1. Logro de Productos/Resultados y objetivos (MS - 4)

- **Meta:** avanzar en la maduración del Sistema de Áreas Protegidas de Chile, aumentando la representatividad de la Ecorregión Mediterránea chilena bajo áreas efectivamente protegidas y aumentando la contribución de los propietarios privados a los objetivos nacionales de áreas protegidas.

(S - 5) Se ha logrado aumentar la conciencia entre los propietarios del sector sobre la necesidad de proteger la diversidad biológica de los Altos de Cantillana. El Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), actualizado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en el año 2006, identificó los Altos de Cantillana como un área de valor natural y/o de interés silvoagropecuario y lo dividió con las siguientes categorías: a) Área de Protección Prioritaria; b) Área Bajo Protección Oficial; y c) Áreas Restringidas por Cordones Montañosos. Éstas corresponden a los territorios emplazados fuera de las áreas urbanizadas y urbanizables, que comprende las áreas de interés natural o paisajístico y/o que presentan vegetación y fauna silvestre, cursos o vertientes naturales de agua y que constituyen un patrimonio natural o cultural que debe ser protegido o preservado.

En las "áreas de valor natural y/o de interés silvoagropecuario" sólo se permite el desarrollo de actividades que aseguren la permanencia de los valores naturales y sus exclusivos usos son para fines científicos, culturales, educativos, recreacionales, deportivos y turísticos, con instalaciones mínimas e indispensables para su habilitación, siempre y cuando la autoridad competente haya calificado favorablemente un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Como ya se ha dicho, los propietarios de cuatro grandes propiedades colindantes y que, en su conjunto abarcan las zonas más valiosas de los Altos de Cantillana en términos de diversidad biológica, crearon en el año 2007 la organización no gubernamental Corporación Altos de Cantillana (Decreto Exento Nº 1882 del Ministerio de Justicia). Estos predios cedidos en comodato, que suman aproximadamente 12.000 hectáreas., han sido denominados “Reserva Natural Privada Altos de Cantillana” la cual será administrada por la ONG mencionada.

- **Logro del Propósito:** desarrollar un marco legal y de manejo público-privado que sea apropiado para los Altos de Cantillana, que se convierta en un modelo factible de ser repetido en otras áreas para la protección efectiva de la biodiversidad en tierras privadas.

(MU - 3) En su conjunto, si bien hay logros en los Productos esperados, el propósito del Proyecto se ha visto altamente afectado por el actual marco jurídico del País como se describe a continuación en el Producto 2.

- **Logro de Productos y Resultados:**

Producto 1: Tierras privadas dentro de un área núcleo de interés ecológico con un apropiado estatus de protección legal.

Folio009395

(MS - 4) Si bien no se ha creado ninguna figura legal de protección ni existe el respaldo legislativo para ello, los propietarios de la zona con mayor diversidad biológica de importancia global sí han aumentado sustancialmente su nivel de conciencia sobre la necesidad de protección del cordón montañoso y han creado una organización no gubernamental que servirá como unidad administrativa de la "Reserva Natural Privada Altos de Cantillana" un área protegida privada creada con las propiedades de los miembros de la organización.

Resultado 1.1. Zonificación Completa del Área (S – 5): Antes del diseño e implementación del Proyecto, el Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción, realizó por encargo de la CONAMA, una zonificación, para el área del proyecto, compuesta por 7 zonas: i) Preservación, ii) Conservación, iii) Amortiguamiento, iv) Manejo directo de recursos naturales, v) Histórico-cultural, vi) Cuerpos de agua y vii) Protección de cauces. Las dos primeras zonas, en conjunto, representan el "área de mayor valor ecológico".

Como actividad del Proyecto, se preparó un Plan Indicativo para el Área del Cordón de Cantillana que propone una zonificación con mayores detalles que la proposición hecha por el Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción. A continuación se ha contratado la preparación de Planes de Manejo Prediales que constituyen un filtro más fino de zonificación.

Resultado 1.2. Regulaciones legales para el uso y desarrollo de la tierra establecidas en el área del proyecto (S – 5): El PRMS del MINVU identificó los Altos de Cantillana como un área de valor natural y/o de interés silvoagropecuario donde sólo se permite el desarrollo de actividades que aseguren la permanencia de los valores naturales previa aprobación de un EIA. Al momento de la formulación del proyecto el reglamento para Áreas Protegidas de Propiedad Privada se encuentra aún trámite para su aprobación la que puede demorar un tiempo difícil de anticipar. Por lo tanto, este reglamento no ha sido oficialmente publicado por lo que no se ha contado con una de las bases de la protección legal con que se pretendía trabajar.

Resultado 1.3. Acuerdos para la conservación y el apoyo, en el largo plazo, del manejo de la tierra en el área de interés ecológico (S – 5): La Corporación Altos de Cantillana administra propiedades cedidas en comodato por sus propietarios las que suman aproximadamente 12.000 hectáreas del área de mayor valor en diversidad biológica, y que han sido denominados por la Corporación como "Reserva Natural Privada Altos de Cantillana".

Resultado 1.4 Implementar mecanismos de protección en áreas de interés ecológico (HU – 1): Al momento de ésta evaluación no se han identificado avances en éste Resultado debido a la falta de un marco legal que contemple la creación de áreas protegidas privadas en el País.

Producto 2: Un sistema de manejo público-privado sustentable en funcionamiento para los Altos de Cantillana.

(HU – 1): El Proyecto pretendía establecer una Corporación Público-Privada y formalizar su función, proporcionando un nuevo modelo de asociación público-privada para la conservación de la diversidad biológica en Chile. Sin embargo, dado el actual marco jurídico chileno ésta figura legal no ha sido factible.

Folio009396

Resultado 2.1 Corporación Altos de Cantillana establecida (HU – 1): No se ha podido crear la Corporación Público-Privada por lo que éste resultado no se ha logrado.

Resultado 2.2. Corporación en funcionamiento (HU – 1): No se ha podido crear la Corporación Público-Privada por lo que éste resultado no se ha logrado.

Resultado 2.3. Los mecanismos de financiamiento desarrollados para las operaciones de la Corporación en el largo plazo (HU – 1): No se ha podido crear la Corporación Público-Privada por lo que éste resultado no se ha logrado.

Producto 3: Un programa conjunto de fiscalización efectiva funcionando para aumentar el cumplimiento con las regulaciones ambientales en los Altos de Cantillana.

(MU – 3): El programa conjunto de fiscalización no pudo ser logrado ya que la iniciativa podría transformarse en letra muerta al momento en que el Proyecto de Ley que crea el Ministerio del Medio Ambiente y la Superintendencia de Fiscalización fuese aprobado. Sin embargo sí hubo logros, tales como la preparación participativa de un manual para el intercambio de información sobre fiscalización.

Este manual constituye una innovación en la forma de traspasar información entre organismos no gubernamentales, implementándose a través de un sitio Web que ahorra tiempo y costos en el envío de oficios y documentos. Actualmente, el manual se encuentra firmado por los jefes de organismos gubernamentales y los profesionales fiscalizadores designados se encuentran en un periodo de capacitación para el uso del sitio colaborativo (Web).

Resultado 3.1. Se diseñará un Programa conjunto de fiscalización (HU – 1): Tal como se menciona anteriormente, el Programa no pudo ser creado.

Resultado 3.2. Fortalecimiento institucional de los servicios públicos con competencia ambiental y de los municipios (S – 5): El manual para el intercambio de información sobre fiscalización establece nuevas formas de participación entre servicios públicos evitando que se dupliquen esfuerzos al fiscalizar temas ambientales. Además el programa para la instalación de un SIG municipal basado en software libres está funcionando correctamente, en cuatro municipalidades involucradas en el Proyecto con el respectivo entrenamiento de los funcionarios a cargo del sistema.

Resultado 3.3. Programa de fiscalización en funcionamiento (MS – 4): Tal como se menciona anteriormente, el Programa no pudo ser creado. Sin embargo, un nuevo sistema de intercambio de información sobre fiscalización por medio de un sitio Web especialmente diseñado con éste fin sí se encuentra en funcionamiento.

Producto 4: Planes de manejo de terrenos privados funcionando para la conservación de los recursos naturales en propiedades dentro de la zona núcleo con interés ecológico.

(HS - 6): Se ha desarrollado un Plan Indicativo para el Área del Cordón de Cantillana que abarca el área total del Proyecto y una Profundización de la Línea de Base Ambiental y Ecológica del Sector de Mayor Valor Ecológico del Cordón de Cantillana. Actualmente existen dieciséis planes de manejo predial en funcionamiento.

Folio009397

Resultado 4.1. Plan de manejo indicativo para el área del proyecto (HS – 6): Tal como se ha mencionado anteriormente el Plan Indicativo para el área del Cordón de Cantillana para el área total del Proyecto, ya ha sido preparado utilizando la Herramienta de Seguimiento para la Efectividad del Manejo (METT) y se encuentra bajo implementación.

Resultado 4.2 Planes de manejo para al menos once (11) propietarios del área del proyecto (HS – 6): En total 12 propietarios han decidido en forma voluntaria contar con un plan de manejo para sus predios hasta el momento.

Resultado 4.3. Fortalecimiento del diseño y monitoreo del plan, con información para la conservación de especies (S – 5): Si bien el Plan Indicativo para el Área del Cordón de Cantillana consiste sólo en una zonificación de los Altos de Cantillana, sí se desarrolló una consultoría para determinar información sobre las especies de la zona mejorando los datos existentes. La consultoría entregó el documento "Profundización de la Línea de Base Ambiental y Ecológica del Sector de Mayor Valor Ecológico del Cordón de Cantillana".

Producto 5: Actividades ambiental y económicamente sustentables funcionando para reducir la degradación y aumentar la conservación en terrenos privados.

(MU – 3): Durante el 2007 se diseñó el Programa de Fomento Productivo Sustentable (PFPS). Al momento de esta evaluación se están desarrollado proyectos sustentables en el área de los Altos de Cantillana con agricultores de Alhué y proyectos turísticos de la reserva privada.

Resultado 5.1. Programas y/o proyectos ambientalmente sustentables identificados e implementados (MU – 3): El PFPS fue diseñado y se encuentra en su fase de ejecución identificando posibles proyectos ambientalmente sustentables que pudiesen llevarse a cabo en los Altos de Cantillana por medio de la identificación de vocaciones productivas de las comunas aledañas al proyecto. Éstos serán orientados tanto a los grandes como a los pequeños propietarios.

Resultado 5.2. Ayuda técnica y financiera para ideas de negocios individuales (MU – 3): Tal como se menciona en el Resultado 5.1. antes descrito, se están identificando posibles proyectos ambientalmente sustentables que pudiesen llevarse a cabo en los Altos de Cantillana. A su vez, se están identificando ayudas técnicas que vayan de la mano con las iniciativas que se desarrollen a futuro. Se ha apoyado a la Reserva Privada Altos de Cantillana, en todo lo que se refiere a componentes técnicos y búsqueda de financiamiento. Asimismo, se ha colaborado en la conformación de un grupo de apicultores del cajón de pichi (Alhué) quienes presentarán un proyecto a CORFO con la ayuda del Proyecto.

Producto 6 (HU – 1): El mecanismo público-privado de Altos de Cantillana para el manejo de áreas protegidas es reproducido sobre un área más amplia e incorporado dentro de las estrategias y sistemas nacionales de conservación.

(HU – 1): Dado el actual marco jurídico chileno la creación de una Corporación Público-Privada ha sido inviable.

Folio009398

Resultado 6.1 Se implementa un programa de sensibilización como vehículo para la aceptación local y la replicación (HU – 1): Sin la creación de la Corporación Público-Privada éste resultado no ha sido factible.

Resultado 6.2. Mecanismos desarrollados para aumentar la repetición de la experiencia en la región Metropolitana y a nivel nacional (HU – 1): Sin la creación de la Corporación Público-Privada éste resultado no ha sido factible.

Producto 7: El aprendizaje, la evaluación y el manejo adaptativo han aumentado para mejorar el impacto del proyecto.

(MS – 4): El Proyecto ha contado con un adecuado sistema de Monitoreo y Evaluación que hasta la fecha que incluye Planes Operativos Anuales, PIRs y QRs periódicos.

3.3.2. Sostenibilidad (HS - 6)

La sostenibilidad financiera es posible para la "Reserva Natural Privada Altos de Cantillana" ya que por medio de la organización no gubernamental Corporación Privada Altos de Cantillana, es posible recaudar fondos tanto a nivel nacional como internacional para continuar con la iniciativa. En cuanto a la sostenibilidad Socio-Política esta misma organización no gubernamental se muestra interesada en que los beneficios continúen y creen lograrlos por medio de su propia organización y de la "Reserva Natural Privada Altos de Cantillana".

Como se ha dicho, el actual marco institucional no permitió la creación de una Corporación Público-Privada pero al menos, la organización no gubernamental Corporación Privada Altos de Cantillana, formada por los propietarios de los terrenos de mayor valor en diversidad biológica, tiene asegurada la gobernabilidad de la "Reserva Natural Privada Altos de Cantillana" para los próximos años. Además, se espera que en un futuro cercano existan las facilidades legales para crear áreas protegidas privadas en el país una vez que se apruebe por la Contraloría General de la República el correspondiente reglamento, lo que ayudaría a replicar ésta experiencia con herramientas legales en otros lugares de Chile.

La "Reserva Natural Privada Altos de Cantillana" ya está protegiendo cerca de 12.000 hectáreas de la Ecorregión Matorral Chileno por lo que se considera que por medio de éste resultado, se está asegurando la sustentabilidad de la mayor y más valiosa diversidad biológica del área. A su vez el PFPS ya está buscando proyectos que se pudiesen desarrollar con el fin de otorgar opciones ambientalmente sustentables de complemento a las actividades económicas actuales de los pequeños propietarios que viven aledaños a la Reserva, lo que ayudaría a disminuir la degradación del sector periférico de la misma.

3.3.3. Contribución a mejorar las habilidades de personal nacional/local (HS - 6)

El Proyecto ha contribuido significativamente a incrementar las habilidades de las instituciones públicas participantes en el Proyecto y de las organizaciones de base de la comunidad local. Los estudios y consultorías complementarias llevadas a cabo han significado un positivo aporte para las organizaciones y los profesionales involucrados en éste Proyecto, así como una oportunidad para las algunas universidades de participar en la iniciativa e incrementar el conocimiento y profesionalismo local. Para los organismos

Folio009399

gubernamentales, tales como gobernaciones provinciales y municipalidades, el Proyecto ha servido para posicionar mejor la causa de la conservación y el desarrollo sustentable.

Por medio de la implementación del PFPS se espera otorgar apoyo a las iniciativas ambiental y socialmente amigables que emprendan tanto la comunidad como las empresas involucradas en el Proyecto, lo que se traduce en una mejora de la formación profesional y de las expectativas de mejora de vida de la población participante

Folio009400

4. Recomendaciones

Como conclusión de ésta evaluación, se recomienda una readecuación de algunos productos (outcomes) y resultados (outputs) del Proyecto "Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana" y una extensión de la duración del mismo para lograr un buen éxito en su implementación durante el periodo que aún queda por desarrollar.

En este sentido, se recomiendan las siguientes acciones correctivas en el diseño original del Proyecto (PRODOC):

- **Producto 1: Los terrenos privados dentro del área núcleo de interés ecológico poseen un apropiado estado de protección legal.**

Se esperaba contar con una figura legal de protección para el Cordón Altos de Cantillana, sin embargo, la creación de Áreas Protegidas Privadas en Chile cuenta con barreras legales que de momento son muy difíciles de eliminar. Por lo tanto se recomienda que se re-oriente éste producto hacia la consolidación de la **Reserva Natural Privada Altos de Cantillana**, creada por propietarios del sector y que tiene una superficie de 12.000 hectáreas. Esta Reserva protege una parte importante de la zona de mayor valor en términos de diversidad biológica de Altos de Cantillana.

Para la creación de la Reserva, los propietarios han formado una Corporación de Derecho Privado sin fines de lucro, llamada **Corporación Altos de Cantillana,** en la que cada propietario ha otorgado a la Corporación la entrega de sus propiedades en comodato simple permitiéndole de esta manera una tuición legal ante lde los terrenos cedidos.

Esta Corporación será la encargada de administrar (manejar) la Reserva y deberá buscar los mecanismos de financiamiento para su adecuado manejo. Esta es una tarea de enorme magnitud y responsabilidad para una organización sin fines de lucro que recién se inicia, por lo que es determinante el apoyo con fondos iniciales para su fortalecimiento. Esta asignación de fondos, sin embargo, debe ir acompañada con una capacitación en técnicas de recaudación de fondos, capacidad gerencial y lo que es muy importante, técnicas de manejo eficiente de áreas protegidas.

- **Producto 2: Esta instalado un sistema sustentable de manejo público-privado para los Altos de Cantillana.**

Teniendo en cuenta que la creación de una Corporación Público-Privada originalmente propuesta en éste Producto se ha visto obstaculizada por el actual marco jurídico del País, se recomienda buscar una institucionalidad alternativa para la coordinación de esfuerzos para la conservación de la diversidad biológica de los Altos de Cantillana. Debe explorarse la reasignación de presupuesto hacia resultados viables en lo que resta del Proyecto.

Aunque el **Comité Público – Privado** ha mostrado dificultades en su dinámica de trabajo, es una instancia efectiva para la discusión de temas de interés tanto para los organismos gubernamentales como para los propietarios privados preocupados por la conservación de Altos de Cantillana, tanto de su zona núcleo como de su zona de influencia. En otras palabras, ha sido el punto de encuentro que ha permitido afianzar la necesidad de

Folio009401

conservar la diversidad biológica de Altos de Cantillana. Ha faltado la participación de los gobiernos locales (Municipios) en este Comité. Es importante incluirlos puesto que muchas decisiones que pueden afectar, positivamente o negativamente, a la conservación de la diversidad biológica en los Altos de Cantillana, se toman en los municipios.

En este contexto, se recomienda mantener la figura del **Comité Público – Privado**, considerando que se le pueda denominar de otra manera, y fortalecer su mecanismo de función para hacerlo más dinámico. A modo de ejemplo, deberían establecerse términos de referencia o una normativa de trabajo para el Comité con el fin de lograr una mayor eficiencia en el cumplimiento de las fechas para sesionar y de esta manera, optimizar la toma de decisiones.

El nivel siguiente en el sistema de manejo del Proyecto lo constituye el actual **Equipo Co-Financiador** que bajo un nombre distinto, según el PRODOC, ha sido un apoyo importante en el logro de resultados del Proyecto. Es aquí donde se puede encontrar la sostenibilidad del Proyecto una vez que éste haya terminado. Se recomienda también definir términos de referencia o normas de trabajo para este **Equipo Co-Financiador** de manera de prepararlo para su función coordinadora de los proyectos y actividades que dejará en funcionamiento el Proyecto GEF al término del mismo.

- **Producto 3: Está funcionando un programa conjunto de fiscalización efectiva para aumentar el cumplimiento de las regulaciones ambientales en los Altos de Cantillana.**

Las actividades desarrolladas en este Producto hasta el momento van bien encaminadas. Se ha preparado participativamente un manual para el intercambio de información que introduce una innovación en la forma de traspasar información entre los organismos gubernamentales utilizándose para ello un sitio web. Esto permite ahorrar tiempo y costos puesto que se reemplaza el envío de información por medios escritos.

Este manual se ha preparado con el compromiso oficial de los organismos gubernamentales responsables de la fiscalización de ilícitos y sus instrucciones se cumplirán en los plazos y periodos de entrega de información según se acuerde. CONAMA RM se hará responsable y liderará la continuación de este Producto y actualizará, tanto el Manual como el sitio Web, una vez que termine el proyecto GEF. En este contexto, la recomendación que tiene lugar es afianzar lo logrado.

- **Producto 4: Los planes de manejo de terrenos privados están funcionando para la conservación de los recursos naturales en propiedades dentro de la zona núcleo con interés ecológico.**

Este Producto se encuentra bien diseñado y bien implementado por lo que no hay mayores recomendaciones que hacer. Aún así, debería incluirse como actividad adicional la preparación de planes de gestión ambiental en los Municipios, aprovechando la experiencia ganada en la preparación del plan de gestión ambiental para la cuenca de Aculeo ubicada en la Comuna de Paine.

Folio009402

- **Producto 5: Se realizan actividades ambiental y económicamente sustentables para reducir la degradación y aumentar la conservación en terrenos privados.**

El Programa de Fomento Productivo fue bien diseñado y actualmente se están explorando las distintas opciones que hay para generar proyectos ambientalmente sustentables con los cuales tanto, los grandes como los pequeños propietarios, puedan beneficiarse por medio de la agricultura, el turismo y la minería sustentables. Se recomienda continuar con el trabajo y lograr la implementación de éstas iniciativas durante el periodo de duración que aún queda del Proyecto.

- **Producto 6: Se ha replicado el mecanismo público-privado de los Altos de Cantillana para el manejo de áreas protegidas sobre un área más amplia e incorporado a las estrategias y sistemas de conservación.**

La Corporación Público-Privada no se ha podido crear y por lo tanto, éste producto no ha sido logrado en su totalidad. Sin embargo, se ha logrado poner en práctica mecanismos eficientes para aumentar la conciencia respecto a la importancia de conservar la diversidad biológica de Altos de Cantillana entre los propietarios de predios privados. Un buen ejemplo de los logros alcanzados es la creación, por parte de propietarios privados, de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana en sus propios predios. Las experiencias ganadas en el desarrollo de este Producto son recomendables de difundir a modo de estímulo en situaciones similares que puedan existir en otros lugares del país.

- **Producto 7: Aumento del aprendizaje, la evaluación y el manejo adaptativo para mejorar el impacto del proyecto.**

El Consultor no identifica conflictos en éste Producto por lo que se recomienda no modificarlo.

- **Modificar el marco Lógico.**

Se recomienda modificar el Marco Lógico para reflejar los cambios recomendados y al mismo tiempo, re-estructurar los indicadores con el fin de medir de mejor forma los logros obtenidos durante la implementación del Proyecto.

- **Extensión de la duración del proyecto.**

El Proyecto expira el 31 de diciembre de 2009 lo que no le permitirá desarrollar los productos y resultados esperados especialmente si deben hacerse modificaciones sustanciales a su diseño original según el PRODOC.

Por esta razón, el Consultor recomienda una extensión de la ejecución del Proyecto hasta el 30 de Septiembre de 2010 siendo ésta la única manera de lograr los productos (outcomes) y resultados (ouputs) que se espera lograr.

Folio009403

5. Lecciones Aprendidas

El diseño del Proyecto contempló una meta y un objetivo muy ambiciosos. Para obtener la meta y el objetivo se estableció una excesiva cantidad de productos y resultados cuya implementación ha sido muy difícil de lograr. A esto se agrega la creación de un sistema de manejo del proyecto muy complejo y difícil de poner en práctica. El proyecto tomo como principal antecedente el **"Acuerdo Público-Privado para la Conservación del Cordón de Cantillana"**, firmado el año 2005 por 16 reparticiones públicas, 5 municipios y 13 propietarios privados que tomó casi tres años de discusión.

Este acuerdo se instrumentaliza a través de un **Comité Público –Privado** (que se reúne 3 veces al año), y en el que participan todos los signatarios del Acuerdo, y un **Comité Ejecutivo** (con reuniones mensuales). El proyecto GEF asumió este esquema de manejo y denominó **Comité Directivo**, al primero, y **Comité Asesor**, al segundo. Este **Comité Asesor** luego paso a denominarse **Equipo Formulador del Proyecto** y esta formado por la CONAMA RM, el SAG RM y la CONAF RM y la Gobernación de Maipo y tienen el rol de co-ejecutores y aportan el cofinanciamiento. En la actualidad, el **Equipo Formulador** es denominado **Equipo Co-financiador** y participa en la asesoría, operación y discusión periódica del proyecto.

Este sistema de manejo no ha podido funcionar con la eficiencia esperada dificultando de esta manera el logro de las metas, objetivos, productos y resultados del Proyecto. Por otro lado, se establecieron supuestos y expectativas que no se pudieron cumplir lo que se expresa en la imposibilidad de crear legalmente la Corporación Público-Privada para los Altos de Cantillana.

Esta es una lección que debe tenerse en cuenta en proyectos similares en los que se pretenda lograr la participación público-privada para desarrollar un proyecto de conservación de la diversidad biológica. En un escenario distinto, el diseño del proyecto debería establecer metas, objetivos, productos y resultados posibles de alcanzar y consensuados con los propietarios privados, los organismos gubernamentales y los gobiernos locales (municipalidades). Los productos a lograr y los resultados esperados deberían ser analizados conjuntamente para identificar los obstáculos que dificulten su consecución para, de este modo, no crear expectativas difíciles o imposibles de satisfacer. Debe buscarse la manera de establecer un sistema de manejo público-privado simple y práctico.

El Proyecto se generó con un apoyo y voluntad política del más alto nivel para lograr su meta y objetivo. Sin embargo, este apoyo y voluntad política no fue asumido con la misma fuerza por los organismos gubernamentales que se relacionan con el proyecto. El apoyo de los organismos gubernamentales a un proyecto como este, debe ser priorizado y establecido como una actividad permanente de manera que cuando se produzca un cambio en la jefatura del organismo gubernamental, el apoyo institucional continúe sin interrupción y no quede al arbitrio de la nueva jefatura o autoridad continuarlo o no.

Los propietarios de Altos de Cantillana constituyen un sector determinante para la formación de alianzas para la conservación. Sin embargo, ellos no están unidos con respecto a sus intereses. Dentro de los propietarios privados de Altos de Cantillana existen compañías privadas (mineras, agro-industria, agricultura) que utilizan los recursos naturales como suministros productivos y otros que tienen interés en la conservación de la naturaleza. Por lo tanto, no hay uniformidad de intereses y motivaciones respecto al uso

de Altos de Cantillana. Estas motivaciones e intereses deben ser consideradas en el diseño y ejecución de un proyecto de las características de Altos de Cantillana para responder hasta donde sea posible a sus expectativas.

Folio009405

6. Anexos

6.1. Lista de documentos revisados

- PRODOC
- Quarterly Reports (2006, 2007 y 2008)
- PIR (2006, 2007 y 2008)
- POA (2007, 2008)
- Conclusiones Informe Poblacional.
- Consultoría de “Sistema Sustentable de Manejo Público-Privado para los Altos de Cantillana”, 2007.
- Diseño de un Modelo de Fiscalización Conjunta para el Sector del Cordón de Cantillana, 2007.
- Diseño y Ejecución de un Programa de Gestión Ambiental Participativo para la Cuenca de Aculeo. Región Metropolitana de Santiago, 2008.
- Plan de Acción “Cordón de Cantillana” 2005 – 2010.
- Plan de Comunicaciones, 2007.
- Plan Indicativo para el Área del Cordón de Cantillana, 2008.
- Profundización de la Línea de Base Ambiental y Ecológica del Sector de Mayor Valor Ecológico del Cordón de Cantillana, 2007.
- Programa De Fomento Productivo Sustentable, 2008.

Folio009406

6.2 Lista de personas entrevistadas

(1) Cristóbal Barros. Ex integrante del equipo del proyecto GEF Altos de Cantillana.

(2) Claudio Nilo. Ex integrante del equipo del proyecto. Actualmente Sub Jefe del Departamento de Recursos Naturales de CONAMA Nacional.

(3) Paulina Urtasun. CONAMA Región Metropolitana.

(4) Joaquín Solo de Saldívar. Propietario y Secretario Ejecutivo de la Corporación Cordón de Cantillana.

(5) Miguel Stutzin. Jefe del Departamento de Recursos Naturales de CONAMA Nacional.

(6) Yoonit Sepúlveda. Alcalde de la Municipalidad de Alhué.

(7) Carlos Ravanal. CONAF Región Metropolitana.

(8) Diego Urrejola. Coordinador del Proyecto GEF Altos de Cantillana.

(9) Fabiola Fariña. Proyecto GEF Altos de Cantillana.

6.3 Cuestionario utilizado en las entrevistas

6.3.1 Cuestionario

¿Cómo se originó la idea del Proyecto?

¿Cómo se logró la participación de actores en el diseño del Proyecto?

A su juicio ¿Cuáles han sido los obstáculos en la creación del Sistema de Gestión Público – Privado (SGPP) en los Altos de Cantillana?

A su juicio ¿Cómo ha afectado positiva o negativamente el avance del Proyecto en los propietarios privados?

A su juicio ¿Cuáles son los logros más importantes del Proyecto?

A su juicio ¿Cuáles son las debilidades del Proyecto?

A su juicio ¿Cómo visualiza usted la sustentabilidad del Proyecto una vez finalizado el aporte del GEF-PNUD?

A su juicio ¿Cree que éste Proyecto pueda replicarse en otros lugares de Chile?

Folio009407

6.4. Términos de referencia de la evaluación

1. Introducción

Antecedentes y justificación

Cumpliendo con sus compromisos en el Convenio sobre Diversidad Biológica, el Gobierno de Chile elaboró la Estrategia Nacional para la Conservación de la Biodiversidad, en la que destaca el sector de los Altos de Cantillana, en la Región Metropolitana de Santiago, área que abarca una superficie aproximada de 205.300 há de la Cordillera de la Costa y comprende parte de las comunas de San Pedro, Alhué, Melipilla, Paine e Isla de Maipo.

Sobre la base de las atribuciones generales de CONAMA como ente coordinador y propositivo en materias ambientales, dentro de ellas la protección y conservación de la naturaleza, esta Institución ha trabajado en conjunto con los organismos del Estado competentes en la materia y con propietarios de la zona, en el establecimiento de un Acuerdo Público – Privado para la conservación del Cordón de Cantillana, cuyo proceso de suscripción concluyó en abril de 2005, encontrándose actualmente en plena vigencia.

Junto a lo anterior, se está ejecutando desde agosto del año 2005 el Proyecto "Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana, Chile", co-financiado por el Gobierno de Chile y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF), a través de la implementación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la ejecución de CONAMA RMS. El proyecto está orientado a establecer un sistema de gestión público – privado que sea sustentable en el tiempo y replicable en otras áreas del País, que potencie el desarrollo sustentable de la zona.

Este proyecto está asociado a siete grandes productos que enmarcan iniciativas de protección, de gestión y difusión, a saber: (1) Tierra privadas dentro de un área núcleo de interés ecológico con un apropiado estatus de protección legal; (2) Un sistema de manejo sustentable publico – privado en funcionamiento para los Altos de Cantillana; (3) Un programa conjunto de fiscalización efectiva funcionando para aumentar el cumplimiento con las regulaciones ambientales en los Altos de Cantillana; (4) Planes de manejo de terrenos privados funcionando para la conservación de los recursos naturales en propiedad dentro de la zona núcleo con interés ecológico; (5) Actividades ambiental y económicamente sustentables funcionando para reducir la degradación y aumentar la conservación en terrenos privados; (6) El mecanismo público-privado de Altos de Cantillana para el manejo de áreas protegidas es reproducido sobre un área más amplia e incorporado dentro de las estrategias y sistemas nacionales de conservación; (7) El aprendizaje, la evaluación y el manejo adaptativo han aumentado para mejorar el impacto del proyecto.

Política de Monitoreo y Evaluación (M&E) de PNUD/GEF

La política de monitoreo y evaluación (M&E) de proyectos de PNUD/GEF tiene cuatro objetivos: (i) monitorear y evaluar resultados e impactos; (ii) proporcionar elementos para la toma de decisiones y la realización de enmiendas y mejoras necesarias; (iii) promover la responsabilidad en el uso de los recursos; (iv) documentar, retroalimentar y difundir las lecciones aprendidas.

Para asegurar la efectividad del M&E de los proyectos, se utiliza un conjunto de herramientas aplicables en forma continua durante la vida del proyecto, por ejemplo: monitoreo periódico de indicadores; revisiones de medio término; informes de auditorías y evaluaciones finales.

De acuerdo con la políticas y procedimientos de PNUD/GEF para M&E todos los proyectos apoyados por GEF, debe realizar una evaluación de medio término y otro al final de su implementación. Las evaluaciones finales tienen por objeto determinar la importancia, el funcionamiento y el éxito del proyecto; buscar muestras del impacto potencial y la sostenibilidad de resultados, incluyendo la contribución del proyecto al desarrollo de capacidades y el logro de metas ambientales globales. Las evaluaciones de medio término tienen por objeto: identificar problemas

Folio009408

potenciales de diseño del proyecto, establecer los avances a través del cumplimiento de los objetivos, identificar y documentar las lecciones aprendidas (incluyendo las recomendaciones que puedan mejorar el diseño y la puesta en práctica de otros proyectos del PNUD/GEF), y hacer recomendaciones sobre las acciones especificas que se podrían realizar para mejorar el proyecto. Se espera que la evaluación de medio término pueda validar o llenar los vacíos en lo que concierne la determinación inicial de relevancia, efectividad y eficiencia del monitoreo del proyecto. La evaluación de medio término proporciona la oportunidad de establecer los sígnales tempranos de éxito o fracaso del proyecto y promueve los ajustes necesarios.

En este contexto se requiere contratar la evaluación de medio término del proyecto Conservación de la biodiversidad en los Altos de Cantillana de Chile.

2. Objetivos de la evaluación

La evaluación de medio término tiene como fin proporcionar una revisión del progreso de la implementación del proyecto, identificar problemas potenciales en el diseño del proyecto, asesorar el cumplimiento de los objetivos, identificar y documentar lecciones aprendidas, así como hacer recomendaciones sobre acciones específicas que pueden ser tomadas para mejorar el proyecto. Con esta evaluación existe la oportunidad de conocer y tener indicios anticipados sobre el éxito o fracaso del proyecto, e impulsar los ajustes necesarios. En este contexto el propósito de la presente consultoría es evaluar el cumplimiento de los objetivos y productos del proyecto, en la mitad del periodo de ejecución, en relación con el Plan Detallado de Trabajo y los respectivos Planes de Trabajo Anuales aprobados por el PNUD. Ademas, en este caso tanto el PNUD como el proyecto han detectado la necesidad de hacer un ajuste a la estrategia del proyecto para poder avanzar mejor hacia lograr resultados y por si los objetivos finales del propuesta. Por lo mismo la evaluación deben también incluir una apreciación sobre la pertinencia de la propuesta de ajuste y proporcionar recomendaciones y orientaciones para mejorarlo.

3. Alcance de la evaluación

En términos generales, la evaluación de medio término debe tratar los siguientes aspectos y preguntas relacionados con el proyecto:

• Diseño del proyecto: ¿Qué tan vigente y válido es el diseño del proyecto desde su elaboración original, y se puede identificar su contribución o no al alcance de los objetivos establecidos? Con las experiencias adquiridas hasta la fecha y en vista de la situación actual de capacidades de las instituciones y el proceso de creación de una nueva institucionalidad ambiental en el país, ¿Se debería ajustar o modificar de alguna manera la estrategia del proyecto?

• Impacto: ¿El proyecto está haciendo un progreso satisfactorio hacia el impacto previsto?

• Indicadores: ¿Los indicadores identificados son válidos o deben ser modificados? ¿Los indicadores reflejan el conjunto completo de los objetivos del proyecto y cambian el énfasis del proyecto de alguna manera? ¿Se han tomado medidas de línea base para la zonificación de las áreas y definir la estrategia de sostenibilidad de las áreas? ¿Si no, cómo se puede ajustar éstas para mejorar la mensurabilidad del impacto del proyecto?

• Implementación y ejecución: ¿Están operando de manera eficiente y efectiva las modalidades de implementación y ejecución del proyecto? ¿Existe una división clara de roles y responsabilidades entre todos los actores del proyecto? ¿Hay una comunicación efectiva entre todos los grupos participantes? ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades? ¿Cómo pueden mejorar las modalidades de implementación y ejecución? ¿Han sido los costos de administración razonables? ¿Cómo se desarrolló la entrega de los aportes de cofinanciamiento (respecto del cronograma de entrega, montos, tasa de cambio, etc.- especial énfasis debe ser dado a este tema)?

Folio009409

• Correcciones: Mientras que el proyecto entra en su fase final, ¿Qué clase de correcciones se deben hacer para mejorar el impacto en línea con los objetivos originalmente establecidos?

• Lecciones aprendidas: por ejemplo,

- ¿Cómo se pudo haber logrado alcanzar más eficientemente y efectivamente los impactos/resultados?

- ¿Qué particularmente ha funcionado bien y puede ser considerado como "mejor práctica"?

- ¿Qué no se debería haber hecho porque tuvo un impacto pequeño o negativo sobre el objetivo general?

Además de un análisis descriptivo, la evaluación debe calificar el proyecto a 5 niveles: (i) En términos generales (overall); (ii) Concepto y diseño; (iii) implementación; (iv) logro de productos y resultados, y (v) progreso hacia los objetivos/impactos utilizando las siguientes divisiones de categorías: Altamente Satisfactorio (AS), Satisfactorio (S), Moderadamente Satisfactorio (MS), Moderadamente Insatisfactorio (MI), Insatisfactorio (I), Altamente Insatisfactorio (AS). Favor ver Anexo 2 para la explicación de la terminología GEF.

Temas especiales a ser considerados

En su análisis, el consultor deberá dar especial énfasis en:

a) Las estrategias de implementación de las acciones del proyecto, según los resultados obtenidos a medio término y, en base a ese análisis, evaluar las propuestas de cambio sustantivo a las estrategias establecidas.

b) Para determinar el nivel de logros de los resultados actuales del proyecto y constituir una base de reflexión para una mejor orientación de ciertos aspectos del proyecto, los siguientes tres criterios deberán ser evaluados:

- Relevancia: ¿Fueron los resultados del proyecto a medio termino consistentes con las áreas focales/estrategias del programa operacional y prioridades de país? Los evaluadores deben medir también el grado en que los resultados especificados en el documento del proyecto son realmente resultados y no productos o insumos.

- Efectividad: ¿Son los resultados del proyecto a medio termino proporcionales a los resultados esperados (como están descritos en el documento de proyecto) y a los problemas que el proyecto pretendía abordar (ej.: objetivos de proyecto originales o modificados)? En caso de que los resultados originales o modificados sean solo productos/insumos, entonces los evaluadores deben medir si hubo algún resultado real del proyecto, y si lo hubo, entonces, si los mismos son proporcionales con las expectativas realistas de estos proyectos.

- Eficiencia: ¿Fue el proyecto, a medio termino, costo efectivo? ¿Fue el proyecto la opción de menor costo? ¿Está la implementación del proyecto retrasada a medio término, y si lo está, afectó esto la efectividad de costo? Cuando sea posible, el evaluador debe comparar también la relación costo-tiempo vs. resultados del proyecto a medio termino con otros proyectos similares.

La evaluación de relevancia, efectividad y eficiencia debe ser tan objetiva como sea posible e incluir suficiente y convincente evidencia empírica. Idealmente el sistema de monitoreo del proyecto debe entregar información cuantificable que nos lleve a una evaluación robusta de la efectividad y eficiencia del proyecto.

Folio009410

4. Productos esperados de la evaluación

El producto principal es el reporte de la evaluación siguiendo una pauta similar al ejemplo en Anexo 1 pero con una sección específica sobre recomendaciones para el ajuste de la estrategia del proyecto, enfatizando los siguientes aspectos:

a) Análisis de contexto actual que permita tomar decisiones respecto a las estrategias a seguir en la segunda parte del proyecto.

b) Objetivos del proyecto adaptados al escenario establecido en el punto anterior, de manera de establecer las metas alcanzables en el tiempo que le resta al proyecto.

c) Resultados esperados establecidos según criterio de contexto y priorización en relación a los actores involucrados en su desarrollo.

d) Indicadores mínimos (si es posible) para señalar y guiar el logro de resultados, poniendo énfasis en la simplicidad de los indicadores.

e) Propuesta de estrategias para la implementación de las acciones del proyecto que sean acordes con la priorización de objetivos y resultados establecidos.

5. Metodología de la evaluación

Esta evaluación será llevada a cabo de manera participativa, ya que el propósito principal de la evaluación es mejorar el proyecto. Por lo tanto, todos los participantes deben entender e identificarse por completo con el reporte de evaluación. La evaluación de este proyecto empezará con una revisión de la documentación clave del proyecto. Las principales fuentes de información para esta evaluación SERAN:

- Documento de proyecto, (Anexo 3)
- Plan Detallado de Trabajo original del proyecto
- Planes Anuales de Trabajo (2006, 2007 y 2008).
- Informes de ejecución
- METTS
- PIRs
- QORs
- Documentación pertinente y relevante que esté disponible en relación con el proyecto, sus actividades, resultados y productos.

Estos serán parte de los insumos para la elaboración del reporte de evaluación de medio término. También se debe contemplar entrevistas con todos los involucrados, incluyendo personal clave que ha colaborado y/o participado en algún momento en el desarrollo. Se debe llevar acabo visitas de campo, con el fin de observar directamente las actividades del proyecto.

6. Evaluador

El consultor independiente llevará a cabo la evaluación de medio término de este proyecto, y tendrá un perfil profesional con un amplio rango de destrezas y conocimientos – experiencia analítica y de evaluación, habilidades en aspectos técnicos del proyecto, en asuntos de conservación de la biodiversidad e institucionalidad, así como experiencia con asuntos de desarrollo social y económico. El evaluador deberá también tener un conocimiento actualizado de las estrategias y políticas del GEF.

Folio009411

El consultor será responsable de presentar el informe de evaluación. La contratación del consultor será financiada por el presupuesto del proyecto. Este presupuesto esta incluido en la sección 7.

El consultor debe poseer a lo menos:
a) Experiencia de 5 años en trabajos similares;
b) Reconocidas capacidades para trabajar en equipos multidisciplinarios, y
c) Conocimientos aplicados de planificación y evaluación estratégica.

Bajo la supervisión directa del Coordinador del Proyecto, el consultor deberá realizar las siguientes actividades:

a) Revisar la documentación descrita en el punto 5 de los presentes términos de Referencia.

b) Realizar entrevistas, reuniones de trabajo y/o talleres con los actores institucionales claves del proyecto, incluyendo a la Unidad de Coordinación del Proyecto (UCP), Organismo Ejecutor, miembros del Comité Público-Privado, representantes de instituciones públicas, entre otros. La metodología para la recopilación de opiniones y su posterior sistematización y análisis, deberá ser propuesta por el consultor en conformidad a los criterios que se establezcan en el plan de trabajo.

c) Preparar un Informe Final de Evaluación y presentarlo a la Unidad de Coordinación del Proyecto para su análisis y retroalimentación.

d) Elaborar recomendaciones para fortalecer la continuidad de las acciones del proyecto en el marco de los objetivos alcanzados.

7. Arreglos para implementar la evaluación

Duración

El consultor deberá:

Actividad	Plazo*
Revisar la documentación enviada, (esta documentación incluye antecedentes y documentos de diseño del proyecto)	7 días
Una vez revisada la documentación del proyecto, realizar visitas (campo y instituciones involucradas) y entrevistar a personas seleccionadas	21 días
Validación de los hallazgos preliminares con la Oficina de campo de UNDP y co-ejecutores (a través de una presentación escrita y verbal de las impresiones generales)	21 días
Preparación del reporte borrador y circulación para comentarios de las partes interesadas.	25 días
Revisión, de las partes interesadas, del informe y envío de sus comentarios al evaluador. Estos comentarios se enfocarán particularmente en posibles errores en cuanto a datos del reporte más no en cuestionar las impresiones del evaluador. De existir discrepancias entre las impresiones y hallazgos del equipo evaluador y las partes interesadas, se incluirá un anexo explicatorio en el reporte final	30 días
Revisión final del reporte incluyendo comentarios de las partes interesadas y miembros del equipo	35 días

*Días de iniciada la consultoría.

Folio009412

Anexos

Anexo 1 – Ejemplo de pauta para el reporte de Evaluación de Medio Término

1. Resumen ejecutivo
    - Breve descripción del proyecto
    - Contexto y propósito de la evaluación
    - Principales conclusiones, recomendaciones y lecciones aprendidas

2. Introducción
    - Propósito de la evaluación
    - Cuestiones claves tratadas
    - Metodología de la evaluación
    - Estructura de la evaluación

3. El proyecto y su contexto de desarrollo
    - Comienzo y duración del proyecto
    - Problemas que el proyecto pretende abordar
    - Objetivos inmediatos y de desarrollo del proyecto
    - Actores
    - Resultados esperados

4. Resultados y conclusiones
    - Formulación del proyecto
        - Conceptualización/diseño
        - La apropiación nacional
        - Participación de actores
        - Replicabilidad
        - Rentabilidad (Costo effectivo0
        - La ventaja comparativa del PNUD
        - Vínculos entre proyectos y otras intervenciones dentro del sector
        - Indicadores
        - Arreglos de la gerencia
    - Implementación del Proyecto
        - Planificación Financiera
        - Monitoreo y Evaluación
        - Modalidades de la ejecución e implementación
        - Gestión por la Oficina del PNUD
    - Resultados
        - Logro de productos/resultados y objetivos
        - Sostenibilidad
        - Contribución a mejorar las habilidades de personal nacional/local.

5. Recomendaciones

    - Acciones correctivas para el diseño, la implementación, el monitoreo y la evaluación del proyecto;
    - Acciones de seguimiento o fortalecimiento de los beneficios iniciales del proyecto;
    - Propuestas para futuras directrices que refuercen el logro de los objetivos principales;

6. Lecciones aprendidas
    - Buenas y malas practicas en asuntos relacionados a la relevancia, rendimiento y éxito.

7. Anexos al reporte de evaluación
    - Términos de referencia de la evaluación
    - Agenda e itinerario

- Lista de personas entrevistadas
- Resumen de las visitas de campo
- Lista de documentos revisados
- Cuestionarios utilizados y resumen de resultados
- Co- Financiamiento y Planificación Financiera – Recursos de apalancamiento.

Folio009414

Anexo 2. Cuadro 1: Planificación Financiera – Co-financiamiento

Co-financiamiento (Tipo/Fuente)	Agencia de Implementación Financiamiento propio (miles de US$)		Agencias Multi-lateral non GEF (miles de US$)		Agencias bi-lateral (miles de US$)		Gobierno Central (miles de US$)		Gobierno Local (miles de US$)		Sector Privado (miles de US$)		NGO (miles de US$)		Otras fuentes (miles de US$)		Financiamiento Total (miles de $)		Desembolso Total (miles de $)	
	Planeado	Actual	Planeado	Actual	Planeado	Actual	Planeado	Actual	Planeado	Actual	Planeado	Actual	Planeado	Actual	Planeado	Actual	Planeado	Actual	Planeado	Actual
Donaciones																				
Prestamos																				
Créditos																				
Inversión en acciones de interés variable																				
En especie																				
Instrumentos "non-Donaciones"																				
Otros tipos																				
Totales																				

Recursos de apalancamiento: Los recursos de apalancamiento son recursos adicionales –mas allá de los comprometidos al momento de aprobado el proyecto- los que son movilizados después de los resultados directos del proyecto. Los recursos de apalancamiento pueden ser financieros o en especie y estos pueden provenir de otros donantes, ONGs, fundaciones, gobiernos, comunidades o el sector privado. Favor de describir brevemente los recursos que el proyecto ha apalancado desde el inicio e indicar como estos recursos han contribuido al objetivo final del proyecto.

Co-Financiamiento "Planeado" se refiere a los Co-Financiamiento del endoso del "CEO.

- Describa "Instrumentos que no son donaciones": _____
- Explique "Otros tipos de Co-financiamiento": _____
- Explique "Otras fuentes de Co-financiamiento":_____

Los proyectos que no realizaron en los niveles esperados de co-financiamiento tienen que explicar "Otros tipos de Co-financiamiento".

Por favor describa en 50 palabras los recursos que el proyecto apalancó desde el inicio, e indique cómo estos recursos contribuyeron al objetivo ambiental global del proyecto.

Folio009415

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

EFECTO DE LA DENSIDAD DE SEMILLAS Y LA COBERTURA DE HOJARASCA SOBRE LA DEPREDACIÓN DE SEMILLAS DESPUÉS DE LA DISPERSIÓN EN UN BOSQUE DE *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm, REGIÓN METROPOLITANA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

NICOLE GALINDO CASTILLO

Profesor Guía: Sr. Álvaro Promis Baeza. Ingeniero Forestal,
Dr. Rerum Naturalium

Santiago, Chile

2016

Folio009416

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

EFECTO DE LA DENSIDAD DE SEMILLAS Y LA COBERTURA DE HOJARASCA SOBRE LA DEPREDACIÓN DE SEMILLAS DESPUÉS DE LA DISPERSIÓN EN UN BOSQUE DE *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm, REGIÓN METROPOLITANA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

NICOLE GALINDO CASTILLO

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Álvaro Promis Baeza	7,0	…….
Prof. Consejero Carlos Magni Díaz	7,0	…….
Prof. Consejero Gustavo Cruz Madariaga	6,8	…….

A mi familia

Folio009418

AGRADECIMIENTOS

Mi familia que siempre me ha inspirado a seguir mis anhelos, apoyando y entregándome en cada momento todo lo necesario para cumplir cada uno de ellos, a pesar de la distancia y las dificultades.

Mis amigos y compañeros incondicionales, por compartir gratos momentos durante el período universitario y sobre todo por su apoyo, que sin duda, formarán parte de mis recuerdos inolvidables.

Álvaro Promis, profesor guía, por la oportunidad de desarrollar el proyecto de memoria en el Grupo de Investigación Aplicada en Ecología y Conservación de la Vegetación (ECOVEG). Principalmente por fortalecer mis capacidades, la confianza, enseñanzas, paciencia y motivarme a ser un profesional constante y responsable.

A compañeros de terreno Christian Barra, Constanza Quiroga, Pablo Parra, Jorge Zavala y principalmente a José Olmedo, por su paciencia y responsabilidad en todo momento. A mis compañeros de último año universitario por el apoyo durante el proceso inicial de recolección de semillas. Nicolás Lagos por apoyo con cámaras trampa. Al Centro de Semillas y Árboles Forestales (CESAF), específicamente a Ana Alvear y María Julia Varela, por aconsejar, apoyar y facilitar el proceso de limpieza de semillas. Laboratorio de Ecofisiología, Sergio Durán, por facilitar el trabajo de medición de semillas. Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, Verónica Ovalle y Laurelina Troncoso, por su ayuda y grata compañía. Betsabé Abarca, Klaus Kremer, Claudia Espinosa, Ariel Petit-Breuilh, Paula Correa por sus consejos. Carlos Magni y Gustavo Cruz, profesores consejeros, por sus recomendaciones.

Finalmente, a Helios Murialdo, dueño del predio en que se llevó a cabo el proceso de investigación, por la confianza y paciencia. Y al proyecto "Permanencia de Bosques de *Beilschmiedia miersii*. Regeneración según contenido de humedad del suelo y presencia de hojarasca" financiado por el Fondo de Investigación de Bosque Nativo, otorgado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVOS 6

2.1 Objetivo general 6

2.2 Objetivos específicos 6

3. MATERIAL Y MÉTODO 7

3.1 Material 7

3.2 Método 10

3.2.1 Recolección de frutos 10

3.2.2 Diseño experimental 12

3.2.3 Registro posibles agentes depredadores 14

3.2.4 Registro de parámetros a evaluar 14

3.2.5 Análisis estadísticos 15

3.2.5.1 Depredación después de la dispersión de semillas 15

3.2.5.2 Efectos de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca en la depredación de semillas después de la dispersión 16

3.2.5.3 Características físicas de semillas en la depredación de semillas 16

3.2.6 Germinación semillas *in situ* 17

4. RESULTADOS 18

4.1 Depredación de semillas después de la dispersión de semillas 18

4.1.1 Tasa de encuentro de almacén de depredación 18

4.1.2 Tasa de depredación de semillas 18

4.2 Efectos de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca en la depredación de semillas después de la dispersión 21

4.2.1 Efectos de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca en la tasa de encuentro de almacén de depredación de semillas 21

4.2.2 Efectos de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca en la tasa de depredación de semillas 23

4.3 Agentes depredadores 25

4.4 Influencia de características físicas de semillas en la depredación de semillas 27

4.5 Tasa de germinación semillas *in situ* 28

5. DISCUSIÓN 30

6. CONCLUSIONES 35

7. BIBLIOGRAFÍA 36

INDICE CUADROS

Cuadro 1. Densidad y área basal de las especies arbóreas registradas en el bosque de *Beilschmiedia miersii*. 9

Cuadro 2. Tratamientos utilizados en experimento de depredación de semillas, con factores: Cobertura de hojarasca (sin/con) y densidad de semillas (alta/baja) en depredación de semillas. 13

Cuadro 3. Comparación de los tratamientos de depredación de semillas aplicados para cada una de las especies en el tiempo, en bosque de *B. miersii* en Altos de Cantillana..... 21

Cuadro 4. Efecto de los factores de cobertura de hojarasca (Ch) y densidad de semillas (Ds) en encuentro de almacén de depredación en el tiempo por especie 22

Cuadro 5. Efecto de los factores de cobertura de hojarasca (Ch), densidad de semillas (Ds) y la interacción entre los factores (I) en el tiempo de encuentro de almacén de depredación de semillas por especie, en bosque de *B. miersii* en Altos de Cantillana. 22

Cuadro 6. Efecto de los factores de cobertura de hojarasca (Ch), densidad de semillas (Ds) y la interacción entre los factores (I) en la tasa de depredación al final del ensayo por especie…. 23

Cuadro 7. Valores promedio de características físicas de semillas (tamaño, volumen y peso) por especie, y resultados de correlación de Spearman para cada una de las características físicas de las semillas, respecto a tasa de depredación..... 28

Cuadro 8. Resumen de tasa de germinación de semillas y establecimiento de plántulas por especie y tratamiento. 28

INDICE FIGURAS

Figura 1. Cartografía de Chile y de la Región Metropolitana. En color amarillo se ubica geográficamente la Reserva Natural Altos de Cantillana y en rojo el Predio Rinconada de Chocalán..... 7

Figura 2. Imágenes del bosque de *Beilschmiedia miersii*, donde se instaló el experimento, con presencia de individuos adultos y juveniles. 8

Figura 3. Distribución de árboles a través de clases diamétricas (Dap), con árboles de más de 5 centímetros de diámetro de las especies presentes en el bosque de *Beilschmiedia miersii*…..... 9

Figura 4. Cartografía de ubicación geográfica de sitios experimentales, en Quebrada del Árbol, en Predio Rinconada de Chocalán, Reserva Natural Altos de Cantillana. Además se muestra la distancia entre cada estación experimental..... 12

Figura 5. Unidad de depredación de semillas. Imagen izquierda muestra el tratamiento sin cobertura de hojarasca y alta densidad de semillas y la imagen derecha semillas bajo cubierta de hojarasca y alta densidad, en ambos casos se utilizó semillas de *B. miersii*..... 13

Figura 6. Cámara trampa con sensores de movimiento (izquierda). Semillas de las cuatro especies ofrecidas para depredación, instaladas al frente de una trampa cámara (derecha-arriba). Piedras con restos de semillas dañadas (derecha-abajo). 14

Figura 7. Variación temporal de la tasa de encuentro de almacén de depredación y tasa de depredación de semillas por especie, durante el periodo de exposición de semillas a) *B. miersii*, b) *P. boldus*, c) *C. alba* y d) *P.lingue en* bosque de *B. miersii* en Altos de Cantillana. 19

Figura 8. Imagen izquierda muestra remoción de semillas de *B. miersii* en almacén de depredación de semillas. Imagen derecha daño por mordedura. 20

Figura 9. Imagen izquierda semillas de *C. alba* dañadas por mordeduras. En imagen derecha se muestran daños en semillas por orificios..... 20

Figura 10. Gráficas con proporción de semillas depredadas de a) *B. miersii* y b) *C. alba* según el nivel de cobertura de hojarasca (sin/con) y de densidad de semillas (alta/baja) al final de experimento. Siglas distintas (a y b) indican diferencias significativas en los niveles de densidad de semillas sometidas a la presencia de cobertura de hojarasca. Números distintos (1 y 2) indican diferencias significativas en los niveles de cobertura de hojarasca sometidos a distintos niveles de densidad de semillas. Las barras de error indicar el Error Estándar (+/-). 23

Figura 11. Gráficas con proporción de semillas de c) *P. boldus* y d) *P. lingue* depredadas según el nivel de cobertura de hojarasca (sin/con) y de densidad de semillas (alta/baja) por especie al final de experimento. Siglas distintas (a y b) indican diferencias significativas en los niveles de densidad de semillas sometidas a la presencia de cobertura de hojarasca. Números distintos (1 y 2) indican diferencias significativas en los niveles de cobertura de hojarasca sometidos a distintos niveles de densidad de semillas. Las barras de error indicar el Error Estándar (+/-). 24

Figura 12. Fotografías con cámaras trampa que muestran la presencia de ganado vacuno y roedores depredando semillas de *B. miersii* en Altos de Cantillana. 25

Figura 13. Fotografías tomadas con cámaras trampa que muestran diferentes animales depredadores de semillas de *B. miersii* y *P. boldus*. Contenedores de semillas de izquierda a derecha y de arriba abajo *P. boldus*, *P. lingue*, *B. miersii* y *C. alba*. El círculo en rojo indica los movimientos del agente depredador 26

Figura 14. Imágenes de *P. culpaeus* capturadas mientras se acercaba a contenedores de semillas de *P. lingue* (contendores a la izquierda) y *C. alba* (contenedores a la derecha). 27

Figura 15. Tamaño característicos de semillas de *B. miersii*, *C. alba*, *P. lingue* y *P. boldus* (ubicadas desde izquierda a derecha). 27

Figura 16. Semillas germinadas de *B. miersii*. 28

Figura 17. Semilla de *C. alba* germinada (a la izquierda) y plántula de *C. alba* establecida al interior de almacén de depredación (a la derecha). 29

Figura 18. Semillas de *P. lingue* recién germinada (izquierda) y con radícula establecida (derecha) al interior de almacén de depredación. 29

Folio009424

RESUMEN

El proceso de regeneración de plantas puede verse limitado por la depredación de semillas, debido a que las semillas presentan un alto contenido nutricional. Las características físicas de las semillas, la densidad y la cobertura de hojarasca son factores que pueden contribuir al ocultamiento de las semillas de los depredadores, lo que puede promover una variación de las tasas de supervivencia. El objetivo de esta investigación fue analizar la influencia características físicas de las semillas (tamaño, peso y volume*n)* y los efectos de dos niveles de densidad de semillas (alta/baja) y cobertura de hojarasca (con/sin) sobre la depredación de semillas de *Beilschmiedia miersii* (especie amenazada), *Cryptocarya alba*, *Peumus boldus* y *Persea lingue* (especie amenazada). El experimento se llevó a cabo en un bosque secundario de *Beilschmiedia miersii*, ubicado al interior de la Reserva Natural Altos de Cantillana, donde se dispusieron siete estaciones experimentales. Después de 166 días de experimento, considerando todos los tratamientos, los resultados muestran que las semillas más consumidas son las de *B. miersii* (57% de semillas depredadas), luego *P. boldus* (45%), *C. alba* (36%) y *P. lingue* (22%). Las características físicas y densidad de semillas no son significativas en los niveles de depredación de semillas La cobertura de hojarasca tiene efecto significativo en la supervivencia de semillas de *B. miersii* (74 y 11% de las semillas sobreviven bajo y sin hojarasca, respectivamente) y *C. alba* (78 y 45% de las semillas sobreviven bajo y sin hojarasca, respectivamente). La depredación después de la dispersión de semillas de *B. miersii* puede ser un factor de riesgo para la especie, teniendo en cuenta que se encuentra en Estado de Conservación Vulnerable. Además debe considerarse que la cobertura de hojarasca es un factor relevante como estrategia de recuperación y conservación de la especie.

Palabras Claves: Depredación de semillas, cobertura de hojarasca, densidad de semillas, características físicas de semillas, germinación de semillas.

ABSTRACT

The process of plant regeneration may be limited by seed predation, because of the high nutritional content of seeds. The seed traits (e.g. size), seed density and leaf litter coverage are factors that can contribute detection by seed predators are more difficult, since they influence change in their survival rates. The objective was to analyze the influence of seed traits (size, weight and volume of seeds) and the effects of two levels of seed density (high / low) and leaf litter coverage (with / without) on seed predation of *Beilschmiedia miersii* (a threatened species), *Cryptocarya alba*, *Peumus boldus* and *Persea lingue* (a threatened species). The research was carried out in a secondary forest dominated by *Beilschmiedia miersii* in Altos de Cantillana Nature Reserve (Region Metropolitana), where seven experimental stations were set up. After 166 days of experiment, considering all treatments, the results shows that the most predated seeds belongs to *B. miersii* (57%), then *P. boldus* (45%), *C. alba* (36%) and finally *P. lingue* (22%). Seed traits and seed density were not significant in levels of seed predation. Leaf litter coverage had a significant effect on seed survival for *B. miersii* (74 and 11% of the seeds survive with and without leaf litter coverage, respectively) and *C. alba* (78 and 45% of the seeds survive with and without litter coverage, respectively). Leaf litter coverage reduced the predation of *B. miersii* and *C. alba* seeds, and improve the seed germination. To improve actions to conserve populations of *B. miersii in situ*, the leaf litter layer should not be extracted from the forest, since the seed predation rates are higher.

Keywords: Seed predation, leaf litter coverage, seed density, seed traits, seed germination.

1. INTRODUCCIÓN

La demografía y evolución de poblaciones de especies vegetales se ven afectadas positiva y negativamente por la influencia de factores bióticos (Fenner y Thompson, 2005). En el último tiempo se ha visto una disminución del área de distribución del bosque y matorral esclerófilo, debido, entre otras cosas, al ramoneo de especies vegetales por la introducción de especies exóticas y domésticas (Donoso, 1982). La herbivoría por especies introducidas y en algunos casos también especies nativas, influyen gravemente en los bancos de semillas y el proceso de regeneración de especies arbustivas y arbóreas (Le Quesne, 2000).

En particular, Donoso (1994) indica que *Octodon degu* (degú) y *Oryctolagus cuniculus* (conejo) son agentes de mortalidad de plántulas de especies leñosas alrededor de sus madrigueras, debido a la alta palatabilidad de algunas especies. En este sentido, *O. cuniculus* estaría produciendo un mayor impacto sobre las comunidades naturales, ya que estaría alterando el proceso de sucesión secundaria, conduciendo la composición del bosque y matorral esclerófilo hacia especies menos palatables, o aumentando el espaciamiento entre los arbustos (Donoso, 1994). También se han identificado otros herbívoros como importantes limitantes del proceso de regeneración natural, y en el establecimiento de plantaciones y proyectos de restauración, tales como *Bos taurus* (vaca), *Equus ferus caballus* (caballo) y *Rattus rattus* (rata negra) (Morales *et al*., 2015).

La depredación de semillas es un tipo de alteración que se caracteriza porque la presa, en este caso las semillas, son muy ricas en nutrientes, lo que aumenta la presión sobre su consumo. Esto puede conducir hasta la erradicación o eliminación total de individuos de alguna especie, debido a la limitada capacidad para regenerar, por lo que puede desempeñar un papel clave en la dinámica de poblaciones (Hulme, 1998; Fenner y Thompson, 2005). Por tal razón, la depredación de semillas después de ser dispersadas puede influir en los procesos fundamentales en ecología vegetal, jugando un papel fundamental en la regeneración de plántulas, capacidad de colonización, la distribución espacial, y la ecología reproductiva de los árboles (Hulme y Borelli, 1999).

La depredación de semillas después de su dispersión varía en relación al hábitat, la cobertura y estructura del componente vegetacional, las especies de plantas presentes, la distancia a las plantas madres o productoras de semillas, la densidad de semillas, el tamaño de las semillas y el grado en que las semillas están enterradas bajo hojarasca o escondidas (Hulme, 1998; Alcántara *et al*., 2000). La importancia relativa de estas fuentes de variación y las circunstancias responsables de las altas tasas de depredación son en gran parte desconocidas (Hulme y Borelli, 1999). Por lo tanto, es difícil en la actualidad construir modelos predictivos precisos de depredación después de la dispersión de semillas y medir su impacto en la dinámica poblacional de las especies de plantas cuyas semillas son depredadas (Hulme y Borelli, 1999, Ferreira *et al*., 2011 Crawley, 2014). Sin embargo, la comprensión de esta variación es crucial para cualquier evaluación del impacto de la depredación después de la dispersión de semillas de las poblaciones de plantas (Hulme,

1998) sobre todo en lo que respecta la regeneración y demografía de las poblaciones arbórea.

La presencia de hojarasca en el suelo o el entierro de las semillas pueden dificultar el encuentro de semillas. Janzen (1971) indica que semillas pueden tener una tasa de supervivencia más alta bajo la cubierta de hojarasca o enterradas más profundamente que en el suelo abierto. Hulme (1993; 1994) coincide con lo señalado por Janzen (1971), argumentando que el entierro de las semillas reduce la depredación después de la dispersión se semillas, y que a la vez aumentaría los efectos de la baja densidad en la reducción de las pérdidas de semillas, proporcionalmente más que las semillas a densidades más altas. Estos antecedentes coinciden con los resultados obtenidos por Hulme y Borelli (1999), en que la depredación es mayor para semillas que se encuentran sobre la superficie y a altas densidades.

La densidad de semillas es un factor que también puede influenciar el comportamiento de los depredadores, debido a que genera cambios en la visibilidad de las semillas, lo que podría conllevar a un aumento o disminución de la supervivencia de semillas. En general, una alta densidad de semilla aumenta el riesgo de depredación, la probabilidad de encuentro o la proporción de semillas depredadas (Hulme y Borelli, 1999; Jaña, 2012).

El tamaño de las semillas es un rasgo fenotípico y funcional que puede permitir a las semillas escapar de la depredación. Desde un punto de vista de funcionalidad, varios estudios con roedores señalan al respecto, que las preferencias en el tamaño de las semillas están en aquellas que presentan tamaños mayores y por lo tanto, tienen riesgos más altos de depredación (Alcántara *et al*., 2000). En cambio, semillas pequeñas son más propensas a ser enterradas, aumentando la ventaja selectiva del tamaño pequeño de la semilla (Fenner y Thompson, 2005). Jaña (2012) indica que la tasa de depredación aumentó con el tamaño de las semillas. Esto, probablemente se debió al mayor atractivo de las semillas más grandes, por su mayor contenido nutricional, por lo que la mortalidad fue mayor en semillas grandes que en semillas más pequeñas (Jaña, 2012). Sin embargo, esto no corresponde a una regla, como se demuestran en varios estudios (Alcántara *et al*., 2000). Un caso de ello son los estudios realizados por Tripathi y Khan (1990) en dos especies arbóreas del género *Quercus*, los que indican que los mayores riesgos de depredación fueron en semillas de peso liviano (40%) y medio (50%); en cambio en semillas de mayor peso la tasa de depredación alcanzó solo un 25%. Esto debido a que semillas más pequeñas son presumiblemente preferidas por los depredadores, por lo que la presión de depredación de las semillas pesadas tiende a disminuir. Resultados similares obtuvieron Blate *et al*. (1998), donde las tasas de depredación resultaron estar negativamente asociadas con el tamaño de las semillas, espesor y dureza de la cubierta de las semillas. Sin embargo, la hipótesis de que el aumento o disminución del tamaño de la semilla reduce la depredación de semillas es considerada ambigua, ya que en algunos estudios obtienen una relación positiva, mientras que otros estudios tienen efectos limitados (Ferreira *et al*., 2011).

Cabe destacar que el efecto de la densidad de semillas en su depredación puede ser modificado por el tamaño de semillas. Semillas de mayor tamaño pueden ser visibles sin importar la densidad de semillas, pero también es posible que el aumento de pequeñas semillas pueda disminuir su supervivencia a través de una mayor visibilidad (Jaña, 2012) o simplemente las tasas de depredación de semillas no están determinas por el tamaño de la semilla (Alcántara *et al*., 2000).

Además de estas variables, existe una gran variedad de animales que son depredadores de semillas después de la dispersión, entre los que se incluye a insectos, moluscos, cangrejos, peces, aves granívoras, pequeños roedores y grandes mamíferos (Janzen, 1971; Hulme y Borelli, 1999; Fenner y Thompson, 2005). Vander Wall *et al*. (2005) distinguen cuatro grandes gremios de depredadores de semillas después de la dispersión correspondiente a los roedores microtinos y múridos, aves paseriformes y dos grupos de insectos, los recolectores y parásitos de semillas. Estos cuatro gremios pueden compartir el mismo ecosistema e incluso pueden superponerse en las especies de semillas a consumir, pero difieren en la distribución espacial de las zonas de alimentación, requerimientos de hábitat, grado de especialización y la capacidad de afrontar las defensas de semillas.

Cabe destacar, que los roedores son considerados importantes depredadores después de la dispersión de semillas en varios estudios (Hulme, 1998). Estos generan importantes impactos negativos en las poblaciones de especies vegetales (Hulme 1993; Myster y Pickett 1993; Terborgh *et al*.1993; Kollmann 1995; Asquith *et al*., 1997; Hulme, 1997), debido a que intervienen adversamente en la regeneración, la capacidad de colonización y la distribución espacial de las plantas (Hulme, 1998).

La preferencia de especies por los depredadores no solo está relacionado con las características de las semillas (tamaño, forma, contenido nutricional, toxicidad), sino también con los depredadores de semillas (el tamaño del cuerpo, la susceptibilidad a las toxinas, la agudeza olfativa, hambre) y del medio ambiente (la abundancia de alimento, las características del suelo, la cubierta vegetal) (Hulme, 1998).

La información de depredación de semillas en el matorral y bosque esclerófilo de Chile Central es escasa (Bustamante, 1995; Bustamante y Vásquez, 1995; Figueroa *et al*., 2002). Pero, entre los antecedentes que hay al respecto, Bustamante (1995) indica que los frutos de *Acacia caven* (espino) son consumidos por *B. taurus* y *E. caballus*, los cuales favorecerían a la especie, debido a que dispersan sus semillas, estimulan la germinación y actúan como un factor de mortalidad sobre los depredadores, lo que podría explicar el éxito de colonización que ha tenido esta especie en la zona central de Chile. Sin embargo, hay registros que demuestran que las semillas de *A. caven* antes de la dispersión serían consumidas por el coleóptero *Pseudopachymeryna spinipes* (gorgojo del espino).

Otros registros señalan a distintos insectos que atacarían las semillas de especies esclerófilas, como en *Kageneckia angustifolia* (frangel) que las semillas serían consumidas por Microlepidóteros (Bustamante, 1995), o que los frutos de *Citronella mucronata* (naranjillo) son fuertemente atacados por un tipo de insectos que los perfora y luego consume las semillas (Hechenleitner y Gardner, 2006). También existe información sobre aves que consumen semillas, como es el caso de *Maytenus boaria* (maitén), por aves nativas como *Turdus falcklandii magellanicus* (zorzal) y *Xolmis pyrope pyrope* (diucón), además de sufrir ataques de ganado por el corte y arranque de ramas por completo produciendo desgarraduras al tronco (Donoso *et al*., 2006). Sobre mamíferos, el *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo) depreda los frutos de *Aristotelia chilensis* (maqui), *Cryptocarya alba* (peumo), *Lithraea caustica* (litre), *Schinus latifolius* (molle) y *Peumus boldus* (boldo), e influye positivamente en la dispersión de semillas. Además de observaciones realizadas en un experimento de campo que demuestran que depredadores como aves y roedores, seleccionan las semillas, obteniéndose que la especie más consumida es *L. caustica* seguida en orden de importancia por *C. alba*, *P. boldus* y *Persea lingue* (lingue) (Bustamante, 1995).

Cabe destacar, que *C. alba* corresponde actualmente a la especie arbórea del bosque esclerófilo con más estudios respecto a la depredación de semillas. Los primeros antecedentes son de Bustamante y Vásquez (1995), y Bustamante *et al.* (1996) e indican que los consumidores de la semillas después de la dispersión corresponden principalmente roedores como *Abrothrix longipilis* (ratón de pelo largo), *Abrothrix olivaceus* (ratón oliváceo), *O. degus*, *Oligoryzomys longicaudatus* (ratón de cola larga) y *Phyllotis darwini* (ratón lauchón orejudo de Darwin) y aves, que incluyen a *Diuca diuca* (diuca), *Curaeus curaeus* (tordo), *Mimus thenca* (tenca), *Patagioenas araucana* (torcaza) y *Nothoprocta perdicaria* (perdiz chilena) y, hongos, los que serían importantes depredadores al interior del bosque. Además, existirían roedores y aves exóticas que también se han descrito como consumidores de semillas tales como *Mus musculus* (ratón común) *R. rattus* y *Callipepla* (codorniz) (Celis-Diez y Bustamante, 2005).

Según las investigaciones realizadas por Bustamante y Vásquez (1995) y Bustamante (1995) el consumo de semillas de *C. alba*, puede variar temporalmente (consumo de semillas primer año del 40% y 18% para el segundo año), como también según el tipo de hábitat, siendo mayor el consumo de semillas en hábitats ralos. Este patrón se repite en semillas de *P. boldus*.

Los mecanismos de dispersión de frutos de *C. alba* tiene efectos positivos y negativos sobre las semillas. El consumo de la pulpa de los frutos de *C. alba* por frugívoros (aves, zorros y hormigas), elimina el pericarpio del fruto y dispersa las semillas a través de las heces o fecas que son depositadas en el ambiente. La eliminación del pericarpio facilita la germinación de las semillas (efecto positivo) pero a la vez, las semillas son más atractivas para la depredación por roedores granívoros (efecto negativo). Sin embargo, los efectos positivos de los mecanismos de dispersión de los frugívoros sobre *C. alba*, son significativamente mayor que los efectos indirectos negativos, ya que el número de

plántulas de *C. alba* que se establecen es mayor que aquellas semillas que no son dispersadas, es decir, semillas cubiertas por el pericarpio (Bustamante *et al*., 1993).

Las investigaciones más recientes indican que las plántulas reclutadas de *C. alba* bajo plantas madres y de forma aisladas no son afectadas por los depredadores de semillas, aunque la densidad de semillas disminuye significativamente lejos de plantas madre, pero este efecto no es relevante para la depredación de semillas y el reclutamiento de plántulas (Bustamante y Simonetti, 2000). Celis-Diez y Bustamante (2005) además indican que la preferencia de consumo corresponde a semillas grandes de *C. alba*, incluso en baja frecuencia de semillas.

Para el caso de especies esclerófilas de ambientes húmedos, los antecedentes muestran que semillas de *B. miersii* fueron utilizadas como forraje, especialmente como alimentos para cerdos (Looser,1940; Serra *et al*., 1986). Además, estas semillas son consumidas durante las actividades de pastoreo de ganado, produciendo una baja supervivencia de las plántulas y escasez en la regeneración de la especie (Serra *et al*, 1986). Investigaciones más recientes también lo demuestran, mostrando que la depredación de frutos y de plántulas es igualmente alta, tanto al interior como fuera del Parque Nacional La Campana, lo que representa una limitante importante en la regeneración de *B. miersii*, sumándose una baja abundancia de individuos, con DAP entre 1 y 10 cm, lo que sugiere fuertemente una baja en la regeneración en los últimos años (Henríquez y Simonetti, 2001), siendo los responsables del consumo grandes y pequeños herbívoros, tanto en semillas y plántulas, pero estos efectos pueden variar espacialmente debido a la diferencia de herbívoros en cada hábitat (Morales *et al*., 2015).

Estos hallazgos muestran información relevante, pero insuficiente para lograr evaluar el impacto de la depredación de semillas en las distintas poblaciones vegetacionales. Ya que, no permite establecer si los depredadores, variables de las semillas y/o el ambiente juegan un papel destacado en la dinámica poblacional de las especies estudiadas, por lo tanto, es de vital importancia comprender esta variación para lograr el éxito de futuros programas de manejo de bosques para la conservación de especies amenazadas y/o proceso de restauración. Por lo que, actualmente hay una necesidad de seguir abordando este tema a través de futuras investigaciones.

En este contexto, se evaluó la incidencia de dos factores en la depredación de semillas: la densidad de semillas y la cubierta de hojarasca, debido a que pueden afectar la intensidad del consumo de semillas, en un bosque dominado por individuos adultos de *B. miersii* y una baja proporción de juveniles, y asociado a especies como *C. alba*, *P. boldus*, *P. lingue*, entre otras en la localidad de Altos de Cantillana, Comuna de Melipilla.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca sobre la depredación de semillas de *Beilschmiedia miersii*, *Cryptocarya alba*, *Persea lingue* y *Peumus boldus* después de la dispersión, en un bosque secundario de *B. miersii*.

2.2 Objetivos específicos

- Cuantificar los niveles de depredación de semillas después de la dispersión bajo contrastantes niveles de factores de densidad de semillas y cobertura de hojarasca.

- Analizar las características de las semillas (tamaño, peso, volumen) que influyen en las tasas de depredación después de la dispersión.

- Determinar el porcentaje de semillas que son capaces de germinar *in situ*.

Folio009432

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Material

El experimento se llevó a cabo en el predio Rinconada de Chocalán, al interior de la Reserva Natural Altos de Cantillana (33°51'1"S, 71°0'28"O), en la comuna de Melipilla, Región Metropolitana (Figura 1).

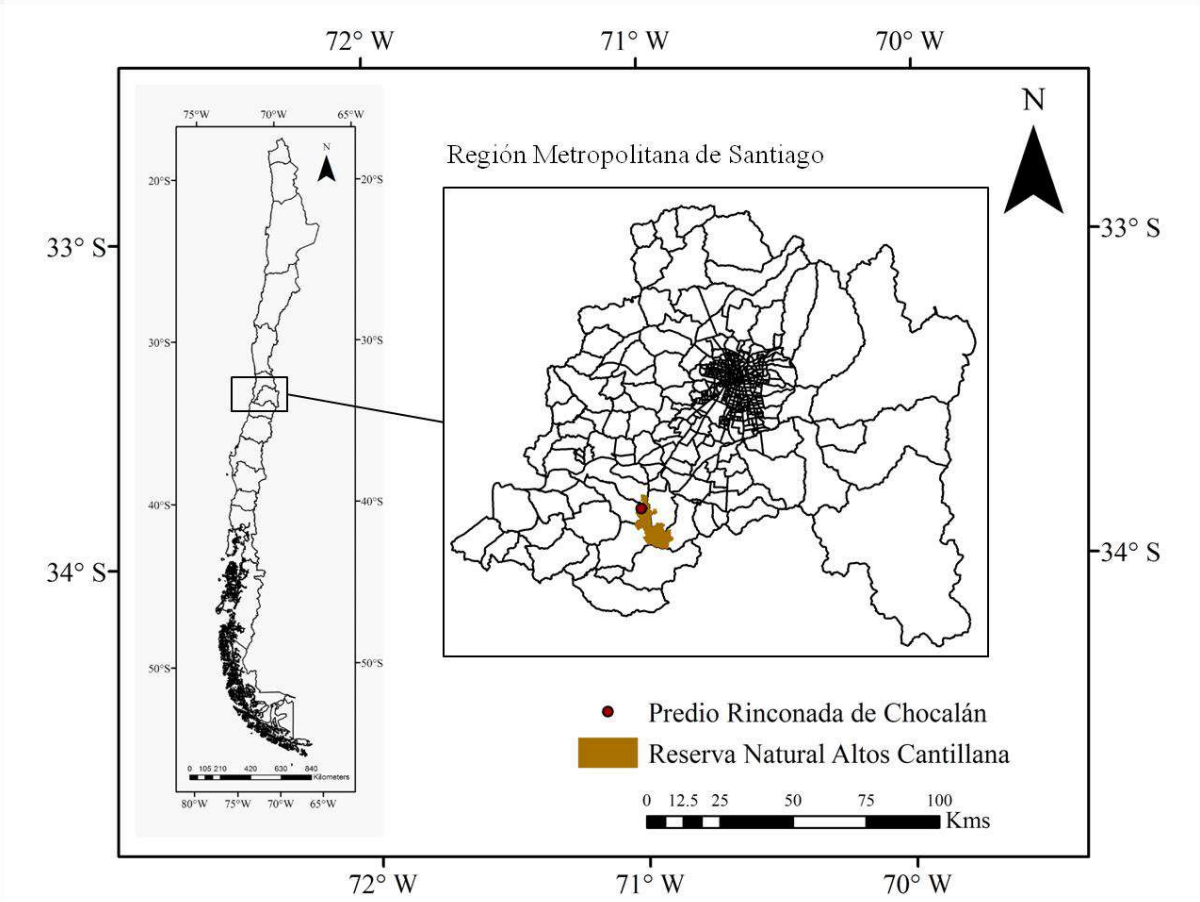


Figura 1. Cartografía de Chile y de la Región Metropolitana. En color amarillo se ubica geográficamente la Reserva Natural Altos de Cantillana y en rojo el Predio Rinconada de Chocalán.

El clima se caracteriza por una fuerte estacionalidad del ombroclima y el termoclima, con mayores precipitaciones (335 mm aproximadamente) y menor temperatura en invierno (3 ºC), y sequía y altas temperaturas en verano (35°C), en el que el período de aridez es de al menos dos meses consecutivos (Luebert y Pliscoff, 2006, INIA, 2016).

Topográficamente el área de estudio se caracteriza por presentar cadenas montañosas costeras de Altos de Cantillana, por lo que se genera un fenómeno de altos montos de precipitaciones, lo que produce una elevación de las masas de aire provenientes desde el Océano Pacifico cargadas de humedad, generándose un efecto de sombras de lluvia, con aumentó de precipitaciones en las partes de mayores altitudes (Luebert y Pliscoff, 2006).

El sector se encuentra inserto en la Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo, específicamente en la subregión del Bosque Esclerófilo, que se caracteriza por encontrarse próxima a la cordillera de la Costa (Gajardo, 1994).

Específicamente, el ensayo se sitúa a lo largo de una quebraba con comunidades boscosas correspondientes a *B. miersii, P. boldus, P. lingue, C. alba, Q. saponaria* y *L. caustica,* de las cuales, *B. miersii* es la especie más representativa del lugar y con mayor área basal por hectárea (Cuadro 1). El bosque, en general, se caracteriza por presentar individuos adultos y juveniles, provenientes de reproducción por semillas y rebrotes, respectivamente (Figura 2)

Figura 2. Imágenes del bosque de *Beilschmiedia miersii*, donde se instaló el experimento, con presencia de individuos adultos y juveniles.

Cuadro 1. Densidad y área basal de las especies arbóreas registradas en el bosque de *Beilschmiedia miersii*.

Especie	Densidad (Árboles/ha)	Porcentaje (%)	Área Basal (m^2/ha)	Porcentaje (%)
Beilschmiedia miersii	1.223	70,3%	37,4	69,0%
Cryptocarya alba	291	16,8%	0,5	0,9%
Peumus boldus	74	4,3%	1,8	3,3%
Persea lingue	74	4,3%	10,6	19,6%
Quillaja saponaria	34	2,0%	3,6	6,6%
Lithraea caustica	17	1,0%	0,0	0,0%
Otras	23	1,3%	0,3	0,6%
Total	1.737	100%	54,2	100%

La distribución diamétrica de los ejemplares del bosque se caracteriza por presentar un alto porcentaje de individuos en clase diamétrica inferiores 10 - 15 centímetros (25%), (Figura 3).

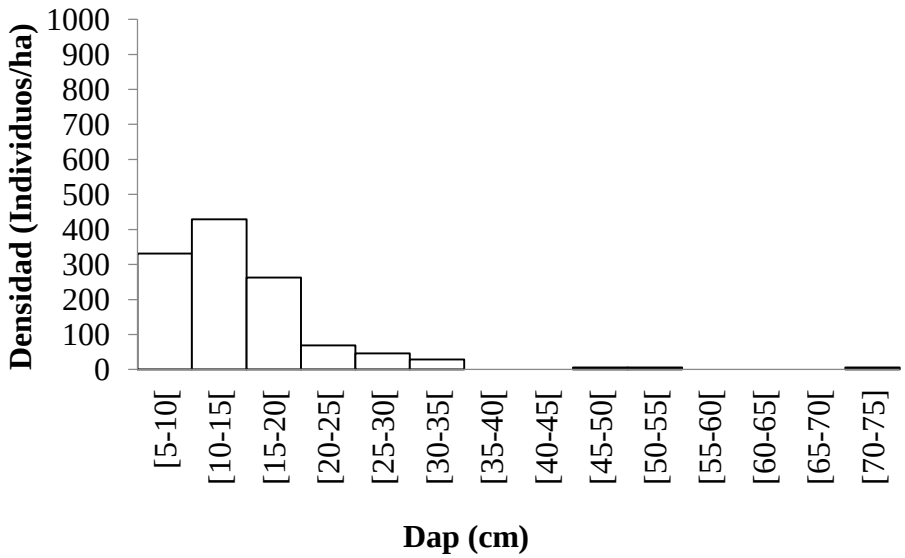


Figura 3. Distribución de árboles a través de clases diamétricas (Dap), con árboles de más de 5 centímetros de diámetro de las especies presentes en el bosque de *Beilschmiedia miersii*.

El uso de suelo en los sectores de Altos de Cantillana ha sido intenso, especialmente por pastoreo de animales. Desde finales del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, miles de vacunos pastaban estacionalmente, monto que con el tiempo se ha reducido considerablemente (Romero y Teiller, 2014). Actualmente, la intervención antrópica directa está restringida a los senderos que recorren el área y a una instalación de

telecomunicaciones en la cima del cerro Cantillana. El uso para ganadería aún no ha finalizado, sin embargo a partir de la declaración de santuario, una parte importante del macizo está destinada a la conservación, al uso recreativo y a la educación ambiental (Romero y Teillier, 2014).

Actualmente, entre las principales actividades económicas de la zona se encuentran la agricultura y la agroindustria, la minería, ganadería, las que están concentradas en manos de privados, con propiedades mayores a 100 hectáreas. También se realiza recolección de leña y tierra de hojas (GEF – CONAMA, 2003).

3.2 Método

3.2.1 Recolección de frutos

Las especies seleccionadas para este experimento corresponden a *B. miersii*, *C. alba*, *P. boldus* y *P. lingue*. La elección de las especies se determinó porque son las 4 especies arbóreas más frecuentes en el bosque y la necesidad de abarcar una gama representativa de tamaños.

Los frutos de *B. miersii*, considerados de los frutos más grandes de todos los árboles pertenecientes a las especies mediterráneas de Chile Central (Rodríguez *et al*., 1983), corresponden a drupas elipsoide de color jaspeado y pardo al estar seco, presentando además un pericarpio leñoso, quebradizo y testa membranácea, oscura brillante, adherida al pericarpio (Serra *et al*., 1986). Su maduración se produce entre los meses de febrero y abril (Cabello, 1987; 1990). Para la recolección de frutos se consideró que el cambio de color, pues cuando los frutos se encuentran maduros cambian de color de verde a amarillo, pardo o rojizo (Cabello, 1987). La recolección de frutos se realizó bajo los árboles o en sus inmediaciones, ya que debido a su gran tamaño y peso, los frutos caen bajo la proyección de la copa de los árboles (Cabello, 1987; 1993). Posterior a la cosecha se verificó en laboratorio que la parte externa de la semilla (mesocarpo u exocarpo) no estuviera desprendida de los cotiledones, lo que indicaría la inviabilidad de la semilla. Generalmente esto ocurre si el pericarpio se fisura al caer el fruto del árbol o si la semilla se ha deshidratado (semilla recalcitrante), después de haber transcurrido mucho tiempo desde su dispersión (Cabello, 2006).

C. alba presenta frutos que son drupas ovaladas rojas o rosadas en la madurez, con solo una semilla en su interior. Los frutos son dispersados por efecto de la gravedad debido a su peso y tamaño. Posteriormente las semillas pueden llegar a ser dispersadas por la acción algunos animales que consumen el fruto (Alfaro y Sierra, 1973). Para este proyecto los frutos se recolectaron desde el suelo, entre los meses de abril y mayo.

P. lingue presenta frutos con forma de drupa. Las drupas son carnosas, dehiscentes, ovaladas y se encuentran cubiertas por un exocarpo de color verde brillante en su juventud y un endocarpo duro o pétreo donde se encuentra la semilla (Donoso, 1994; Donoso y Escobar, 2006). Los árboles de *P. lingue* producen una abundante cantidad de frutos, los que se desarrollan en verano y maduran entre marzo y abril (Sáenz de Urtury, 1986). Los frutos en el árbol se concentran en las ramas más bajas en el bosque, aún cuando la mayor parte se encuentra en los sectores altos o iluminados (Donoso, 1994). Al momento de dispersión, por el tamaño y peso de los frutos, ellos tienden a caer y concentrarse cerca del árbol madre (Donoso, 1994). Por lo tanto, para la recolección de los frutos, se tomaron desde el suelo y se verificó que tuvieran un color negro-violáceo o negro durante el mes de marzo.

Los frutos de *P. boldus* son drupas formadas por un mesocarpio carnoso y un endocarpio duro o pétreo donde se ubica una semilla. Todo lo anterior se encuentra rodeado por un exocarpio o cáscara de los frutos (Rodríguez *et al.*, 1983). Los frutos presentan un largo proceso de maduración, el que va entre agosto y diciembre, y la dispersión de semillas ocurre hacia mediados del verano, entre los meses de enero y marzo. Las semillas son dispersadas por la acción de animales o aves. La recolección de frutos se realizó a mano desde el árbol una vez que los frutos estuvieran maduros o desde el suelo entre los meses de febrero y marzo (Cabello y Donoso, 2006).

Los frutos colectados en terreno fueron posteriormente almacenados en la cámara de frío del Centro Productor de Semillas y Árboles Forestales (CESAF), del Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile. Luego en laboratorio, para facilitar y simular el mecanismo de dispersión, se extrajo la semilla de los frutos de *C. alba*, *P. lingue* y *P. boldus*, a excepción de *B. miersii*, pues el fruto corresponde a la semilla. El pericarpio de *B. miersii* es muy delgado y sin pulpa, por lo que al momento de procesar el fruto no es necesario eliminar el pericarpio. La eliminación del pericarpio aumenta la posibilidad de su deterioro (Cabello, 1987).

Del total de semillas colectadas 100 fueron seleccionadas al azar para cada una de las especies. Todas estas semillas se caracterizaron por largo (milímetro), volumen (mililitro) y peso (gramos). El resto de las semillas se utilizaron para el montaje de experimento en campo.

Ambos procesos de extracción de semilla y las mediciones para la caracterización de semillas se realizaron en laboratorio, según el protocolo del Centro Productor de Semillas y Árboles Forestales (CESAF) dependiente del Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile.

3.2.2 Diseño experimental

La primera semana de mayo de 2014 se instalaron siete sitios experimentales a lo largo de la Quebrada del Árbol (Figura 4). El criterio de selección de los sitios consideró que la composición de árboles del dosel superior del bosque debía tener individuos de *B. miersii* y al menos una de las otras tres especies utilizadas en el experimento. No se instalaron cercos para excluir presencia de animales.

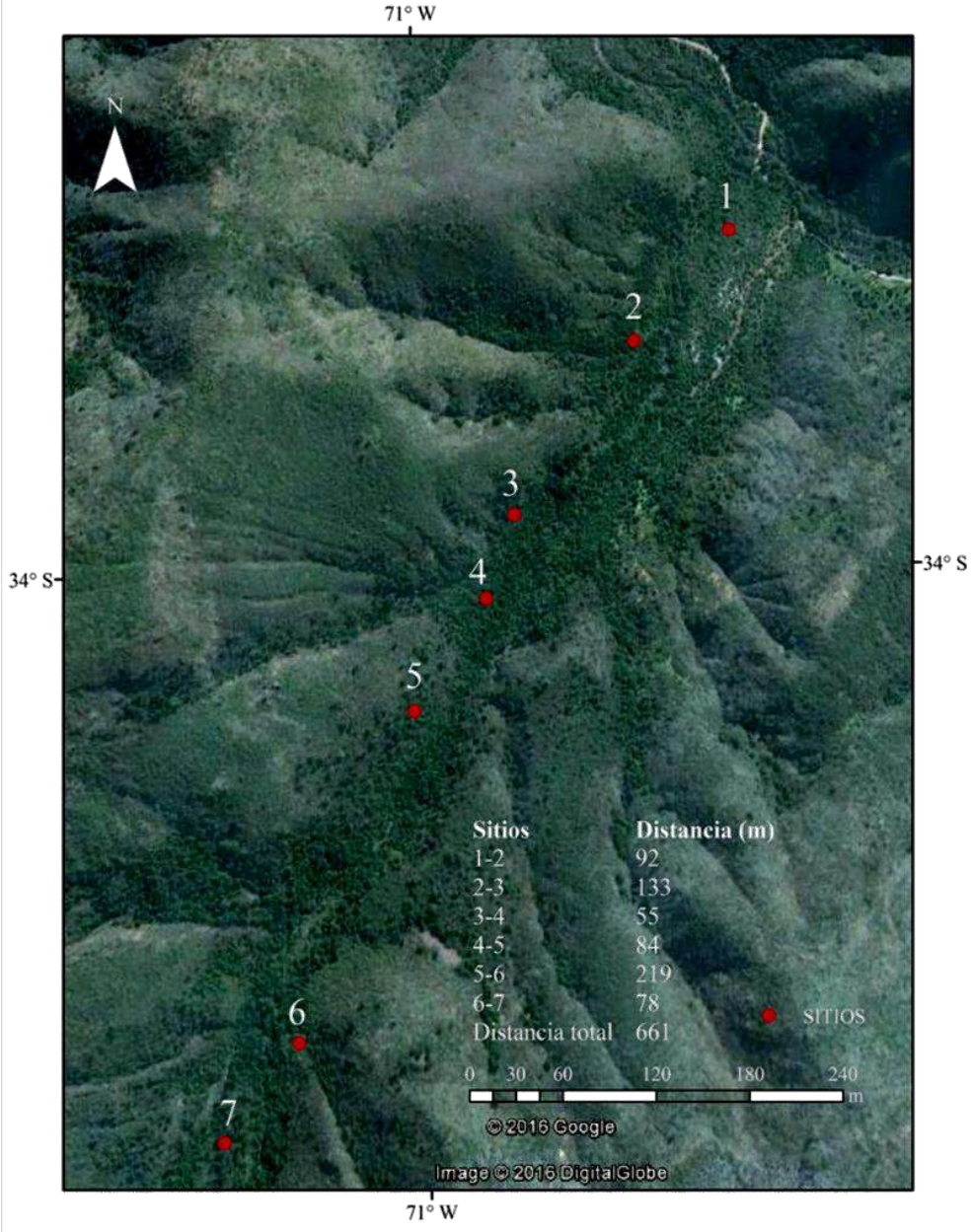


Figura 4. Cartografía de ubicación geográfica de sitios experimentales, en Quebrada del Árbol, en Predio Rinconada de Chocalán, Reserva Natural Altos de Cantillana. Además se muestra la distancia entre cada estación experimental.

En cada una de los sitios se instalaron 16 unidades de depredación (Figura 5). Las unidades se distanciaron cada tres metros, en una matriz cuadrada. Las unidades de depredación fueron confeccionadas con aros de policarbonato de 5 cm de ancho y 100 cm de largo, que evitó el arrastre de las semillas por lluvia o viento. Sobre ello se instaló una malla de alambre de 60 x 25 cm, que cumplió la función de proteger las semillas de la acumulación de hojarasca, para evitar el sesgo en el experimento. Ambas estructuras se enterraron en el suelo con estacas. Todo este proceso se realizó durante el mes de mayo.

Figura 5. Unidad de depredación de semillas. Imagen izquierda muestra el tratamiento sin cobertura de hojarasca y alta densidad de semillas y la imagen derecha semillas bajo cubierta de hojarasca y alta densidad, en ambos casos se utilizó semillas de *B. miersii*.

Para el montaje del experimento se aplicó un diseño estadístico factorial completamente aleatorizado. Los factores evaluados en el ensayo corresponden a cobertura de hojarasca (con y sin) y densidad de semillas (alta densidad con de diez semillas y baja densidad con dos semillas). En cada uno de los almacenes de depredación se aplicó uno de los tratamientos descritos en Cuadro 2, para las cuatro especies arbóreas. De esta manera, en los siete sitios de experimento se instalaron un total de 28 almacenes de depredación de semillas por especie, en total 112 unidades de depredación.

Cuadro 2. Tratamientos utilizados en experimento de depredación de semillas, con factores: Cobertura de hojarasca (sin/con) y densidad de semillas (alta/baja) en depredación de semillas.

Tratamiento	**Factor 1 (Cobertura de hojarasca)**	**Factor 2 (Densidad de semillas)**
Tratamiento 1	Sin	Baja
Tratamiento 2	Sin	Alta
Tratamiento 3	Con	Baja
Tratamiento 4	Con	Alta

En las unidades con tratamiento con cubierta de hojarasca, los aros de policarbonato fueron totalmente cubiertos por ella (Figura 5b). Además, todas las semillas fueron marcadas numéricamente con lápiz inodoro para no confundir con semillas externas que pudieran ingresen al almacén.

3.2.3 Registro posibles agentes depredadores

Para la identificación de los posibles agentes depredadores de semillas se instalaron tres trampas cámaras Bushnell con sensores de movimientos (Modelo Trophy cam HD). Las cámaras fueron instaladas apuntando a montones de semillas que fueron ofrecidas para depredación (Figura 6). Las cámaras trampas fueron revisadas cada 15 días y se guardaron las imágenes capturadas. Las cámaras trampas funcionaron entre los meses de junio y agosto.

Figura 6. Cámara trampa con sensores de movimiento (izquierda). Semillas de las cuatro especies ofrecidas para depredación, instaladas al frente de una trampa cámara (derecha-arriba). Piedras con restos de semillas dañadas (derecha-abajo).

3.2.4 Registro de parámetros a evaluar

El registro de datos de depredación de semillas se realizó durante 166 días, comenzando la tercera semana de mayo. A partir de esta fecha, una vez al mes se cuantificó el número de semillas presentes en cada uno de los almacenes de depredación. Además, en las semillas presentes se observó la existencia de daños por mordeduras y/u orificios. Se consideró

depredación a aquellas semillas ausentes, y también aquellas que en el caso de estar presente al interior del almacén de depredación, se observaron daños en las semillas, tales como mordeduras y/u orificios. Finalmente, se cuantificaron las semillas germinadas y las plántulas que se desarrollaron durante el experimento. El registro de datos finalizó la última semana de octubre, con el desmontaje de los almacenes de depredación y la recolección de las semillas de su interior.

3.2.5 Análisis estadísticos

Se realizaron análisis estadísticos no paramétricos, pues las muestras de datos no se distribuyeron normalmente (Pruebas de Shapiro-Wilk) y sus varianzas no fueron homogéneas (Prueba de Levene).

3.2.5.1 Depredación después de la dispersión de semillas

Para cada una de las especies la evaluación de depredación de semillas se llevó a cabo a través de dos análisis: i) el porcentaje del "encuentro de almacenes de depredación" y ii) el porcentaje de "depredación de semillas", tanto al final del ensayo como para cada uno de los periodos de registro de datos (una vez al mes). El porcentaje de "encuentro de almacenes de depredación" se definió como el porcentaje de almacenes en que por lo menos una semilla fue removida o dañada al interior de almacén de depredación, lo que indica que los agentes depredadores del bosque encontraron la unidad de depredación. En cambio, el porcentaje de "depredación de semillas" corresponde al porcentaje de semillas removidas y/o dañadas al interior del almacén de depredación, lo que muestra el interés de consumo por parte de los agentes de depredación y la preferencia por especie.

Para evaluar si existían diferencias estadísticas en el encuentro de almacenes de depredación, para cada una de las especies, durante todo el experimento, se realizó la Prueba de Mantel–Cox (Log- Rank*)*. Para esta prueba, inicialmente los resultados obtenidos para el encuentro de almacén deben ser evaluados a través de las curvas de supervivencia con el método no paramétrico del límite de producto de Kaplan-Meier. Este método asume que el evento terminal, en este caso el encuentro de almacén de depredación, es independiente para cada uno de los almacenes de depredación del estudio y las probabilidades de no ser encontrados en un tiempo *t* determinado se calculan por la ley multiplicativa de probabilidades. Este método se caracteriza porque la proporción acumulada de los almacenes encontrados por los depredadores, se calcula para el tiempo individual de cada almacén de depredación y no se agrupan los tiempos de supervivencia en intervalos. El tiempo de supervivencia se define entonces como el tiempo transcurrido desde la fecha de comienzo del seguimiento, hasta la fecha de último contacto, es decir la fecha en que los almacenes de depredación fueron encontrados. La prueba de hipótesis Mantel–Cox considera las diferencias en las curvas de supervivencia (para este caso el encuentro de almacén de depredación) entre las especies de todos los puntos en que se llevó

a cabo el experimento. Esta prueba se basa en la comparación de las muertes observadas en cada grupo con las esperadas, si la mortalidad fuese la misma en todos los grupos. El estadístico utilizado se aproxima a una chi-cuadrado con tantos grados de libertad como grupos comparados menos uno (Gómez y Cobo, 2004).

3.2.5.2 Efectos de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca en la depredación de semillas después de la dispersión

Los efectos de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca se evaluaron a través de tres métodos estadísticos: Primero se evaluó si el "tiempo de encuentro de los almacenes de depredación" por especie es diferente al considerar los factores de densidad de semillas y cobertura de hojarasca con la Prueba de Scheirer-Ray-Hare, una extensión a la prueba Kruskal–Wallis (Sokal y Rohlf, 1995). La variable de respuesta se realizó solo con los almacenes de depredación que fueron encontrados por los agentes de depredación, es decir, aquellos almacenes que por lo menos una semilla fue removida y/o dañada.

Posteriormente, para cada una de las especies se modelaron las curvas de encuentro de almacén de depredación en el tiempo según tipo de tratamiento. Para ello se utilizaron curvas de supervivencia con el método de límite de producto de Kaplan-Meier y con la prueba de hipótesis Mantel–Cox. Con esto se comprueba si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, para el encuentro de almacenes, y para cada una de las especies por separado. Además, se utilizó el modelo de regresión de Cox o modelo de los riesgos proporcionales para modelar los riesgos o variables que afectan el encuentro de almacenes de depredación, para cada una de las especies. Este modelo es un análisis de supervivencia multivariado, el cual se basa en el supuesto de riesgos proporcionales, es decir, se presupone que los riesgos de los factores son proporcionales a lo largo del tiempo y se basa en obtener una función lineal de los posibles factores independientes que permita estimar, en función del tiempo, la probabilidad de que ocurra el evento de estudio (Gómez y Cobo, 2004).

Por último, para evaluar el efecto de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca en la tasa de depredación de semillas por especie al final del experimento, también se utilizó la Prueba de Scheirer-Ray-Hare con el porcentaje promedio de depredación de semillas en los almacenes de depredación.

3.2.5.3 Características físicas de semillas en la depredación de semillas

De los resultados obtenidos en laboratorio del largo, volumen y peso de cada una de las semillas de este experimento, se evaluó si estas variables tienen influencia en las tasas encuentro de almacén de depredación de semillas y de depredación de semillas. Se analizó a través de la prueba de hipótesis Mantel–Cox, para en caso de encuentro de almacenes de

depredación, y el Coeficiente de Correlación de Spearman, para comprobar la asociación con la tasa de depredación de semillas.

3.2.6 Germinación semillas *in situ*

Se consideró para este estudio una "semilla germinada" como aquella semilla en que se observó la emergencia de la radícula o por el estallido de la testa y la extrusión de la plúmula o radícula (Hartmann y Kester, 1987; Fenner y Thompson, 2005). Los niveles de germinación de semillas fueron obtenidos a partir del porcentaje promedio de germinación de semillas por unidad de depredación, para cada una de las especies evaluadas en el experimento.

4. RESULTADOS

4.1 Depredación de semillas después de la dispersión de semillas

4.1.1 Tasa de encuentro de almacén de depredación

Después de 166 días de exposición de las semillas en los almacenes de depredación, los resultados de las tasas de encuentro de los almacenes de depredación de semillas, sin considerar especie y tratamiento, indican que el 68% (N=112) de los almacenes fueron encontrados, es decir, por lo menos una de las semillas en su interior fue removida y/o presentó daños por mordeduras y/u orificios.

Al comparar los resultados de la tasa de encuentro de almacén de depredación de semillas al inicio del ensayo (después 25 días) por especie, se evidencia marcadas diferencias significativas (χ^2=21,98; gl=3; p=0,000) en el porcentaje de encuentro de los almacenes de depredación de semillas de *B. miersii* (54%), *C. alba* (43%), *P. boldus* (46%), con los almacenes de depredación de *P. lingue* (4%). Sin embargo, al final del ensayo se observan valores similares (χ^2=7,34; gl=3; p=0,062), obteniéndose que el 71% de los almacenes de *P. boldus* fueron encontradas, seguido de *B. miersii* y *C. alba* con una tasa igual del 68% y *P. lingue* con 64% de encuentro de almacenes de depredación de semillas.

4.1.2 Tasa de depredación de semillas

A diferencia de la tasa de encuentro de almacén de depredación de semillas, las tasas de depredación de semillas difieren entre las especies tanto al inicio como al final del ensayo, obteniéndose que semillas *B. miersii* corresponde a la especie con el porcentaje promedio de depredación más alto. Al inicio del ensayo (después de 25 días) el 41% de las semillas de *B. miersii* fueron depredadas y a partir del día 138 la tasa de depredación fue nula, por lo que los valores se mantienen constantes hasta el final del ensayo con una tasa acumulada de 57% de depredación de semillas (Figura 7a).

En semillas de *P. boldus*, al principio hubo una tasa de depredación del 29% y a partir del día 152 se mantuvo contaste, es decir, no hubo depredación de semillas y encuentro de almacenes de depredación de semillas, alcanzando una tasa final del 45% de depredación de las semillas (Figura 7b).

Para semillas de *C. alba*, la tasa inicial de depredación de semillas muestra que del total de almacenes de depredación de semillas que fueron encontrados (43%), el 4% de las semillas fueron depredadas. Durante todo el período de exposición de las semillas, la tasa de

depredación no fue nula en ningún periodo y varió entre el 2 y el 15%, obteniéndose una tasa final del 36% de depredación de las semillas, una situación similar se obtuvo con las tasas de encuentro de almacén de depredación (Figura 7c).

Por último, en semillas *P. lingue* el patrón cambia. La tasa de depredación de semillas aumenta en el tiempo. Al inicio la tasa de depredación de semillas fue del 0,4%, correspondiente a la depredación de una semilla, patrón que se mantuvo hasta el día 138 y posteriormente aumentó, llegando a una tasa final de depredación de semillas del 22% (Figura 7d).

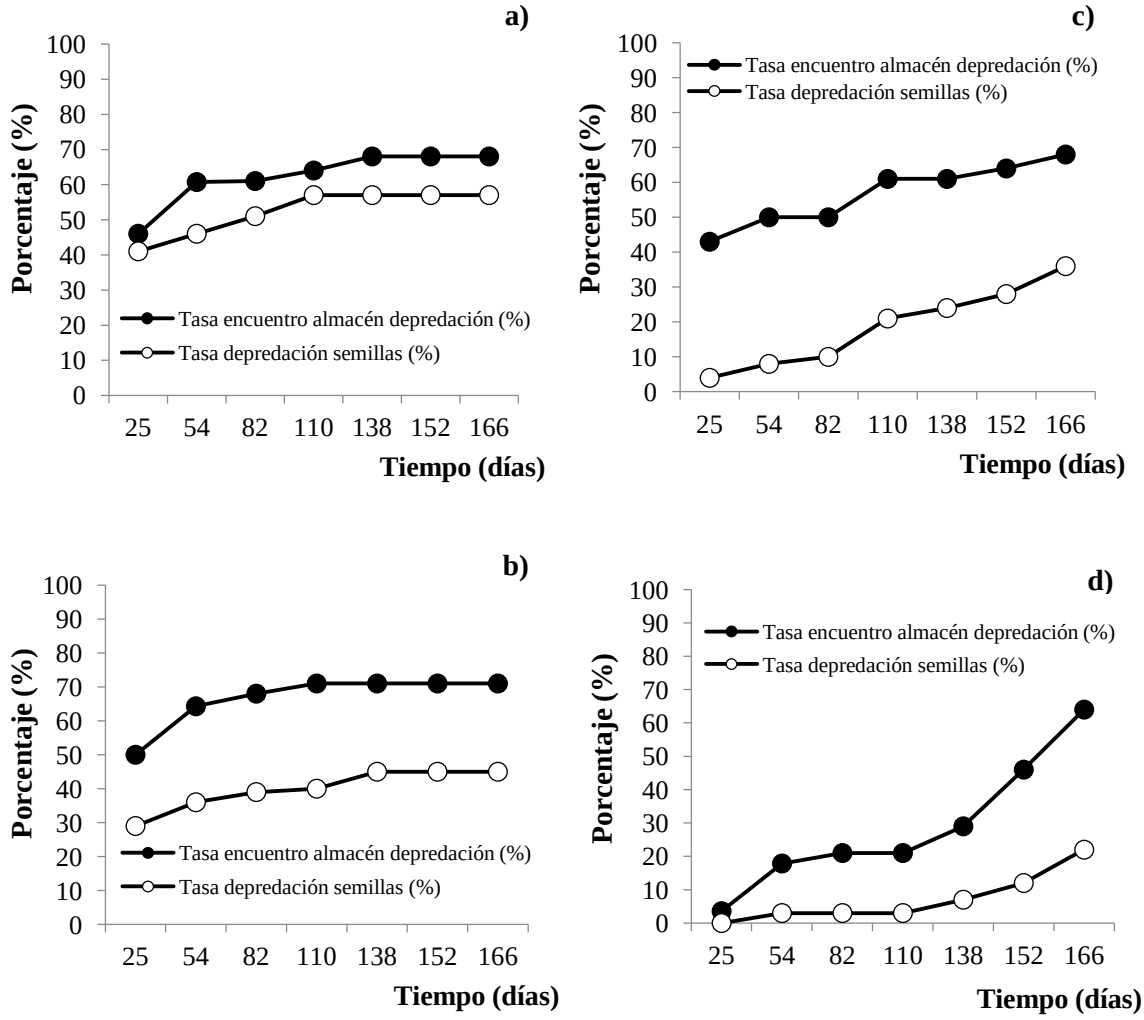


Figura 7. Variación temporal de la tasa de encuentro de almacén de depredación y tasa de depredación de semillas por especie, durante el periodo de exposición de semillas a) *B. miersii*, b) *P. boldus*, c) *C. alba* y d) *P.lingue en* bosque de *B. miersii* en Altos de Cantillana.

Existieron distintas formas de depredación de las semillas entre las especies. Las semillas de *B. miersii* y *P. boldus* fueron, en general, removidas del almacén (99 y 100%, respectivamente) (Figura 8). En cambio, las semillas de *C. alba* y *P. lingue* fueron removidas (41 y 69%, respectivamente), dañadas por mordeduras (51 y 18%, respectivamente) y por orificios de insectos (8 y 13%, respectivamente) (Figura 9).

Figura 8. Imagen izquierda muestra remoción de semillas de *B. miersii* en almacén de depredación de semillas. Imagen derecha daño por mordedura.

Figura 9. Imagen izquierda semillas de *C. alba* dañadas por mordeduras. En imagen derecha se muestran daños en semillas por orificios de insectos.

4.2 Efectos de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca en la depredación de semillas después de la dispersión

4.2.1 Efectos de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca en la tasa de encuentro de almacén de depredación de semillas

Los resultados obtenidos en semillas de *B. miersii* y *C. alba* indican que existen diferencias significativas en el encuentro de almacén según el tipo de tratamiento aplicado (Log Rank (Mantel-Cox) $p < 0{,}001$) (Cuadro 3). La diferencia depende exclusivamente de la presencia de cobertura de hojarasca, siendo significativamente mayor la probabilidad de encuentro de almacenes en tratamientos sin cobertura de hojarasca. En cambio la densidad de semillas no afecta significativamente los niveles de encuentro de almacén de depredación de ambas semillas (Regresión de Cox $p > 0{,}05$) para ninguna de las especies (Cuadro 4).

Para semillas de *P. boldus* y *P. lingue*, los resultados muestran que no existen diferencias significativas en el encuentro de almacén de depredación según el tipo de tratamiento aplicado, por lo tanto, los factores evaluados de cobertura de hojarasca y densidad de semillas no tienen incidencia en el tiempo de encuentro y la tasa de encuentro de almacén de depredación (Cuadro 3, 4 y 5).

Sin embargo, solo en almacenes de depredación con semillas de *C. alba*, la presencia de cobertura de hojarasca dificulta el encuentro y los depredadores de semillas demoran significativamente más tiempo en encontrar los almacenes de depredación (Scheirer-Ray-Hare $p = 0{,}03$) (Cuadro 5).

Cuadro 3. Comparación de los tratamientos de depredación de semillas aplicados para cada una de las especies en el tiempo, en bosque de *B. miersii* en Altos de Cantillana.

Prueba		*B. miersii*	*C. alba*	*P. boldus*	*P. lingue*
Log Rank (Mantel-Cox)	χ^2	21,36	16,63	1,44	2,20
	p	0,000	0,001	0,696	0,531

Cuadro 4. Efecto de los factores de cobertura de hojarasca (Ch) y densidad de semillas (Ds) en encuentro de almacén de depredación en el tiempo por especie, en bosque de *B. miersii* en Altos de Cantillana.

Prueba		*B. miersii*		*C. alba*		*P. boldus*		*P. lingue*	
		Ch	Ds	Ch	Ds	Ch	Ds	Ch	Ds
Regresión de Cox	$\exp^{\beta}$	6,133	0,670	5,087	1,388	0,988	1,012	2,007	1,376
	Error típico	0,635	0,510	0,557	0,488	0,448	0,448	0,708	0,672
	Estadístico Wald	8,159	0,618	8,538	0,452	0,001	0,001	0,969	0,225
	p	0,004	0,432	0,003	0,501	0,979	0,979	0,325	0,635

Cuadro 5. Efecto de los factores de cobertura de hojarasca (Ch), densidad de semillas (Ds) y la interacción entre los factores (I**)** en el tiempo de encuentro de almacén de depredación de semillas por especie, en bosque de *B. miersii* en Altos de Cantillana.

Prueba		*B. miersii*			*C. alba*			*P. boldus*			*P. lingue*		
		Ch	Ds	I	Ch	Ds	I	Ch	Ds	I	Ch	Ds	I
Scheirer-Ray-Hare	*p*	0,169	0,440	0,100	0,033	0,979	0.559	0,459	0,879	0,439	0,415	0,573	0,349
	r^2	0,261			0,281			0,075			0,087		

4.2.2 Efectos de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca en la tasa de depredación de semillas

Los resultados obtenidos indican que la proporción media de depredación de semillas de *B. miersii* y *C. alba*, en ausencia de cobertura de hojarasca es del 90 y 68%, respectivamente, por lo tanto, la cobertura de hojarasca tiene efectos significativos en la tasa de depredación de semillas de ambas especies (Prueba de Scheirer-Ray-Hare p = 0,00 y 0,01, respectivamente). En cambio, la densidad de semillas y la interacción entre los factores no muestran influencia significativa en la tasa de depredación de semillas (Prueba de Scheirer-Ray-Hare $p > 0,05$) (Cuando 6 y Figura 10).

Cuadro 6. Efecto de los factores de cobertura de hojarasca (Ch), densidad de semillas (Ds) y la interacción entre los factores (I) en la tasa de depredación al final del ensayo por especie.

Prueba		*B. miersii*			*C. alba*			*P. boldus*			*P. lingue*		
		Ch	Ds	I	Ch	Ds	I	Ch	Ds	I	Ch	Ds	I
Scheirer-Ray-Hare	*p*	0,000	0,698	0,920	0,010	0,061	0,693	0,300	0,257	0,708	0,053	0,306	0,733
	r^2	0,447			0,378			0,092			0,181		

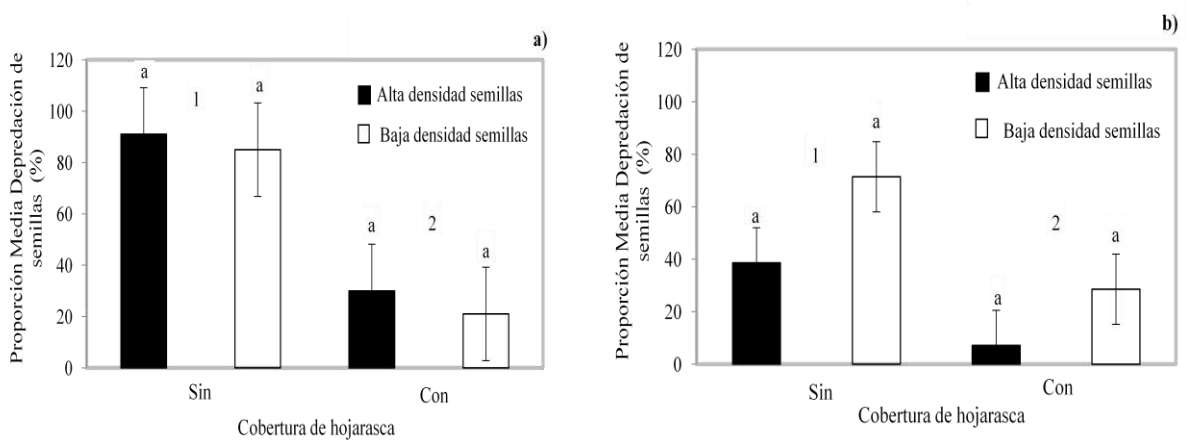


Figura 10. Gráficas con proporción de semillas depredadas de a) *B. miersii* y b) *C. alba* según el nivel de cobertura de hojarasca (sin/con) y de densidad de semillas (alta/baja) al final de experimento. Siglas distintas (a y b) indican diferencias significativas en los niveles de densidad de semillas sometidas a la presencia de cobertura de hojarasca. Números distintos (1 y 2) indican diferencias significativas en los niveles de cobertura de hojarasca sometidos a distintos niveles de densidad de semillas. Las barras de error indicar el Error Estándar (+/-).

Folio009449

La media de depredación de semillas de *P. boldus* y *P. lingue* para los niveles de con y sin cobertura de hojarasca fluctúan entre 33-44 y 12-30%, respectivamente y los niveles de alta y baja densidad de semillas entre 36-54 y 19-32%, respectivamente. Por lo que la tasa de depredación de semillas no varía significativamente (Prueba de Scheirer-Ray-Hare $p > 0,05$, para ambas especies) según el tratamiento aplicado (Cuando 6 y Figura 11).

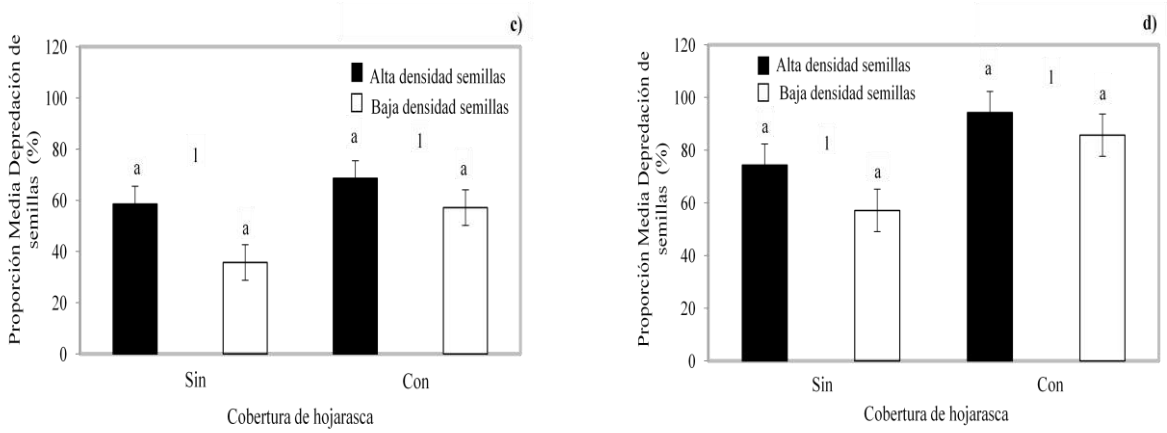


Figura 11. Gráficas con proporción de semillas de c) *P. boldus* y d) *P. lingue* depredadas según el nivel de cobertura de hojarasca (sin/con) y de densidad de semillas (alta/baja) por especie al final de experimento. Siglas distintas (a y b) indican diferencias significativas en los niveles de densidad de semillas sometidas a la presencia de cobertura de hojarasca. Números distintos (1 y 2) indican diferencias significativas en los niveles de cobertura de hojarasca sometidos a distintos niveles de densidad de semillas. Las barras de error indicar el Error Estándar (+/-).

4.3 Agentes depredadores

Para el caso de las semillas de *B. miersii*, especie con mayor tasa de depredación de semillas entre las especies, se obtuvieron imágenes con trampas cámaras con sensores de movimientos de los posibles agentes depredadores de las semillas. Los resultados obtenidos muestran que los principales consumidores de semillas corresponden a: ganado vacuno y roedores (Figura 12).

Figura 12. Fotografías con cámaras trampa que muestran la presencia de ganado vacuno y roedores depredando semillas de *B. miersii* en Altos de Cantillana.

Después de instalar 200 semillas de cada una de las especies frente a cámara trampa, en un lugar de alto consumo de semillas de *B. miersii*, se observó que roedores se interesan inicialmente por consumir semillas de *B. miersii*, las cuales depredan en su totalidad, para posteriormente consumir todas las semillas de *P. boldus*. En semillas de *P. lingue* y *C. alba*, no se observa interés de consumo en las imágenes, ni remoción o daño de ninguna de las semillas presentes en contenedores en la revisión final (Figura 13).

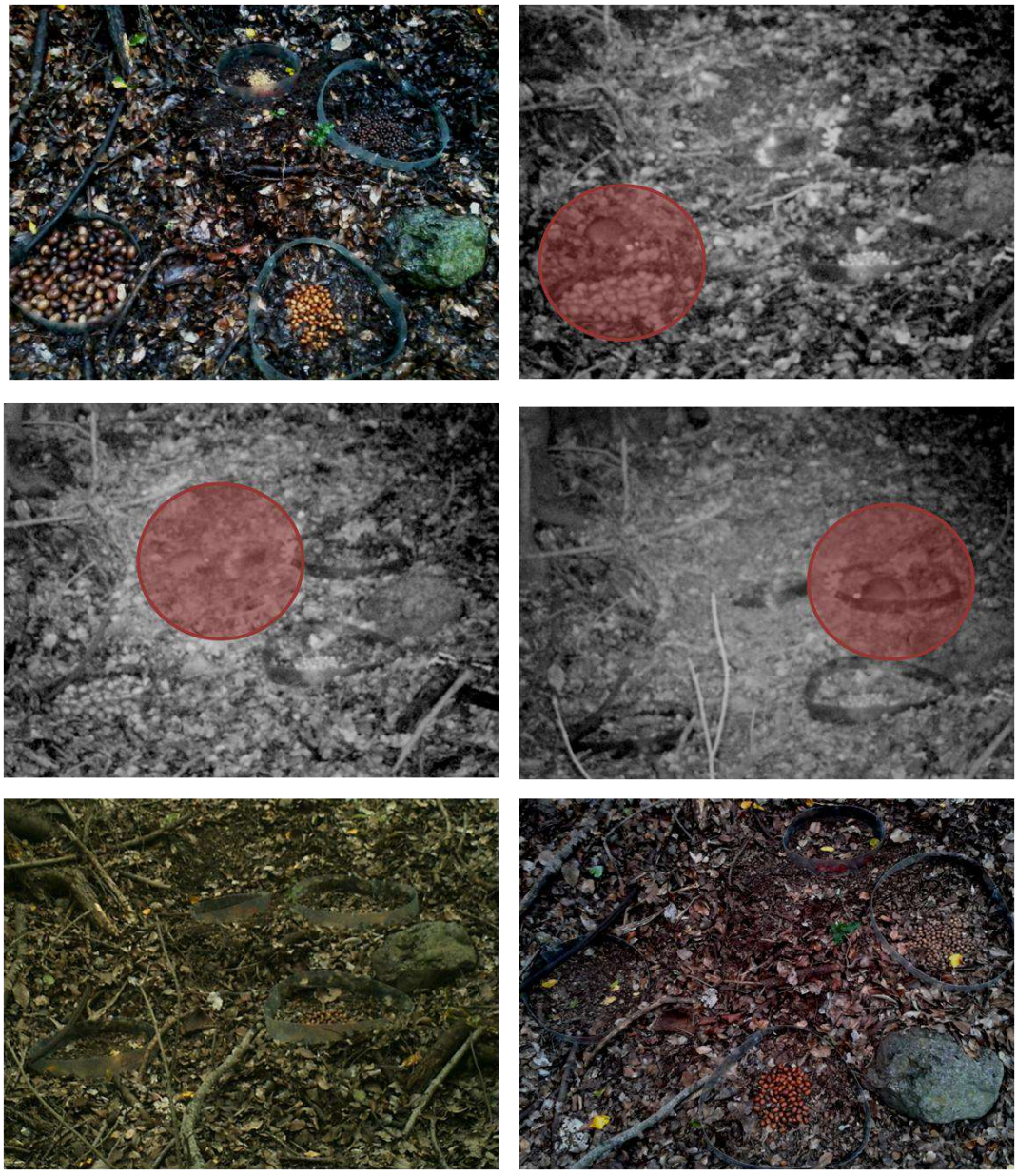


Figura 13. Fotografías tomadas con cámaras trampa que muestran diferentes animales depredadores de semillas de *B. miersii* y *P. boldus*. Contenedores de semillas de izquierda a derecha y de arriba abajo *P. boldus*, *P. lingue*, *B. miersii* y *C. alba*. El círculo en rojo indica los movimientos del agente depredador.

En otro ensayo con semillas de *C. alba* y *P. lingue*, especies con menor tasa de depredación, se observa que durante los 14 días que las semillas estuvieron presentes en el sector, solo *P. culpaeus* se acercó a los contenedores de ambas semillas, pero no se observó consumo ni remoción de las semillas presentes (Figura 14).

Figura 14. Imágenes de *P. culpaeus* capturadas mientras se acercaba a contenedores de semillas de *P. lingue* (contendores a la izquierda) y *C. alba* (contenedores a la derecha).

4.4 Influencia de características físicas de semillas en la depredación de semillas

Las semillas en estudio se caracterizan por presentar diferencias de tamaño, peso y volumen, siendo *B. miersii* la semilla más grande entre las especies y la más pequeña *P. boldus* (Cuadro 3 y Figura 15). Sin embargo, estas variables no presentaron una correlación lineal con las tasas de depredación de semillas, obteniéndose en todos los casos una correlación negativa y no significativa (Correlación de Spearman, $p > 0{,}05$) Cuadro 7).

Figura 15. Tamaño característicos de semillas de *B. miersii*, *C. alba*, *P. lingue* y *P. boldus* (ubicadas desde izquierda a derecha).

Cuadro 7. Valores promedio de características físicas de semillas (tamaño, volumen y peso) por especie, y resultados de correlación de Spearman para cada una de las características físicas de las semillas, respecto a tasa de depredación.

Variables/Especies	*B. miersii*	*P. boldus*	*C. alba*	*P. lingue*	Correlación Spearman
Tamaño (mm)	40,48	7,31	16,83	15,11	r_s=-0,14; *p*=0,137
Volumen (ml)	12,09	0,12	1,37	0,72	r_s=-0,26; *p*=0,786
Peso (g)	13,135	0,121	1,732	0,863	r_s=-0,31; *p*=0,751

4.5 Tasa de germinación semillas *in situ*

Los resultados finales en *B. miersii* indican que del 43% de semillas que no fueron depredadas, el 63% germinaron solo en tratamiento bajo cubierta de hojarasca (Cuadro 8), y de ellas el 9% se establecieron como plántula a partir de la primera semana del mes de julio (Figura 16). Del resto de semillas no depredadas, el 35% se mantuvo en buen estado, es decir, sin signos de mordeduras, deshidratación y con la testa de la semilla adherida al pericarpio y el 2% con la testa suelta al pericarpio y deshidratadas.

Figura 16. Semillas germinadas de *B. miersii*.

Cuadro 8. Resumen de tasa de germinación de semillas y establecimiento de plántulas por especie y tratamiento.

Tratamiento		**Especie**			
Hojarasca	Densidad	*B. miersii*	*C. alba*	*P. boldus*	*P. lingue*
Sin	Alta	0%	24%	0%	0%
	Baja	0%	14%	0%	0%
Con	Alta	53%	56%	0%	11%
	Baja	43%	64%	0%	14%
Tasa Germinación		24%	42%	0%	6%
Tasa Plántulas establecidas		9%	60%	0%	0%

En semillas de *C. alba*, el 64% de las semillas que no fueron depredadas, el 49% germinaron, principalmente en tratamiento bajo cubierta de hojarasca (Cuadro 8) y el 60% de estas semillas se establecieron como plántula (Figura 17), desde la primera semana del mes de julio. De las otras semillas no depredadas, el 42% se encontraron deshidratadas e inviables y 9% no presentaron signos de deshidratación ni daños por mordeduras y/u orificios.

Figura 17. Semilla de *C. alba* germinada (a la izquierda) y plántula de *C. alba* establecida al interior de almacén de depredación (a la derecha).

En *P. boldus* el 55% de las semillas que no fueron depredadas, no se produjo germinación de las semillas. Sin embargo, el 58% de estas semillas se encontraron viables y el 42% presentaron signos de desecación y de ser inviables, al final de ensayo.

Finalmente, el 78% de las semillas no depredadas en *P. lingue* el 6% de las semillas germinaron, solo en tratamiento con cubierta de hojarasca (Cuadro 8) a partir de la última semana del mes de agosto, el 68% no presentaron signos de daños por mordeduras y/u orificios, ni desecación de las semillas y el 26% se encontraron con fisuras en las semillas e inviables (Figura 18).

Figura 18. Semillas de *P. lingue* recién germinada (izquierda) y con radícula establecida (derecha) al interior de almacén de depredación.

5. DISCUSIÓN

La depredación de semillas después de la dispersión, para la comunidad vegetacional de *B. miersii* estudiada muestra que *B. miersii* es la especie de mayor interés de consumo de semillas de los agentes depredadores entre todas las especies estudiadas. Esto se demuestra a través de las elevadas tasas de depredación de semillas y la baja diferencia con la tasa de encuentro de almacenes de depredación al comparar con las demás especies. Estos antecedentes se adicionan a la información ya existente sobre la depredación de semillas de *B. miersii*, la que indican que existe una restricción en la regeneración de *B. miersii* debido a la depredación de semillas por ganado y la desecación de las plántulas tanto al interior como exterior de áreas protegidas (Henríquez y Simonetti, 2001), siendo los principales agentes depredadores de semillas *R. rattus*, *M. musculus* y *B. taurus* (Morales *et al*., 2015).

La depredación de semillas de *B. miersii* se caracterizó por la remoción total de las semillas, sin señales de restos de semillas consumidas al interior de los almacenes de depredación. Este patrón puede indicar que no hay un interés de consumo inmediato y las semillas podrían ser movidas a otra ubicación para almacenarlas, lo que conduciría a reservas de semillas, las cuales podrían sobrevivir y germinar. Sin embargo, existe evidencia que indica que la supervivencia y la germinación de las semillas almacenadas es baja (0,8% *P. strobus* L. (Pino blanco), 0-2% para *Dipteryx panamensis* (Pittier) Record & Mell (Almendro) y 1,5-2,5% para roble), ya que los lugares de almacenamiento no necesariamente pueden ser adecuados para el establecimiento de plántulas (Hulme, 1998), por lo que sería interesante poder abordarlo en investigaciones a futuro para esta especie.

Los patrones de depredación en semillas de *P. boldus* evidencian que también es de preferencia de consumo de los agentes depredadores, estos resultados, sin embargo, difieren considerablemente con la información publicada por Bustamante (1995), siendo los únicos antecedentes existentes sobre la depredación de semillas de *P. boldus*. La información muestra que en promedio la depredación de semillas de *P. boldus* en un bosque esclerófilo es del 7 y 2% en bosques ralos y densos, respectivamente, por aves y roedores. Pero, para este caso de estudio, los depredadores de semillas de *P .boldus* fueron capaces de encontrar un elevado número de almacenes y remover el 45% de las semillas presentes en los almacenes.

Las semillas de *C. alba* muestran ser de baja preferencia de consumo. Durante el periodo de exposición de las semillas el encuentro de almacén de depredación fue similar al de las especies más consumidas pero la depredación de semillas no fue mayor del 15%. La depredación de semillas de *C. alba* se expresó a través de daños por mordeduras de roedores, las que finalmente no fueron consumidas en su totalidad, lo que respalda el bajo interés de consumo de semillas de los agentes depredadores. Estos antecedentes además coinciden con la información observada en las imágenes capturadas por las cámaras trampas (Figuras 12, 13 y 14), mostrando no ser de preferencia de *P. culpaeus* y roedores tanto exóticos como nativos presentes en el sector. Esto podría ser explicado a través de los

antecedentes existentes que indican que los frugívoros de *C. alba*, entre ellos aves (*Mimus thenca*) y mamíferos (*P. culpaeus*) (Bustamante *et al*., 1992), afectan indirectamente la probabilidad de las semillas para sobrevivir, ya que al ser consumidos los frutos, las semillas son dispersadas a través de heces o fecas, las que resultan ser más atractivas para el consumo de los depredadores (Bustamante, 1995; Celis-Diez y Bustamante, 2005). Por lo tanto, la extracción en laboratorio de exocarpo y mesocarpo del fruto, para disimular el mecanismo de dispersión, pudo haber alterado los resultados de la depredación de las semillas de *C. alba* en este experimento.

Las semillas de *P. lingue* no fueron apetecidas por los agentes depredadores del bosque. Al principio del ensayo las tasas de encuentro de almacén y de depredación de semillas fueron las más bajas entre todas las especies evaluadas. Sin embargo, las tasas de encuentro de almacenes de depredación fueron aumentando considerablemente llegando a obtener valores similares en relación a las demás especies (64% *P. lingue*, 68% *B. miersii* y *C. alb*a, 71% *P. boldus*), pero la tasa de depredación si bien aumentó al final del ensayo, difiere consideradamente de las demás especies. A esto se suma la información entregada por las imágenes de las trampas cámaras, las cuales muestran que efectivamente no existe interés en el consumo de semillas por parte de los agentes depredadores exóticos y nativos del lugar. Por lo tanto, para este estudio las semillas de *P. lingue* corresponden a la especie de menos interés de consumo de los depredadores del bosque.

Cabe destacar, que estudios respecto a los consumidores de semillas de *P. lingue* son escasos. Sin embargo existen antecedentes históricos que señalan la toxicidad de las hojas y frutos en *P. lingue*, debido a que el su consumo produce la muerte del ganado, de ahí que viene el dicho "*Murió alingado*" (Baeza, 1930; Navas 1976), pues seguramente el animal había consumido frutos de *P. lingue*. Debido a esto, muchos bosques con presencia de la especie en la zona central vieron disminuidas las poblaciones de *P. lingue* para la mantención del ganado como también por el alto valor de su madera (Donoso y Escobar, 2006). También existen antecedentes que indican que roedores y aves, como *P. araucana*, *Enicognathus leptorhynchus* (Choroy) y *Enicognathus ferruginea* (Cachaña) (Sáenz de Urtury, 1986; Donoso 1994; Vergara *et al*., 2010) consumen los frutos, y que según Wilhelm de Mösbach (1992) "*comunican un sabor amargo a la carne de las Torcazas*". Por lo tanto, en base a esta información y los resultados obtenidos en este experimento, se puede inferir que existe un factor propio de la composición de esta especie que puede interferir en el interés de consumo por parte de los agentes depredadores, lo cual resulta beneficio para la mantención de las poblaciones de *P. lingue* considerando que actualmente la especie se encuentra en Estado de Conservación Vulnerable desde la región del Libertador Bernardo O'Higgins hasta el límite norte de su distribución (Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2015).

Al observar los resultados en el tiempo de duración del experimento, se infiere que inicialmente el interés de los agentes depredadores se concentra en depredar principalmente semillas de *B. miersii* y *P. boldus*, y una vez que los depredadores no fueron capaces de encontrar más semillas de las especies mencionadas anteriormente comienzan a buscar

otras fuentes de alimentación e intentan probar con semillas de *C. alba* y *P. lingue*, las que no fueron de interés, ya que el consumo de estas semillas por unidad de depredación fue mínima.

Estos resultados muestran que los patrones de encuentro de almacenes de depredación y la depredación de semillas varían según la especie, lo que depende principalmente del interés del agente depredador, las características de la especie y de los factores ambientales predominantes en el lugar. Por lo tanto, las características físicas de las semillas como el tamaño, peso y volumen no están asociadas con el encuentro de almacenes y la depredación de semillas. Esto se evidencia por la similitud de las tasas finales de encuentro de los almacenes de depredación entre las especies y las altas tasas de depredación de semillas de *B. miersii* y *P. boldus*, por lo que podrían existir otros factores que dificultan el consumo de semillas como el caso de las semillas de *C. alba* y *P. lingue*, especies con menores tasas de depredación en general.

Sin embargo, cabe mencionar que investigaciones sobre el tamaño de las semillas indican que al experimentar con comparaciones interespecíficas pueden muchos otros efectos, además de tamaño, afectar los resultados. Por lo tanto, una evaluación más clara del efecto del tamaño sobre la aptitud de semillas, sólo se puede abordar a través de comparaciones intraespecífica (Alcántara *et al*., 2000).

Los efectos de la presencia de cobertura de hojarasca también difirieron según la especie en la depredación de semillas del bosque. En semillas de *B. miersii* y *C. alba* la presencia de cobertura de hojarasca tuvo efectos positivos ya que disminuyó el riesgo de encuentro y consumo de las semillas en comparación con semillas que estuvieron expuestas a la superficie del suelo. Esto se debe principalmente a que la cobertura de hojarasca oculta las semillas de los potenciales depredadores (Cintra ,1997; Fenner y Thompson, 2005; Pérez-Ramos y Marañón, 2008). Este efecto fue independiente de la densidad de semillas.

En cambio, en semillas de *P .boldus* y *P. lingue* el encuentro de almacenes de depredación y la depredación de semillas no tuvo relación con la cobertura de hojarasca y la densidad de semillas. Se presume que los agentes depredadores de semillas de *P. boldus*, las más pequeñas entre las especies evaluadas, deben tener en consideración la dificultad en el encuentro debido a su tamaño y por ende el escape de las semillas no está relacionado con factores evaluados.

El efecto positivo de la presencia de cobertura de hojarasca en la reducción de la depredación de semillas benefició además la germinación de semillas no depredadas y el establecimiento de plántulas en *B. miersii* y *C. alba* (Cuadro 8), esto debido principalmente a que la hojarasca impide la desecación de las semillas estimulando la germinación y favoreciendo el reclutamiento de plántulas (Pérez-Ramos y Marañón, 2008). Por lo tanto, en ausencia de depredadores de semillas, la presencia hojarasca puede influir el éxito en la

germinación de semillas de *B. miersii*, lo que coincide con la información obtenida para *B. miersii* por Kremer (2014).

La presencia de hojarasca también benefició la tasa de germinación de semillas de *P. lingue*, pero resultó ser la más baja entre las especies (6%), sin embargo, cabe considerar que la viabilidad de las semillas que no fueron depredadas fue la más alta (68%) entre todas las especies estudiadas.

Las semillas de *P. boldus* no depredadas no germinaron. Esto podría ser explicado por los requerimientos de altas temperaturas estivales durante el período de diseminación de semillas, producto de la presencia de aceites esenciales (Terpinol y Eugenol) que inhiben el pericarpio, lo que afecta el porcentaje de semillas que germinan tanto en forma natural y artificial mediante viverización (Cabello y Donoso, 2006).

Las diferencias en las tasas de depredación y germinación de semillas podrían facilitar la coexistencia de diferentes especies de plantas (Hulme, 1998), lo que puede influir directamente en la sustitución de los individuos que están siendo mayoritariamente consumidos, debido a que la depredación de semillas conduce a la erradicación del individuo. Por lo tanto, para este caso de estudio, el bajo consumo de semillas y el éxito germinativo de *C. alba* y las altas tasas de depredación de semillas de *B. miersii* podrían conllevar a un recambio en la composición de especies de esta comunidad vegetacional. Además de considerar que actualmente existen otros factores que limitan las poblaciones de *B. miersii*, como la recalcitrancia de las semillas (Serra *et al*., 1986) y la desecación de plántulas por falta de humedad (Henríquez y Simonetti, 2001). Esta información concuerda con los antecedentes de la dinámica de regeneración de las poblaciones de *B. miersii* de la Cordillera El Melón, que indican la mayor capacidad de autoreemplazo de *C. alba* y la escasa regeneración de *B. miersii*, lo que podría incidir en la dominancia a futuro de *C. alba* (Brito- Rozas y Flores-Toro, 2014).

Esta información resulta ser preocupante para esta población de *B. miersii*, debido principalmente a que en la actualidad se encuentra en estado de conservación Vulnerable (CONAF 1985; Benoit, 1989; Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2008) y nombrada Monumento Natural (Ministerio de Agricultura, 1995), a causa de presiones antrópicas. Además de los antecedentes de la presencia de ganado y recolección de tierra de hoja en el lugar de estudio (GEF - CONAMA, 2003), siendo este último factor fundamental para el escape de las semillas a la depredación y la generación de condiciones ambientales para la germinación y posterior establecimiento de plántulas.

Si bien, existen antecedentes bibliográficos sobre la depredación de las semillas de *B. miersii*, con este estudio se deja en evidencia que las semillas de *B. miersii* son de gran interés para el consumo respeto a las demás especies presentes en la comunidad vegetacional, pero no hay certeza respecto a que la depredación de semillas a nivel

poblacional limite la abundancia y distribución de las plántulas ni a nivel de individuo determine la identidad de las plantas reclutas (características). Esto último es interesante de considerar ya que la depredación de semillas puede ser un fuerte proceso selectivo (Alcántara *et al*., 2000) y sobre todo considerando las reducidas poblaciones que actualmente existen de *B. miersii*.

6. CONCLUSIONES

Se evidenció que los agentes depredadores de semillas presentes en la comunidad vegetacional, muestran preferencia en el consumo de semillas de *B. miersii* seguido de *P. boldus*, en relación a las demás especies predominantes del bosque y con altos niveles de depredación de semillas (57 y 45%, respectivamente).

El consumo de semillas de *C. alba* en esta comunidad vegetacional es considerado bajo y de no interés de consumo por los agentes depredadores.

No existe interés de parte de los agentes depredadores en el consumo de semillas de *P. lingue* en este bosque y esto podría ser explicado por un factor propio de la composición de las semillas.

El tamaño, volumen y peso de las especies evaluadas no tienen influencia en los niveles de depredación de semillas evaluadas en este bosque de *B. miersii*.

Existe un efecto positivo de la presencia de cubierta de hojarasca en el escape de las semillas de *B. miersii* y *C. alba* a la depredación. Además, la cubierta de hojarasca favorece el tiempo de escape de las semillas de *C. alba*.

La densidad de semillas para ninguna de las especies evaluadas es influyente en el escape de la depredación de semillas.

Los niveles de germinación de las semillas no depredadas indican que la especies con mayor capacidad de germinación en este bosque corresponden a *B. miersii* y *C. alba* (24 y 42%, respectivamente), principalmente en presencia de cubierta de hojarasca.

La depredación de semillas puede resultar dañina para la abundancia y distribución de las reducidas y fragmentadas poblaciones de *B. miersii* como en la identidad de los individuos. La alteración de la dinámica de regeneración de *B. miersii* puede conllevar a fututo que las actuales poblaciones sean reemplazadas por otras especies menos apetecidas por los depredadores y que además no tengan limitaciones en la germinación de semillas y establecimiento de las plántulas, como es el caso de *C. alba*. Por lo que se recomienda evaluar el real impacto a través de estudios en la limitación del reclutamiento de las plántulas y se sugiere que para los planes restauración y reforestación de *B. miersii* se considere los efectos positivos de la presencia de hojarasca en el escape de las semillas a la depredación para asegurar la permanencia de esta especie.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALCÁNTARA, J., REY, P., SÁNCHEZ – LA FUENTE A. y VALER, F. 2000. Early effects of rodent post dispersal seed predation on the outcome of the plant – seed disperser interaction. Oikos 88: 362-370.

ALFARO, R., y SIERRA, V. 1973. Absorción foliar de humedad atmosférica y relaciones hídricas en *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser, *Quillaja saponaria* Mol., *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz y *Acacia caven* Mol. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Santiago, Chile. 69 p.

ASQUITH, N. M., WRIGHT, S. y CLAUSS, M. 1997. Does mammal community composition control recruitment in Neotropical forests? Evidence from Panamá. Ecology 87: 941-946.

BAEZA, V. M. 1930. Los nombres vulgares de las plantas silvestres de Chile y su concordancia con los nombres científicos. Y observaciones sobre la aplicación técnica y medicinal de algunas especies. 2a. Edición. Imprenta El Globo. Santiago de Chile. 270 p.

BECERRA P., CELIS-DIEZ, J.L. y BUSTAMANTE, R. 2004. Effect of leaf litter and precipitation on germination and seedling survival of the endangered tree *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm. Applied Vegetation Science 7: 253-257.

BENOIT, I. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. I. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Santiago, Chile. 157p.

BLATE, G. M., PEART, D. R. y LEIGHTON, M. 1998. Post dispersal predation on isolated seeds: a comparative study of 40 tree species in a Southeast Asian rainforest. Oikos 82: 522-538.

BRITO-ROZAS, E. y FLORES-TORO, L. 2014. Estructura y dinámica de los bosques de belloto el norte (*Beilschmiedia miersii*) de la Cordillera El Melón, Comuna de Nogales, región de Valparaíso, Chile. Bosque 35(1): 13-21.

BUSTAMANTE, R. 1995. Depredación de semillas en bosques templados de Chile. En: Armesto, J.J., Villagrán, C. y Arroyo, M.K. (Eds.). Ecología de los Bosques Nativos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp. 265-278.

BUSTAMANTE, R. y SIMONETTI, J. 2000. Seed predation and seedling recruitment in plants: the effect of the distance between parents. Plant Ecology 147: 173-183.

BUSTAMANTE, R. y VÁSQUEZ, R. 1995. Granivoría en *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser (Lauraceae): los efectos del tipo de hábitat y la densidad de semillas. Revista Chilena de Historia Natural 68:117-122.

BUSTAMANTE, R.O., SIMONETTI, J. y MELLA J., 1992. Are foxes legitimate and efficient seed dispersed? A field test. Acta Oecologica 13: 203-208.

BUSTAMANTE, R.O., GREZ, A., SIMONETTI J., VÁSQUEZ, R. y WALKOWIAK, A.1993.Antagonistic effects of frugivores on seed of *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser (Lauraceae): consequences on seedling recruitment". Acta Oecologica 14: 739-745.

CABELLO, A. 1987. Proyecto de protección y recuperación de especies arbóreas y arbustivas amenazadas de extinción. Parte II. Documento técnico Nº22. Chile Forestal. CONAF. Santiago, Chile. 8 p.

CABELLO, A. 1990. Proyecto de protección y recuperación a los bosques esclerófilos y espinosos de la zona central de Chile. En: Opciones silviculturales de los bosques esclerófilos y espinosos de la zona central de Chile. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Dpto. Silvicultura. Apuntes docentes Nº3. pp. 56-74.

CABELLO, A. 1993. Propagación de especies nativas: aspectos claves. En: Avance en Silvicultura, Primera reunión. Programa y resúmenes. Santiago. Chile. Depto. de Silvicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. 6-8 Octubre.

CABELLO, A. 2006. *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm. En: Donoso, C. (Ed). Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 181-186.

CABELLO, A. y DONOSO, C. 2006. *Peumus boldus* (Molina) Johnston. Boldo, Folo. Familia: Monimiaceae. En: Donoso, C. (Ed). Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología, Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 510-515.

CELIS-DIEZ, J. y BUSTAMANTE, R. 2005. Frequency-dependent seed size selection on *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser (Lauraceae): testing the effect of background. Biological Journal of the Linnean Society 84: 137-142.

CINTRA, R. 1997. Leaf litter effects on seed and seedling predation of the palm *Astrocaryum murumuru* and the legume tree *Dipteryx micrantha* in Amazonian forest. Journal of Tropical Ecology 13:709-72.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 1985. Actas Simposio Flora Nativa Arbórea y Arbustiva de Chile Amenazada de Extinción. Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 80 p.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. Santiago. 157 p.

CRAWLEY, M. 2014. Seed Predators and Plant Population Dynamics. En: Gallagher, R. (Ed). 3rd Edition Seed: The Ecology of regeneration in plant communities. London UK. pp. 94- 110-

DONOSO, C. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. Bosque 4(2):117-146.

DONOSO, C. 1994. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Segunda Edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 484 p.

DONOSO, C., CABELLO, A. y ESCOBAR, B. 2006. *Maytenus boaria* Mol. Maitén. Familia: Celastraceae. En: Donoso, C. Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología, Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 365-374.

DONOSO, C. y ESCOBAR, B. 2006. *Persea lingue* Miers ex Bertero Ness. En: Donoso, C. Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología (Ed. C. Donoso), Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 501-514.

FENNER, M. y THOMPSON, K. 2005. The ecology of seeds. En: Post dispersal hazards. UK. Editorial Cambridge University Press pp. 136-143.

FERREIRA, A., BRUNA M. y VASCONCELOS H. L. 2011. Seed predators limit plant recruitment in Neotropical savannas. Oikos 120: 1013-1022.

FIGUEROA, J.A., MUÑOZ, A.A., MELLA, J. E. y ARROYO, M.T.K. 2002. Pre- and post-dispersal seed predation in a Mediterranean- type climate montane sclerophyllous forest in central Chile. Aust. J. Bot. 50: 183-195.

GAJARDO, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 p.

GEF – CONAMA. 2003. Proyecto Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana, Chile: Resumen ejecutivo. [en línea] http://www.sinia.cl/1292/articles-39973_recurso_1.pdf. [Consulta: 01diciembre 2014].

GÓMEZ, G y COBO, E. 2004. Hablemos de Análisis de Supervivencia. [en línea] http://aeeh.es/wp-content/uploads/2012/05/v3n4a203pdf001.pdf. [Consulta: 02 Noviembre 2015].

HARTMANN H. y KESTER, D. 1987. Propagación de plantas: principios y prácticas. 2a. Ed. Prentice Hall, INC. México.760 p.

HECHENLEITNER, P. y GARDNER, M. 2006. *Citronella mucronata* (Ruiz & Pav.) D. Don. Huillipatagua, Naranjillo, Patagua, Pataguilla. Familia: Icacinaceae. En: Donoso, C. (Ed). Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología (Ed. C. Donoso), Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 197-200.

HENRÍQUEZ, C. y SIMONETTI J. 2001. The effect of introduced herbivores upon an endangered tree (*Beilschmiedia miersii*, Lauraceae). Biol. Conserv. 98: 69-76.

HULME, P. E. 1993. Post dispersal seed predation by small mammals. Symp. Zool. Soc. Lond. 65: 269-287.

HULME, P. E. 1994. Post dispersal seed predation in grassland: its magnitude and sources of variation. Journal of Ecology 82: 645-652.

HULME, P.E.1998. Post dispersal seed predation: consequences for plant demography and evolution. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 1: 32-46.

HULME, P. y BORELLI, T. 1999. Variability in post dispersal seed predation in deciduous woodland: relative importance of location, seed species, burial and density. Plant Ecology 145: 149-156.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIOS (INIA). 2016. Red Agrometereologica de INIA. [en línea] Estaciones http://agromet.inia.cl/estaciones.ph [consulta: 10 Enero 2016].

JANZEN, D. H.1971. Seed predation by animals. Annu. Rev. Ecol. Syst. 2: 465 - 492.

JAÑA, R. 2012. Animal seed dispersal and its consequences for plant recruitment. Ph D Thesis, University of Canterbury, New Zealand.

KOLLMANN, J. 1995. Regeneration window for fleshy-fruited plants during scrub development on abandoned grassland. Ecoscience 2: 213-22.

KREMER, K. 2014. Efecto de la disponibilidad hídrica y profundidad de hojarasca sobre la germinación de semillas y supervivencia y crecimiento inicial de plantas de regeneración de *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm, en la quebrada del árbol, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 52 p.

LE QUESNE, C. 2000. Bioecología del bosque nativo chileno. En: Le Quesne, C. Agentes de daño en el bosque nativo. 1ra Edición. Chile. Editorial Universitaria, S.A. pp. 19-39.

LOOSER, G. 1940. Las Lauráceas chilenas según la monografía del Dr. Kostermans, Revista Chilena de Historia Natural 44: 109-118.

LUEBERT, F. y PLISCOFF, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago de Chile, Editorial Universitaria. 316 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1995. Decreto 13. Declara Monumento Natural las Especies Forestales Queule, Pitao, Belloto del Sur, Belloto del Norte y Ruil. Santiago, Chile. 2 p.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2015. Clasificación de especies. [en línea] Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 9º Proceso de Clasificación http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/index2.htm [consulta: 15 Noviembre 2015].

MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA. 2008. Decreto Supremo N° 50. Segundo Proceso de Clasificación de Especies Silvestres según Categoría de Conservación. Santiago Chile. 5 p.

MORALES, N., BECERRA, P., ARELLANO, E., y GILABERT, H. 2015. Effect of large and small herbivores on seed and seedling survival of *Beilschmiedia miersii* in central Chile. Bosque 36(1): 127-132.

MYSTER, R. y PICKETT, S. 1993. Effects of litter, distance, density and vegetation patch type on post dispersal tree seed predation in old fields. Oikos 66: 381-388.

NAVAS. 1976. Flora de la cuenca de Santiago. Tomo I. Editorial Andrés Bello. Santiago. 301 p.

OSUNKOYA, O. 1994. Post dispersal survivorship of North Queensland rainforest seeds and fruits: effects of forest, habitat and species. Aust. J. Ecol. 19: 52-64.

RODRÍGUEZ, R., MATTHEI, O. y QUEZADA, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Ed. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 470 p.

PÉREZ-RAMOS, I. y MARAÑON, T. 2008. Factors affecting post-dispersal seed predation in two coexisting oak species: Microhabitat, burial and exclusion of large herbivores. Forest Ecology and Management 255: 3506–3514

ROMERO - GARATE, F. y TEILLIER, S. 2014. Flora vascular de los Altos del Cantillana, Región Metropolitana, Chile: Pisos de Vegetación Subandino y Andino. Chloris Chilensis 17(1). [en línea]: http://www.chlorischile.cl/cantillana%20flora-romero-Teillier/Romero-Cantillana-flora%20chloris%202014.htm. [Consulta: 01diciembre 2014].

SAENZ DE URTURY., B. M. 1986. Estudio anatómico y de germinación en lingue (*Persea ligue* Nees). Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 137 p.

SERRA, MT., GAJARDO, R. y CABELLO, A. 1986. *Beilschmiedia miersii*. Programa de protección y recuperación de la flora nativa de chile. Ficha técnica de especies amenazadas. Corporación Nacional Forestal. 23 p.

SOKAL RR. y ROHLF FJ., 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3rd ed. W.H. Freeman, New York, 887 p.

TERBORGH, J., LOSOS E., RILEY M. P. y BOLAÑOS RILEY M. 1993. Predation by vertebrates and invertebrates on the seeds of five canopy tree species of an Amazonian forest. Vegetation 107/108: 375–386.

TRIPATHI R.S. y KHAN, M. L. 1990. Effects of seed weight and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in a subtropical wet hill forest. Oikos 57: 289-296.

VANDER WALL, S., FORGET, P., LAMBERT, J. y HULME, P. 2005. Seed Fate Pathways: Filling the Gap between Parent and Offspring. En: Forget, PM ; Lambert, JE ; Hulme, PE y Vander Wall, SB (Eds.). Seed Fate: Predation, Dispersal and Seedling Establishment. CABI Publishing. pp. 18-25.

VERGARA, P., SMITH, C., DELPIANO, C., ORELLANA, I., GHO, D. y VAZQUEZ, I. 2010. Frugivory on *Persea lingue* in temperate Chilean forests: interactions between fruit availability and habitat fragmentation across multiple spatial scales. Oecologia 164: 981–991.

WILHELM DE MÖSBACH E. 1992. Botánica Indígena de Chile. Editorial Andrés Bello. 140 p.

Folio009468

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

CARACTERIZACIÓN DE CINCO LOCALIDADES DE BELLOTO DEL NORTE (*Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm.) EN RELACIÓN A SU VARIABILIDAD GENÉTICA Y RESPUESTA TEMPRANA FRENTE A RESTRICCIÓN HÍDRICA EN VIVERO

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

PAOLA LILIANA POCH JIMÉNEZ

Prof. Guía: Sr. Carlos R. Magni Díaz
Dr. en Cs Forestales mención en Biología

Santiago, Chile

2015

Folio009469

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

CARACTERIZACIÓN DE CINCO LOCALIDADES DE BELLOTO DEL NORTE (*Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm.) EN RELACIÓN A SU VARIABILIDAD GENÉTICA Y RESPUESTA TEMPRANA FRENTE A RESTRICCIÓN HÍDRICA EN VIVERO

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

PAOLA LILIANA POCH JIMÉNEZ

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Dr. Carlos Magni Díaz	7,0	……
Prof. Consejero Dra. Karen Peña Rojas	7,0	……
Prof. Consejero Dra. Rosa Scherson Vicencio	7,0	……

AGRADECIMIENTOS

Hoy me encuentro al final de un periodo, lleno de vivencias, enseñanzas y de crecimiento personal, los cuales se reflejan en alguna medida en el presente trabajo que está a punto de concluir y que fue posible gracias a la ayuda de muchas personas que estuvieron a mi lado; para todas ellas, va mi agradecimiento.

En primera instancia, quiero agradecer a mis padres por su amor, paciencia y apoyo incondicional hacia mí. A mi hermana, por estar a mi lado en las buenas y en las malas. Todo lo que soy es gracias a ellos.

También quisiera agradecer a mi profesor guía, Dr. Carlos Magni, quien me brindo valiosos consejos en el desarrollo de este estudio y también en el profesional. A mis profesoras consejeras, Dra. Karen Peña y Dra. Rosita Scherson, por sus consejos, disposición y observaciones realizadas en este estudio. A los profesores Álvaro Promis, Gabriel Mancilla, Iván Grez, María Teresa Serra y Sergio Espinoza, por su ayuda oportuna y apoyo logístico.

A mis amigos quienes me ayudaron en todo momento y que me dieron su apoyo cuando lo necesité: María julia, Anita, Andrea, Angie, Carla, Joshy, José, Chiri, Jorge y Patricio. Además a mis compañeros y amigos del equipo CESAF: Seba, Javi, Milza y Betsa A todos ustedes gracias infinitas.

Finalmente, agradezco a la Corporación Nacional Forestal, la cual a través del Fondo de Investigación de Bosque Nativo financio el desarrollo de esta memoria en función del proyecto “Permanencia de Bosques de *Beilschmiedia miersii*. Regeneración según contenido de humedad del suelo y presencia de hojarasca” y también al Dr. Salvador Gezan por gestionar la obtención de la licencia del programa ASReml, y así poder llevar a cabo la presente investigación.

Folio009471

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1
2. MATERIALES Y MÉTODOS 6
2.1 Materiales 6
2.1.1 Determinación de las localidades 6
2.1.2 Colección de la semilla 8
2.1.3 Ubicación del ensayo 8
2.1.4 Preparación del ensayo 8
2.2 Método 8
2.2.1 Diseño experimental 8
2.2.2 Caracterización de las semillas y descripción de patrones de germinación previa restricción hídrica 10
2.2.3 Parámetros de medición relacionados al crecimiento previo a la restricción hídrica 11
2.2.4 Variables de medición de las plántulas posterior a la aplicación de restricción hídrica. 11
2.2.5 Análisis de datos y modelo estadístico 13
2.2.6 Parámetros genéticos 16
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 17
3.1 Caracterización de las semillas y descripción de los patrones de germinación 17
3.1.1 Ensayo de laboratorio de las semillas previa viverización 17
3.1.2 Capacidad germinativa y velocidad de germinación según localidad de procedencia 19
3.2 Descripción del crecimiento inicial de las plantas en la primera temporada de viverización previa a la restricción hídrica 21
3.3 Descripción de la respuesta morfo-fisiológica de plantas sometidas a restricción hídrica 24
3.3.1 Respuesta morfológica a la restricción hídrica 24
3.3.2 Respuesta fisiológica a la restricción hídrica 37
3.4 Variación inter-sitios en la plasticidad fenotípica y la asignación de la biomasa frente a la restricción hídrica 39
3.4.1 Variación inter-sitios en la plasticidad fenotípica 39
3.4.2 Variación inter-sitios en la asignación de la biomasa 41
3.5 Estimación de parámetros genéticos 45
4. CONCLUSIONES 47
5. BIBLIOGRAFÍA 49
6. APÉNDICES 58
7. ANEXOS 60

Folio009472

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localidades seleccionadas para la colecta de semillas de *Beilschmiedia miersii*.....6

Figura 2. Esquema de la distribución espacial de las plantas por bloque en cada tratamiento……9

Figura 3. Índice de Plasticidad Angular (α)…….……...15

Figura 4. Número de semillas de *Beilschmiedia miersii* por kilogramo…….....17

Figura 5. Porcentaje de viabilidad de las semillas…….……18

Figura 6. Curvas de germinación acumulada según localidad de procedencia de las semillas……...21

Figura 7. Detalle de las plantas de *Beilschmiedia miersii* de una temporada de crecimiento……..21

Figura 8. Resultados del índice de Plasticidad Angular (α) según localidad.....38

Figura 9a. Trayectoria de la relación alométrica para las raíces y las hojas de las cinco poblaciones de *B. miersii* analizadas……...41

Figura 9b. Trayectoria de la relación alométrica para las raíces y las hojas de las cinco poblaciones de *B. miersii* analizadas (continuación).…….…….....42

Folio009473

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación y descripción de las características climáticas y edáficas de las localidades seleccionadas.....7

Cuadro 2. Efecto de la localidad de procedencia sobre parámetros de germinación.....19

Cuadro 3. Valores promedio de los parámetros de crecimiento en la primera temporada para cada localidad de procedencia.....22

Cuadro 4. Resultados de la regresión logística binaria: Variables predictoras de la presencia/ausencia del cotiledón en *B. miersii* previa restricción hídrica.....23

Cuadro 5. Efecto de la restricción hídrica sobre los atributos morfológicos de *B. miersii*.....24

Cuadro 6a. Respuesta morfológica de *B. miersii* sometidas a restricción hídrica para cada localidad de procedencia.. 27

Cuadro 6b. Respuesta morfológica de *B. miersii* sometidas a restricción hídrica para cada localidad de procedencia (continuación).....27

Cuadro 7. Resultados de la regresión logística binaria: Variables predictoras de la presencia/ausencia del cotiledón en *B. miersii* en tratamiento de riego control.. 28

Cuadro 8. Resultados de la regresión logística binaria: Variables predictoras de la presencia/ausencia del cotiledón en *B. miersii* en tratamiento de restricción hídrica.....29

Cuadro 9. Efecto de la restricción hídrica sobre la asignación de la biomasa en *B. miersii*.....30

Cuadro 10. Asignación de la biomasa en *B. miersii* sometidas a restricción hídrica para cada localidad de procedencia.... 32

Cuadro 11. Porcentaje de la varianza según modelo mixto lineal, para las características de crecimiento y de biomasa.....34

Cuadro 12. Valores del potencial hídrico al alba (Ψa), contenido hídrico relativo (CHR) y módulo de elasticidad (ε) para cada localidad de procedencia.....36

Cuadro 13. Índice de Plasticidad Angular (α) para *B. miersii* sometidas a restricción hídrica para cada localidad de procedencia.....39

Cuadro 14. Heredabilidad individual y familiar asociada a las características morfológicas presentadas por *B. miersii* en diferentes tratamientos hídricos.....43

Cuadro 15. Correlación genética de tipo B entre pares de características en los diferentes tratamientos.....44

Folio009474

RESUMEN

Beilschmiedia miersii (Gay) Kosterm (Belloto del Norte) es una especie endémica y vulnerable de la zona mediterránea de Chile. Bajo el escenario de cambio climático se prevé que las poblaciones de esta especie se reducirán drásticamente, siendo los sectores con mayor restricción hídrica los más afectados, ya que la principal causa de la mortalidad de las plántulas es debido a la desecación. Sin embargo, es escasa la información acerca de su rango de respuestas frente a la restricción hídrica y cómo ésta puede ser diferencial dependiendo de su variabilidad genética.

El objetivo de este estudio fue caracterizar la capacidad germinativa, el crecimiento inicial, la asignación de biomasa y las respuestas de supervivencia en plántulas de *B. miersii* cultivadas bajo dos regímenes hídricos (regados vs. estrés hídrico). El experimento se llevó a cabo con semillas colectadas en cinco lugares de Chile Central (Quebrada El Pobre, Longotoma, Campus Antumapu, Reserva Privada Altos de Cantillana y Quebrada El Árbol). Posterior a una temporada de crecimiento, las plántulas se sometieron a un período de restricción hídrica calculado sobre la base de la LD50 (es decir, el número de días sin riego resultante de la mortalidad del 50% de las plantas a prueba). Se aplicó un ciclo de 26 días de restricción hídrica. Con estas variables se estiman las respuestas morfo-fisiológicas a la restricción hídrica, el índice de plasticidad angular, la trayectoria de repartición de biomasa, la heredabilidad en sentido estricto y la correlación genética tipo B.

Los resultados indican que las familias de localidades más cercanas a la distribución sur, poseen una mayor capacidad germinativa y una menor mortalidad de las semillas. En condiciones de estrés hídrico, se indica que *B. miersii* da prioridad a la mantención de la fracción área por sobre la radicular (A/R = 4,40) y realizaría ajuste elástico de los tejidos, con la finalidad de evitar la abscisión de sus hojas. En particular, se observa que en condiciones de restricción hídrica las familias de Longotoma asignan mayor biomasa a brotes y las familias de la Quebrada El Árbol, otorgan una mayor asignación de biomasa a las raíces, a expensas de los brotes, mostrando una alta plasticidad fenotípica. Además, se observó que la variable con el control genético más elevado para el tratamiento de riego fue la altura (h_i^2 = 0,16 y h_f^2 = 0,40) y para la condición de restricción hídrica fueron el peso seco de hoja y tallo (h_i^2 = 0,30 y h_f^2 = 0,51, respectivamente). Las correlaciones genéticas más elevadas se observaron en el peso seco de hojas y en el número de hojas verdaderas (r_β= 0,80 y r_β = 0,85, respectivamente). Lo anterior indica que las características foliares en *B. miersii* están bajo un importante control genético.

Se concluye, que de acuerdo a estos resultados que indican una escasa respuesta adaptativa de *B. miersii* a condiciones de restricción hídrica y bajo el escenario de cambio climático, la permanencia de la especie se verá afectada negativamente en sectores con déficit hídrico.

Palabras claves: *Beilschmiedia miersii*, Germinación, Restricción hídrica, Asignación de biomasa, Evaluación genética.

Folio009475

ABSTRACT

Beilschmiedia miersii (Gay) Kosterm is an endemic and vulnerable tree species of the Mediterranean zone of Chile. Under the climate change scenario it is predicted that populations of the species will be drastically reduced. As the main cause of seedling mortality is due to desiccation, sectors with higher water restriction will experience higher mortality rates; however, information concerning responses of the species to water stress and its genetic control is scarce.

The aim of this study was to analyze the genetic variation of germination capacity, early growth, biomass allocation and survival responses of *B. miersii* seedlings cultivated under two water regimes (well watered vs. water stress). The experiment was carried out with seed collected at five locations in Central Chile (Quebrada El Pobre, Longotoma, Campus Antumapu, Reserva Privada Altos de Cantillana y Quebrada El Árbol). After one growing season seedlings were submitted to a period of water stress based on the LD50 (i.e., number of days without water resulting in 50% mortality). One 26-day cycle of withholding of water was applied. After the period of water stress predawn water potential (ψa), root collar diameter, height, stem dry weight, leaf dry weight, root dry weight and total dry weight were recorded. Patterns and amounts of phenotypic changes, including changes in biomass allocation, were analyzed with the angular phenotypic change index. Individual and family narrow-sense heritability and genetic correlations were also estimated.

The results indicate that families coming from the southern provenances have a higher germination capacity and lower mortality. Under water stress conditions the species allocates more biomass to the shoots at the expenses of the roots (A/R = 4.40). Elastic adjustment was also observed in the water stress treatment, indicating a strategy to prevent abscission of leaves. Families from Longotoma allocating more biomass to shoots, and those families from Quebrada el Árbol presented high phenotypic plasticity, allocating more biomass to roots at the expense of shoots. In the well water treatment trait with the highest heritability was total height (i.e., $h_i^2 = 0.16$, $h_f^2 = 0.40$), while in the water stress treatment, stem dry weight and leaf dry weight had the highest heritabilities ($h_i^2 = 0.30$ and $h_f^2 = 0.51$, respectively). Higher genetic correlations were observed for leaf dry weight and the number of true leaves (r_β= 0.80 and $r_\beta = 0.85$, respectively). This indicates that foliar characteristics of *B. miersii* are under strong genetic control.

That according to these results indicate a low adaptive response to *B. miersii* water restriction conditions can be concluded that under the scenario of climate change will adversely affect the permanence of the species in its sectors with higher water restriction.

Key Words: *Beilschmiedia miersii*, Germination, Water stress, Biomass allocation, Genetic evaluation.

Folio009476

1. INTRODUCCIÓN

El cambio global, que integra al cambio climático y la pérdida de hábitat, entre muchos otros aspectos, constituye hoy en día una de las principales amenazas a la biodiversidad (Parmesan y Yohe, 2003; Parmesan, 2006). Sus repercusiones sobre los ecosistemas pueden ser diversos e incluso pueden interactuar con otros motores de cambio, tales como la fragmentación y las modificaciones en los usos de suelo (Thuiller *et al*., 2004). Esta situación generaría cambios en la distribución de especies, aumento de las tasas de extinción y con ello, pérdida de diversidad biológica, cambios en los tiempos de reproducción y en los patrones de crecimiento de las plantas, entre otros (IPCC, 2002).

En relación a las consecuencias del cambio climático proyectadas sobre el territorio de Chile, el estudio de variabilidad climática para el siglo XXI realizado por CONAMA (2006), concluye que el país es altamente vulnerable a los efectos asociados a este fenómeno, debido a la prolongación de los períodos de sequías y al aumento de las temperaturas, especialmente en la zona norte y centro, provocando así un posible desplazamiento en la distribución de la vegetación hacia el sur del país. Esto conllevaría, a la generación de múltiples problemáticas para la zona norte y centro del país (Fuenzalida *et al.,* 1989; Santibáñez, 1999) que, en conjunto con el uso histórico del suelo (cambios en el uso del suelo, quemas recurrentes, sobrepastoreo, entre otros), causaría la emergencia de nuevas combinaciones vegetacionales, las que tardarían centenas de años en alcanzar un nuevo equilibrio (MMA, 2014). Además, este nuevo escenario, ocasionaría un potencial incremento en las tasas de conversión de bosques a matorrales, provocando una selección negativa de especies (Promis, 2010).

Por otro lado, cuando una planta está sometida a condiciones significativamente diferentes de las óptimas para su desarrollo, se dice que está sometida a estrés. Sin embargo, las distintas especies y/o variedades difieren en sus requerimientos óptimos y por tanto, en su susceptibilidad a un determinado estrés (Hsiao, 1973; Alemán *et al*., 2010). Además, hay periodos o etapas del desarrollo, como el estadio de plántula, donde las especies pueden ser particularmente sensibles a un estrés determinado. El conocimiento de los mecanismos de resistencia al estrés permiten comprender los procesos evolutivos implicados en la adaptación de las plantas a un ambiente adverso, como es el generado en los climas mediterráneos y predecir hasta cierto punto la respuesta vegetal al incremento de la adversidad asociada en muchos casos al cambio global. También, pueden ser aplicados para mejorar las características de las plantas, tanto en su fase de cultivo como en la selección de procedencias de una misma especie que se ajusten a requerimientos ambientales determinados, de manera que contribuyan a mejorar las tasas de supervivencia y crecimiento, principalmente en sitios con escasez de humedad (Kozlowski *et al*., 1991; Forest Service British Columbia, 1999).

En las plantas, las respuestas o mecanismos para afrontar esta situación de estrés han sido denominadas estrategias, y son características de cada especie, pero en general se producen tres tipos de respuestas en los organismos: respuestas que tienden a evitar o prevenir el estrés, respuestas que permiten tolerar o resistir el estrés y repuestas de escape, donde las plantas completan su ciclo vital antes de la llegada de la situación de estrés (Larcher, 1995).

El estrés hídrico en los tejidos de las plantas, es uno de los principales factores en la limitación del crecimiento (Kramer, 1983). Además de modificar el desarrollo y la morfología, puede generar una disminución en la relación parte aérea/parte radicular, y provocar la abscisión de hojas y frutos (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Por otro lado, los programas de mejora genética de especies arbóreas han demostrado que existen diferencias genéticas en las tasas de crecimiento de las plantas, entre y dentro de cada especie; que los diversos genotipos se adaptan a las condiciones ambientales donde habitan y que, por lo tanto, hay mecanismos que permiten a unos genotipos producir más que otros en condiciones limitantes del suelo (Dewald *et al*., 1992). Los ensayos de procedencias progenies son el método clásico para determinar el grado en que la variación de caracteres observables, corresponde a una variación genética y cuánto se debe a la influencia del ambiente. La base de los ensayos es observar la respuesta de distintos genotipos creciendo en las mismas condiciones, con lo que se minimiza la influencia ambiental y por ende, se infiere el valor genético (Zobel y Talbert, 1992; Jiménez y Collada, 2008).

Estos ensayos se inician con la selección de localidades o zonas de procedencias; dentro de éstas se eligen puntos de muestreo, desde donde se colectan semillas de árboles individuales para ser representados en ensayos de procedencia-progenie, en los cuales se puede evaluar la calidad genética de los fenotipos seleccionados (Ipinza *et al.*, 1998), además de proporcionar estimaciones de la varianza genética aditiva y heredabilidad (Zobel y Talbert, 1992).

De acuerdo a Zobel y Talbert (1992), los fenotipos corresponden a la siguiente expresión:

$$\mathbf{P = G + E} \quad \mathbf{[1]}$$

Dónde:

P: Corresponde a la expresión fenotípica de los individuos (lo que apreciamos a simple vista). Es lo medible y define las variables con las que se trabaja.

G: Características genéticas (genotipo), el cual corresponde al potencial genético de los individuos.

E: Características propias del sitio (ambiente). Son los factores no genéticos que afectan al crecimiento y reproducción de los individuos.

Además, se sabe que especies arbóreas procedentes de sitios con diferencias edafoclimáticas contrastantes se han adaptado al ambiente específico, en el cual se han plantado y su éxito dependerá de la calidad de los árboles originales, la intensidad de selección, el tamaño de la población, la amplitud de la base genética y la severidad del nuevo ambiente (Zobel *et al*., 1987; Zobel y Talbert, 1992). Una manera que tienen las especies para responder a estas nuevas presiones ambientales es a través de la plasticidad fenotípica, la cual corresponde a la respuesta de crecimiento diferencial de los individuos en función de las distintas condiciones ambientales (Gianoli, 2004; Lei *et al*., 2006), lo que les permite desarrollarse en un amplio rango de ambientes (Bradshaw, 1965).

Sobre la base de lo anterior, se ha observado que en ensayos de restricción hídrica, procedencias de ambientes más xéricos desarrollan más biomasa radical, a diferencia de

procedencias de sitios más húmedos que privilegian el desarrollo de órganos aéreos, (Dewald *et al.*, 1992; Merchant *et al*., 2007). Sin embargo, la reacción a la sequía puede variar dependiendo de la especie arbórea estudiada, ya que se han registrado casos en que la relación entre la raíz /parte aérea disminuye en plantas sometidas a estrés, lo que lleva a pensar que las diferencias encontradas, a veces, son causadas en mayor medida por la sensibilidad de los tejidos al estado de humedad y a las características de intercambio gaseoso, que por las diferencias entre la superficie absorbente (raíz) y transpirante (parte aérea) (Sands *et al.*, 1984).

Dados los antecedentes previos, es necesario conocer acerca del rango de respuesta frente a la restricción hídrica de las poblaciones arbóreas y cómo ésta puede ser diferencial dependiendo de la variabilidad genética, ya que nos da a conocer la capacidad de responder a los cambios ambientales.

En este contexto, donde se encuentra actualmente *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm, (Belloto del Norte), especie de interés para abordar las problemáticas anteriormente planteadas, ya que se ha postulado que la principal causa del decrecimiento de sus poblaciones es la escasez de humedad que afecta a las plántulas (Novoa, 2004). Este decrecimiento es crítico si se considera el cambio climático y sus efectos en la zona central de Chile. Además, existe el agravante de que sus bosques constituyentes poseen una alta fragmentación y aislamiento, lo cual podría tener consecuencias en la viabilidad de éstas, como resultado de una potencial disminución del flujo génico entre sus poblaciones, colocando en riesgo la capacidad adaptativa de éstas frente a estos fenómenos (Hamrick, 2004).

En particular, Belloto del Norte es una especie endémica de la familia Lauraceae y cuya distribución está restringida por sus altos requerimientos hídricos, por lo que sus poblaciones se encuentran fragmentadas y limitadas a quebradas de la Cordillera de la Costa en las Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins (Ramírez *et al*., 2004).

Belloto del Norte se caracteriza por ser un árbol siempreverde, de 5 a 10 m de altura (Hoffman, 1995), que puede llegar hasta 30 m de alto según Donoso (1974). Presenta un tronco cilíndrico, recto, de diámetro variable entre 70 cm y 1 metro (Donoso, 1974), con ramas cilíndricas, de color castaño; la corteza es grisácea (Rodríguez *et al.*, 1983). Presenta hojas persistentes, simples, opuestas, aromáticas, coriáceas, de color verde brillante por el haz y opacas por el envés (Rodríguez *et al*., 1983; Hoffman, 1995). Las flores son hermafroditas, actinomorfas, de 2-4 mm de largo, dispuestas en racimos axilares, de 5-10 cm de largo; 6 tépalos, amarillo-verdosos, 9 estambres, 3 estaminodios y estigma capitado (Rodríguez *et al*., 1983; Hoffman, 1995). El fruto es clasificado como una drupa (Hoffman, 1995), de forma elipsoide, liso, de 4 cm de largo por 2 a 3 cm de diámetro, de color jaspeado y pardo cuando se seca (Donoso, 1974; Rodríguez *et al*., 1983). Presenta una semilla por fruto (Cabello, 2006).

De acuerdo al Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) y mediante el Decreto Supremo N° 50/2008 de la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, se clasificó a *Beilschmiedia miersii* como Especie

Vulnerable (MINSEGPRES, 2008). Las poblaciones de Belloto del Norte enfrentan múltiples amenazas en toda su distribución, debido principalmente al cambio de uso del suelo, tales como la expansión de la actividad agrícola y el desarrollo de proyectos mineros, además de la fuerte predación de semillas y plántulas, lo cual podría afectar la regeneración del bosque y agregar limitantes adicionales en la sobrevivencia de la población a largo plazo. También, se ha postulado la posibilidad de que la principal causa del decrecimiento de la población sea la escasez de humedad que afecta a las plántulas, ya que en sectores donde existe mayor restricción hídrica la principal causa de la mortalidad de las plántulas es debido a la desecación (Henríquez y Simonetti, 2001; Novoa, 2004).

Por otra parte y desde el punto de vista del hábitat, Novoa (2004) estimó la existencia de unos 180.000 individuos agrupados en sub-poblaciones muy fragmentadas que crecen en 162 localidades y cubren aproximadamente 5.000 ha a esa fecha, la mayoría de las cuales se encuentran en los límites administrativos de la Región de Valparaíso. En particular, Belloto del Norte tiene una distribución local restringida a posiciones ambientales favorables; fondos de quebradas cerca de cursos de agua; laderas protegidas de exposición sur y pequeños valles de depositación creados en el ensanchamiento de pequeñas cuencas (Serra *et al*., 1986). En general es una especie tolerante, aunque también puede crecer en lugares abiertos siempre que cuente con humedad suficiente (Donoso, 1974).

Los bosques de Belloto del Norte forman parte de la Región del Matorral y Bosque Esclerófilo, Sub-región del Bosque Esclerófilo Costero, siendo características dominantes de esta región las condiciones climáticas de tipo mediterráneo (Gajardo, 1994), con precipitaciones anuales de 384 mm y una prolongada estación seca de hasta siete meses en la zona de distribución norte de la especie (Ramírez *et al*., 2004). Belloto del Norte forma bosques en asociación con Peumo (*Cryptocarya alba*), Canelo (*Drimys winteri*), Lingue (*Persea lingue*), Lun (*Escallonia sp*), varias mirtáceas y otras especies higrófilas. En estos lugares frecuentemente es la especie dominante en cuanto a tamaño y altura, destacando notoriamente en el paisaje (Novoa, 2004).

Belloto del Norte florece entre el mes de diciembre y febrero, y la maduración de los frutos se produce entre los meses de febrero y abril. Presenta yemas florales y frutos inmaduros al mismo tiempo, lo que permite hacer pronósticos con un año de anticipación sobre la producción de semillas (Cabello, 1987a). No obstante la producción estacional y cíclica de los frutos, las semillas son de carácter recalcitrante o de vida corta, de germinación hipógea, por lo cual es de gran importancia las condiciones microambientales del sustrato para facilitar la germinación y establecimiento de los nuevos individuos (Serra *et al*., 1986).

Actualmente, se desconocen aspectos acerca de la variabilidad genética y de la plasticidad fenotípica de *Beilschmiedia miersii*, por lo cual es de interés identificar aquellas localidades con orientación hacia la tolerancia a la sequía, ya que se pronostica que bajo el escenario de cambio climático todas sus poblaciones se verán reducidas drásticamente, afectando negativamente la permanencia de la especie en su distribución norte, siendo los factores de mayor relevancia el aumento de la temperatura promedio y la disminución de la precipitación anual (Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011).

Es por esta razón que es imperante comprender el estado de la variabilidad de parámetros genéticos y de la plasticidad fenotípica de *Beilschmiedia miersii*, debido a que da a conocer su capacidad de responder a los cambios ambientales, específicamente al estrés hídrico y con ello, es posible identificar aquellas poblaciones o subpoblaciones que requieran de un mayor esfuerzo de conservación.

La presente memoria tiene como objetivo general caracterizar cinco localidades de *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm, en relación a su variabilidad genética y respuesta temprana frente a restricción hídrica en vivero, siendo sus objetivos específicos:

- Caracterizar las semillas colectadas de árboles individuales para cada localidad y describir patrones de germinación.

- Describir los patrones iniciales de crecimiento de las plantas, de cada localidad, en la primera temporada de viverización previa a la restricción hídrica.

- Caracterizar la respuesta morfo-fisiológica de las plantas de cada localidad posterior a la restricción hídrica.

- Describir el grado de plasticidad fenotípica y la asignación de biomasa de las plantas de cada localidad, frente a la situación de restricción hídrica.

- Calcular parámetros genéticos de las plantas de cada localidad asociados a las características morfológicas involucradas en la tolerancia a la sequía.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Determinación de las localidades

El ensayo fue conformado por material genético proveniente de cinco localidades seleccionadas, que se encuentran distribuidas de tal modo que abarcaron puntos repartidos en gran parte de la zona de distribución (Figura 1, Cuadro 1).

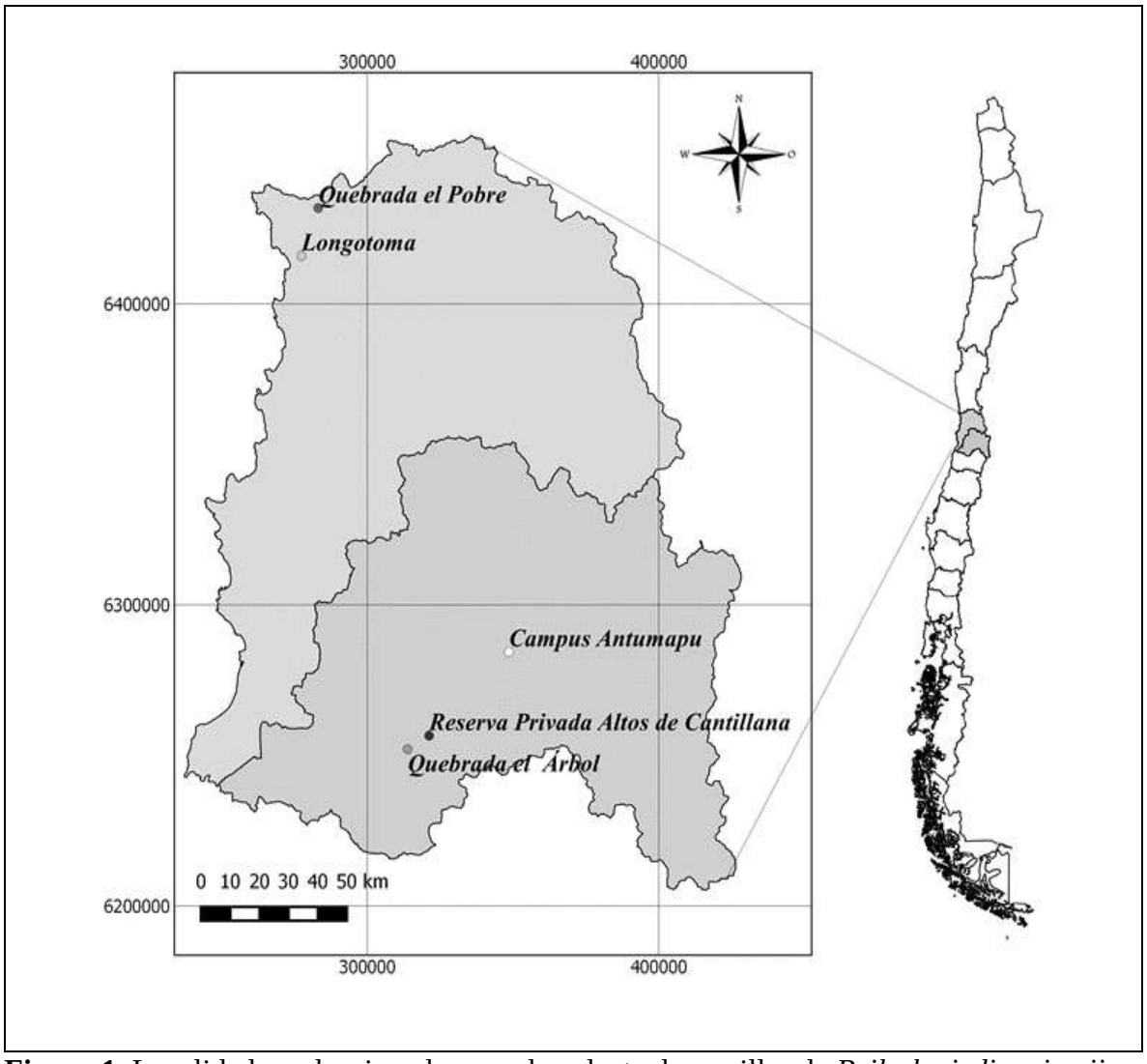


Figura 1. Localidades seleccionadas para la colecta de semillas de *Beilschmiedia miersii.*

Cuadro 1. Ubicación y descripción de las características climáticas y edáficas de las localidades seleccionadas.

Localidad	Región	Comuna	Ubicación (UTM)		Clima	Precipitación anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	Tipo de suelo	Número de Familias
			Norte	Este					
Quebrada el Pobre	Valparaíso	La Ligua	6431833	283178	Estepa Cálido	150 - 200	14,6	Pedregoso Orgánico	3
Longotoma	Valparaíso	La Ligua	6415907	277436	Semiárido litoral	300 - 350	14,2	Arcilloso Orgánico	10
Campus Antumapu Universidad de Chile (Bajo cultivo y riego)	Metropolitana	La Pintana	6284350	348552	Templado cálido	397	20,5	Franco arenoso	3
Reserva Privada Altos de Cantillana	Metropolitana	Paine	6256492	321221	Templado cálido	439	16,0	Franco Arcillo-Arenoso	12
Quebrada el Árbol	Metropolitana	Melipilla	6252048	313852	Templado cálido	502	13,1	Franco Arenoso	12

Fuente: Paskoff, 1971; Piracés, 1976; CIREN-CORFO, 1990; CENTRO EULA, 2004; Novoa, 2004; BCN, 2013.

2.1.2 Colecta de semillas

En cada localidad se colectaron semillas directamente desde los árboles (evitando la colecta desde el suelo), para así establecer posteriormente el ensayo en vivero. Cada familia corresponde a la descendencia de un árbol, en este caso a cada madre seleccionada en terreno. Las semillas se colectaron entre los meses de febrero y abril del año 2013, encontrándose éstas en el proceso de maduración y dispersión (Cabello, 1987a). En total se colectaron 9.704 semillas, cuyos valores por localidad variaron entre 638 a 5.008 semillas colectadas dependiendo de su disponibilidad. Posteriormente, fueron almacenadas en el Centro Productor de Semillas y Árboles Forestales (CESAF) de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, para su posterior análisis y siembra.

2.1.3 Ubicación del ensayo

El ensayo se estableció en las dependencias del Vivero Antumapu, del Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, de la Universidad de Chile, ubicado en la Región Metropolitana, en donde se sembraron 3.168 semillas viables, las cuales forman parte de las 40 familias colectadas. Posteriormente, las semillas se viverizaron durante una temporada (12 meses), para la posterior aplicación del ensayo de restricción hídrica controlada.

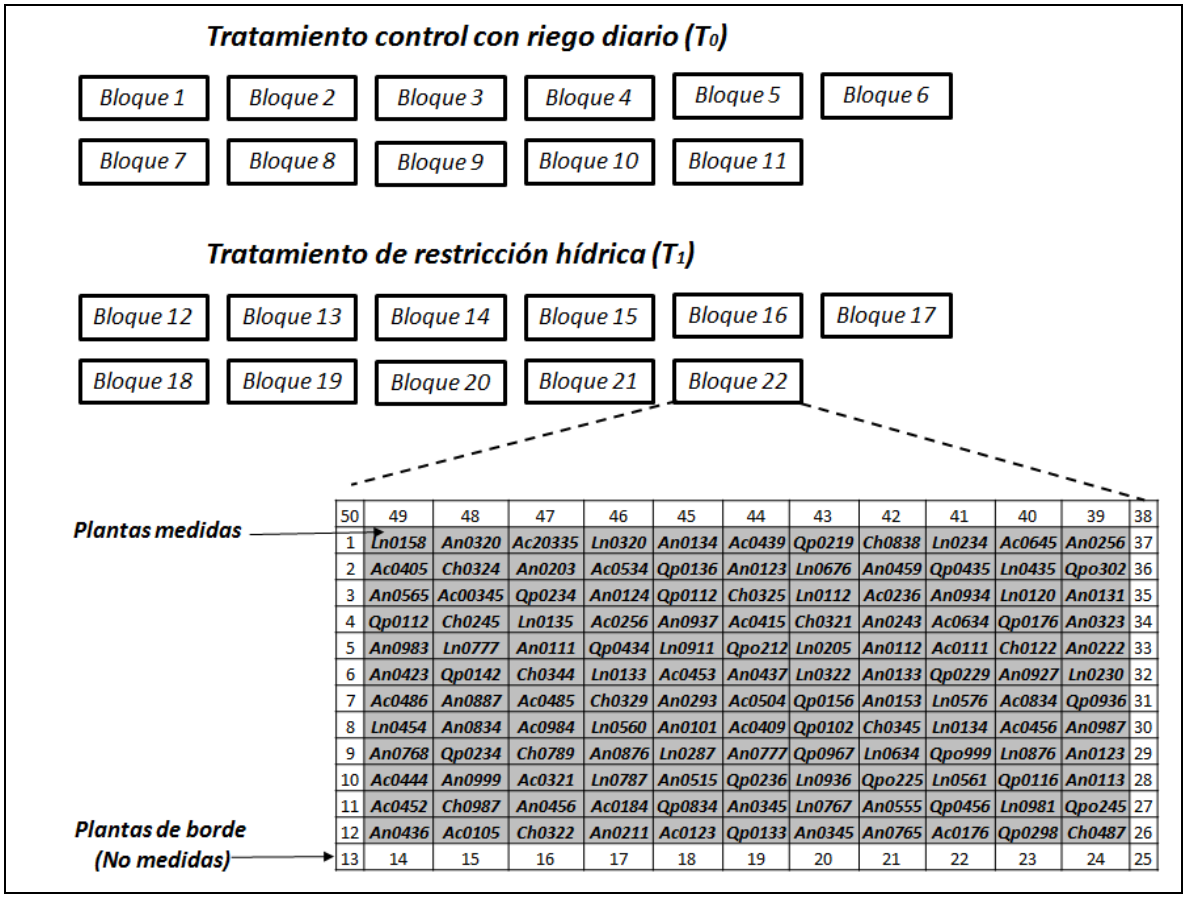
2.1.4 Preparación del ensayo

Para la preparación del ensayo, se sembró directamente la semilla en bolsas de polietileno de 10 x 15 cm, las cuales contenían una mezcla de sustrato de arena, compost y tierra procedente de la localidad Quebrada el Árbol, con proporción 1:1:1. Se procuró que el sustrato tuviera características homogéneas, con la finalidad de reducir el error ambiental y que de esta forma las mediciones posteriores representaran una estimación del valor genético de las familias.

2.2 Método

2.2.1 Diseño experimental

Para la instalación del experimento en vivero, realizado durante la primera semana de abril de 2013, se estableció un diseño experimental de bloques incompletos balanceados, considerando una configuración de Parcelas de árboles múltiples no contiguas. Con este diseño cada una de las familias es representada en cada bloque, las cuales son distribuidas en forma aleatoria (Ipinza *et al.*, 1998). En este ensayo se instalaron 22 bloques, compuestos cada uno por 144 individuos pertenecientes a las distintas familias de cada localidad. El ensayo se dividió en 11 bloques para el tratamiento de restricción hídrica (T_1) y 11 bloques para el tratamiento control con riego diario (T_0). Cabe destacar que los individuos se organizaron de tal manera que la competencia entre ellos fuera comparable en ambos tratamientos (Figura 2).



50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38
1	Ln0158	An0320	Ac20335	Ln0320	An0134	Ac0439	Qp0219	Ch0838	Ln0234	Ac0645	An0256	37
2	Ac0405	Ch0324	An0203	Ac0534	Qp0136	An0123	Ln0676	An0459	Qp0435	Ln0435	Qpo302	36
3	An0565	Ac00345	Qp0234	An0124	Qp0112	Ch0325	Ln0112	Ac0236	An0934	Ln0120	An0131	35
4	Qp0112	Ch0245	Ln0135	Ac0256	An0937	Ac0415	Ch0321	An0243	Ac0634	Qp0176	An0323	34
5	An0983	Ln0777	An0111	Qp0434	Ln0911	Qpo212	Ln0205	An0112	Ac0111	Ch0122	An0222	33
6	An0423	Qp0142	Ch0344	Ln0133	Ac0453	An0437	Ln0322	An0133	Qp0229	An0927	Ln0230	32
7	Ac0486	An0887	Ac0485	Ch0329	An0293	Ac0504	Qp0156	An0153	Ln0576	Ac0834	Qp0936	31
8	Ln0454	An0834	Ac0984	Ln0560	An0101	Ac0409	Qp0102	Ch0345	Ln0134	Ac0456	An0987	30
9	An0768	Qp0234	Ch0789	An0876	Ln0287	An0777	Qp0967	Ln0634	Qpo999	Ln0876	An0123	29
10	Ac0444	An0999	Ac0321	Ln0787	An0515	Qp0236	Ln0936	Qpo225	Ln0561	Qp0116	An0113	28
11	Ac0452	Ch0987	An0456	Ac0184	Qp0834	An0345	Ln0767	An0555	Qp0456	Ln0981	Qpo245	27
12	An0436	Ac0105	Ch0322	An0211	Ac0123	Qp0133	An0345	An0765	Ac0176	Qp0298	Ch0487	26
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Figura 2. Esquema de la distribución espacial de las plantas por bloque en cada tratamiento, donde LN58 indica al individuo 58 perteneciente a la familia 01 y cuyo origen es Longotoma.

En la Figura 2 se presenta la distribución de un bloque, en el cual se identificó a cada planta constituyente con una codificación, que indica su localidad de colecta, la familia correspondiente y número asignado a cada individuo. Además, se colocó una banda perimetral de una fila de plantas, con el fin de disminuir el efecto borde.

En relación a la aplicación de la restricción hídrica, este consistió en la variación de la frecuencia de riego. En el tratamiento control (T_0) se aplicó riego según la prescripción de vivero (cada dos días durante la realización del ensayo) y en el tratamiento de restricción hídrica (T_1) se aplicó un ciclo de sequía hasta alcanzar la Dosis Letal Media (DL50, muerte del 50% de los individuos), el cual se realizó durante el 11 de abril al 6 de mayo del año 2014. Posteriormente, se midió el potencial hídrico de las plantas de *B. miersii* mediante el uso de una cámara Scholander.

2.2.2 Caracterización de las semillas y descripción de patrones de germinación previa restricción hídrica

Una vez llegadas las semillas al CESAF después de su recolección, se determinó las siguientes características para cada una de las familias por localidad.

- **Número de semillas por kilogramo:** Se pesaron por separado cuatro lotes de 25 semillas cada uno y se determinó el número de semilla por kilogramo, utilizando la expresión:

$$NSK = \frac{25.000}{P25} \quad [2]$$

Donde: NSK= Número de semillas por kilogramo; P25= Peso promedio de los lotes de 25 semillas en gramos.

- **Tratamiento pre-germinativo y viabilidad de las semillas:** El tratamiento pre-germinativo utilizado fue el remojo de las semillas con agua por 24 h, lo cual se fundamentó en que *B. miersii* tiene semillas que, además de grandes, son de corta vida o recalcitrantes, sólo capaces de germinar mientras se mantengan abundantemente hidratadas, por lo que son altamente sensibles a la desecación (Kermode y Finch-Savage, 2002). Además, la aplicación de este tratamiento cumple la función de homogenizar las semillas en el proceso de germinación. Cabe destacar que no fue aplicado ningún otro tratamiento pre germinativo (mecánico, físico y/o químico), con la finalidad de asegurar que las posibles diferencias observadas en los parámetros germinativos y en la tasa de mortalidad de las semillas colectadas, se debiesen fundamentalmente al efecto de la localidad de procedencia.

Posteriormente, la viabilidad se corroboró con un test de flotación en donde se separaron las semillas vanas (vacías) de las que se hunden (llenas y viables) (Landis *et al*., 1998) y se utilizó la siguiente expresión:

$$V = \frac{SV}{T}\ 100 \quad [3]$$

Donde: V = Viabilidad, SV = número de semillas viables y T= número total de semillas de cada una de las familias por localidad.

Posterior a la aplicación del tratamiento pre germinativo, se determinaron los siguientes parámetros:

- **Capacidad germinativa:** Porcentaje de semillas germinadas al finalizar el ensayo Cabello (1979).

- **Valor máximo de Czabator:** Máximo cuociente obtenido a partir del porcentaje de germinación acumulada en cualquier día, dividido por el número de días trascurrido en alcanzar dicho porcentaje (Czabator, 1962).

- **Energía germinativa:** Es el porcentaje más alto de semillas germinadas desde el comienzo del ensayo. Es una medida de la velocidad de la germinación y se determina a través del parámetro Valor máximo de Czabator (Cabello *et al.*, 2001).

- **Periodo de energía:** Tiempo que se requiere para alcanzar el valor máximo de germinación (Cabello *et al*., 2001).

- **Mortalidad de las semillas:** Se determinó mediante corte y observación del embrión de todas las semillas que no germinaron, una vez cumplida la primera temporada de siembra. Se consideró una semilla como muerta, cuando presentaba los cotiledones de un color anormal o con algún grado de ataque de hongos (Cabello, 1979).

2.2.3 Parámetros de medición relacionados al crecimiento previo a la restricción hídrica

Una vez cumplida la primera temporada de viverización de las plantas y previa a la aplicación de la restricción hídrica, se realizó la medición de parámetros relacionados a diversas características del crecimiento para cada una de las familias por localidad, las cuales se mencionan a continuación:

- **Crecimiento en altura (cm):** Se midió la altura alcanzada desde la inserción de los cotiledones hasta el extremo del meristemo apical.

- **Diámetro a la altura del cuello de la raíz (mm):** Se registró el diámetro alcanzado a la altura del cuello posterior a la primera temporada de siembra.

- **Índice de esbeltez:** Se estimó el índice de esbeltez, el cual se define como el cuociente entre la altura (cm) y el DAC (mm).

$$I.E = \frac{Altura(cm)}{DAC\ (mm)} \quad [4]$$

- **Número de hojas verdaderas:** Se cuantificó el número de hojas verdaderas, como parámetro indicador de la transición del estado de plántula a planta (Leskovar, 2001).

- **Presencia de Cotiledones:** Se evaluó la presencia de cotiledones una vez cumplida la primera temporada de viverización de las plantas.

2.2.4 Variables de medición de las plántulas posterior a la aplicación de la restricción hídrica

Al finalizar el ciclo de restricción hídrica se realizó una segunda medición de los parámetros de crecimiento, como también la medición del peso seco de hojas, tallo, raíz y cotiledón para cada individuo perteneciente a cada localidad de procedencia y tratamiento. Estos datos se utilizaron para obtener los valores de las siguientes variables e índices relacionados con el crecimiento:

- **Mortalidad (%):** Se contaron las plantas muertas por familia de cada procedencia al finalizar el ciclo de restricción hídrica y se determinó mediante la siguiente ecuación.

$$\%\, Mortalidad = \frac{N^{o}\ de\ individuos\ muertos * 100}{N^{o}\ individuos\ totales\ al\ inicio\ del\ experimento} \qquad [5]$$

- **Crecimiento en altura (cm):** Se registró la altura alcanzada desde la inserción de los cotiledones hasta el extremo del meristemo apical. El crecimiento en altura se determinó por la diferencia de las medidas desde el inicio del tratamiento y al final del ciclo de restricción hídrica.

Este parámetro se determinó como un indicador de la superficie fotosintética y del área de transpiración, representando así su capacidad de almacenar carbohidratos (Prieto *et al.*, 1999).

- **Diámetro a la altura del cuello de la raíz (mm):** Se midió el diámetro alcanzado a la altura del cuello, desde el inicio del tratamiento y en el final del ciclo de restricción hídrica.

Este parámetro se determinó como un indicador de que a mayor diámetro existe un mayor transporte de agua, nutrientes y mayor resistencia a daños por temperaturas altas (Prieto *et al.*, 1999).

- **Índice de esbeltez:** Se determinó y comparó el I.E obtenido al inicio del tratamiento y en el final del ciclo de restricción hídrica, con la finalidad de evaluar la existencia de correlación en el incremento o decrecimiento entre ambos parámetros (Altura y DAC) (Mexal y Landis, 1990).

- **Peso seco (g):** Se registró con una balanza de precisión. El secado de las muestras se realizó en estufa a 65ºC, durante 24 horas o hasta alcanzar un peso seco constante. Se pesaron por separado las hojas (PSh), el tallo (PSt), la raíz (PSr) y el cotiledón (PSc). Se consideró la longitud del tallo desde el extremo del meristemo apical hasta el cuello del tallo y la longitud radicular se consideró desde el cuello del tallo hasta el extremo inferior de la raíz.

- **Relación parte aérea/raíz:** La relación parte aérea/raíz se obtuvo de la división del peso seco de la parte aérea de la planta por el peso seco de la raíz y es una variable morfológica usada comúnmente para la evaluación de las plantas, sobre la base de que a cierta cantidad de área foliar se necesita una cierta cantidad de raíces para obtener agua del suelo y compensar la transpiración (Bernier *et al.*, 1997). Mexal y Landis (1990) reportan que la relación ideal parte aérea/raíz debe ser mayor a 0,40, equivalente a 1:2,5.

- **Relación peso foliar a peso total (RPF):** Masa foliar producida por unidad de masa total. Se calculó con la siguiente ecuación:

$$RPF = \frac{PSh}{PStotal} \qquad [6]$$

Donde: PSh es el peso seco de las hojas en gramos (g).
PStotal es el peso seco total de la planta en gramos (g).

2.2.5 Análisis de datos y modelo estadístico

2.2.5.1 Parámetros de germinación

Los resultados relacionados con la descripción de patrones de germinación, se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza de un factor, para la determinación de posibles diferencias significativas entre las localidades de origen. Previo el análisis, a los datos expresados en porcentaje se les realizó la trasformación de BLISS con el fin de estandarizar la muestra. En aquellos casos en que hubo diferencias significativas, se realizó el test de comparaciones múltiples de Duncan (Little y Hills, 1976).

2.2.5.2 Regresión logística binaria

Asumiendo que la presencia de cotiledones puede ser medida como una respuesta de tipo discreto y que está relacionada con los principales parámetros de crecimiento, tales como altura (H), diámetro a la altura del cuello (DAC) y en el número de hojas verdaderas, así como también la localidad de procedencia de las plantas, fue utilizado un modelo de regresión logística binaria con el fin de determinar cuáles de las variables anteriormente mencionadas, influyen significativamente en la presencia del cotiledón en *B. miersii*, tanto en condiciones de riego como en restricción hídrica.

En la regresión logística binaria, la variable dependiente puede tomar el valor **1** con una probabilidad del suceso ***p***, o el valor **0** con la probabilidad de no ocurrencia **1**-***p***. Puesto que la variable dependiente es dicotómica, se admiten dos valores posibles:

Y= 1: Presencia de cotiledones; 0: Ausencia de cotiledones.

La relación entre la variable dependiente y las variables independientes no es una función lineal. Los coeficientes estimados de la regresión tienen una interpretación ventajosa debido a que permite mostrar los incrementos o decrementos de la probabilidad estimada de acuerdo al cambio unitario en los valores de las variables independientes. Se utilizó el valor de ***p*** inferior a 0,05 como estadísticamente significativo (Anaya-Romero *et al*., 2005; Domínguez, 2011).

2.2.5.3 Evaluación de parámetros hídricos

Para evaluar y caracterizar los parámetros hídricos de los individuos pertenecientes a cada localidad de procedencia, se realizaron mediciones de los potenciales hídricos al alba (Ψa) utilizando una bomba de presión (cámara Scholander) modelo 600 PCI. Para lo cual, se extrajo una ramilla ubicada en el tercio superior de cada una de las 12 plantas seleccionadas de manera aleatoria, para cada localidad de origen y tratamiento (120 plantas en total).

Con la finalidad de conocer otros parámetros relacionados con el funcionamiento hídrico bajo condiciones de restricción hídrica (T_1) y compararlos con el tratamiento control con riego diario (T_0), se construyeron curvas de presión volumen (P/V) y para ello se trabajó con las ramillas del material utilizado en la medición de Ψa.

Las curvas de presión volumen fueron utilizadas para estimar el contenido hídrico relativo (CHR) y módulo de elasticidad de la pared celular (ε). Para lo que se cuantificó el peso fresco (Pf), con una balanza de precisión. Luego, cada ramilla fue colocada en un frasco con agua destilada por 24 horas en oscuridad y a 4°C, para obtener el peso hidratado (Ph). Posteriormente, el peso seco (Ps) se determinó después que las ramillas permanecieran en estufa a 65ºC hasta alcanzar un peso constante. Estos datos se utilizaron para calcular el contenido hídrico relativo en porcentaje (CHR%), mediante la siguiente ecuación (Weatherley, 1970):

$$CHR\% = 100 * \frac{(Pf - Ps)}{(Ph - Ps)} \qquad [7]$$

Finalmente, el módulo de elasticidad de la pared celular (ε) fue calculado con la siguiente ecuación (Tyree y Richter, 1981):

$$Módulo\ de\ elasticidad\ (\varepsilon) = \frac{\Delta \Psi P}{\Delta CHR} \qquad [8]$$

Donde: Ψ_P = a*CHR+b, siendo a y b coeficientes de regresión.

2.2.5.4 Modelo estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un diseño jerárquico, considerando las familias anidadas dentro de cada localidad, con el fin de realizar estadística descriptiva y obtener los componentes de la varianza, la cual generó valores por familia y localidad. Esto se obtuvo mediante el método de la máxima verosimilitud restringida REML, el cual es en la actualidad un procedimiento ampliamente utilizado para la estimación de componentes de varianza (Mora y Perret, 2007). Las comparaciones entre las medias de los tratamientos se realizaron a través de la prueba de rangos múltiples de Tukey al nivel del 5%. En el análisis de los datos se utilizó el programa SPSS v20.

Cabe mencionar que se utilizó el modelo mixto lineal (Montgomery, 1992), que considera el tratamiento de riego como factor fijo y las familias y localidades como factores aleatorios.

$$y_{ijkl} = \mu + R_i + O_j + F(O)_{kj} + R_i*F(O)_{kj} + e_{ijkl} \qquad [9]$$

Donde:

y_{ijkl} = Variable respuesta, correspondiente a la *l-ésima* planta de la *j-ésima* familia anidada en la *k-ésimo* localidad, dentro del *i-ésimo* tratamiento de riego.

μ = Media general fija.

R_i = Efecto fijo del *i-ésimo* tratamiento de riego.

O_j = Efecto aleatorio de la *j-ésimo* localidad de origen.

$F(O)_{kj}$ = Efecto aleatorio de la *k-ésima* familia anidada en la *j-ésimo* localidad de origen.

$R_i*F(O)_{kj}$ = Efecto aleatorio de la interacción del *i-ésimo* tratamiento de riego con la *k-ésima* familia anidada en la *j-ésimo* localidad de origen.

e_{ijkl} = Error aleatorio residual de la *l-ésima* planta de la *k-ésima* familia anidada en la *j-ésimo* localidad, dentro del *i-ésimo* tratamiento de riego.

Como complemento al Andeva, se determinó el grado de plasticidad fenotípica de los parámetros de crecimiento: altura, DAC, índice de esbeltez y el número de hojas verdaderas de las distintas familias, utilizando el Índice de Plasticidad Angular (Chambel *et al*., 2007). Para esto se representó la posición de cada familia en el espacio definido por su valor fenotípico medio en condiciones de restricción hídrica (en el eje de las abscisas) y riego (en el eje de las ordenadas), según el procedimiento sugerido por Pigliucci y Schlichting (1996). En este gráfico, a cada familia corresponde un único punto y cuando se utiliza la misma escala para los dos ejes, la diagonal principal representa la línea de plasticidad nula. Por otra parte, el valor de la tangente del ángulo α formado por la línea que une cada punto con el origen y el eje de las abscisas (pendiente) puede interpretarse como un índice de plasticidad o de cuantificación de cambio fenotípico (Figura 3). La principal ventaja de este índice es que la pendiente refleja el cambio en términos relativos, lo cual posee mayor significancia desde un punto de vista biológico. Además, este índice también refleja la dirección de la respuesta, lo cual tiene relevancia biológica (Via, 1993).

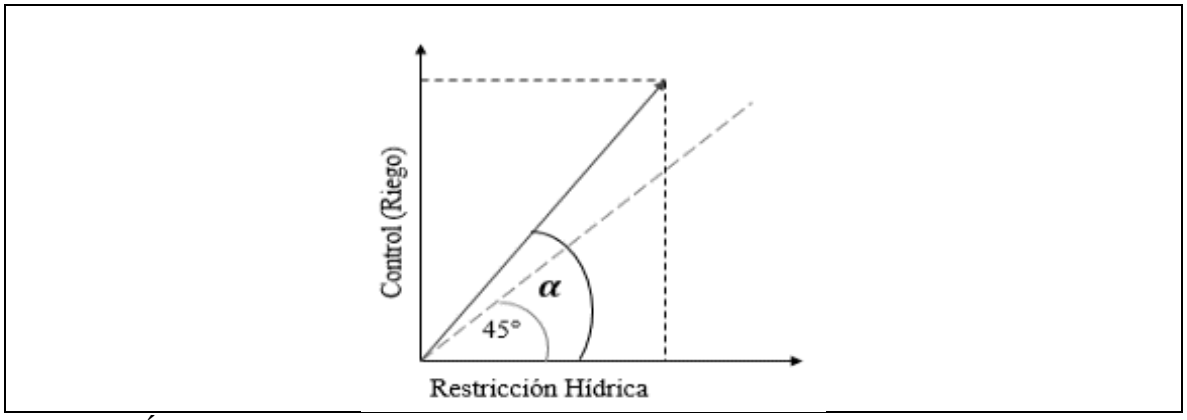


Figura 3. Índice de Plasticidad Angular (α). La diagonal principal representa la línea de plasticidad nula y la tangente del ángulo α corresponde al valor del Índice de Plasticidad Angular.

Para el análisis de asignación de biomasa, se realizó un análisis alométrico, a través de la regresión de los logaritmos naturales de cada componente de la biomasa (peso seco del tallo, hojas y raíz) (Müller *et al.*, 2000; Poorter y Nagel, 2000). Los cambios en los patrones de asignación fueron evaluados mediante la comparación de las pendientes e intersecciones correspondientes a los diferentes niveles de riego. Por ejemplo, cuando en una familia o localidad existe una fuerte relación lineal entre los diversos segmentos de biomasa, las dos líneas de regresión, correspondiente a los dos tratamientos de riego, se superponen. La pendiente de las líneas será diferente sólo si el tratamiento de estrés hídrico provoca cambios significativos en la relación entre las tasas de crecimiento de los brotes y raíces (Schlichting y Pigliucci, 1998).

2.2.6 Parámetros genéticos

Para las estimaciones de los parámetros genéticos se utilizó el método de la máxima verosimilitud restringida REML. Los componentes de la varianza asociados a cada rasgo morfológico en cada uno de los regímenes de riego, se estimaron mediante un modelo mixto lineal (ver ecuación [9]). En el análisis de los datos se utilizó el programa ASReml v3.0 (Gilmour *et al.*, 1995).

2.2.6.1 Heredabilidad

La heredabilidad expresa la proporción de la variación en una población que es atribuible a diferencias genéticas entre los individuos que la componen (Zobel y Talbert, 1992). Para el cálculo de la heredabilidad para los caracteres de interés, se asume que los individuos de una misma familia poseen un coeficiente de parentesco de 0,25, ya que corresponden a medios hermanos, lo que implica que la varianza genética entre progenies contiene, en este caso, 1/4 de la varianza genética aditiva de la población (Stansfield, 1992).

Por lo tanto, la estimación de la heredabilidad individual en sentido estricto para cada característica morfológica fue calculada como:

$$h_i^2 = \frac{4\,\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_{fb}^2 + \sigma_e^2} \qquad [10]$$

Donde $\boldsymbol{\sigma_f^2}$ es la varianza familiar, $\boldsymbol{\sigma_{fb}^2}$ es la varianza familiar dentro de los bloques y $\boldsymbol{\sigma_e^2}$ es componente de la varianza ambiental.

Además, se estimó la heredabilidad en sentido estricto para la media de las familias para cada característica morfológica, con la siguiente ecuación (Carles *et al.*, 2012):

$$h_f^2 = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + (\sigma_{fb}^2/b) + (\sigma_e^2/kb)} \qquad [11]$$

Donde $\boldsymbol{\sigma_f^2}$ es la varianza familiar, $\boldsymbol{\sigma_{fb}^2}$ es la varianza dentro de los bloques, $\boldsymbol{\sigma_e^2}$ es el componente de la varianza ambiental, $\boldsymbol{b}$ es la media armónica del número de repeticiones para cada familia, y $\boldsymbol{k}$ es la media armónica del número de árboles por bloque.

2.2.6.2 Correlación genética

La correlación existente entre árboles de una misma familia que crecen en ambientes hídricos diferentes, se estimó a través del coeficiente de correlación de **tipo B ($\boldsymbol{r_B}$)** (Burdon, 1977). Expresado como:

$$r_B = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_{f*R}^2} \qquad [12]$$

Donde $\boldsymbol{\sigma_f^2}$ es el componente de la varianza familiar, y $\boldsymbol{\sigma_{f*R}^2}$ es la varianza de la interacción familia y régimen hídrico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de las semillas y descripción de los patrones de germinación

3.1.1 Ensayo de laboratorio de las semillas previa viverización

3.1.1.1 Número de semillas por kilogramo

Del análisis en laboratorio de las semillas de *B. miersii*, previo a su instalación en vivero, se obtuvo como resultado que el número de semillas por kilogramo se encuentra dentro del rango (52 a 80) descrito por diversos autores para la especie (Donoso y Cabello, 1978.; Anselmo, 1998; Acuña, 2001).

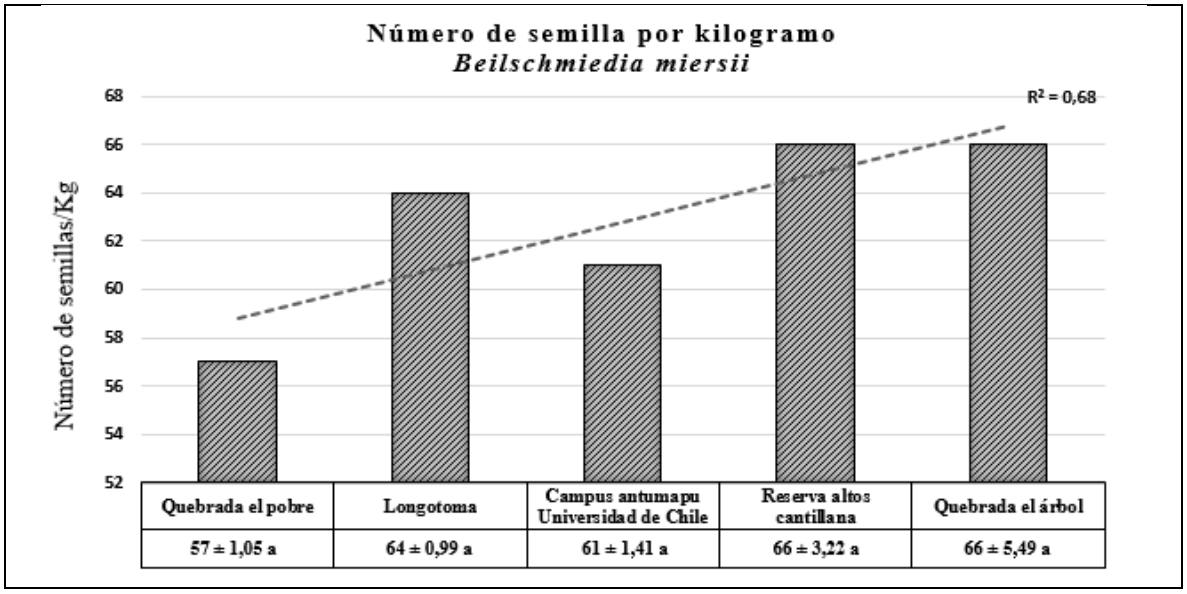


Figura 4. Número de semillas de *Beilschmiedia miersii* por kilogramo, según procedencia. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (α=0,05). (Valor media ± error estándar).

En general, se observa que el número de semillas por kilogramo (característica relacionada con el peso y el tamaño de la semilla) no presenta diferencias significativas en cuanto al origen de las familias analizadas. Sin embargo, existe una clara tendencia a que las semillas de origen más septentrional presenten un menor número de semillas por kilogramo y por ende semillas levemente más pesadas. Este comportamiento fue reportado por Jurado y Westoby (1999) para distintas especies sujetas a sequía, las cuales tienden a producir semillas más pesadas, lo que podría tener que ver con generar una mayor cantidad de masa para la formación de raíces durante los primeros estadios del crecimiento, con el fin de alcanzar mayores profundidades.

Stebbis (1950) y Correa *et al*. (2013) mencionan que el carácter tamaño y peso de las semillas tiene significancia entre variedades y/o especies, y que son menos susceptibles a ser modificados por el ambiente, por lo cual estarían fijados genéticamente. Por otro lado, Donoso (1979) concluye para *Nothofagus obliqua* que las semillas de mayor tamaño tienen

un mayor éxito de establecimiento en condiciones de sequía, indicando que es una respuesta genotípica asociada a poblaciones adaptadas a hábitat con menor disponibilidad hídrica.

Cabe destacar que las semillas procedentes del Campus Antumapu de la Universidad de Chile y que provienen de individuos cultivados bajo condiciones de riego, responden a un comportamiento de procedencias más septentrionales con menor disponibilidad hídrica. Esto puede ser respuesta a que aquellos individuos cultivados fueron colectados a comienzo de la década del 70 en la Cuesta el Melón, Región de Valparaíso (Serra, 2015) y cuya localidad se caracteriza por la presencia de un clima definido por una prolongada temporada seca (Precipitación anual alcanza promedios cercanos a los 300 mm y la temperatura media anual de 14,4 °C) (Mansilla, 2007).

3.1.1.2 Viabilidad de las semillas

Los resultados obtenidos arrojan que mediante el método de flotación, las semillas de *B. miersii* mostraron una viabilidad entre un 4 y un 89% por localidad (Figura 5). La variabilidad observada para este parámetro puede ser explicada por la heterogeneidad de los factores externos (temperatura ambiental, precipitaciones, entre otros), como internos (contenido en humedad, genotipo, estado de desarrollo, entre otros) que afectan al desarrollo y maduración de las semillas.

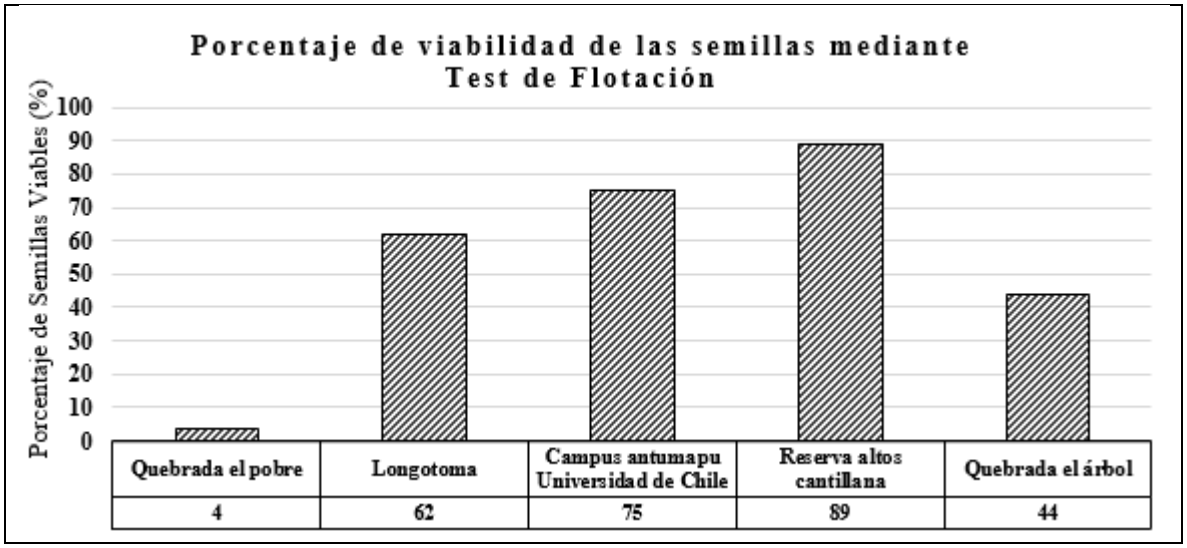


Figura 5. Porcentaje de viabilidad de las semillas, según localidad de procedencia.

Las semillas que mostraron una mayor viabilidad fueron las pertenecientes a las familias procedentes de las localidades Campus Antumapu-Universidad de Chile y Reserva Altos de Cantillana, los cuales reportaron un promedio de 75 y 89% de semillas viables, respectivamente. Las semillas con menores valores de viabilidad fueron las pertenecientes a las localidades Quebrada el Pobre y Quebrada el Árbol, las cuales obtuvieron un promedio de 4 y 44% de semillas viables, respectivamente (Figura 5).

Acuña (2001) registró para semillas de *B. miersii* colectadas en la localidad de Rangue, Región Metropolitana, una viabilidad promedio de 98%. Esta diferencia en la viabilidad de

las semillas se puede deber a que son recalcitrantes, sólo capaces de germinar mientras se mantengan abundantemente hidratadas y, por lo que son altamente sensibles a la desecación y a las altas temperaturas ambientales de desarrollo (Kermode y Finch-Savage, 2002).

Por otro lado, se puede mencionar el caso de localidades más septentrionales, como son Quebrada el Pobre y Longotoma, en donde además de poseer una escasa semillación se encontró que una gran cantidad de los frutos poseían claros signos de ataque de insectos (*Hypothenemus sp*.). Los cuales se caracterizaban por presentar perforaciones en la testa y el interior con pequeñas galerías, dejándolos totalmente inviables, lo que implica una baja cantidad de propágulos efectivamente disponibles en cada población (Anexo 1). Sin embargo, las semillas afectadas no se utilizaron para el presente estudio y se dejaron en cuarentena, mediante previo aviso a las autoridades correspondientes (SAG).

3.1.2 Capacidad germinativa y velocidad de germinación según localidad de procedencia

Los resultados obtenidos por los análisis de varianza para la capacidad germinativa, valor máximo de Czabator y mortalidad, indican que la localidad de procedencia de las semillas es un factor de importancia en la germinación y sobrevivencia, ya que existen diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

En general, se observa como tendencia que en la medida que las semillas procedían de localidades más cercanas a la distribución sur de la especie, aumentó la capacidad germinativa y el valor máximo Czabator, y disminuyó el porcentaje de mortalidad (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la localidad de procedencia sobre parámetros de germinación.

LOCALIDAD	C.G %	V. MÁX	E.G %	P.E. DIAS	MORTALIDAD %
Quebrada el Pobre	29,97 b	0,11 b	27,19	246	68,71 a
Longotoma	34,43 bc	0,17 b	26,72	207	58,89 ab
Campus Antumapu Universidad de Chile	48,44 a	0,18 a	43,32	246	47,82 b
Reserva Privada Altos de Cantillana	41,85 ac	0,23 a	32,00	145	56,11 b
Quebrada el Árbol	80,41 d	0,41 d	62,81	173	19,56 c

C.G%: Capacidad germinativa; V. MAX: Valor máximo de Czabator; E.G %: Energía germinativa; P.E. DIAS: Periodo de energía. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (α=0,05)

De acuerdo a los análisis efectuados, las semillas de procedencia Quebrada el Pobre y Longotoma, y cuyo origen es más septentrional, muestran menores valores de capacidad germinativa cercanos a 30 y 34% respectivamente. Este comportamiento se repite con el parámetro del valor máximo de Czabator con valores 0,11 y 0,17 respectivamente, los cuales representan que la máxima tasa de germinación alcanzada se logró con 246 y 207 días trascurridos desde el comienzo del ensayo, respectivamente. Cabe destacar, que ambas localidades presentaron semillas con mayores tasas de mortalidad al final del periodo del ensayo (Cuadro 2).

Por otro lado, las semillas procedentes del Campus Antumapu y de la Reserva Privada Altos de Cantillana no presentaron diferencias significativas entre sí para las variables en análisis. La capacidad germinativa fluctuó entre 48 y 42% respectivamente, y el valor máximo de Czabator obtenido fue de 0,18 y 0,23 respectivamente. La diferencia la marcó el número de días necesarios para la obtención del valor máximo, donde las semillas colectadas en la Reserva Privada Altos de Cantillana, requirieron sólo 145 días desde el inicio del ensayo (Cuadro 2).

En particular, las semillas procedentes de la localidad Quebrada Árbol (origen de colecta más austral) presentaron el mayor valor para la capacidad germinativa y el valor máximo Czabator, cuyos valores fueron de 80% y 0,41 respetivamente. Además, presentó la menor tasa de mortalidad de las semillas al término del ensayo (20%). Cabe mencionar, que los resultados obtenidos difieren significativamente con las semillas colectadas en las otras localidades de origen (Cuadro 2).

Cabello y Anselmo (1999), determinaron para semillas de *B. miersii* colectadas en la localidad de Rangue que la capacidad germinativa en vivero fluctuó entre 93 y 100%; y la energía germinativa entre 84 y 95% con períodos de energía entre cinco y seis meses, sin embargo las semillas fueron tratadas previamente con almacenamiento frío-húmedo antes de ser sembradas y que en conjunto con la aplicación de distintos tiempos de estratificación fría, podrían ser los responsables de los altos valores de germinación y valores máximos alcanzados por las semillas.

Es necesario destacar, que en general las semillas obtuvieron las mayores tasas de germinación entre los meses de agosto y diciembre (122 a 244 días trascurrido el ensayo), para luego disminuir su tasa de germinación en los meses posteriores (Figura 6). Estos datos son coincidentes con los obtenidos por Anselmo (1998), en semillas colectadas en la localidad de Rangue, las cuales registraron las mayores tasas de germinación entre los meses de septiembre y enero, con siembras efectuadas el primero de abril, alcanzando un 100% de semillas germinadas al finalizar el ensayo.

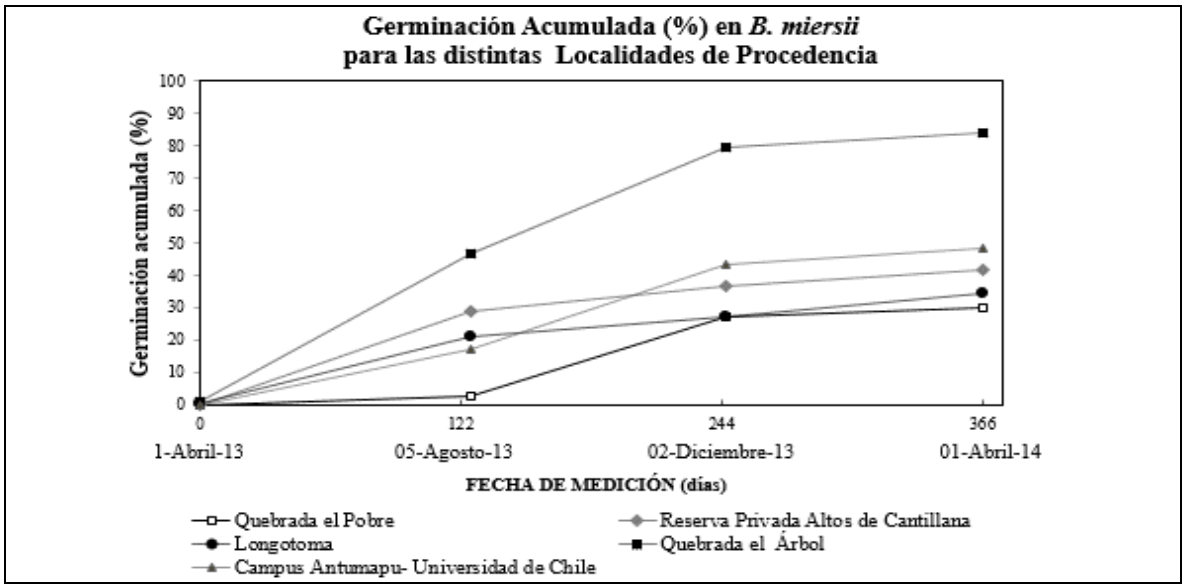


Figura 6. Curvas de germinación acumulada según localidad de procedencia de las semillas.

Por último, cabe mencionar que los resultados anteriores son coincidentes con lo registrado por diversos autores para especies del género *Glycine* y *Phaseolus*, donde a mayor cantidad de días en condiciones de estrés hídrico durante la formación de la semilla, menores son los porcentajes de germinación (Dornbos *et al.*, 1989.; Salinas *et al.*, 1996; Castañeda *et al.*, 2006). Incluso, ensayos de germinación de especies leñosas pertenecientes a la Región Mediterránea de Chile Central, mostraron una baja tasa de germinación en semillas encontradas en lugares con baja precipitación y en áreas abiertas (Figueroa *et al*., 2004).

3.2 Descripción del crecimiento inicial de las plantas, en la primera temporada de viverización, previa a la restricción hídrica

Posterior a la primera temporada de crecimiento y previo a la aplicación del tratamiento de restricción hídrica, se verificó que el desarrollo de las plantas en vivero fuera homogéneo en cada bloque, para así asegurar la competencia equitativa en ambos tratamientos. Al evaluar el efecto de los bloques no se observaron diferencias significativas en los principales parámetros de crecimiento, tales como diámetro a la altura del cuello (DAC) y altura (H), así como tampoco en el índice de esbeltez y en el número de hojas verdaderas (α= 0,05) (resultados no mostrados).

Figura 7. A.- Detalle de las plantas de *Beilschmiedia miersii* de una temporada de crecimiento.; B.- Distribución espacial de las plantas en vivero.

Sin embargo, al evaluar el efecto de la localidad de procedencia en el crecimiento de las plantas de *B. miersii* en la primera temporada de viverización, se observó que difieren entre sí a un nivel de significancia $p<0,05$ (Cuadro 3).

Tras una temporada de viverización, se registró un promedio general de 13,4 cm de crecimiento en altura para la especie. Sin embargo, se observó que las familias pertenecientes a la localidad Quebrada el Pobre poseen en promedio 9,4 cm de altura, la cual presenta valores significativamente menores a las familias procedentes de la localidad Quebrada el Árbol, cuyo valor promedio es 13,9 cm. Cabe destacar que las familias procedentes del resto de las localidades no presentaron diferencias significativas para este parámetro (Cuadro 3). Estos valores concuerdan con los obtenidos por Cabello (1987b) para la especie, las cuales alcanzaron entre 10 y 30 cm de altura en una temporada de vivero.

Cuadro 3. Valores promedio de los parámetros de crecimiento en la primera temporada para cada localidad de procedencia.

LOCALIDAD	ALTURA (cm)	D.A.C (mm)	ÍNDICE DE ESBELTEZ	N° DE HOJAS VERDADERAS
Quebrada el Pobre	9,43 ± 1,37 a	3,48 ± 0,42 a	2,88 ± 0,39 a	12,08 ± 1,37 ab
Longotoma	12,72 ± 1,11 ab	4,50 ± 0,18b	2,97 ± 0,27 a	14,98 ± 1,16 a
Campus Antumapu Universidad de Chile	12,92 ± 0,36 ab	4,38 ± 0,09 b	2,98 ± 0,06 a	12,58 ± 0,34 ab
Reserva Privada Altos de Cantillana	12,31 ± 0,32 ab	4,16 ± 0,08 ab	3,00 ± 0,06 a	10,54 ± 0,29 b
Quebrada el Árbol	13,90 ± 0,19 b	4,42 ± 0,04 b	3,12 ± 0,03 a	12,79 ± 0,19 ab
Promedio	**13,39 ± 0,15 b**	**4,36 ±0,03 b**	**3,07 ± 0,16 a**	**12,37 ± 0,67 ab**

Nota: Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (α=0,05). (Valor media ± error estándar).

Los resultados entregados para el DAC indican que existen diferencias significativas entre las localidades muestreadas. En particular, se observa que las familias procedentes de Quebrada el Pobre tienen en promedio 3,5 mm para este parámetro, siendo inferior que las familias del resto de las localidades. En general, se registró un promedio de 4,4 mm para la especie (Cuadro 3). Anselmo (1998), registró para familias procedentes de Rangue que el mayor desarrollo se logra con la siembra efectuada en abril, en que las plantas alcanzaban 5,8 mm de diámetro de cuello después de 15 meses de crecimiento.

El índice de esbeltez no presenta diferencias significativas en cuanto al origen de las familias analizadas (Cuadro 3). Este índice relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma (Toral, 1997). Santiago *et al*. (2007), recomiendan que la relación altura/diámetro sea de 5 a 6 para primavera. Por lo que el valor 3,1 como promedio general del índice obtenido para la especie, indica una planta de poca altura respecto al DAC. Anselmo (1998), registró una relación altura/diámetro de 6,1 en plantas de *B. miersii* con 15 meses de viverización. Esta respuesta diferencial puede ser causada por lo registrado por Santelices *et al.* (2013), que mencionan que en plantas viverizadas con niveles de sombra entre un 18 y un 50% tienen coeficientes de esbeltez más bajos, en relación a las tratadas con 80% de sombra que son demasiado esbeltas.

El número de hojas verdaderas, como parámetro indicador de la transición del estado de plántula a planta, presenta diferencias significativas en cuanto al origen de las familias analizadas (Cuadro 3). En general, se registró un promedio de 12 hojas por individuo. Sin embargo, las familias de origen Reserva Privada Altos de Cantillana presentaron menores valores con 11 hojas. En particular, las familias de procedencia Longotoma, mostraron en promedio 15 hojas verdaderas por individuo, siendo significativamente mayor que la anterior localidad mencionada. El resto de las localidades no presentaron diferencias significativas para este parámetro. Cabe destacar, que para la especie no encontraron antecedentes disponibles sobre este parámetro. Sin embargo, la respuesta diferencial observada puede ser un indicador de que las familias de origen Longotoma estén en la etapa próxima a la madurez fisiológica (Leskovar, 2001).

El Cuadro 4 refleja los resultados del modelo de regresión logística binaria en el que se incluyó los principales parámetros de crecimiento, tales como altura (H), diámetro a la altura del cuello (DAC) y en el número de hojas verdaderas, así como también la localidad de procedencia de las plantas, con el objeto de evaluar el efecto de estas variables en la presencia de los cotiledones una vez cumplida la primera temporada de viverización de las plantas.

Cuadro 4. Resultados de la regresión logística binaria: Variables predictoras de la presencia/ausencia del cotiledón en *B. miersii* previa restricción hídrica.

VARIABLE EXPLICATIVA	**β**	**Significación**	**R^2 iteración** H	**R^2 iteración** H*O	**R^2 Iteración** H*O*DAC
H	-0,07	0,00	0,05	0,08	0,09

O	0,41	0,05			
DAC	-0,12	0,03			
NHV	-	0,24	-	-	-

H: Altura; O: Localidad de origen; DAC: Diámetro a la altura del cuello de la raíz; NHV: Número de hojas verdaderas. Valores estadísticamente significativo p< 0,05.

Las variables realmente predictoras en la presencia del cotiledón fueron la altura, la localidad de procedencia de las plantas y el diámetro a la altura del cuello (DAC). No obstante, el número de hojas verdaderas no fue un aporte significativo a esta predicción (p>0,05) (Cuadro 4).

Al analizar los resultados se observó que la variable altura predice en un 5% la presencia del cotiledón (R^2=0,05), y donde el valor negativo de β indica que existe una correlación negativa entre el aumento en el crecimiento en altura y la probabilidad de las plantas de presentar cotiledón (Cuadro 4). Barajas y Álvarez (2004), registraron para plántulas pertenecientes a las Lauráceas una correlación negativa significativa entre la presencia de los cotiledones y el aumento de la biomasa fotosintética. Esto responde a que el cotiledón se comporta como un órgano de almacenamiento de reservas en las primeras etapas de desarrollo de las plántulas, para así asegurar su establecimiento en terreno.

El valor positivo de β para la variable localidad de procedencia de las plantas muestra una correlación positiva significativa entre la presencia de los cotiledones y la zona de origen de las plantas, lo cual puede responder al tamaño diferencial de las semillas de origen y a que estas constituyen reservas maternas para la asignación de recursos en las primeras etapas de desarrollo. Además, se observó que en conjunto con la altura, estima en un 8% la presencia del cotiledón (R^2=0,08) (Cuadro 4).

La tercera y última variable presente en el modelo fue el DAC, en donde se observó que en conjunto con las otras variables predictivas, estiman en un 9% la presencia del cotiledón (R^2=0,09). Además, registró un valor de β negativo que indica que al aumentar el DAC, disminuye la probabilidad en las plantas de presentar cotiledón (Cuadro 4).

3.3 Descripción de la respuesta morfo-fisiológica de plantas sometidas a restricción hídrica

3.3.1 Respuesta morfológica a la restricción hídrica

Una vez transcurrido el ciclo de restricción hídrica, se observaron diferencias significativas en los diversos parámetros de crecimiento evaluados, determinando que el déficit hídrico suministrado a las plantas de *B. miersii* fue suficiente para generar una respuesta de crecimiento negativa (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la restricción hídrica sobre los atributos morfológicos de *B. miersii*.

TRATAMIENTO	ALTURA (cm)	D.A.C (mm)	ÍNDICE DE ESBELTEZ	N° DE HOJAS VERDADERAS	MORTALIDAD (%)
Control	14,28 ± 0,08 a	4,68 ± 0,29 a	3,05 ± 0,12 a	15,9 ± 0,22 a	11,69 a
Restricción Hídrica	11,33± 0,24 b	3,76 ± 0,44 b	3,04± 0,56 a	12,17 ± 0,13 b	53,93 b

Nota: Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (α=0,05).

En general, se observa que el tratamiento de restricción hídrica determina una disminución del crecimiento en la altura (H), diámetro a la altura del cuello (DAC) y en el número de hojas verdaderas, así como también es un factor influyente en el aumento de la tasa de mortalidad, la cual es cercana al 54%. Sin embargo, se observa que el índice de esbeltez no presenta diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 5), esto se puede explicar porque ambos parámetros (H y DAC) se encuentran normalmente correlacionados, por lo que una variación en ambos no implica variación del índice (Mexal y Landis, 1990).

El crecimiento en altura, DAC y el número de hojas verdaderas aumentan en función del agua disponible en el sustrato, lo cual ha sido registrado por diversos autores en especies pertenecientes al bosque esclerófilo. Luna (2006) y Aguirre (2008) registraron para *Q. saponaria* y *C. alba*, respectivamente, una reducción en la altura debido a la deshidratación y posterior muerte de los brotes apicales. Por otro lado, Aguirre (2008) e Ilabaca (2008) registraron en plantas de *C. alba* y *P. boldus* una marcada reducción del incremento en DAC al ser sometidas a restricción hídrica.

A nivel de localidad de origen, todas las familias analizadas presentan una disminución de las variables morfológicas cuando están creciendo en condiciones de restricción hídrica (Cuadro 6a). En particular, se observa que el crecimiento en altura de las plantas pertenecientes al tratamiento control (riego) fue de 14,3 cm. El tratamiento de restricción hídrica afectó negativamente al crecimiento en altura de las plantas de *B. miersii*, cuyo promedio fue de 11,3 cm.

Con respecto al DAC, en las plantas pertenecientes al tratamiento control no se registraron diferencias significativas en cuanto al origen de las familias analizadas y cuyo promedio general fue de 4,7 mm. No obstante, se observó una reducción significativa en el desarrollo de las plantas sometidas a restricción hídrica y cuyo valor medio para este parámetro fue de 3,8 mm. Cabe destacar, que las plantas procedentes de Quebrada el Pobre, cuyo origen es cercano al límite de la distribución septentrional, muestran valores inferiores cercanos a 3,3 mm para este tratamiento.

El índice de esbeltez de los individuos en ambos tratamientos no muestra diferencias significativas. Pero, dentro de cada tratamiento se registra un incremento de este parámetro con respecto a la medición inicial previa la restricción hídrica, a excepción de las familias procedentes de Quebrada el Pobre, la cual presenta una disminución en este índice para ambos tratamientos.

Los resultados obtenidos para el número de hojas verdaderas (Cuadro 6b), muestran que para las plantas pertenecientes al tratamiento control existen diferencias significativas en cuanto al origen de las familias analizadas. En general, se registró un promedio cercano a 16 hojas por individuo. Sin embargo, las familias de origen Reserva Privada Altos de Cantillana presentaron menores valores cercanos a 13 hojas por individuo. En particular, las familias de procedencia Longotoma, mostraron en promedio 19 hojas verdaderas por individuo, siendo significativamente mayor que la anterior localidad mencionada. El resto de las localidades no presentaron diferencias significativas para este parámetro en el tratamiento con disponibilidad hídrica. Cabe destacar, que el tratamiento de restricción hídrica no presenta diferencias significativas en cuanto al origen de las familias analizadas e incluso presentaron una mantención en el valor de este parámetro, respecto a la medición inicial previa la aplicación de la restricción (Cuadro 6b). Con respecto a lo anterior, se puede inferir que *B. miersii* muestra una estrategia de mantención de las hojas existentes en condiciones de restricción hídrica a diferencia de especies como *C. alba* y *Q. saponaria* que estimulan la abscisión de las hojas, para favorecer el crecimiento de nuevos brotes en condiciones de déficit hídrico (Luna, 2006; Aguirre, 2008; Donoso *et al.*, 2011).

Es posible apreciar en el Cuadro 6b, el alto porcentaje de mortalidad que presentan las familias procedentes de Quebrada el Pobre, el cual es cercano al 80% en las plantas sometidas a condiciones de restricción hídrica. Esto indicaría que aquellas familias presentan una baja capacidad adaptativa a condiciones de déficit hídrico.

Desde el punto de vista de la localidad de origen, se plantea que los individuos procedentes de sitios con diferencias climáticas contrastantes desarrollan plasticidad fenotípica y responden de manera diferencial (Merchant *et al.*, 2007). Esto coincide con algunas respuestas de las variables morfológicas presentadas en este estudio, ya que el desarrollo de las plantas en vivero, posterior a la aplicación del ciclo de restricción hídrica no fue similar entre las diversas familias, pues si bien todas exhiben una disminución de las variables cuando están creciendo en condiciones de restricción hídrica, las familias pertenecientes a Quebrada el Pobre presentan una menor respuesta de adaptación en condiciones de déficit hídrico en algunos de los parámetros morfológicos analizados, además de la elevada mortalidad de sus individuos. Esta respuesta podría ser un indicador, de que esta población presentaría pérdida de variación genética y con ello algún grado de depresión por endogamia, lo cual disminuiría su capacidad adaptativa a condiciones adversas (Hart y Clark, 2007). Esto acentuaría la pérdida de estas familias bajo un escenario de cambio climático, pues ya casi no constituyen masas boscosas sino más bien individuos aislados (menor tamaño efectivo poblacional $\mathbf{N_e}$).

.

Cuadro 6a. Respuesta morfológica de *B. miersii* sometidas a restricción hídrica para cada localidad de procedencia (Media ± error estándar).

LOCALIDAD	ALTURA (cm)			D.A.C (mm)			ÍNDICE DE ESBELTEZ		
	Inicio	Control	Restricción Hídrica	Inicio	Control	Restricción Hídrica	Inicio	Control	Restricción Hídrica
Quebrada el Pobre	9,43 ± 1,37 a	12,68 ± 1,18 c	8,34 ± 1,75 ab	3,48 ± 0,42 a	4,68 ± 0,14 bc	3,27± 0,32 a	2,88 ± 0,39 a	2,79 ± 0,21 a	2,61 ± 0,40 ab
Longotoma	12,72 ± 1,11 ab	14,33 ± 1,11 c	12,59 ± 0,49 ab	4,50 ± 0,18 b	4,60 ± 0,27 bc	3,93 ± 0,12 ab	2,97 ± 0,27 a	3,09 ± 0,09 a	3,28 ± 0,06 b
Campus Antumapu Universidad de Chile	12,92 ± 0,36 ab	14,24 ± 0,57c	11,92 ± 0,51 ab	4,38 ± 0,09 b	4,85 ± 0,06 c	3,98 ± 0,10 b	2,98 ± 0,06 a	2,97 ± 0,28 a	3,08 ± 0,11 ab
Reserva Privada Altos de Cantillana	12,31 ± 0,32 ab	13,70 ± 0,43 c	10,92 ± 1,14 ab	4,16 ± 0,08 ab	4,47 ± 0,21 bc	3,61 ± 0,44 b	3,00 ± 0,06 a	3,18 ± 0,96 a	3,05 ± 0,33 ab
Quebrada el Árbol	13,90 ± 0,19 b	16,46 ± 0,28 c	12,89 ± 0,30 b	4,42 ± 0,04 b	4,78 ± 0,10 bc	4,01 ± 0,06 b	3,12 ± 0,03 a	3,23 ± 0,44 a	3,19 ± 0,10 ab
Promedio	**13,39 ± 0,15 b**	**14,28 ± 0,08 c**	**11,33 ± 0,24 ab**	**4,36 ± 0,03 b**	**4,68 ± 0,29 a**	**3,76 ± 0,44 b**	**3,07 ± 1,15 a**	**3,05 ± 0,12 a**	**3,04 ± 0,56 ab**

Cuadro 6b. Respuesta morfológica de *B. miersii* sometidas a restricción hídrica para cada localidad de procedencia (Continuación).

LOCALIDAD	N° DE HOJAS VERDADERAS			MORTALIDAD (%)	
	Inicio	Control	Restricción Hídrica	Control	Restricción Hídrica
Quebrada el Pobre	12,08 ± 1,37 ab	15,64 ± 2,16 cd	13,01± 0,44 ab	21,41	80,20
Longotoma	14,98 ± 1,16 a	19,05 ± 0,29 c	14,83 ± 0,29 a	9,09	54,16

Campus Antumapu Universidad de Chile	12,58 ± 0,34 ab	15,82 ± 0,66 cd	11,60 ±2,25 a	12,80	29,06
Reserva Privada Altos de Cantillana	10,54 ± 0,29 b	13,30 ± 1,72 d	9,60 ±2,31 ab	7,92	64,43
Quebrada el Árbol	12,79 ± 0,19 ab	15,84 ± 0,49 cd	11,82 ±0,57 ab	7,23	41,81
Promedio	**12,37 ± 6,27 ab**	**15,93 ± 0,22 cd**	**12,17 ± 0,13 ab**	**11,69**	**53,93**

Los Cuadros 7 y 8 presentan los resultados obtenidos del modelo de regresión logística binaria en el que se incluyeron los principales parámetros de crecimiento, mortalidad y localidad de procedencia de las plantas, con el objeto de evaluar el efecto de estas variables en la presencia de los cotiledones en condiciones de tratamiento control (riego) y restricción hídrica.

Las variables predictoras de la presencia del cotiledón en condiciones de riego (Cuadro 7) fueron la mortalidad, la altura, la localidad de procedencia de las plantas y el diámetro a la altura del cuello (DAC). No obstante, el número de hojas verdaderas no fue un aporte significativo a esta predicción ($p>0,05$).

Cuadro 7. Resultados de la regresión logística binaria: Variables predictoras de la presencia/ausencia del cotiledón en *B. miersii* en tratamiento de riego control.

TRATAMIENTO RIEGO CONTROL						
VARIABLE EXPLICATIVA	**β**	**Significación**	**R^2 iteración** MORT	**R2 iteración** MORT*H	**R2 iteración** MORT*H*O	**R2 Iteración** MORT*H*O*DAC
MORTALIDAD	-1,39	0,00	0,09	0,11	0,12	0,13
H	-0,06	0,00				
O	0,42	0,03				
DAC	-0,15	0,04				

H: Altura; O: Localidad de origen; DAC: Diámetro a la altura del cuello. Valores estadísticamente significativo $p< 0,05$.

Los resultados determinan que la variable mortalidad predice en un 9% la presencia del cotiledón en condiciones de riego ($R^2=0,09$), el valor negativo de β indica que la tasa de mortalidad de las plantas de *B. miersii* en la primera temporada de crecimiento disminuye al presentar cotiledón (Cuadro 7). Esto concuerda con lo establecido por Sadava *et al*. (2009), ya que indican que la principal fuente de energía de las plántulas a edades tempranas es el cotiledón, órgano fundamental en la capacidad de sobrevivencia de estas.

En relación a la variable altura, esta predice en conjunto con la mortalidad un 11% la presencia del cotiledón ($R^2=0,11$) en condiciones de riego y el valor negativo de β indica que la probabilidad de las plantas de presentar cotiledón disminuye al aumentar en altura (Cuadro 7). Esto muestra, que a mayor altura la planta es capaz de desarrollar sus propios mecanismos para sobrevivir, ya que todas las sustancias almacenadas en el cotiledón han sido utilizadas en las etapas iniciales de crecimiento (Barajas y Álvarez, 2004; Sadava *et al.*, 2009).

El valor positivo de β para la variable localidad de procedencia de las plantas muestra una correlación positiva significativa entre la presencia de los cotiledones y la zona de origen de las plantas. Además, se observó que en conjunto las variables predictivas anteriores estima en un 12% la presencia del cotiledón (R^2=0,12) (Cuadro 7). Esto puede indicar que existen localidades de procedencias que poseen un consumo más eficiente de los nutrientes otorgados por este órgano, para así mantenerlos por un mayor tiempo o en etapas de mayor desarrollo.

La última variable presente en el modelo fue el diámetro a la altura del cuello (DAC), en donde se observó que en conjunto con las otras variables predictivas, estiman en un 13% la presencia del cotiledón (R^2=0,13) (Cuadro 7). Además, presentó un valor de β negativo que indica que al aumentar el DAC, disminuye la presencia del cotiledón en las plantas en análisis.

Al comparar los resultados obtenidos anteriormente con la condición de restricción hídrica, las variables incluidas en el modelo cambian (Cuadro 8). Donde, las variables predictoras de la presencia del cotiledón en condiciones de restricción de riego son la mortalidad, el número de hojas verdaderas y la altura. Sin embargo, el diámetro a la altura del cuello (DAC) y la localidad de origen no fueron un aporte significativo a esta predicción (p>0,05).

Cuadro 8. Resultados de la regresión logística binaria: Variables predictoras de la presencia/ausencia del cotiledón en *B. miersii* en Tratamiento de restricción hídrica.

TRATAMIENTO RESTRICCIÓN HÍDRICA					
VARIABLE EXPLICATIVA	**β**	**Significación**	**R^2 iteración** MORT	**R^2 iteración** MORT*NHV	**R^2 iteración** MORT*NHV*H
MORTALIDAD	-1,50	0,00	0,16	0,17	0,18
NHV	0,03	0,01			
H	-0,04	0,00			

NHV: Número de hojas verdaderas; H: Altura. Valores estadísticamente significativos p< 0,05.

Los resultados en condiciones de restricción hídrica determinan que la variable mortalidad predice en un 16% la presencia del cotiledón, y el valor negativo de β indica que en condiciones de restricción la presencia de cotiledón es un factor de relevancia en la disminución de la tasa de mortalidad en las plantas de *B. miersii* analizadas (Cuadro 8).

El valor positivo de β para la variable número de hojas verdaderas muestra una correlación positiva significativa (Cuadro 8). Esto puede indicar que los individuos con una menor superficie fotosintética en condiciones de restricción hídrica, necesitan una fuente mayor de energía para sobrevivir, la que obtienen directamente del consumo de las reservas presentes en el cotiledón. Cabe destacar, que en conjunto la variable mortalidad estiman en un 17% la presencia del cotiledón (R^2=0,17) (Cuadro 8).

La última variable presente en el modelo de restricción hídrica fue la altura, en donde se observó que en conjunto con las otras variables predictivas, estiman en un 18% la presencia del cotiledón (R^2=0,18) (Cuadro 8). El valor negativo de β indica, al igual que en el tratamiento de control, que a mayor altura la planta es capaz de desarrollar sus propios mecanismos para sobrevivir.
El Cuadro 9 presenta los resultados obtenidos de la asignación de biomasa en los distintos tejidos de *B. miersii*, observándose diferencias significativas en los diversos parámetros evaluados, determinando que el déficit hídrico suministrado a las plantas fue suficiente para generar una respuesta de crecimiento negativa en todos los tejidos constitutivos.

Cuadro 9. Efecto de la restricción hídrica sobre la asignación de la biomasa en *B. miersii*.

Variable	TRATAMIENTO	
	Control	Restricción Hídrica
PSh (g)	1,17 ± 0,03 a	0,81 ± 0,02 b
PSt (g)	0,81 ± 0,01 a	0,61 ± 0,02 b
PSr (g)	1,37 ± 0,04 a	0,92 ± 0,03 b
PSc (g)	3,04 ± 0,08 a	2,67 ± 0,10 b
A/R	2,46 ± 0,26 a	4,40 ± 1,04 b
RPF	0,33 ± 0,03 a	0,32 ± 0,00 a

PSh: Peso seco hoja; PSt: Peso seco tallo; PSr: Peso seco raíz; PSc: Peso seco cotiledón; A/R: Relación parte aérea/raíz; RPF: Relación peso foliar a peso total. (Valor media ± error estándar; n=1.940).

En general y analizando la biomasa de los distintos tejidos por separado, se observa que el tratamiento de restricción hídrica determina una disminución en el peso foliar, cuyos valores medios fueron de 1,17 y 0,81g para el tratamiento control y restricción hídrica, respectivamente. Este comportamiento, se repite en la biomasa de la estructura de tallo, la cual se ve afectada negativamente por la disponibilidad de agua (Cuadro 9). Lo anterior concuerda con un estudio realizado por Kremer (2014), que describe una disminución del tejido fotosintético en plantas de regeneración de *B. miersii* en condiciones de escasez hídrica bajo dosel de bosque.

Con respecto a la biomasa radicular, esta es significativamente menor en las plantas bajo tratamiento de restricción hídrica. Estos resultados concuerdan con lo observado en plantas de regeneración de *B. miersii* en condiciones de escasez hídrica bajo dosel de bosque, las cuales exhibieron valores en la biomasa radicular cercana a 0,45 y 0,15 g para el tratamiento control y restricción hídrica, respectivamente (Kremer, 2014). Este comportamiento ha sido registrado por diversos autores para especies como *P. boldus*, la cual presenta en plantas sometidas a restricción hídrica una reducción del 70% de su biomasa radicular (Ilabaca, 2008) y también en *Quercus robur*, el cual presenta una reducción del 36% de su biomasa radicular en condiciones hídricas limitantes (Fort *et al*., 1997).

La biomasa del cotiledón registrada en los individuos de *B. miersii*, muestran diferencias significativas para ambos tratamientos. Esto sugiere que en condiciones de déficit hídrico se incrementa el consumo de las sustancias almacenadas en el cotiledón, con el fin de poseer una fuente mayor de energía para adaptarse a las condiciones de restricción.

No obstante, al analizar la relación parte aérea/parte subterránea (A/R) se registran diferencias significativas para ambos tratamientos (Cuadro 9), siendo mayor el valor obtenido en las plantas en condiciones de tratamiento de restricción hídrica, esto indicaría una mayor proporción de tejido aéreo que radicular, al ser comparado con el tratamiento control (riego). Similar fueron los resultados presentados por Aguirre (2008) en *C. alba*, en el cual se observó que la especie utilizaba una estrategia de mantención de los tejidos aéreos, por sobre la inversión de recursos para la búsqueda de agua, que le permitiera sortear la época más restrictiva en términos hídricos.

Por último, la relación peso foliar a peso total (RPF) no presenta diferencias significativas para ambos tratamientos (Cuadro 9). De acuerdo a los datos presentados en este estudio *B. miersii* presenta una estrategia de mantención de la proporción foliar, con respecto al resto de los tejidos de la planta en condiciones de restricción (disminución proporcional de los tejidos). Según Bazzaz (1997), esta estrategia de otorgar una mayor asignación de energía para la retención del tejido aéreo en lugar de aumentar significativamente la proporción del tejido radicular, es una característica común en especies no adaptadas a ambientes áridos. Lo anterior podría confirmar lo mencionado por Novoa (2004), que cataloga a *B. miersii* como una especie relicta de climas más húmedos del pasado y que podría estar eventualmente en un proceso de regresión natural.

En general a nivel de localidad, las familias analizadas presentan una disminución en la biomasa de los distintos tejidos de la planta cuando están creciendo en condiciones de restricción hídrica y no presentan diferencias significativas en cuanto al sector de origen (Cuadro 10).

En particular, sobre la biomasa del tallo las familias de procedencia Longotoma no presentaron influencia significativa en la asignación del peso seco de tallo por los distintos tratamientos (Cuadro 10). Pero, en el resto de las localidades de procedencia analizadas se registró una disminución de la biomasa del tallo en condiciones de déficit hídrico (Cuadro 10).

En cuanto al peso seco raíz, las familias de procedencia Quebrada el Árbol no presentaron influencia significativa en la biomasa radicular entre los distintos tratamientos. No obstante, en el resto de las localidades de procedencia analizadas se registró una disminución de la biomasa radicular en condiciones de déficit hídrico (Cuadro 10).

Con respecto a la biomasa del cotiledón, las familias de procedencia Campus Antumapu, Reserva privada altos de Cantillana y Quebrada el Árbol, localidades de distribución sur, no presentaron influencia significativa en el peso del cotiledón para los distintos tratamientos. Sin embargo, las familias de Longotoma registraron una disminución en la biomasa del cotiledón en condiciones de déficit hídrico (Cuadro 10).

Por último, la relación parte aérea/parte radicular (A/R) y la relación peso foliar a peso total (RPF) no presentaron diferencias significativas a nivel de localidad de origen para ambos tratamientos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Asignación de la biomasa en *B. miersii* sometidas a restricción hídrica para cada localidad de procedencia.

LOCALIDAD	TRATAMIENTO	PSh (g)	PSt (g)	PSr (g)	PSc (g)	PAR	RPF
Quebrada el Pobre	Control	1,27 ± 0,22 a	0,89 ± 0,10 b	1,01 ± 0,12 a	1,92 ± 0,54 b	2,31 ± 0,24 a	0,38 ± 0,02 a
	Restricción Hídrica	0,45 ± 0,11 b	0,43 ± 0,15 a	0,69 ± 0,13 b	2,69 ± 1,11 a	1,50 ± 0,61 a	0,27 ± 0,03 a
Longotoma	Control	0,97 ± 1,19 a	0,59 ± 0,07 a	1,08 ± 1,46 a	3,63 ± 0,62 a	1,83 ± 0,24 a	0,32 ± 0,06 a
	Restricción Hídrica	0,50 ± 0,12 b	0,57 ± 0,09 a	0,44 ± 0,07 b	1,49 ± 0,40 b	6,69 ± 3,54 b	0,29 ± 0,03 a
Campus Antumapu	Control	1,17 ± 0,08 a	0,81 ± 0,04 b	1,32 ± 0,09 a	3,48 ± 0,20 a	2,05 ± 0,14 a	0,33 ± 0,01 a
Universidad de Chile	Restricción Hídrica	0,77 ± 0,06 b	0,59 ± 0,04 a	0,82 ± 0,08 b	2,97 ± 0,27 a	4,36 ± 1,09 b	0,33 ± 0,14 a
Reserva Privada	Control	1,01 ± 0,07 a	0,70 ± 0,04 b	1,19 ± 0,07 a	2,29 ± 1,84 ab	1,91 ± 0,13 a	0,31 ± 0,01 a
Altos de Cantillana	Restricción Hídrica	0,69 ± 0,05 b	0,53 ± 0,03 a	0,73 ± 0,05 b	1,94 ± 0,21 b	3,48 ± 1,08 b	0,32 ± 0,01 a
Quebrada el Árbol	Control	1,23 ± 0,04 a	0,85 ± 0,02 b	1,45 ± 0,05 a	3,16 ± 0,11 a	2,76 ± 0,42 a	0,34 ± 0,04 a
	Restricción Hídrica	0,87 ± 0,03 b	0,65 ± 0,02 a	1,02 ± 0,04 a	2,89 ± 0,12 a	4,64 ± 1,58 b	0,32 ± 0,05 a

PSh: Peso seco hoja; PSt: Peso seco tallo; PSr: Peso seco raíz; PSc: Peso seco cotiledón; A/R: Relación parte aérea/raíz; RPF: Relación peso foliar a peso total. (Valor media ± error estándar; n=1.940).

Del Cuadro 11 se puede analizar que el efecto del factor tratamiento de riego (R), localidad de origen (O) y la familia anidada dentro de la localidad de origen (F(O)), son factores significativos en la varianza de las respuesta presentada en la mayoría de las variables analizadas en las plantas de *B. miersii*, a excepción del índice de esbeltez.

En particular, el factor de la familia anidada dentro de la localidad de origen (F(O)) explicó un mayor porcentaje de la varianza en los caracteres morfológicos analizados (6 a 9,5%), lo que sugiere que en general existe una adecuada variabilidad en las familias, mientras que el factor tratamiento de riego (R) explicó hasta 8,3%, lo cual confirma las diferencias en la plasticidad en los rasgos evaluados (Cuadro 11).

En cuanto a la variación causada por localidad de origen (O), se puede observar que este es un factor significativo en la respuesta diferencial de la mayoría de los parámetros analizados de manera independiente. Cabe mencionar, que la localidad de origen de las plantas explica en un 2,5% la variación en el número de hojas verdaderas por individuo (por ejemplo, las familias de origen Longotoma presentaron en promedio un mayor número de hojas verdaderas por ejemplar) (Cuadro 11).

En cuanto al efecto de la interacción del tratamiento de riego con la localidad de origen (R*O), no fue un factor significativo en la explicación de la respuesta diferencial en las variables morfológicas analizadas (Cuadro 11).

Finalmente, cabe destacar que la interacción del tratamiento de riego con la familia anidada en la localidad de origen (R*F(O)) es un factor significativo en la respuesta registrada en el índice de esbeltez, explicando el 2,5% de su comportamiento. Sin embargo, esta interacción no es un factor significativo en la explicación de la respuesta diferencial en las restantes variables (Cuadro 11).

Cuadro 11. Porcentaje de la varianza debido al régimen de riego (R), localidad de origen (O), familia anidada dentro de la localidad (F(O)), interacción del riego y localidad (R*F) y el régimen de riego anidado dentro de la interacción localidad familia (R*F (O)), para las características de crecimiento y de biomasa.

Fuente de variación[1]	gl	H		DAC		IE		NHV		PSA		PSR	
		PV	Sig	PV	Sig	PV	Sig	PV	Sig	PV	Sig	PV	Sig
R	1	3,82	*	8,32	*	0,01	n.s	7,78	*	4,89	*	4,63	*
O	4	1,56	*	1,16	*	0,43	n.s	2,54	*	1,37	*	1,68	*
F(O)	39	9,53	*	7,36	*	3,95	*	6,42	*	8,78	*	5,98	*
R*O	4	0,05	n.s	0,07	n.s	0,10	n.s	0,04	n.s	0,07	n.s	0,03	n.s
R*F(O)	34	2,36	n.s	1,86	n.s	2,54	*	1,80	n.s	1,86	n.s	1,59	n.s

H: Altura; DAC: Diámetro a la altura del cuello de la raíz; IE: Índice de esbeltez; NHV: Número de hojas verdaderas; PSA: Peso seco aéreo; PSR: Peso seco raíz.
[1]conforme a la ecuación [9]; PV: Porcentaje de la varianza (%). n.s: no significativo; *: significativo $p< 0,05$.

3.3.2 Respuesta fisiológica a la restricción hídrica

En relación a la respuesta fisiológica presentada por *B. miersii* bajo condiciones de restricción hídrica, se observó diferencias significativas en los diversos parámetros fisiológicos evaluados, determinando que el nivel de agua suministrado fue suficiente para generar una respuesta diferencial en las plantas bajo estudio (Cuadro 12).

Los valores promedio del potencial hídrico al alba (Ψa) y contenido hídrico relativo (CHR), para el tratamiento control, son de -1,28 Mpa y 92,5% respectivamente (Cuadro 12). No obstante, otras especies pertenecientes del bosque esclerófilo como *C. alba*, *Q. saponaria* y *P. boldus* en condiciones de riego y con similar CHR presentan Ψa significativamente diferentes, con valores de -0,40; -0,50 y -0,26 Mpa, respectivamente (Ilabaca, 2008; Donoso *et al.*, 2011).

A nivel de localidad, en el tratamiento control las familias de origen Longotoma presentan Ψa más negativos a similar CHR que el resto de las localidades de procedencias analizadas, con -2,00 Mpa y 90,3% respectivamente (Cuadro 12). Esta respuesta fisiológica de las familias de distribución norte puede ser causada por lo establecido por Lortie y Aarssen (1996), que mencionan que los genotipos adaptados a condiciones de escasez hídrica pueden resultar incapaces de adecuarse a condiciones favorables, lo que conlleva a estas familias a la incapacidad de aprovechar la mayor cantidad de agua disponible en el sustrato para ser absorbida y así mejorar su estado hídrico.

Por otra parte, en el tratamiento de restricción hídrica el Ψa se hace más negativo con la disminución del CHR, registrando en promedio -4,56 Mpa a un CHR cercano al 60% (Cuadro 12). Esto concuerda con los resultados obtenidos por Ilabaca (2008), registrando en *P. boldus* bajo condiciones de déficit hídrico -3,90 Mpa a un CHR del 59%. Estos resultados coinciden con estudios en especies mediterráneas, los cuales registran que individuos bajo restricción hídrica presentan Ψa más negativos que en aquellos regados frecuentemente (Fort *et al*., 1997; Donoso *et al.*, 2011).

La respuesta observada a nivel de localidad para el tratamiento de restricción hídrica, indica que solo las familias de Longotoma y Campus Antumapu presentaron diferencias significativas en los valores registrados para Ψa, registrando valores menos negativos. Sin embargo, para el CHR no se presentaron diferencias significativas en cuanto a la localidad de origen (Cuadro 12).

En cuanto al módulo de elasticidad (ε), este es significativamente menor para el tratamiento de restricción hídrica respecto al tratamiento control (13,6 y 23,4 respectivamente). Esto indica que las paredes celulares de las plantas en déficit hídrico son más elásticas (el tejido es más elástico cuanto más bajo es ε), por lo que soportarían una pérdida del contenido hídrico sin perder el turgor celular. De esta forma las paredes celulares serían capaces de ajustarse al contenido celular, evitando así que se desencadenen problemas metabólicos por la disminución del turgor celular (Ruiz-Sánchez *et al*., 1997). Una respuesta similar ha sido observada en especies de bosque esclerófilo como *C. alba* (Aguirre, 2008) y *P. boldus* (Ilabaca, 2008), las cuales realizan ajuste elástico al encontrarse bajo condiciones de estrés

hídrico severo, con la finalidad de evitar la abscisión de sus hojas, para equilibrar así su biomasa foliar con la eficiencia del sistema radical de suministrar agua a las hojas (Donoso *et al.*, 2011).

A nivel de localidad, las familias de origen Longotoma presentan un módulo de elasticidad (ε) menor para el tratamiento control respecto al tratamiento de restricción hídrica (9,5 y 12,2 respectivamente) (Cuadro 12), lo que indica que las paredes celulares de las plantas en déficit hídrico son de mayor rigidez. Esto apoyaría la observación de que familias adaptadas a condiciones de escasez de agua pueden resultar incapaces de aprovechar condiciones favorables.

Cuadro 12. Valores del potencial hídrico al alba (Ψa), contenido hídrico relativo (CHR) y módulo de elasticidad (ε) para cada localidad de procedencia.

LOCALIDAD	TRATAMIENTO	Ψa (Mpa)	CHR (%)	ε
Quebrada el Pobre	Control	-1,50 ±1,53 ab	91,50 ± 1,84 a	36,33 ± 5,23 d
	Restricción Hídrica	-4,83 ± 0,45 d	59,00 ± 1,57 b	27,42 ± 2,33 c
Longotoma	Control	-2,00 ± 0,41 a	90,25 ± 1,70 a	9,51 ± 0,29 a
	Restricción Hídrica	-4,03 ± 0,40 c	65,00 ± 4,73 b	12,17 ± 0,79 b
Campus Antumapu	Control	-0,83 ± 0,45 b	93,92± 3,41 a	28,29 ±0,73 c
Universidad de Chile	Restricción Hídrica	-4,07 ± 0,35 c	68,47 ± 3,74 b	13,61 ± 0,73 ab
Reserva Privada	Control	-1,00 ±0,51 ab	93,00 ± 1,14 a	16,4 ± 0,25 b
Altos de Cantillana	Restricción Hídrica	-4,95 ± 0,71 d	53,01 ± 4,19 b	6,70 ± 0,42 a
Quebrada el Árbol	Control	-1,06 ± 0,18 ab	93,64 ±1,83 a	26,67 ±1,17 c
	Restricción Hídrica	-4,93 ±0,30 d	54,04 ± 3,94 b	8,17 ± 0,73 a
Promedio	**Control**	**-1,28 ± 0,62 ab**	**92,46 ± 3,78 a**	**23,44 ± 1,53 c**
	Restricción Hídrica	**-4,56 ± 0,44 cd**	**59,90 ± 3,63 b**	**13,61± 1,00 ab**

Valores estadísticamente significativo p< 0,05. (Valor media ± error estándar; n=120).

3.4 Variación inter-sitios en la plasticidad fenotípica y la asignación de la biomasa frente a la restricción hídrica

3.4.1 Variación inter-sitios en la plasticidad fenotípica

En relación a la respuesta presentada por *B. miersii* bajo condiciones de restricción hídrica, se observó diferencias significativas entre las poblaciones analizadas ($p<0,05$) para las variables altura, DAC y número de hojas verdaderas. No obstante, el índice de esbeltez presentado por las distintas poblaciones se mostró marcadamente estable, ubicándose en la línea de plasticidad nula (Cuadro 13, Figura 8).

Las familias de origen Longotoma presentaron un mayor crecimiento (independiente del tratamiento) para las variables DAC y número de hojas verdaderas. Sin embargo, resultaron ser marcadamente estables para la variable altura. La respuesta anterior, fue similar a las presentadas por las familias de la población Quebrada el Árbol, sector más austral de distribución analizado, presentaron un mayor crecimiento (independiente del tratamiento) para las variables altura y DAC. Al contrario, las familias de la zona Quebrada el Pobre, sector más septentrional de distribución analizado, mostraron una respuesta menor de crecimiento para las variables altura y DAC, donde el número de hojas verdaderas se presentó estable y cercano a la línea de plasticidad nula (independiente del tratamiento) (Figura 8).

Las familias de la población Campus Antumapu, resultaron ser marcadamente estables para las variables altura y número de hojas verdaderas. Pero, presentaron un mayor crecimiento (independiente del tratamiento) para la variable DAC (Figura 8).

Con respecto a las familias de la población Reserva Privada Altos de Cantillana, presentaron una estabilidad marcada e independiente del tratamiento para las variables altura, DAC y número de hojas verdaderas, no presentando así cambios fenotípicos significativos, pues su índice de plasticidad angular está más cercano de la línea de plasticidad nula (Figura 8).

Pigliucci (2001), sugiere que uno de los atributos claves para que una especie pueda sobrevivir en ambientes cambiantes es la plasticidad fenotípica, entendida como la capacidad de un individuo de generar un ajuste morfo-fisiológico que le permita establecerse y completar su ciclo de vida a lo largo de un rango de hábitats. Este podría ser el caso de *B. miersii*, que como se muestra en este estudio, las cinco localidades ensayadas presentan respuestas diferentes en cuanto a las variables altura, DAC y número de hojas verdaderas (Figura 8), evidenciando en algunas localidades de procedencia, como Quebrada el Árbol, la capacidad de responder rápidamente a la aparición de condiciones menos favorables (situación de déficit hídrico), lo cual podría indicar la presencia de una mayor diversidad genética y que favorecería su persistencia bajo situaciones ambientales cambiantes, ya que permitiría que la población rastree de cerca su óptimo fenotípico (Premoli, 2003). Sin embargo, en localidades como Quebrada el Pobre se observa una menor capacidad de respuesta adaptativa a condiciones de restricción hídrica, lo que indicaría la presencia de bajos niveles de variación genética que podría afectar en la sobrevivencia de estas familias (Nason y Hamrick, 1997).

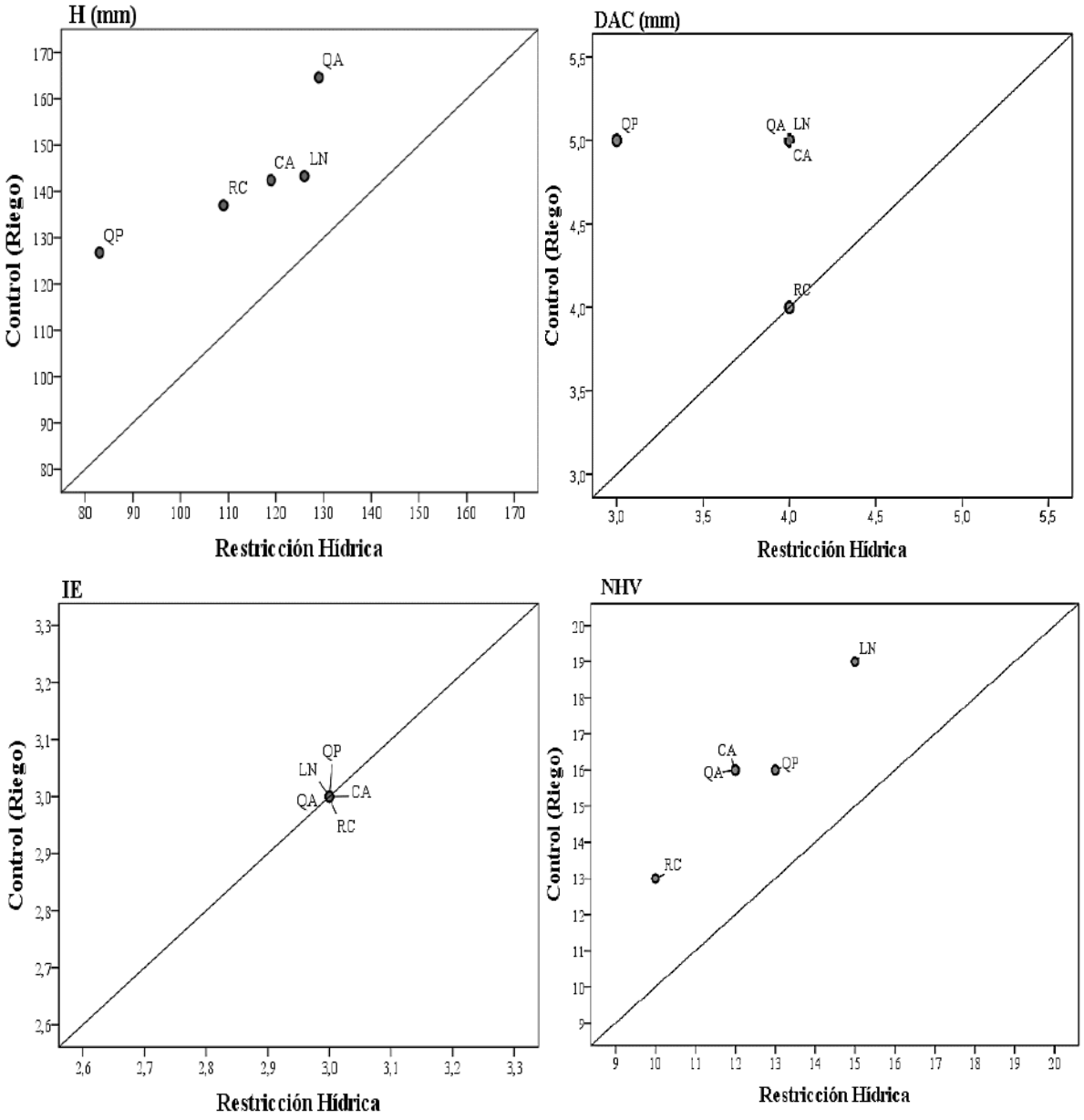


Figura 8. Índice de Plasticidad Angular (α) en Altura (H), Diámetro a la altura del cuello de la raíz (DAC), Índice de esbeltez (IE), Número de hojas verdaderas (NHV). (QP: Quebrada el Pobre, LN: Longotoma, CA: Campus Antumapu, RC: R. P. Altos de Cantillana, QA: Quebrada el Árbol).

Cuadro 13. Índice de Plasticidad Angular (α) para *B. miersii* sometidas a restricción hídrica para cada localidad de procedencia.

LOCALIDAD	H	D.A.C	IE	NHV
Quebrada el Pobre	0,99 ± 0,09 c	0,96 ± 0,01 c	0,82 ± 0,04 a	0,88 ± 0,01 a
Longotoma	0,85 ± 0,02 a	0,86 ± 0,04 a	0,76 ± 0,09 a	0,91 ± 0,07 a
Campus Antumapu Universidad de Chile	0,87 ± 0,08 a	0,88 ± 0,05 a	0,77 ± 0,01 a	0,94 ± 0,04 b
Reserva Privada Altos de Cantillana	0,89 ± 0,04a	0,90 ± 0,02 b	0,81 ± 0,03 a	0,96 ± 0,05 c
Quebrada el Árbol	0,91 ±0,01 b	0,87 ± 0,00 a	0,79 ± 0,05a	0,93 ± 0,01 b

Valores estadísticamente significativo p< 0,05. (Valor media ± error estándar).

3.4.2 Variación inter-sitios en la asignación de la biomasa

En general, se observa que en condiciones de restricción hídrica las plantas de *B. miersii* asignan una mayor biomasa a la fracción aérea (tallo y hojas) que a la fracción radicular. No obstante, se observa que el comportamiento de las distintas poblaciones analizadas presenta variaciones en los patrones de asignación de biomasa determinados por las curvas alométricas, mostrando diferentes trayectorias entre los tratamientos (Figura 9a y 9b).

En cuanto a la localidad Quebrada el Pobre, para el tratamiento de restricción hídrica, sus familias no presentaron cambios significativos en la distribución de la biomasa radicular mostrando un valor estable a distintos rangos de biomasa aérea. Sin embargo, en condiciones de riego estas familias presentan un aumento significativo de la biomasa aérea y radicular en proporciones similares (Figura 9a).

En las familias de Longotoma, se le asignó una mayor biomasa a las fracciones aérea y foliar que a la formación de tejido radicular en condiciones de restricción hídrica. Pero, en condiciones de riego los distintos componentes de la biomasa poseían una fuerte relación lineal (Figura 9a).

Las familias pertenecientes al Campus Antumapu, presentan en condiciones de restricción hídrica una mayor asignación de biomasa a las fracciones área y foliar. Cabe destacar, la

existencia de una fuerte relación lineal en la asignación de biomasa radicular entre ambos tratamientos, lo cual se observa en la trayectoria de la curva alométrica (Figura 9a).

En relación a las familias de origen R.P. Altos de Cantillana, estas presentan una mayor asignación de biomasa a las fracciones área y foliar en condiciones de déficit hídrico al compararlas con las plantas en riego (Figura 9b).
Por último, las familias de procedencia Quebrada el Árbol no presentaron diferencias en la curvas de asignación de biomasa radicular en ambos tratamientos, siendo de mayor importancia la asignación de biomasa a la fracción de las raíces (Figura 9b).

Los niveles de cambio fenotípico determinados en este estudio, a través del índice de plasticidad angular (α) y las curvas alométricas de asignación de biomasa fueron coincidentes, ya que si bien en el tratamiento de restricción hídrica las variables de crecimiento de la parte aérea de las plantas disminuyeron al compararlas con el tratamiento riego (Figura 8), los análisis alométricos detectaron cambios en la asignación de biomasa, otorgándole prioridad a la mantención de la fracción área por sobre la radicular (Figura 9a y 9b) (concluyente con la respuesta fisiológica). Cabe señalar que desde el punto de vista ontogénico, todas las familias se encontraban en el mismo estadio de desarrollo, por lo que las diferencias entre familias son atribuibles a plasticidad fenotípica (ajustes fisiológicos en respuesta a alteraciones del medio), más que a plasticidad ontogénica (cambios en la morfología debido al estado de desarrollo de un organismo) (Wright y Mc Connaughay, 2002; Chambel *et al*., 2007).

Estudios han registrado que en especies mediterráneas bajo condiciones de déficit hídrico las plantas adoptan la estrategia de asignar un mayor crecimiento al sistema radicular que al aéreo, para así asegurar una mayor área de exploración del sustrato, facilitando así una mayor captación de agua y nutrientes (Gholz *et al*., 1990; Bazzaz, 1997). Sin embargo, *B. miersii* al asignar una menor biomasa a la fracción radicular adopta una estrategia que responde a especies que pudieran adaptarse a periodos de sequía cortos y/o suelos con una alta humedad disponible en los horizontes superficiales, lo cual indica que es una especie menos tolerante a la sequía.

De acuerdo a estos resultados que indican una escasa respuesta adaptativa de *B. miersii* a condiciones de restricción hídrica y a lo registrado por Pliscoff y Fuentes-Castillo (2011), quienes pronostican que bajo el escenario de cambio climático todas sus poblaciones se verán reducidas drásticamente, contrayendo su rango hacia el centro de su distribución actual en la zona del valle del Aconcagua y hacia las zonas de mayor altitud en los Altos de Cantillana, se puede inferir que en general se verá afectada negativamente la permanencia de la especie en su distribución norte y/o en sectores con suelos de baja capacidad de retención de agua.

Desde el punto de vista de la procedencia, se destacan las familias de Longotoma quienes a través de su respuesta fenotípica y fisiológica muestran un comportamiento de genotipos adaptados a condiciones de menor disponibilidad hídrica, sin embargo resultan con una menor capacidad de aprovechar condiciones hídricas favorables. Por otro lado, las familias de origen Quebrada el Árbol, sector más austral de distribución analizado, presentan una respuesta superior en ambientes limitantes y en condiciones favorables, lo cual conduce a

una respuesta adaptativa de alta plasticidad fenotípica e indicaría una mayor diversidad genética.

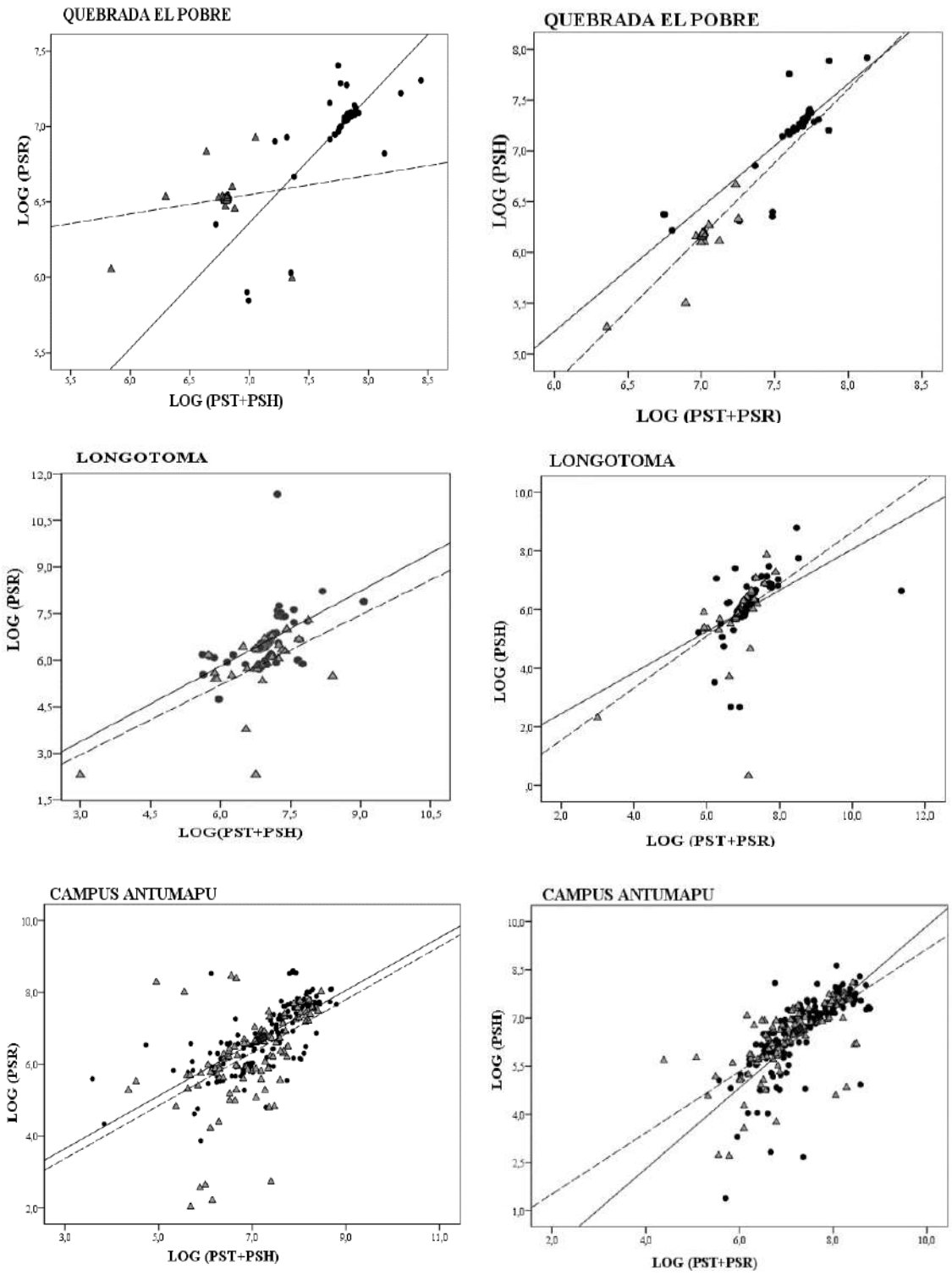


Figura 9a. Trayectoria de la relación alométrica para las raíces (columna izquierda) y las hojas (columna derecha) de las cinco poblaciones de *B. miersii* analizadas. Punto y línea

Folio009519

continua representan a las plantas control (riego), triángulos y línea discontinua representan a las plantas con restricción hídrica.

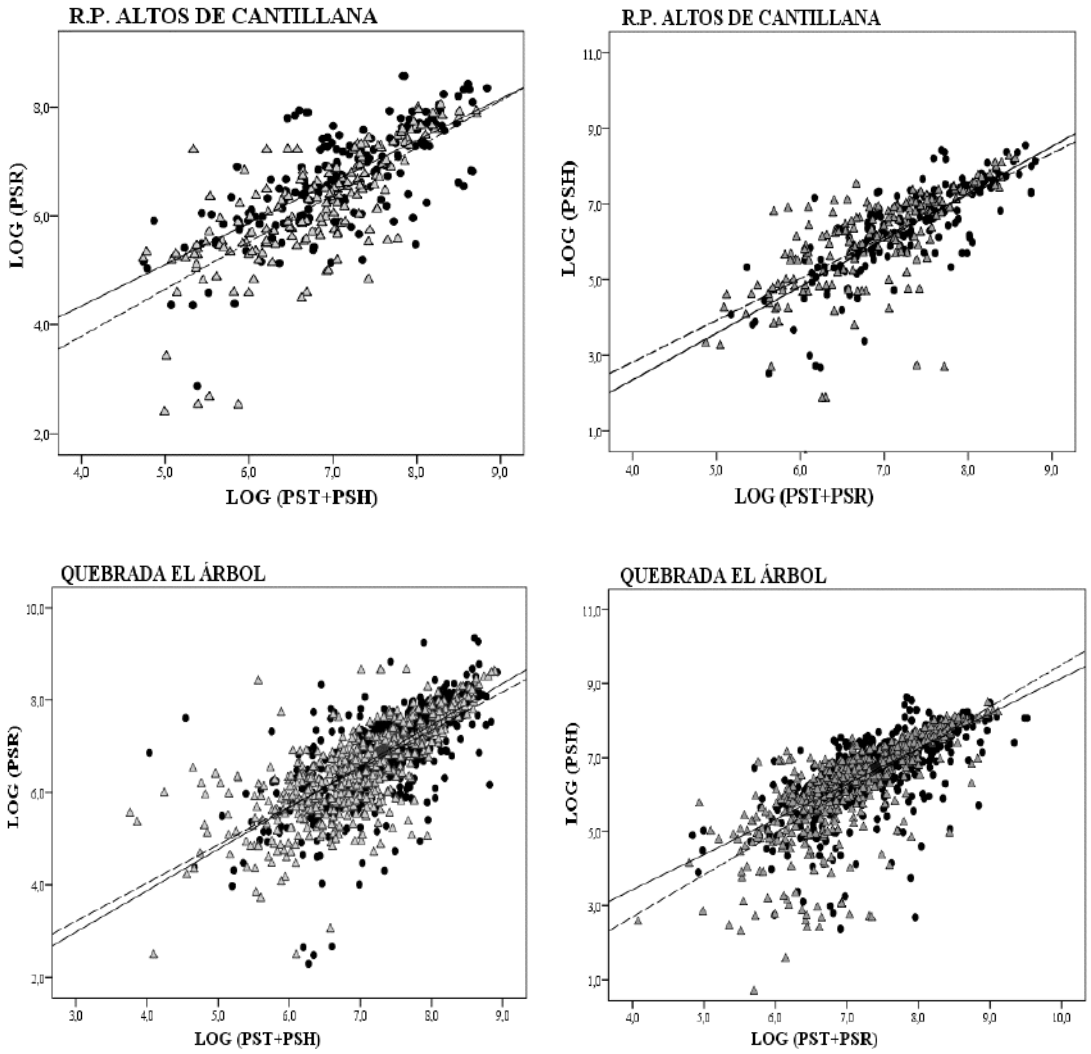


Figura 9b. Trayectoria de la relación alométrica para las raíces (columna izquierda) y las hojas (columna derecha) de las cinco poblaciones de *B. miersii* analizadas. Punto y línea continua representan a las plantas control (riego), triángulos y línea discontinua representan a las plantas con restricción hídrica (continuación).

Folio009520

3.5 Estimación de parámetros genéticos

El Cuadro 14 muestra la heredabilidad individual y familiar estimadas para las características morfológicas medidas en *B. miersii*. De acuerdo a lo establecido por Ossa *et al*. (2002), los rasgos morfológicos registrados en condiciones de riego presentan heredabilidad individual baja, que van de 0,01 a 0,16. No obstante, las estimaciones de la heredabilidad a nivel familiar para el tratamiento de riego presentaron un mayor control genético, cuyos valores fluctúan entre los rangos de bajo a medio (0,02 a 0,40, respectivamente).

La estimación de heredabilidad individual para los diversos parámetros bajo condiciones de restricción hídrica varió entre los rangos nulos a medio con 0 a 0,30, respectivamente. En cambio, las estimaciones de la heredabilidad familiar para las cinco localidades de procedencias (independiente del tratamiento) fueron bajo a altos (h_f^2 entre 0,01 y 0,51) (Cuadro 14), lo cual indicaría la existencia control genético sobre caracteres morfológicos relacionados al estrés hídrico (Ossa *et al*., 2002). De acuerdo a Arntz y Delph (2001), esto colocaría en manifiesto la sensibilidad a la acción de los factores ambientales adversos sobre diferentes rasgos morfológicos, y podría favorecer la aparición de fenómenos de adaptación local.

Cuadro 14. Heredabilidad individual y familiar asociada a las características morfológicas presentadas por *B. miersii* en diferentes tratamientos hídricos.

Variable	TRATAMIENTO			
	Control		Restricción hídrica	
	h_i^2	h_f^2	h_i^2	h_f^2
H (cm)	0,16	0,40	0,14	0,37
DAC (mm)	0,15	0,38	0,05	0,17
IE	0,01	0,02	0,00	0,01
NHV	0,13	0,34	0,16	0,39
PSh (g)	0,15	0,27	0,30	0,47
PSt (g)	0,11	0,31	0,24	0,51
PSr (g)	0,02	0,06	0,15	0,18
PStotal (g)	0,15	0,37	0,27	0,41

H: Altura; DAC: Diámetro a la altura del cuello de la raíz; IE: Índice de esbeltez; NHV: Número de hojas verdaderas; PSh: Peso seco hoja; PSt: Peso seco tallo; PSr: Peso seco raíz; Pstotal: Peso seco total.

Por otra parte, los resultados obtenidos muestran un comportamiento diferencial en la heredabilidad de los parámetros medidos según tratamiento de riego. La heredabilidad individual y familiar fue mayor en condiciones de riego para los parámetros morfológicos aéreos (H, DAC, IE y NHV), lo cual indica una contribución significativa de la variación genética aditiva (Cuadro 14). Pero, en condiciones de restricción hídrica la heredabilidad individual y familiar fue mayor en las variables de biomasa, indicando así que la acción génica principal es la aditiva y no la dominante. Esto concuerda con la resultados previos del presente estudio, donde se registra que *B. miersii* en condiciones de restricción hídrica

otorga prioridad a la mantención de los tejidos celulares (biomasa) mediante ajustes fisiológicos.
En particular, se observó que la mayor heredabilidad presentada en el tratamiento de riego fue la registrada en el parámetro altura cuya heredabilidad individual y familiar varió entre 0,16 y 0,40, respectivamente (Cuadro 14). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por otros autores, quienes registraron para distintas especies una mayor heredabilidad en la variable altura a edades juveniles, lo cual puede deberse al efecto materno y al efecto ambiente común que presentaban las plantas en la etapa de viverización (previa aplicación del tratamiento de restricción hídrica) (Eriksson *et al*., 1993; Zas y Fernández-López, 2005; Olivares, 2010). En cambio, en el tratamiento de restricción hídrica se registró una mayor heredabilidad individual y familiar en los parámetros peso seco de hoja (PSh) y peso seco de tallo (PSt) con 0,30; 0,47 y 0,24; 0,51, respectivamente (Cuadro 14)

En el Cuadro 15 se muestran las estimaciones de la correlación de tipo B, determinada para cada una de las características de crecimiento. Se observa que las correlaciones genéticas fueron inferiores a 1, evidenciando la presencia de la interacción entre la familia y el régimen hídrico.

Cuadro 15. Correlación genética de tipo B entre pares de características en los diferentes tratamientos.

VARIABLE	$r\beta$
H_{T0}-H_{T1}	0,42 ± 0,11
DAC_{T0}-DAC_{T1}	0,72 ± 0,00
IE_{T0}-IE_{T1}	0,18 ± 0,07
NHV_{T0}-NHV_{T1}	0,85 ± 0,00
PSh_{T0}-PSh_{T1}	0,80 ± 0,00
PSt_{T0}-PSt_{T1}	0,79 ± 0,15
PSr_{T0}-PSt_{T1}	0,51 ± 0,09
$Pstotal_{T0}$-$PStotal_{T1}$	0,72 ± 0,12

T_o: Tratamiento control (riego); T_1: Tratamiento restricción hídrica. (Valor media ± error estándar).

En general, se observó una moderada a alta correlación genética entre las respuestas morfológicas de *B. miersii* sometidas a los dos regímenes de riego. Para el crecimiento en altura, la correlación genética fue moderada ($r\beta$=0,42). No obstante, las mayores correlaciones genéticas se observaron en las características foliares, como los son el número de hojas verdaderas y el peso seco de hojas con valores cercanos a 0,85 y 0,80, respectivamente (Cuadro 15). Las correlaciones de tipo B para las variables restantes fueron altas, pero aún sugieren la presencia de una fuerte interacción entre la familia y el régimen hídrico.

En otras especies arbóreas también se ha registrado que las correlaciones genéticas entre pares de características son relativamente homogéneas al compararse en diferentes ambientes (Vargas-Hernández *et al*., 2003; Sánchez-Vargas *et al*., 2004). Cabe destacar, el caso de *Pinus caribaea* que presento correlaciones bajas y homogéneas entre diferentes características de tamaño al compararse en cinco sitios de evaluación (Dean *et al*., 1986).

Folio009522

4. CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación permiten concluir que las familias de *B. miersii* analizadas, dependiendo de las condiciones edafoclimáticas del lugar de origen, poseen una respuesta diferencial desde la capacidad de producir regeneración hasta la habilidad de responder frente a eventos de restricción hídrica.

Las familias provenientes de localidades más cercanas a la distribución sur de la especie, poseen una mayor capacidad germinativa, valor máximo de Czabator y una menor mortalidad de las semillas. Esto indicaría que las condiciones edafoclimáticas más adversas, afectarían la formación de la semilla de *B. miersii* y sería un factor significativo en su capacidad de germinación y sobrevivencia, en relación a las provenientes de sitios con mejores condiciones edafoclimáticas.

El crecimiento inicial de las plantas de *B.miersii* en la primera temporada de viverización previa a la restricción hídrica, ha revelado diferencias estadísticas significativas entre las distintas localidades de origen de las familias estudiadas. Las familias con mayores crecimientos son las pertenecientes a Longotoma y Quebrada el Árbol, sectores de distribución norte y sur respectivamente. Esto indicaría, que posterior a una temporada de crecimiento en condiciones de riego, los individuos efectivamente disponibles de cada población no presentarían diferencia en cuanto a las condiciones edafoclimáticas de origen. Sin embargo, las familias pertenecientes a Quebrada el Pobre, origen de distribución más septentrional analizada, en cuya localidad ya casi no constituyen masas boscosas sino más bien individuos aislados, presentan menor crecimiento en los parámetros morfológicos evaluados. Esta respuesta podría ser un indicador, de que esta población presentaría algún grado de depresión por endogamia, resultando una reducción en el *fitness* y en su eficacia biológica relativa.

En general, se observa que el tratamiento de restricción hídrica determina una disminución del crecimiento, presentando valores similares a la medición inicial previa a la aplicación de la restricción. Las familias pertenecientes a Quebrada el Pobre presentaron una menor respuesta de adaptación en condiciones de déficit hídrico, ya que experimentaron una disminución significativa en su crecimiento y capacidad de sobrevivencia, que en conjunto con su bajo tamaño poblacional indicaría algún grado de depresión endogámica.

Por otro lado, en condiciones de restricción hídrica la presencia de cotiledón es un factor de relevancia en la sobrevivencia en las plantas de *B. miersii* analizadas, ya que necesitan una fuente mayor de energía para sobrevivir y por lo cual las obtienen directamente del consumo de las reservas presentes en el cotiledón.

Cabe destacar, que el aumento de la relación parte aérea/parte subterránea en condiciones de restricción, indican que *B. miersii* tiene como estrategia invertir en un mayor crecimiento aéreo que radicular.

B. miersii frente a condiciones de restricción hídrica severa realiza ajuste elástico, por lo que soportarían una pérdida del contenido hídrico sin perder el turgor celular, de esta forma las paredes celulares serían capaces de ajustarse al contenido celular, evitando así que se

desencadenen problemas metabólicos. A nivel de localidad, las familias de origen Longotoma presentan un módulo de elasticidad (ε) menor para el tratamiento control respecto al tratamiento de restricción hídrica, lo que indica que las paredes celulares de las plantas en déficit hídrico son de mayor rigidez. Esto sugiere que estas familias adaptadas a condiciones de escasez pueden resultar incapaces de aprovechar condiciones favorables.

En general, los niveles de cambio fenotípico determinados en este estudio, a través del índice de plasticidad angular (α) y las curvas alométricas de asignación de biomasa son coincidentes, y determinan que *B. miersii* le otorga mayor prioridad a la mantención de la fracción área por sobre la radicular, adoptando una estrategia de sobrevivencia a periodos de sequía cortos y/o suelos con una alta humedad disponible en los horizontes superficiales, lo cual indica que es una especie menos tolerante a la sequía. En particular, las familias de Longotoma muestran un comportamiento de genotipos adaptados a condiciones de menor disponibilidad hídrica, sin embargo resultan con una menor capacidad de aprovechar condiciones favorables. Por otro lado, las familias de origen Quebrada el Árbol presentan una respuesta superior en ambientes limitantes y en condiciones favorables, lo cual conduce a una respuesta adaptativa de alta plasticidad fenotípica e indicaría una mayor diversidad genética.

En relación a los parámetros genéticos mostrados por *B. miersii*, la mayor heredabilidad presentada en el tratamiento de riego fue la registrada en el parámetro altura. En cambio, en el tratamiento de restricción hídrica se registró una mayor heredabilidad individual y familiar en los parámetros peso seco de hoja y peso seco de tallo. Las correlaciones de tipo B más elevadas se observaron en el número de hojas verdaderas y el peso seco de hojas. Lo anterior indicaría que las características foliares están bajo un importante control genético.

Finalmente, se concluye que de acuerdo a estos resultados que indican una escasa respuesta adaptativa de *B. miersii* a condiciones de restricción hídrica, se puede inferir que bajo el escenario de cambio climático se verán afectadas negativamente la permanencia de la especie en su distribución norte y/o en sectores con suelos de baja capacidad de retención de agua. Esto acentuaría la pérdida de las familias de procedencia de distribución norte, pues ya casi no constituyen masas boscosas sino más bien individuos aislados, lo cual conllevaría a considerar a esta especie en programas de conservación *ex situ* a través de procesos de migración asistida.

5. BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA, M. 2001. Formulación de un protocolo de trabajo para el análisis de semillas de especies leñosas nativas. Tesis de Ingeniero Forestal. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 87p.

AGUIRRE, A. 2008. Identificación de mecanismos fisiológicos desarrollados por *Cryptocarya alba* (Mol) Looser (Peumo) ante condiciones de sequía. Memoria de título. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 33 p.

ALEMÁN, S.; DOMÍNGUEZ, A.; DOMÍNGUEZ, D.; FUENTES, L.; MIRANDA, K.; PÉREZ, Y.; PERNÍA, B.; SOSA, D.; SOSA, M. y INFANTE, D. 2010. Estudio anatómico y bioquímico en materiales cubanos y venezolanos de *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de estrés hídrico. *RET*, 2 (1): 89-99 pp.

ANAYA-ROMERO, M.; PINO, R.; JORDÁN, A.; MARTÍNEZ-ZAVALA, L. y BELLINFANTE, N. 2005. Modelización del hábitat potencial de formaciones forestales en la Provincia de Huelva. *Edafología*, 12 (1), 65-73 pp.

ANSELMO, M. 1998. Variables que afectan la germinación y la calidad de las plantas de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii* (Gay) Kostermans). Memoria de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile, 131 p.

ARNTZ, A.M. y DELPH, L.F. 2001 Pattern and process: evidence for the evolution of photosynthetic traits in natural populations. Oecologia 127:455–467 pp.

AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill-Interamericana. Madrid, España. 522 p.

BARAJAS, G. y ÁLVAREZ, F. 2004. Asignación de recursos e influencia de los cotiledones en el crecimiento de plántulas de *Nectandra ambigens* (Blake) CK Allen (Lauraceae) en una selva tropical húmeda. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 5-11 pp.

BAZZAZ, F. 1997. Allocation of resources in plants: state of the science and critical question. In: Bazzaz, F., Grace, J. (Eds.), Plant Resource Allocation. Academic Press, San Diego. 1 - 37p.

BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE (BCN). 2013. Clima y Vegetación Región Metropolitana de Santiago. [En línea]. Disponible en: <http://siit2.bcn.cl/nuestropais/region13/clima.htm>. (Consulta: 25 de julio del 2013).

BERNIER, P.; LAMHAMEDI, M. y SIMPSON, D. 1997. Shoot: root ratio is of limited use in evaluating the quality of container conifer stock. Natural Resources Canada 46 (3): 102-106 pp.

BRADSHAW, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. Advances in Genetics 13, 115-155 pp.

BURDON, R. 1977. Genetic correlation as a concept to studying genotype-environment interaction in forest tree breeding. Silvae Genet 26: 168-175 pp.

CABELLO, A. 1979. Estudio anatómico y de germinación del Litre (*Lithraea caustica* (Mol.) Hook et Arn.). Tesis de Ingeniero Forestal. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 108 p.

CABELLO, A. 1987a. Proyecto de protección y recuperación de especies arbóreas y arbustivas amenazadas de extinción. Parte I. Documento técnico Nº 21. Revista Chile Forestal. Santiago, Chile. 8 p.

CABELLO, A. 1987b. Proyecto de protección y recuperación de especies arbóreas y arbustivas amenazadas de extinción. Parte II. Documento técnico Nº 22. Revista Chile Forestal. Santiago, Chile. 8 p.

CABELLO, A. 2006. *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm. Belloto del Norte, Belloto. En: C. Donoso (ed.), Las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Autoecología. Marisa Cuneo Ediciones, Valdivia, Chile.180-185 pp.

CABELLO, A. y ANSELMO, M. 1999. Algunos factores que inciden en la germinación y producción de plantas de *Beilschmiedia miersii* (Belloto del Norte). Centro de Estudios de Semillas de Árboles Forestales. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura. Notas CESAF-CHILE, 9: 11-12 pp.

CABELLO, A.; SANDOVAL, A. y CARÚ, M. 2001. Efecto de los tratamientos pre germinativos y de las temperaturas de cultivo sobre la germinación de semillas de *Talguenea quinquenervia* (Talguén). Ciencias Forestales, 16 (1-2): 11-18 pp.

CARLES, S.; LAMHAMEDI, M. S.; BEAULIEU, J.; STOWE, D. C. y MARGOLIS, H. A. 2012. Genetic parameters of morphological and physiological characteristics of containerized white spruce (*Picea glauca* [Moench.] Voss) seedlings. Tree Genetics & Genomes, 8(1), 39-51 pp.

CASTAÑEDA, M. C.; CÓRDOVA, L.; GONZÁLEZ, V. A.; DELGADO, A.; SANTACRUZ VARELA, A. y GARCÍA, G. 2006. Respuestas fisiológicas, rendimiento y calidad de semilla en frijol sometido a estrés hídrico. Interciencia, 31(6), 461-466 pp.

CENTRO EULA. 2004. Establecimiento de un Ordenamiento Territorial Orientado a la Protección y Uso Sustentable del Área del Cordón de Cantillana - Informe Final. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 211p.

CHAMBEL, M. R.; CLIMENT, J. y ALÍA, R. 2007. Divergence among species and populations of Mediterranean pines in biomass allocation of seedlings grown under two watering regimes. Annals of Forest Science, 64(1), 87-97pp.

CIREN-CORFO. 1990. Mapa Agroclimático de Chile. Centro de Información de Recursos Naturales. Publicación Nº 87.

CONAMA. 2006. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Informe Final. Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 63 p.

CORREA, E.; ESPITIA, M.; ARAMÉNDIZ, H.; MURILLO, O. y PASTRANA, I. 2013. Genetic variability in *Tectona grandis* seeds of individual trees in the conformation of mixed seedlots in Córdoba, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 16(2): 379-389 pp.

CZABATOR, F.J. 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. Forest Science 8: 386-396 pp.

DEAN, C.; COTTERILLL, P. y EISEMANN, R. 1986. Genetic parameters and gains expected from selection in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Northern Queensland, Australia. Silvae Genet. 35(5-6): 229-236 pp.

DEWALD, L.; WHITE, T. y DURYEA, M. 1992. Growth and phenology of seedling of four contrasting slash pine families in ten nitrogen regimens. Tree physiol 11: 255-269 pp.

DOMÍNGUEZ, C. 2011. Caracterización de las condiciones de seguridad de las márgenes de carretera. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Civil y Transporte. Universidad Politécnica de Madrid, España. 233p.

DONOSO, C. 1974. Dendrología. Árboles y arbustos chilenos. Manual Nº 2. Depto. de Silvicultura. Facultad de Cs. Forestales. U. de Chile, Santiago, Chile.142p.

DONOSO, C. 1979. Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.). Bosque, 3(1), 1-14 pp.

DONOSO, C. y CABELLO, A. 1978. Antecedentes fenológicos y de germinación de especies leñosas chilenas. Ciencias Forestales, 1(2): 31-41 pp.

DONOSO, S.; PEÑA, K.; PACHECO, C.; LUNA, G. y AGUIRRE, A. 2011. Respuesta fisiológica y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* y *Cryptocarya alba* sometidas a restricción hídrica. Bosque (Valdivia), 32(2), 187-195 pp.

DORNBOS, D. L.; MULLEN, R. E. y SHIBLES, R. E. 1989. Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. Crop science, 29(2), 476-480 pp.

ERIKSSON, G.; JONSSON, A.; DORMLING, I.; NORELL, L. y STENER, L.G. 1993. Retrospective early tests of *Pinus sylvestris* L. seedlings grown under five nutrient regimes. For. Sci. 39(1): 95-117 pp.

FIGUEROA, J. A.; LEÓN-LOBOS, P.; CAVIERES, L. A.; PRITCHARD, H. y WAY, M. 2004. Ecofisiología de semillas en ambientes contrastantes de Chile: un gradiente desde ecosistemas desérticos a templado-húmedos. Fisiología ecológica en plantas. Mecanismos y respuesta a estrés en los ecosistemas. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 81-98.

FOREST SERVICE BRITISH COLUMBIA, 1999. Seedling stock type selection. In: British Columbia. Ministry of forests. Canada. . [En línea]. Disponible en: <http://www.for.gov.bc.ca/nursery/stockselection/poster/intro.htm>. (Consulta: 05 de marzo del 2013).

FORT, C.; FAUVEAU, M.; MULLER, F.; LABEL, P.; GRANIER, A. y DREYER, E. 1997. Stomatal conductance, growth and root signaling in young oak seedlings subjected to partial soil drying. Tree Physiology 17 (5): 281-289 pp.

FUENZALIDA, H.; VILLAGRAN, C.; BERNAL. P; FUENTES, E.; SANTIBAÑEZ, F.; PEÑA, H. y MONTECINO, V. 1989. Cambio climático global y eventuales efectos en Chile. Revista Amb. y Des. 5 (2): 37-42 pp.

GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. Chile. 165p.

GHOLZ, H.; EWEL, K. y TESKEY, R. 1990. Water and forest productivity. Forest Ecology and Management 30: 1-18 pp.

GIANOLI, E. 2004. Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas. Fisiología Ecológica en plantas. En: Cabrera, H. M. (ed.). Fisiología ecológica en plantas: mecanismos y respuestas a estrés en ecosistemas. Valparaíso, Chile.13-25 pp.

GILMOUR, A. R.; THOMPSON, R. y CULLIS, B. R. 1995. Average information REML: an efficient algorithm for variance parameter estimation in linear mixed models. Biometrics 51: 1440–1450 pp.

HAMRICK, J. 2004. Response of forest trees to global environmental changes. Forest Ecology and Management 197: 323–335 pp.

HART, D. y CLARK, A. 2007. Principles of Population Genetics. 4th ed. Sinauer Associates, Inc, Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA. 652 p.

HENRÍQUEZ, C. y SIMONETTI, J. 2001. The effect of introduced herbivores upon an endangered tree (*Beilschmiedia miersii*, Lauraceae). Biological Conservation 98: 69-76 pp.

HOFFMAN, A. 1995. Flora silvestre de Chile. Zona Central. Santiago, Chile. Tercera Edición. Edición Fundación Claudio Gay. 50 p.

HSIAO, T. C. 1973. Plant responses to water stress. Annual review of plant physiology, 24(1), 519-570 pp.

ILABACA, 2008. Respuestas ecofisiológicas desarrolladas por *Peumus boldus* Mol. frente a condiciones de restricción hídrica. Memoria de título. Universidad de Chile. Santiago, Chile.32 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2002. Cambio climático y biodiversidad. Gitay, H; Suárez, A; Watson, R.T y Dokken, D.J. (Eds.). Documento técnico V del IPCC. Genebra, Suiza y Nairobi, Kenya, Organización Meteorológica Mundial (OMM) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).85p.

IPINZA, R.; GUTIERREZ, B. y EMHART, V. 1998. Mejora Genética Forestal Operativa. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales Valdivia. Chile. 422 p.

JIMÉNEZ, P. y COLLADA, C. 2008. Técnicas para la evaluación de la diversidad genética y su uso en los programas de conservación. Forest Systems 9(4): 237-248 pp.

JURADO, E. y WESTOBY, M. 1999. Crecimiento de plántulas en relación al tamaño de las semillas en la parte árida de Australia", Facultad de Ciencias Forestales, Linares, NL, México. Reporte Científico No. Especial. Vol. 19. 35 p.

KERMODE, A. y FINCH-SAVAGE, B. 2002. Dessication sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. Ch. 4, 137-148. *In: M. Black & H. Pritchard (eds.)*. Dessication and survival in plants: Drying without dying. Wallingford, U.K. 416 p.

KRAMER, P. 1983. Water relation of plants. Academic Press. New York. 489 p.

KREMER, K. 2014. Efecto de la disponibilidad hídrica y profundidad de hojarasca sobre la germinación de semillas, supervivencia y crecimiento inicial de plantas de regeneración de *Beilschmiedia miersii* (gay) Kosterm, en la Quebrada del árbol, Región Metropolitana. Memoria de título. Universidad de Chile. Santiago, Chile.51 p.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J. y PALLARDY, S. G. 1991. The Physiological Ecology of Woody Plants. Tree Physiology, 8(2), 213-213 pp.

LANDIS, T. D.; TINUS, R. W. y BARNETT, J. P. 1998. The container tree nursery manual. Seedling propagation. Agriculture Handbook. Washington, D.C., Forest Service. 166 p.

LARCHER, W. 1995. Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups. Springer-Verlag, Berlin -Heidelberg. 517p**.**

LEI, Y.; YIN, CH. y LI, CH. 2006. Differences in some morphological, physiological, and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii***.** Physiologia Plantarum. 127: 182-191 pp.

LESKOVAR, D. 2001.Producción y Ecofisiología del transplante hortícola. Departamento de agronomía. UNS. Apuntes. [En línea]. Disponible en: <http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio1/Curso.pdf>. (Consulta: 02 de marzo 2013).

LITTLE, T. M. y HILLS, F.J. 1976. Métodos estadísticos para la investigación de la agricultura. Trillas, México. 270p.

LORTIE, C.J. y AARSSEN, L.W. 1996. The specialization hypothesis for phenotypic plasticity in plants. International Journal of Plant Sciences. 157:484-487 pp.

LUNA, G. 2006. Evaluación de parámetros fisiológicos y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* Mol. bajo condiciones de déficit hídrico. Memoria de título. Universidad de Chile. Santiago, Chile.35 p.

MANSILLA, S. 2007. Estrategia Regional de Biodiversidad Sitio: Cordillera EL Melón. CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente, CL) Región de Valparaíso. (Línea de Base).69 p.

MERCHANT, A.; CALLISTER, A.; ARNDT, S.; TAUSZ, M. y ADAMS, M. 2007. Contrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water deficit. Annals of Botany 100, 1507–1515 pp.

MEXAL, J. y LANDIS, T. 1990. Target seedling concept: Height and diameter. In target seedling symposium, meeting of the western forest nursery associations, general technical report. USDA, For. Serv. Oregon. 17-35 pp.

MINSEGPRES. 2008. Nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. [En línea]. Disponible en: <http://www.conaf.cl/cms/editorweb/normativa/seia/DS_50-2008_SEGPRES.pdf>. (Consulta: 25 de julio 2013).

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2014. Plan de adaptación al cambio climático en biodiversidad. En el marco del plan de acción nacional de cambio climático y de la actualización de la estrategia nacional de biodiversidad. [En línea]. Disponible en: <http://www.mma.gob.cl/1304/articles55879_Plan_Adaptacion_CC_Biodiversidad_Final.pdf>. (Consulta: 10 de abril 2015).

MONTGOMERY, D. 1992. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamericana. México.467-509 pp.

MORA, F. y PERRET, S. 2007. Aplicación de técnicas bayesianas en el análisis genético de árboles forestales. Bosque 28 (3): 198-206 pp.

MÜLLER I. ; SCHMID B. y WEINER J. 2000. The effect of nutrient availability on biomass allocation patterns in 27 species of herbaceous plants, Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst. 3. 115–127 pp.

NASON, J. D. y HAMRICK, J. L. 1997. Reproductive and genetic consequences of forest fragmentation: two case studies of neotropical canopy trees. Journal of Heredity, 88(4), 264-276 pp.

NOVOA, P. 2004. Determinación del grado de amenaza del belloto del norte (*Beilschmiedia miersii Kosterm*, Lauraceae), mediante el uso de la metodología UICN 2001. Versión 3.1. Chloris Chilensis, 7 (2). [En línea]. Disponible en: <http://www.chlorischile.cl/bellotonovoa/bellotopaper.htm>. (Consulta: 25 de julio 2013).

OLIVARES, 2010. Evaluación genética de un ensayo de procedencia progenie de *Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Endl.) Krasser, ubicado en la Reserva Nacional Coyhaique. Memoria de título. Universidad de Chile. Santiago, Chile.49 p.

OSSA, G.; MORENO, F. L.; MANRIQUE, C.; TOBÓN, C. J.; PÉREZ, J. E.; TARAZONA, G.; ONOFRE, G.; CIPAGAUTA, M. y MALDONADO, C. 2002. El mejoramiento genético como instrumento de eficiencia en una empresa de producción bovina. Manual Técnico. Corpoica. Bogotá. 148 p.

PARMESAN, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 37: 637-669.

PARMESAN, C. y YOHE, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature, 421 (6918):37-42 pp.

PASKOFF, R. 1971. Geomorfología de Chile Semiárido. Departamento de Publicaciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 321p.

PIGLIUCCI, M. 2001. Phenotypic Plasticity: Beyond Nature and Nurture. John Hopkins University Press, Baltimore. 333p.

PIGLIUCCI, M. y SCHLICHTING, D. 1996. Reaction norms of *Arabidopsis*. IV. Relationships between plasticity and fitness. Heredity 76:427-436 pp.

PIRACÉS, R. 1976. Estratigrafía de la Cordillera de la Costa entre la Cuesta El Melón y Limache, Provincia de Valparaíso, Chile. En Congreso Geológico Chileno. 65-82 pp.

PLISCOFF, P. y FUENTES-CASTILLO, T. 2011. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. Revista de Geografía Norte Grande 48: 61-79 pp.

POORTER, H. y NAGEL, O. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO2, nutrients and water: a quantitative review. Australian Journal of Plant Physiology 27: 595–607pp.

PREMOLI, A.C. 2003. Isozyme polymorphisms provide evidence of clinal variation with elevation in *Nothofagus pumilio*. Journal of Heredity 94:218-226 pp.

PRIETO, R.; VERA, C. y MERLIN, B. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Nº 12. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP .Durango, México. 23p.

PROMIS, A. 2010. Silvicultura y manejo forestal en miras de la adaptación de los bosques al cambio climático. Revista Bosque Nativo 45: 9-12 pp.

RAMÍREZ, C.; SAN MARTÍN, C.; SAN MARTÍN, J. y VILLASEÑOR, R. 2004. comparación fitosociológica de los bosques de Belloto (*Beilschmedia,* Lauraceae) en Chile Central. Bosque 25: 69-85 pp.

RODRÍGUEZ, R.; QUEZADA, M. y MATTHEI, O. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 360 p.

RUIZ-SÁNCHEZ, M.; DOMINGO, R.; SAVÉ, R.; BIEL, C. y TORRECILLAS, A. 1997. Effects of water stress and rewatering on leaf water relations of lemon plants. Biology Plantarum 39: 623-631 pp.

SADAVA, D.; HELLER, H. C.; ORIANS, G. H.; PURVES, W.H. y HILLIS, D. M. 2009. Vida. La ciencia de la Biología. Octava edición. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina.1.245 p.

SALINAS, A. R.; ZELENER, N.; CRAVIOTTO, R. M. y BISARO, V. 1996. Respuestas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la deficiencia hídrica en el suelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 31(5), 331-338 pp.

SÁNCHEZ-VARGAS, N.; VARGAS, J.; RUIZ, L. y LÓPEZ, J. 2004. Repetitividad de parámetros genéticos en un ensayo clonal de *Eucalyptus urophylla* en el sureste de México. AGROCIENCIA, 38(4), 466 p.

SANDS, R.; KRIEDEMANN P.E. y COTTERILL P.P. 1984. Water relations and photosynthesis in three families of *Pine radiata* seedlings known to differ in their response to weed control. Forest Ecology and Management 9, 173-184 pp.

SANTELICES, R.; ESPINOZA, S. y CABRERA. A. 2013. Efecto del nivel de sombra en la calidad de plantas de *Nothofagus alessandrii* cultivadas en vivero. VI Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Vitoria-Gasteiz. España. 12 p.

SANTIAGO, O.; SÁNCHEZ, T.; MONSALVO, V.; MONROY, R. C. y GARCÍA S. G. 2007. Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. Folleto técnico N°44. Veracruz, México. 73 p.

SANTIBAÑEZ, Q. 1999. Posibles impactos climáticos en Chile. AGRIMED. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Informe Técnico. Santiago. Chile. 21p.

SCHLICHTING C.D. y PIGLIUCCI M. 1998. Phenotypic evolution: A reaction norm perspective. Sinauer Associates, Sunderland, MA, Sinauer Associates. 387p.

SERRA, MT. 2015. [Comunicación Personal]. Asesor botánico. Académico de la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza.

SERRA, MT.; GAJARDO, R. y CABELLO, A. 1986. *Beilschmedia miersii*. Programa de protección y recuperación de la flora nativa de chile. Ficha técnica de especies amenazadas. Corporación Nacional Forestal. 23 p.

STANSFIELD, W. 1992. Genética. Mc Graw-Hill.3ª edición. EE.UU. 574p.

STEBBINS, G. L. 1950. Variation and evolution in plants. Columbia University Press. New York. 643 pp.

THUILLER, W.; ARAÚJO, M.; PEARSON, B.; WHITTAKER, R.; BROTONS, R. y LAVOREL, S. 2004. Uncertainty in predictions of extinction risk. Nature, 427(33). 145–148 pp.

TORAL, M. 1997. Concepto de calidad de plantas en vivero forestales. Documento Técnico. Programa de desarrollo forestal integral de Jalisco. SEDER., Fundación Chile, Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 26p.

TYREE, M. y RICHTER, H. 1981. Alternative Methods of Analysing Water Potential Isotherms: Some Cautions and Clarifications. I. Journal of Experimental Botany 32: 643 – 653 pp.

VARGAS-HERNÁNDEZ, J.; ADAMS, W. y JOYCE, D. 2003. Quantitative genetic structure of stem form and branching traits in Douglas-fir seedlings and implications for early selection. Silvae Genet. 52(1): 36-44 pp.

VIA, S.1993. Adaptive phenotypic plasticity: Target or by-product of selection in a variable environment American Naturalist 142: 352–365 pp.

WEATHERLEY, P. 1970. Some aspects of water relations. Advances in Botanical Research 3: 171 – 206 pp.

WRIGHT, S. y MCCONNAUGHAY, K. 2002. Interpreting phenotypic plasticity: the importance of ontogeny. Plant Species Biology. 17: 119–131 pp.

ZAS, R. y FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. 2005. Juvenile genetic parameters and genotypic stability of *Pinus pinaster* Ait. open pollinated families under different water and nutrient regimes. For. Sci. 51(2): 165-174 pp.

ZOBEL, B. y TALBERT, J. 1992. Técnicas de Mejoramiento Genético de Arboles Forestales Editorial Limusa, México, Versión española de M. Guzmán Ortiz. 545p.

ZOBEL, B; WYK, G y STAHL, P. 1987. Growing exotic forests John Wiley & Sons, New York USA. 508 p.

6. APÉNDICES

Apéndice I. Morfología de *B. miersii* para tratamiento de riego y restricción hídrica en ensayo de vivero.

Apéndice II. Hoja de terreno empleada para la medición de *B. Miersii* para tratamiento de riego y restricción hídrica en ensayo de vivero.

Código	***Significado***
B	Número de Bloque
T	Tratamiento de riego (0:Control; 1: Restricción hídrica)
ID	Código del Individuo
G	Germinada (0: No; 1:Si)
NG	No germinada (0: No; 1: Si)
M	Semilla muerta (0: No; 1: Si)
V	Semilla viable (0: No; 1: Si)
MG	Semilla geminada pero muerta
H1	Altura primera medición (cm)
NHV1	Número de hojas verdaderas primera medición
DAC1	Diámetro altura del cuello primera medición (mm)
COT1	Presencia cotiledón (0: Ausente; 1:Presente)
PM1	Porcentaje (%) de daño en la planta
H2	Altura segunda medición (cm)
DAC2	Diámetro altura del cuello segunda medición (mm)
NHV2	Número de hojas segunda medición
MORT	Mortalidad de la planta (0: Muerta; 1:Viva)
PM2	Porcentaje (%) de daño en la planta
COT2	Presencia Cotiledón (0: Ausente; 1:Presente)
ECOT2	Estado del cotiledón
OBS	Observaciones

Fecha: ***Persona a cargo medición:*** ***Fotos:***

B	T	P	ID	G	NG	M	V	H1	DAC1	NHV1	COT1	PM1	H2	DAC2	NHV2	MORT	PM2	COT2	ECOT2	OBS

7. ANEXOS

Anexo I. A.- *Hypothenemus sp*; B- Daño en la testa de la semilla; C.- Daño interno de la semilla y detalle de larvas; D.- Daño interno de la semilla.

Folio009536

INFORME FINAL

Proyecto 025/2010

Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

ÍNDICE

ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO 4

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS 13

GENERAL 13
ESPECÍFICOS 13

HIPÓTESIS DE TRABAJO 14

CAPITULO I (OBJETIVOS 1 Y 2 DEL PRESENTE PROYECTO). 15

INTRODUCCIÓN 15
METODOLOGÍA. 17
Modelamiento de Nichos Bioclimáticos. *17*
Belloto del Norte *19*
Lúcumo Chileno *21*
Definición de sitios prioritarios para la restauración. *23*
RESULTADOS. 27
Distribución actual de Belloto del Norte. *29*
Distribución Potencial de Belloto del Norte. *31*
Priorización de sitios para la restauración de Belloto del Norte. *33*
Distribución actual de Lúcumo Chileno. *35*
Distribución Potencial de Lúcumo Chileno. *37*
Priorización de sitios para la restauración de Belloto del Norte. *39*
DISCUSIÓN 40

CAPÍTULO II (OBJETIVO 3 DEL PRESENTE PROYECTO). 42

INTRODUCCIÓN 42
MATERIALES Y MÉTODOS 44
Material vegetal *44*
Extracción de ADN *46*
Obtención marcadores moleculares *46*
Visualización de ISSRs *46*
Análisis de Datos *49*
RESULTADOS 50
Extracción de ADN *50*
Amplificación y visualización de ISSRs *50*
Variabilidad genética *53*
Lúcumo chileno *53*
Belloto del Norte *58*

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

DISCUSIÓN 62
ANEXOS 65

CAPÍTULO III (OBJETIVO 4 DEL PRESENTE PROYECTO). 73

INTRODUCCIÓN 73
DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES 74

REFERENCIAS 76

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO

En la actualidad existe consenso de que la diversidad biológica se encuentra en crisis a nivel global. Diversos reportes y estudios científicos han puesto de manifiesto que las especies que habitan el planeta se encuentran gravemente amenazadas de extinción por factores de origen antrópico (*e.g*. Kerr & Currie 1995; Pimm et al., 1995; Mittermeier et al., 1998; 2004; Pimm & Raven, 2000; Singh, 2002). En respuesta a estos antecedentes se han desarrollado diversas iniciativas orientadas a resguardar la biodiversidad tanto a escala global como local. En general dichas iniciativas se han centrado en dos líneas principales: (1) la clasificación de especies en categorías de conservación para generar medidas de protección específicas en función de los resultados obtenidos (e.g. Baillie et al., 2004; Benoit, 1989; Glade, 1993), y (2) la protección de hábitats o regiones geográficas de interés prioritario para su conservación (*e.g.* Brooks et al., 2006; Muñoz et al, 1997; Cavieres et al, 2001).

El desarrollo de listas rojas y áreas prioritarias a nivel global, como la lista roja de la IUCN y los Hot-spots de Biodiversidad, han tenido un importante auge en las últimas décadas lo que ha estimulado el desarrollo de acciones locales para la conservación de la biodiversidad en los países señalados como claves. Sin embargo las diferentes realidades de los países ha impedido que la implementación de dichas iniciativas haya sido homogénea a nivel mundial, lo que ha generado que algunas ecorregiones consideradas como prioritarias se encuentren escasamente protegidas (e.g. ecorregión mediterránea de Chile Central), y que el desarrollo de listas rojas en algunos países se vea obstaculizado por la falta de información ecológica básica de las especies componentes de dichos ecosistemas (Cofré & Marquet, 1999; Brooks et al., 2004; Rodriguez et al., 2004; Hoekstra et al., 2005).

Una de las zonas catalogadas como prioritarias para su conservación a nivel mundial (Hot-spots de Biodiversidad) corresponde a la zona central de Chile (Mittermeier et al., 2004). Esto debido al alto grado de endemismo de las especies que habitan dicha zona y al avanzado estado de deterioro que presentan sus hábitats originales (Myers et al., 2000). De las 3539 especies de plantas vasculares distribuidas en la zona centro y norte de este hot-spot, el 50% (1769

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

especies) corresponden a especies endémicas, nivel de endemismo que llega al 47% para los vertebrados terrestres (anfibios, reptiles y mamíferos) que habitan esta ecoregión (Arroyo et al., 2008). Dentro de los principales agentes que han causado la degradación de los hábitats originales de la zona central de Chile se encuentran el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales, extensión de zonas urbanas, episodios de fuego, invasión de especies exóticas, sobrepastoreo y tala ilegal (Ormazabal, 1993; Armesto et al., 1998; Arroyo et al., 2008). Además, la suma de estos factores ha provocado que los hábitats remanentes se encuentren altamente fragmentados, lo que puede agravar aún más la conservación de las especies que componen estos ecosistemas (Bustamante & Grez, 1995; Montenegro et al., 2004).

Arroyo et al., (2008) señalan que es urgente desarrollar una estrategia de conservación integrada para la zona central de Chile, incluyendo objetivos como la conservación de las especies amenazadas, la creación de áreas protegidas y la restauración de la vegetación nativa. Consistente con ello, Conama (2003) en su "Estrategia Nacional de Biodiversidad" incluye dentro de las líneas estratégicas para el país asegurar la preservación de especies y del patrimonio genético, así como también asegurar la conservación y restauración de ecosistemas.

Si bien existe consenso de la importancia que tiene la conservación de las especies y ecosistemas de la zona central de Chile, en la actualidad menos del 1% de la superficie de esta ecoregión se encuentra bajo algún sistema de protección (Underwood et al., 2008) y el desarrollo de listas rojas basados en criterios de la IUCN se ha visto dificultado debido a la falta de información ecológica básica de las especies para realizar la clasificación (Marquet, 2000; Moreira, 2004).

Así, el desarrollo de estudios que permitan generar información ecológica relevante sobre las especies de la zona central de Chile es una tarea fundamental para el impulso de iniciativas de conservación, incluyendo el desarrollo de listas rojas, la creación de nuevos sitios prioritarios, y la evaluación de sitios para acciones de restauración. Además dichas acciones se enmarcan en los objetivos que el país se ha propuesto como líneas estratégicas para conservar su patrimonio natural.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Actualmente la información ecológica utilizada en Chile para analizar el estado de conservación de las especies se encuentra basada en los criterios de la IUCN (Baillie et al, 2004) incorporando aspectos como la distribución geográfica, abundancia poblacional y patrones de cambio en ambas variables mencionadas, excluyendo de los análisis variables de tipo metapoblacional. Para mejorar la metodología utilizada en Chile hasta el momento, Marquet (2000) propone incorporar explícitamente variables de tipo metapoblacional en la propuesta de la IUCN, sin embargo, producto de la escasa información ecológica existente a escalas poblacionales (e.g. número de poblaciones, número de individuos por población, variabilidad genética, etc.), la incorporación de dichas variables no ha podido ser incluida con éxito en el desarrollo de listas de especies amenazadas en Chile **(**Squeo et al., 2001**;** Diaz et al., 2004). Este hecho es bastante preocupante, ya que un número importante de las especies que actualmente se encuentran catalogadas como amenazadas poseen poblaciones fragmentadas, por lo que los procesos que operan en poblaciones pequeñas (i.e. efecto Allee, estocasticidad demográfica, estocasticidad ambiental, depresión por endogamia y pérdida de variabilidad genética) pueden afectar severamente la viabilidad de la especies amenazadas (Marquet, 2000).

Desde un punto de vista genético, un aspecto de gran relevancia para la conservación de especies en peligro, es conocer el nivel de variabilidad genética de sus poblaciones naturales y la distribución de esta en el espacio y en el tiempo (Frankham et al., 2002). Para ello ha sido especialmente útil el desarrollo y uso de marcadores moleculares tales como microsatélites, ISSR y RFLP de cloroplastos, ya que, han permitido identificar cambios en los patrones de variabilidad genética y han facilitado el estudio de procesos ecológicos difíciles de estudiar de otra manera (Freeland, 2005).

Al respecto, los patrones observados en especies con problemas de conservación, incluyen poblaciones altamente fragmentadas con escasos tamaños poblacionales efectivos y reducido nivel de flujo génico. Esto favorece la reducción de la variabilidad alélicas y la heterocigosidad, y conduce a un aumento del nivel de consanguinidad en los individuos que se desarrollan cada generación. Todo lo cual lleva finalmente a una pérdida de adecuación biológica de la especie **(**Frankham et al., 2002; DeSalle & Amato, 2004).

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Lamentablemente la información genética descriptiva necesaria para desarrollar planes de conservación usualmente no es colectada para especies nativas, ni menos para especies amenazadas (Edmands, 2007; Severns, & Liston, 2008). Por el contrario la gran mayoría de información genética disponible proviene de estudios de plantas comunes o con amplios rangos de distribución (Young, & Brown, 1996).

En Chile los estudios genéticos con especies nativas son escasos y se centran principalmente en seis especies amenazadas de un total de 153 especies de plantas catalogadas bajo alguna categoría de amenaza (Cuadro 1) (CONAMA, 2008).

Cuadro 1: Lista de especies nativas amenazadas en las cuales se han desarrollado estudios genéticos.

Especie	Nombre común	Categoría amenaza*	Estudios realizados
Araucana araucana	Araucaria	Vulnerable	(Marchelli et al., 2009)
Fitzroya cupressoides	Alerce	En peligro	(Allnutt et al., 1999); (Premoli et al., 2000)
Gomortega keule	Queule	En peligro	(Herrera et al., 2005)
Nothofagus alessandrii	Ruil	En peligro y rara	(Torres-Diaz et al., 2007)
Sophora toromiro	Toromiro	Extinta	(Ricci, & Eaton, 1997)
Tecophilaea cyanocrocus	Azulillo	En peligro y rara	(Maunder et al., 2001)

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

* Basado en documento CONAMA, 2008 " Listado de especies clasificadas"

En la última década, junto con los avances teóricos, las aplicaciones prácticas de la conservación genética se han ido extendiendo. En algunos países, como en Estados Unidos, desde hace algunos años se ha incorporado la información genética en la toma de decisiones para la clasificación de especies en listas de especies amenazadas.

Si bien la información genética es importante, las decisiones no deben pasar sólo por ésta, sino que debe ser integrada con otras fuentes de información de igual o mayor importancia como son la información ecológica y geográfica (Fallon, 2007). En este sentido contar con mapas de distribución actual y potencial de las especies es una herramienta fundamental, tanto para evaluar el estado de conservación de las especies, como para evaluar potenciales sitios para desarrollar iniciativas de restauración.

El modelamiento predictivo de la distribución geográfica de especies es una herramienta basada en las condiciones ambientales de los sitios de ocurrencia que constituye una importante técnica en biología analítica con aplicación en diversas áreas como por ejemplo la conservación biológica (Phillips, 2006; Hernandez et al, 2008; Kozac et al, 2008; Phillips & Dudík, 2008; Saatchi et al, 2008).

Un modelo de distribución de especies es básicamente una caracterización de las condiciones ambientales adecuadas para las especies, que ayuda identificar donde están espacialmente ubicados los sitios que cumplen con los requisitos adecuados para las especies en estudio (Pearson, 2007). Por ejemplo, si deseamos modelar la distribución de una especie que tiene como requerimiento básico una altura específica, podemos estimar los lugares donde se cumple este requisito, lo que generaría una distribución de los sitios donde esta especie podría sobrevivir.

La condiciones ambientales pueden ser caracterizadas por medio de dos enfoques: mecanístico o correlativo. Los modelos mecanísticos incorporan mecanismos fisiológicos que limitan la tolerancia de ciertas especies a las condiciones ambientales. Por otro lado, los modelos correlativos estiman las condiciones ambientales adecuadas para las especies por medio de la

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

asociación de datos de ocurrencia de individuos con datos ambientales que potencialmente limitan su crecimiento. En general los modelos más usados son los correlativos debido a que la información de entrada necesaria es más fácil de obtener, ya que sólo necesitan dos tipos de datos de entrada, sitios de ocurrencia y variables ambientales.

Hoy en día existen aproximadamente 16 modelos de este tipo que utilizan distintos métodos, modelos y datos para desarrollar las predicciones (Elith et al, 2006). Uno de estos es el método de modelamiento que propone el software Maxent, (version 3.3.1), el cual corresponde a un método multiuso, basado en una aproximación estadística llamada máxima entropía, que permite hacer predicciones utilizando información incompleta, en este caso datos de presencia u ocurrencia, de la distribución potencial de una especie. Para una descripción más detallada revisar Philips et al, 2004; 2006 y Phillips & Dudik, 2008.

A pesar de que existe un amplia gama de métodos similares, Maxent pareciera ser el más plausible de aplicarse por tres razones principales; 1) se requiere sólo datos de presencia, 2) su consistente buen desempeño en comparación con otros 16 métodos similares, (Elith et al, 2006), especialmente con un número pequeño de muestras (datos de ocurrencia) (Elith et al, 2006; Phillips et al, 2006; Hernández et al, 2008) y 3) su disponibilidad gratuita (disponible en http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent).

Además existen diversos estudios que han usado este método de modelamiento en especies vegetales con diversos fines (Saatchi et al 2008, Wolfgang et al 2008, Phillips & Dudik, 2008). Kumar and Stohlgren (2009), utilizaron el método de modelamiento en base a máxima entropía o Maxent, para predecir el hábitat potencial apropiado para la especie Canacomyrica monticola, una especie de arbórea amenazada de Nueva Caledonia. Los investigadores usaron un número pequeño de datos de ocurrencia (11), obteniendo un alto porcentaje de éxito (91%, baja tasa de omisión) y estadísticamente significativo (P=0.0025) para la predicción del hábitat de la especie estudiada. Con estos resultados los autores concluyen que el modelamiento de la distribución de especies amenazadas, de las que en general se tiene poca información, es posible usando un pequeño número de datos de ocurrencia, capas con información climática y Maxent.

En Chile, Ziska et al (2009) utilizaron Maxent para determinar las áreas de distribución de 27 especies de plantas monocotiledóneas, pertenecientes a la familia de las bromeliáceas, de la

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

cuales 20 son endémicas de nuestro país. Con datos provenientes de herbarios trataron de determinar potenciales cambios en la abundancia de las especies, con el fin de utilizar esta información para determinar el estado de conservación de dichas especies. Gracias a la información generada los autores pudieron reclasificar las especies usando la nomenclatura de la IUCN.

La integración de información de distribución geográfica actual, distribución geográfica potencial, características ecológicas y variabilidad genética inter e intrapoblacional de las especies de plantas es una tarea que puede brindar un panorama detallado de la viabilidad de las especies que se encuentran actualmente amenazadas, en especial para aquellas especies de plantas endémicas restringidas a poblaciones altamente fragmentadas. En ese sentido el desarrollo de una metodología que integre dichas variables no sólo debe estar orientado a generar información para una especie de planta en particular, sino que debe buscar ser validado para poder ser replicado en un grupo amplio de especies de plantas. De esta manera, la aplicación de dicha metodología puede transformarse en una herramienta relevante para ayudar a generar la información ecológica necesaria para desarrollar estrategias de conservación orientadas a la actualización de listas de especies amenazadas, creación de nuevos sitios prioritarios e identificación de sitios potenciales para implementar acciones de restauración.

Si bien el desarrollo de la metodología anteriormente enunciada es una tarea de gran relevancia para la conservación de la biodiversidad, la elección de las especies en la cual se validará constituye una pieza clave a la hora de evaluar sus resultados. En ese sentido enfocar el trabajo en un primera instancia en especies catalogadas actualmente como amenazadas podría cumplir con dos objetivos complementarios; primero, validar la aplicación de la metodología propuesta, y segundo, generar información ecológica que permita evaluar el estado de conservación actual de dichas especies.

Dos especies de plantas que actualmente se encuentran catalogadas como amenazadas son el Lúcumo Chileno (*Pouteria splendens*), catalogada como en peligro de extinción, y el Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*), catalogada como vulnerable (Conama, 2008). Ambas especies son

endémicas de la zona central de Chile, poseen una distribución geográfica restringida con poblaciones altamente fragmentadas y la información ecológica utilizada para su clasificación es más bien escasa (Avilés, 2009a,b; Hechenleitner et al., 2005).

P. splendens posee una forma de vida predominantemente arbustiva, pudiendo llegar a tomar características de árbol pequeño (5 metros de altura) si las condiciones son adecuadas. Habita típicamente en el litoral sobre lomajes y quebradas secas sujetas a la influencia de neblinas costeras. Actualmente se conocen solamente 2 poblaciones de *P. splendens*, las cuales se encuentran separadas por más de 100 kilómetros, sin embargo existen registros históricos de su presencia en las cercanías de Quillota (Avilés, 2009a). La población más septentrional crece sobre terrazas marinas desde el límite norte de la región de Valparaíso (Los molles-Pichidangui) hasta el norte de Los Vilos. Mientras que la población meridional crece entre la Quebrada Los Lúcumos en los Acantilados de Playa Ancha hasta Punta del Gallo (Hechenleitner et al., 2005). Posee frutos que son consumidos por roedores, aves y zorros, por lo que puede jugar un rol clave en el equilibrio del ecosistema. En la actualidad su hábitat está fuertemente impactado por incendios y proyectos de desarrollo urbano, que incluyen loteos, caminos, ensanches para rutas de acceso, extracción de leña, pastoreo y reemplazo (Hechenleitner et al., 2005; Avilés, 2009a). Por el momento ninguna de sus poblaciones ha sido incorporada dentro del SNASPE.

B. miersii es un árbol siempreverde que alcanza una altura de hasta 25 metros (Rodríguez y Quezada, 2001). Las poblaciones actuales se encuentran restringidas principalmente a cauces de quebradas con agua corriente y a laderas de exposición sur de alta húmedad entre la cuesta El Melón (Región de Valparaíso) y las cercanías de Doñihue (Región del Libertador Bernardo O'Higgins) (Gajardo, 1994; Novoa, 2004; Ramírez *et al.,* 2004**;** Hechenleitner et al., 2005). Las poblaciones actuales corresponden en gran medida a remanentes de comunidades desarrolladas bajo condiciones ambientales diferentes a las actuales (Avilés 2009b). La urbanización, actividades mineras, la conversión de bosques hacia terrenos agrícolas y problemas asociados como el sobre pastoreo se puede expresar en poblaciones de baja diversidad genética con individuos provenientes de rebrotes y con escasa a nula regeneración natural por vía de reproducción sexual por semillas **(**Henríquez & Simonetti, 2001**;** Hechenleitner et al., 2005; Avilés 2009b). La especie fue listada como Monumento Natural en

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

1995, pero no se encuentra protegida dentro de parques o reservas nacionales (Hechenleitner et al., 2005).

En vista de los antecedentes anteriormente expuestos, el presente proyecto busca implementar una metodología que permita evaluar el estado de conservación de las especies amenazadas a nivel poblacional, buscando que la información recabada tenga el potencial de ser incluida en futuras propuestas de clasificación de especies, así como también en la identificación de potenciales sitios para restaurar dichas especies. Para ello se integrarán herramientas de la conservación genética con modelos predictivos de distribución geográfica de especies, utilizando como elementos de validación dos especies de plantas endémicas de la zona central de Chile actualmente amenazadas (*P. splendens* y *B. miersii*), cuya información ecológica disponible actualmente es escasa.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

General

Generar información que incremente el conocimiento existente respecto al estado de conservación de poblaciones de especies de flora nativa para ser incluidos en futuras propuestas de clasificación de especies, de manera que dichos antecedentes sean de utilidad para la aplicación de la Ley del Bosque Nativo.

Específicos

1. Establecer la distribución actual de las poblaciones de Lúcumo Chileno (*P.splendens*) y Belloto del Norte (*B.* Miersii).
2. Determinar la distribución potencial y disponibilidad de hábitat para las poblaciones de Lúcumo Chileno (*P.splendens*) y Belloto del Norte (*B.* Miersii).
3. Determinar la variabilidad genética intra e interpoblacional de las diferentes poblaciones de individuos detectadas en el estudio.
4. Evaluar el grado de amenaza de las especies en estudio en función de los resultados de los 3 objetivos anteriores.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

HIPÓTESIS DE TRABAJO

1. La inclusión de variables metapoblacionales dentro de los análisis del estado de conservación de las especies puede ser una herramienta de gran utilidad para establecer diferentes grados de amenaza dentro de poblaciones de una misma especie.

2. La disponibilidad de sitios para restaurar aquellas especies y/o poblaciones más amenezadas es una variable indicadora de las posibilidades que poseen dichas especies y/o poblaciones para ser conservadas en el largo plazo.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Capitulo I (objetivos 1 y 2 del presente proyecto).

Priorización de sitios para conservación y restauración de dos especies de flora endémica de Chile amenzazadas (*B. Miersii y P. Splendens*), basada en un modelo biogeográfico multicriterio.

Introducción.

El modelamiento predictivo de la distribución geográfica de especies es una herramienta basada en las condiciones ambientales de los sitios de ocurrencia que constituye una importante técnica en biología analítica con aplicación en diversas áreas como por ejemplo la conservación biológica (Phillips, 2006; Hernandez et al, 2008; Kozac et al, 2008; Phillips & Dudík, 2008; Saatchi et al, 2008).

Un modelo de distribución de especies es básicamente una caracterización de las condiciones ambientales adecuadas para las especies, que ayuda identificar donde están espacialmente ubicados los sitios que cumplen con los requisitos adecuados para las especies en estudio (Pearson, 2007). Por ejemplo, si deseamos modelar la distribución de una especie que tiene como requerimiento básico una altura específica, podemos estimar los lugares donde se cumple este requisito, lo que generaría una distribución de los sitios donde esta especie podría sobrevivir.

La condiciones ambientales pueden ser caracterizadas por medio de dos enfoques: mecanístico o correlativo. Los modelos mecanísticos incorporan mecanismos fisiológicos que limitan la tolerancia de ciertas especies a las condiciones ambientales. Por otro lado, los modelos correlativos estiman las condiciones ambientales adecuadas para las especies por medio de la asociación de datos de ocurrencia de individuos con datos ambientales que potencialmente limitan su crecimiento. En general los modelos más usados son los correlativos debido a que la información de entrada necesaria es más fácil de obtener, ya que sólo necesitan dos tipos de datos de entrada, sitios de ocurrencia y variables ambientales.

Hoy en día existen aproximadamente 16 modelos de este tipo que utilizan distintos métodos, modelos y datos para desarrollar las predicciones (Elith et al, 2006). Uno de estos es el método de modelamiento que propone el software Maxent, (version 3.3.1), el cual corresponde a un método multiuso, basado en una aproximación estadística llamada máxima entropía, que

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

permite hacer predicciones utilizando información incompleta, en este caso datos de presencia u ocurrencia, de la distribución potencial de una especie. Para una descripción más detallada revisar Philips et al, 2004; 2006 y Phillips & Dudik, 2008.

A pesar de que existe un amplia gama de métodos similares, Maxent pareciera ser el más plausible de aplicarse por tres razones principales; 1) se requiere sólo datos de presencia, 2) su consistente buen desempeño en comparación con otros 16 métodos similares, (Elith et al, 2006), especialmente con un número pequeño de muestras (datos de ocurrencia) (Elith et al, 2006; Phillips et al, 2006; Hernández et al, 2008) y 3) su disponibilidad gratuita (disponible en http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent).

Además existen diversos estudios que han usado este método de modelamiento en especies vegetales con diversos fines (Saatchi et al 2008, Wolfgang et al 2008, Phillips & Dudik, 2008). Kumar and Stohlgren (2009), utilizaron el método de modelamiento en base a máxima entropía o Maxent, para predecir el hábitat potencial apropiado para la especie *Canacomyrica monticola*, una especie de arbórea amenazada de Nueva Caledonia. Los investigadores usaron un número pequeño de datos de ocurrencia (11), obteniendo un alto porcentaje de éxito (91%, baja tasa de omisión) y estadísticamente significativo (P=0.0025) para la predicción del hábitat de la especie estudiada. Con estos resultados los autores concluyen que el modelamiento de la distribución de especies amenazadas, de las que en general se tiene poca información, es posible usando un pequeño número de datos de ocurrencia, capas con información climática y Maxent.

Si bien el desarrollo de la metodología anteriormente enunciada es una tarea de gran relevancia para la conservación de la biodiversidad, la elección de las especies en la cual se validará constituye una pieza clave a la hora de evaluar sus resultados.

Dos especies de plantas que actualmente se encuentran catalogadas como amenazadas son el Lúcumo Chileno (*Pouteria splendens*), catalogada como en peligro de extinción, y el Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*), catalogada como vulnerable (Conama, 2008). Ambas especies son endémicas de la zona central de Chile, poseen una distribución geográfica restringida con poblaciones altamente fragmentadas y la información ecológica utilizada para su clasificación es más bien escasa (Avilés, 2009a,b; Hechenleitner et al., 2005). En ese sentido enfocar el trabajo en un primera instancia en estas especies catalogadas actualmente como amenazadas podría cumplir con dos objetivos complementarios; primero, validar la aplicación de la metodología propuesta, y segundo, generar información ecológica que permita evaluar el estado de conservación actual de dichas especies.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Metodología.

Modelamiento de Nichos Bioclimáticos.

Se implemento el programa Maxent versión 3.3 (Phillips, Anderson y Schapire, 2006) para modelar las distribuciones potenciales de las poblaciones de Bellotos del Norte y Lúcumo, basándose para ello en datos validados de distribución actual y reciente. Las localidades actuales con presencia de dichas especies fueron determinadas en base a registros de la literatura, antecedentes de los propios investigadores, y prospecciones de terreno realizadas durante el desarrollo del proyecto.

Maxent consiste en un programa basado en el principio de la Máxima Entropía, que entrega como resultado una estimación de la probabilidad logística de ocurrencia de la especie estudiada, requiriendo tan sólo los datos de presencia de la especie y un grupo de variables ambientales perteneciente al área de estudio.

Se utilizaron en un comienzo un grupo de 19 variables bioclimáticas pertenecientes a la base de datos de Worldclim (Hijmans et al., 2005) como datos ambientales de entrada para el modelo (Tabla 1). Este set de datos consiste en un conjunto de capas climáticas globales generadas a partir de la interpolación de datos climáticos recopilados en todo el mundo con una resolución cercana a 1 Km^2. Considerando ese nivel de resolución espacial, se eliminaron localidades muestreadas, tanto de Bellotos del Norte como de Lúcumos, que se encontraran dentro de un mismo cuadrtante, con el fin de evitar la presencia de pseudo réplicas en el modelo. De esta forma se utilizaron en total 289 y 23 localidades en los modelos de Bellotos del Norte y Lúcumos respectivamente.

Tabla 1: Variables climáticas utilizadas para modelar la distribución de especies. Tras un análisis de correlación para Belloto del Norte se decidió sólo utilizar las variables enegrecidas.

Variables bioclimáticas Worldclim
BIO0 = Temperatura Anual

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

BIO1 = Rango Medio Diurno

BIO2 = Isotermalidad

BIO3 = Estacionalidad de la T°

BIO4 = T° máxima del mes más cálido

BIO5 = T° mínima del mes más frío

BIO6 = Rango de T° anual

BIO7 = T° media del trimestre más húmedo

BIO8 = T° media del trimestre más seco

BIO9 = T° media del trimestre más cálido

BIO10 = T° media del trimestre más frío

BIO11 = Precipitación anual

BIO12 = Precipitación del mes más húmedo

BIO13 = Precipitación del mes más seco

BIO14 = Estacionalidad de la precipitación

BIO15 = Precipitación del trimestre más húmedo

BIO16 = Precipitación del trimestre más seco

BIO17 = Precipitación del trimestre más cálido

BIO18 = Precipitación del trimestre más frio

Para asegurar la calidad del modelo final se analizó la correlación existente entre las 19 variables bioclimáticas a implementar en el modelo, mediante la estimación del coeficiente de correlación de Pearson disponible en el programa ENMTools versión 1.3. (Warren et al. 2010).

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Se utilizó como umbral de discriminación valores de "r" iguales o mayores a 0.8, siendo consideradas como altamente correlacionadas. Posteriormente se separaron aquellos pares de variables con alto nivel de correlación, para luego conservar solamente las variables consideradas como más importantes a nivel biológico, y más fáciles de interpretar (Tablas 2 y 3). La decisión de eliminar variables climáticas de entrada se debe a que Maxent es sensible a la sobre parametrización, perdiendo su poder predictivo y entregando resultados muy conservadores (Williams, 2003).

Para entrenar el modelo a generar por Maxent, se tomaron dos vías distintas dependiendo de las especies estudiadas.

Belloto del Norte

En el caso del Belloto del Norte, especie con un alto número de datos de presencia muestreadas, y con una distribución medianamente amplia en relación a la resolución de las capas climáticas implementadas, se decidió utilizar como área de estudio las zonas definidas previamente por Gajardo (1994) como Subregiones en las que la especie se encontraba presente, debido al significado bioclimático de esta categoría de clasificación territorial. No se utilizó un área de estudio mayor debido a que en esos casos es más probable la inclusión de hábitats con condiciones climáticas aptas para la especie, pero que se encuentran actualmente desocupadas como resultado de interacciones bióticas entre las especies, limitaciones a la dispersión, y factores exógenos como la intervención del hombre, provocando finalmente un modelo muy conservador, con tendencia a sobre ajustarse a las condiciones encontradas en las localidades aledañas a las utilizadas para entrenar el modelo y (Anderson y Raza, 2010).

Tabla 2: Contribución relativa de cada variable implementada en el modelo de Maxent para Bellotos del Norte. El % de contribución representa la contribución en el aumento de ganancia del algoritmo de entrenamiento. La importancia de permutación representa el efecto sobre los valores de AUC que provoca la permutación azarosa de los valores de cada capa climática. Mediante estos métodos de evaluación la precipitación anual sobresale como la variable climática más influyente sobre la distribución espacial de los Bellotos del Norte.

Variable	% de contribución	Importancia de Permutación
bio_11	**63.3**	**47.7**

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

bio_3	27.4	8.8
bio_9	4.3	1.9
bio_5	2.9	25.9
bio_10	1.4	15.1
bio_8	0.5	0.1
bio_0	0.4	0.6

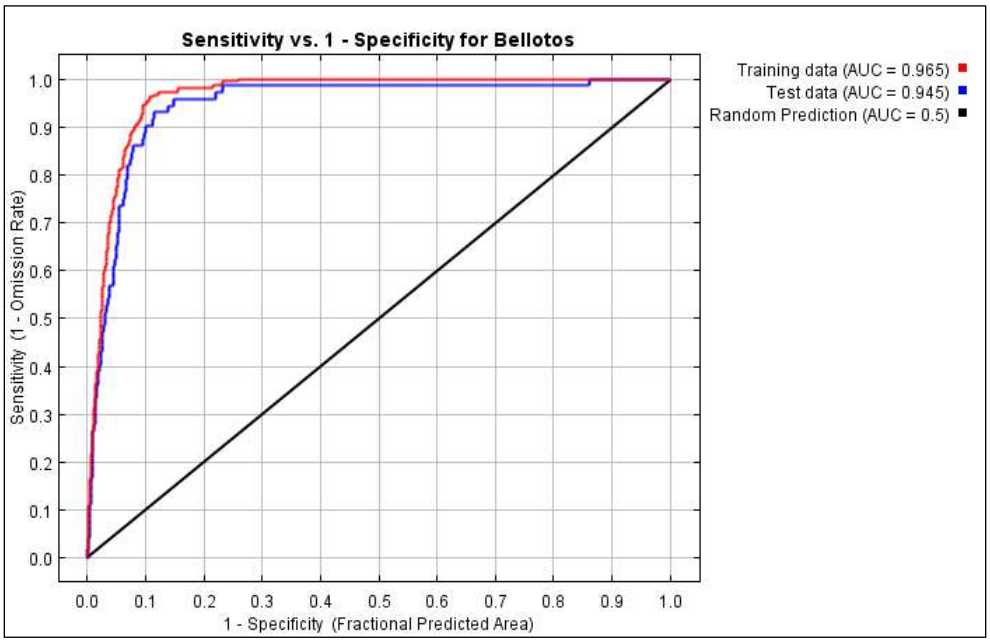
Tabla 3: Contribución relativa de cada variable implementada en el modelo de Maxent para Lúcumos. Mediante estos métodos de evaluación temperatura mínima también sobresale como la variable climática mas influyente sobre la distribución espacial de los Lúcumos.

Variable	% de contribución	Importancia de Permutación
bio_5	**40.2**	**55.1**
bio_11	18.9	39.6
bio_6	13.9	4.5
bio_13	11.8	0.2
bio_2	8.8	0.5
bio_18	5.7	0
bio_17	0.5	0
bio_3	0.2	0.1

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

De forma aleatoria se separó el 75 % de las localidades disponibles para ser utilizadas como datos de entrenamiento para Maxent, mientras que el 25% restante se usó como puntos de prueba para estimar la confiabilidad predictiva del modelo proyectado, denotado mediante el área bajo la curva (AUC) del grafico de la característica de funcionamiento del receptor (ROC), el que es creado al graficar los valores de sensibilidad del modelo para todos los umbrales disponibles en el modelo (Figura 1).

Figura 1: Curva de característica de funcionamiento del receptor (ROC) para la modelación de Bellotos del Norte. La especificidad del modelo es definida por el área predicha. El área bajo la curva obtenida (AUC) es alta de 0.945 el modelo presenta un muy buen desempeño. Valores mayores a 0.9 son considerados excelentes (Swets 1988, Elith 2002).



Lúcumo Chileno

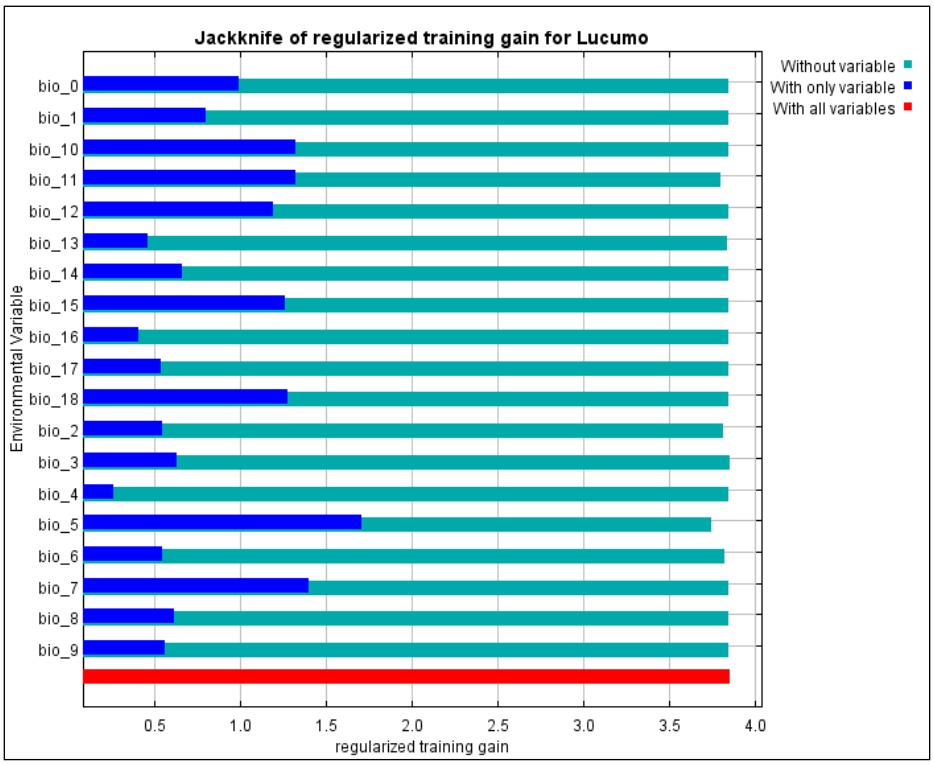
Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

En el caso de los Lúcumos se tomo una aproximación distinta. Esta especie presenta una distribución acotada al sector costero, por lo tanto con menor número de localidades muestreadas y limitada dispersión en relación a la resolución espacial de las variables climáticas disponibles. Por lo tanto se optó por generar un modelo conservador, aumentando sus parámetros y las restricciones ambientales disponibles para el entrenamiento del modelo. De esta forma se decidió utilizar las 19 variables bioclimáticas disponibles y el área espacial que compromete los limites administrativos entre la III y VIII región. Se utilizó esta extensión debido a que la variabilidad entre modelos con diferentes extensiones disminuyó y se conservó a esta magnitud espacial. Para evaluar el desempeño predictivo del modelo, también se tomo una aproximación distinta. En este caso se empleo el método propuesto por Pearson et al. 2007 conocido como "Jacknife", para la modelación de nichos bioclimáticos con bajo número de datos de presencia. Este método consiste básicamente en la remoción de un dato de presencia del grupo original para luego construirse un modelo con los datos restantes (n-1). Repitiéndose este proceso con todos los datos de presencia disponibles, de modo que se generan "n" modelos (Figura 2).

Finalmente se midió el desempeño del modelo basado en su habilidad para predecir la presencia de la especie en las localidades removidas en cada caso. A partir de estos datos de éxito o fracaso de predicción del modelo se calcula un valor P mediante el programa ofrecido por el mismo autor, siendo aquellos valores de P menores a 0.05 estadísticamente significativos. Para la determinación del éxito del modelo, el programa requiere la determinación de un umbral explicito de probabilidad para definir la presencia o ausencia de la especie, en este caso se utilizó un umbral relativamente conservador para evaluar el desempeño del modelo, mediante la implementación de un umbral definido por el menor valor de probabilidad estimado por Maxent entre las localidades muestreadas.

Figura 2: Resultados de la importancia de cada variable para el modelo de Lúcumo, mediante la prueba de Jacknife evaluando los efectos a nivel de la ganancia del modelo para el entrenamiento, no se evalúa el efecto en el AUC o en la ganancia de prueba, debido a que se uso toda la información para el entrenamiento a diferencia del caso de los Bellotos. La variable con más información por si sola, o sea con más ganancia para explicar la distribución espacial de los Lúcumos, es la T° mínima del mes más frío.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"



Definición de sitios prioritarios para la restauración.

Para determinar los sitios potenciales a restaurar se decidió implementar una evaluación multicriterio representado por un modelo lineal sin ponderación, con cuatro variables de entrada consistentes en las capas de distribución potencial obtenida por Maxent, distancia a los caminos y ciudades (a mayor distancia de un camino o zona poblada es menor el grado de alteración antrópica), distancia a los parques protegidos por el Sistemas Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE) y los sitios definidos por Conama como Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad. A cada una de las variables se les asoció un puntaje de 1 a 10 como se muestra en la Tabla 4.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Los intervalos adjudicados para la variable de distancia a los caminos y ciudades se obtuvieron mediante la regresión logarítmica del porcentaje de incendios acumulados en los últimos 20 años con la distancia asociada a los caminos, interpolándose a partir de la ecuación los valores de distancia en 10 intervalos iguales de porcentaje acumulado de incendios. La frecuencia de incendios puede ser un indicador del grado de acceso e intervención antrópica de una determinada zona (Fernández et al., 2010).

Para la variable distancia a los parques SNASPE se crearon buffers de 10 km cada uno. Se decidió incluir esta variable basado en el hecho de que los Parque Nacionales poseen ecosistemas de alto valor que podrían actuar como parches fuentes dentro de un sistema de metapoblaciones. En el caso de la variable de sitios prioritarios para la conservación de la Biodiversidad se generó una capa binaria otorgando el máximo puntaje a las áreas contempladas dentro del sistema. Esta capa se decidió utilizar tomando como antecedentes que en la Estrategia Nacional de Biodiversidad dichos sitios poseen prioridad para la conservación y restauración a nivel nacional.

Tabla 4: Tabla de intervalos y sus puntajes asociados para la evaluación Multicriterio. Puntajes mayores están asociados a sitios que poseen mejores características para realizar iniciatiavas de restauración.

Distancia a los caminos y ciudades (mts.)	Distancia a SNASPE (km.)	Sitio Prioritario conservación	Probabilidad de presencia de belloto	Probabilidad de presencia de Lúcumo	Puntaje
=< 123	>90	Ausente	=< 0.023	=< 0.14	1
=< 177	=< 90		=< 0.082	=< 0.054	2
=< 257	=< 80		=< 0.155	=< 0.115	3
=< 372	=< 70		=< 0.24	=< 0.202	4
=< 539	=< 60		=< 0.339	=< 0.307	5
=< 780	=< 50		=< 0.432	=< 0.415	6
=< 1129	=< 40		=< 0.514	=< 0.523	7

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

=< 1635	=< 30		=< 0.587	=< 0.635	8
=< 2367	=< 20		=< 0.669	=< 0.758	9
>2367	=< 10	Presente	=< 0.841	=< 0.92	10

La clasificación de intervalos para las capas de probabilidad de presencia de especie producidas por Maxent, se obtuvo aplicando el método de optimización de Jenkins disponible en Arcgis 9.2, el que genera clases maximizando la varianza entre grupos y disminuyendo la varianza al interior de cada categoría formada. Una vez definido los intervalos de las variables se creo un raster con una unidad básica de mapeo de 30 mts a partir de las actualizaciones del Catastro del Bosque Nativo, eliminando previamente aquellos usos de suelo consideradas como restrictivas a la restauración de las especies (Tabla 5).

Tabla 5: categorías del Catastro del Bosque Nativo eliminadas para la selección de los sitios a restaurar y para determinar los sitios de presencia reales de Bellotos y Lúcumos.

Categorías del Catastro Eliminadas		
Afloramientos rocosos	Estepa andina central	Playas y dunas
Areas sobre limite vegetación	Estepa andina norte	Ríos
Cajas de ríos	Glaciares	Vegas
Ciudades pueblos zonas industriales	Lago laguna Embalse Tranque	Bofedal
Corridas de lava y escoriales	Mar	Otros terrenos húmedos
Derrumbes Sin Vegetación	Marismas herbáceas	Otros terrenos secos
	Minería Industrial	

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Esta capa en formato raster se utilizó como molde para integrar el resto de las capas previamente rasterizadas para luego calcular el promedio aritmético de las cuatro variables implementadas en la evaluación de sitios a restaurar.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Resultados.

Dentro de los resultados principales del estudio, e independiente de las especies que se utilizaron para modelar, se encuentra una capa de priorización multicriterio basado en tres componentes principales: Cercanía a SNASPE, Incorporación en Sitios Prioritarios y Cercanía a caminos o zonas pobladas. En la figura 3 es posible ver los resultados de la modelación de estas tres variables que posteriormente se encuentran integradas en una sola capa de superficies prioritarias para restauración de ecosistemas (Figura 4).

Figura 3. Capas base resultantes de modelación por variable identificada para su incorporación en modelo de priorización para zonas de restauración multicriterio. Izquierda, cercanía a SNASPE; Centro, Sitios Prioritarios; Derecha, distancia a caminos y zonas pobladas.

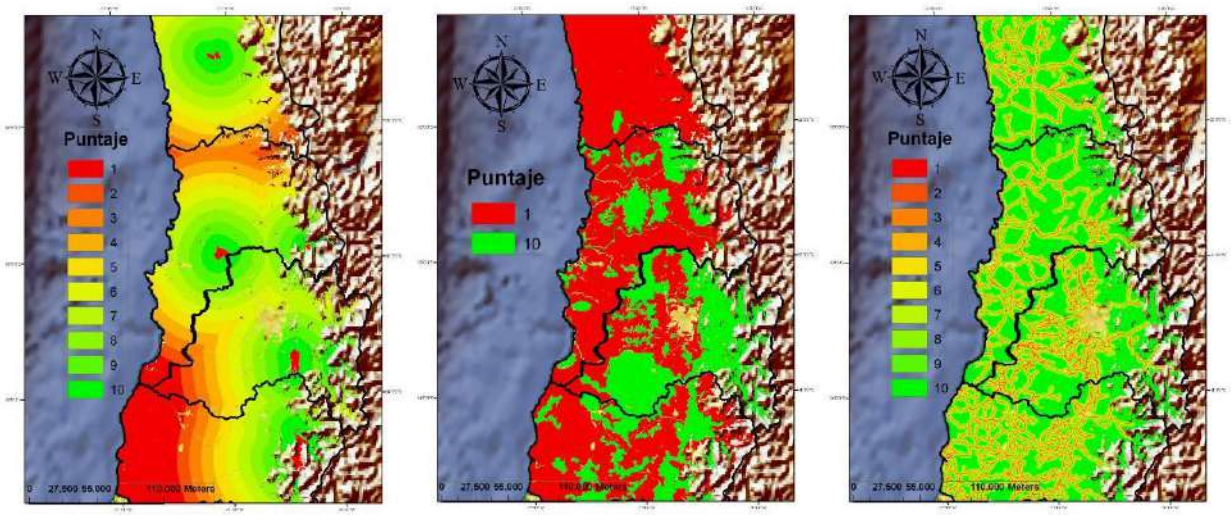
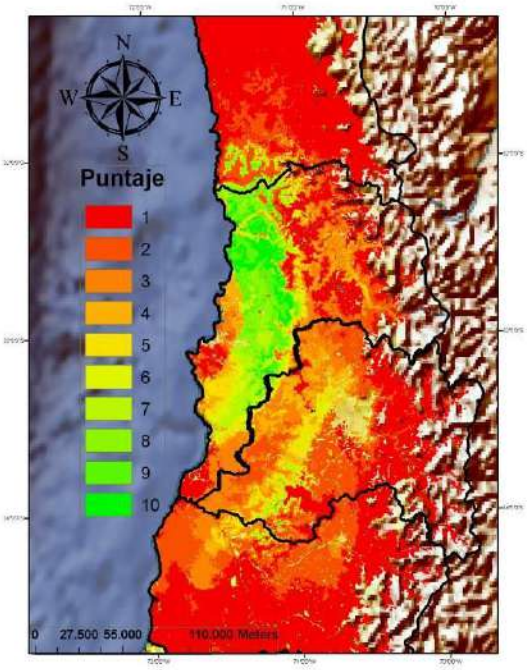


Figura 4. Capa de priorización multicriterio utilizada para la incorporación de variables de distribución de las especies evaluadas en este estudio. Las capas utilizadas para el modelo no se encuentran ponderadas, por lo que todas tienen el mismo peso dentro de los cálculos.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"



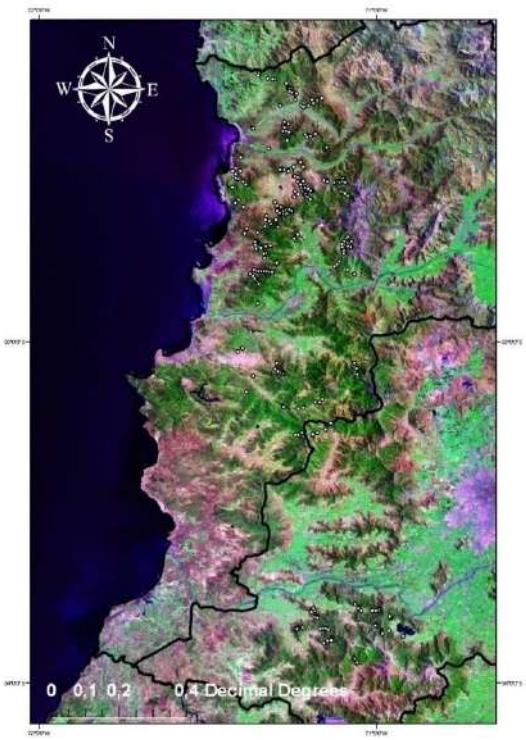
Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

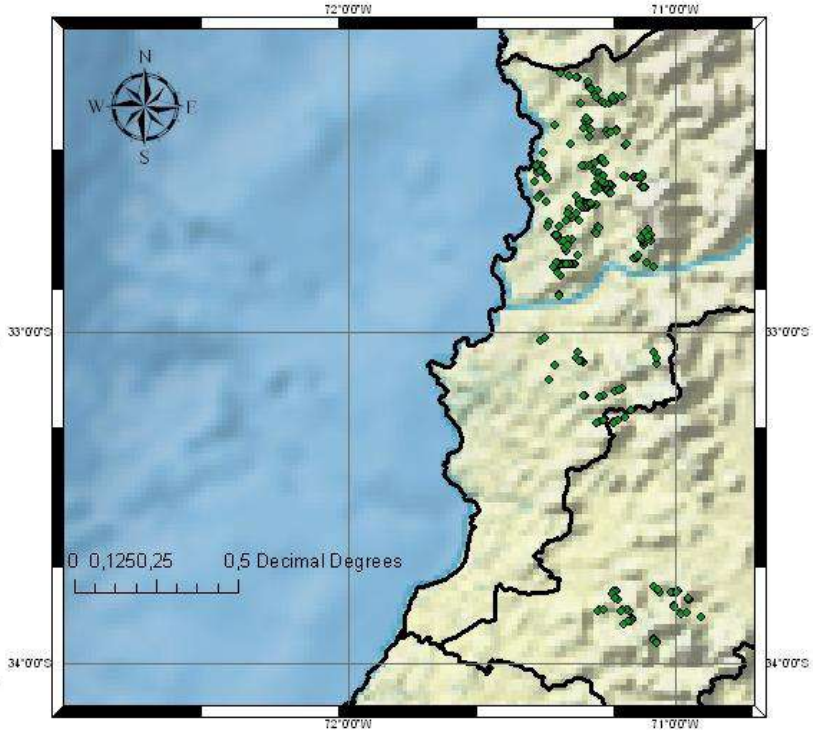
Distribución actual de Belloto del Norte.

En total se identificaron 268 puntos (75 poblaciones validadas) con presencia de Belloto del Norte, ubicadas entre el límite de las regiones de Coquimbo y Valparaíso por el norte (sector Trapiche), y la zona sur de la Región Metropolitana (Alhué), (Figura 5). En la gran mayoría de los casos las poblaciones se encontraron asociadas a sectores húmedos, de preferencia de exposición sur y/o este, y muchas veces con presencia de cuerpos de agua en las cercanías, lo que refleja la importancia que el recurso hídrico posee para la presencia de esta especie. Respecto al nivel de agregación de las poblaciones existentes, existen tres zonas principales de distribución (sector norte del Río Aconcagua, Sector La Campana y Altos de Cantillana), todas ellas asociadas a la Cordillera de la Costa.

Figura 5. Distribución actual de las poblaciones de Belloto del Norte *(B. miersii)*. A la izquierda (imagen Landsat espectral) es posible ver que la distribución de esta especie se encuentra asociada a sectores húmedos y de abundante vegetación nativa. A la derecha se muestran los mismos puntos, pero sobre un mapa que permite ver la distribución geográfica y nivel de agregación de las poblaciones existentes.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”





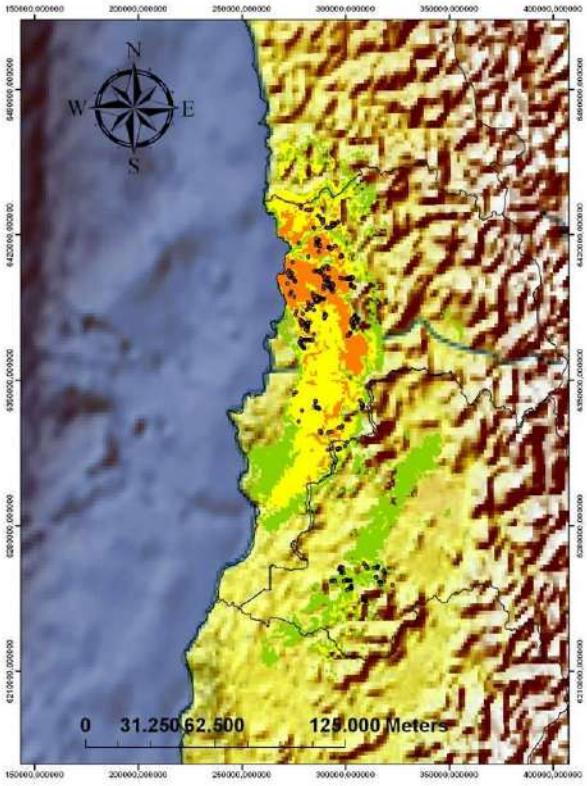
Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Distribución Potencial de Belloto del Norte.

Al realizar la modelación de la distribución potencial de Belloto del Norte mediante la inclusión de las variables bioclimáticas en Maxent, es posible observar que la especie posee un rango de distribución potencial levemente superior al que actualmente tiene (Figura 6). La probabilidad de ocurrencia (entre 0 y 1) muestra que los sitios que poseen las mejores características climáticas para la especie corresponden a aquellos que se encuentran en la zona norte de la cordillera de la costa de Región de Valparaíso, lo cual es concordante con las poblaciones más grandes que actualmente sobreviven de esta especie, asociadas principalmente a ecosistemas de la cordillera del Melón.

Figura 6 Distribución potencial de las poblaciones de Belloto del Norte *(B. miersii)*. Los colores de la leyenda indican probabilidad de ocurrencia de la especie en función de la modelación con variables bioclimáticas en Maxent, donde el blanco corresponde al rango entre 0 y 20% de ocurrencia y el rojo entre 80 y 100% de ocurrencia.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”



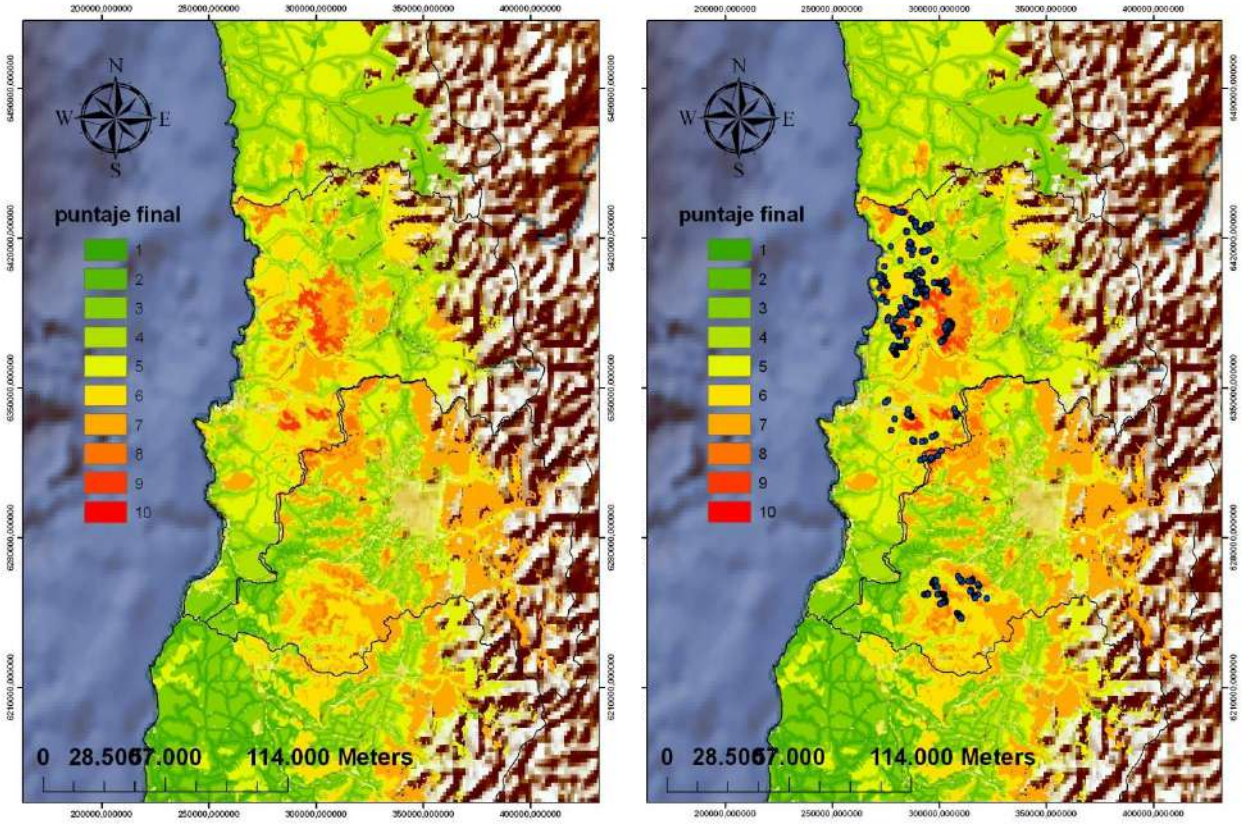
Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Priorización de sitios para la restauración de Belloto del Norte.

La integración de la capa de priorización desarrollada para la zona de estudio (ver figura 4) y la capa de distribución potencial de Belloto del Norte genera un mosaico de sitios con sus respectivos valores de priorización. Los valores mayores (rojos) son aquellos que poseerían mejores condiciones para potenciales iniciativas de restauración (figura 7). Según el modelo las zonas prioritarias para la restauración de poblaciones de Bellotos del Norte serían aquellas ubicadas en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa, vinculadas a la Cordillera del Melón y cercanías del Parque la Campana. Junto con ello resaltan también como prioritarias dos sectores que se encuentran ligados al sector conocido como Valle de Colliguay (ambos en la región de Valparaíso).

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Figura 7. Modelo de priorización para selección de sitios para la restauración de poblacines de Belloto del Norte *(B. miersii)*. Los colores de la leyenda indican nivel de prioridad del sector, donde el verde indica un nivel de prioridad menor y el rojo un nivel de prioridad máximo. A la derecha se muestran los puntos con presencia registrada de



Belloto del Norte sobre el mapa de priorización.

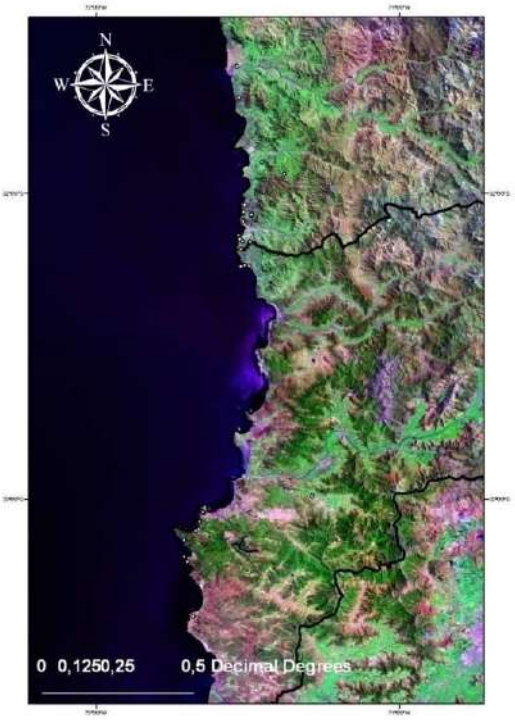
Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

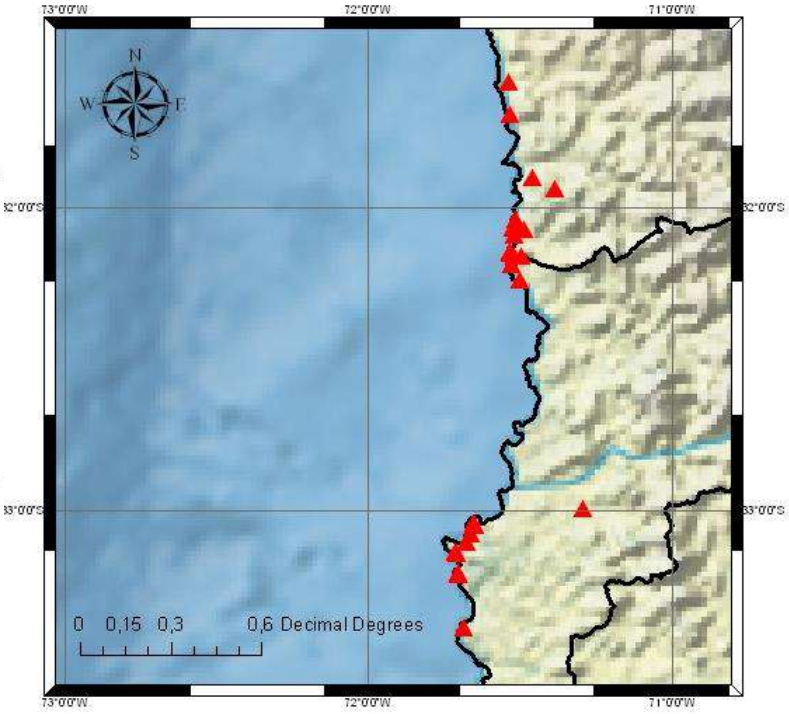
Distribución actual de Lúcumo Chileno.

En total se identificaron 23 puntos (6 poblaciones validadas) con presencia de Lúcumo Chileno, ubicadas entre la quebrada de Huentelauquén por el norte y el sector de Quintay por el sur (Figura 8). En la gran mayoría de los casos las poblaciones se encontraron asociadas a sectores costeros, de preferencia en planicies costeras, quebradas y roqueríos de exposición oeste. Salvo las poblaciones ubicadas entre el sector de Pichidangui-Los Molles, la cual se podría tomar como un continuo, las demás poblaciones se encuentran muy fragmentadas, y en varios casos corresponden sólo a unas decenas de individuos. Respecto al nivel de agregación de las poblaciones existentes, existen dos zonas principales de distribución, sector Pichidangui-Los Molles y Laguna Verde-Quintay. El resto de las poblaciones prospectadas poseían un nivel bajo de individuos, y en algunos casos los registros existentes en la literatura no fueron posible de validarse en terreno.

Figura 8. Distribución actual de las poblaciones de Lúcumo Chileno *(P. splendensi)*. A la izquierda (imagen Landsat espectral) es posible ver que la distribución de esta especie se encuentra asociada sólo a sectores costeros. A la derecha se muestran los mismos puntos, pero sobre un mapa que permite ver la distribución geográfica y nivel de agregación de las poblaciones existentes. El registro ubicado al interior de la Región de Valparaíso no fue posible de ser validado en terreno.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”





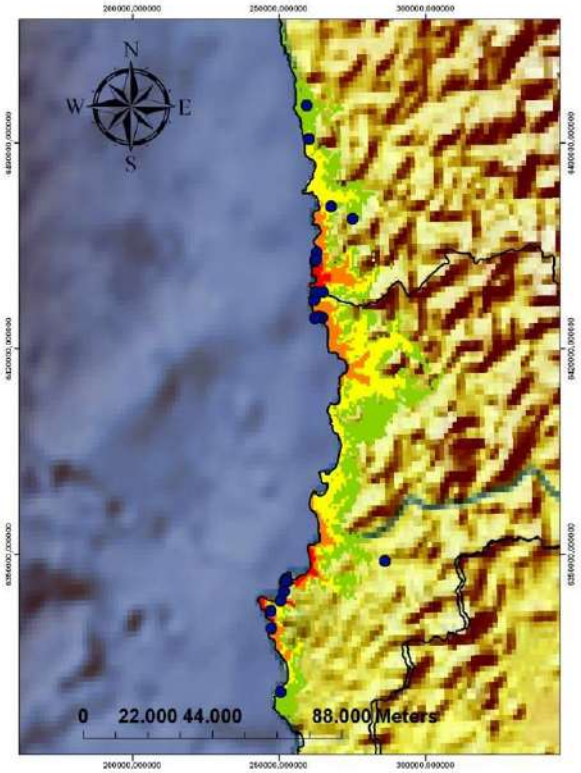
Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Distribución Potencial de Lúcumo Chileno.

Al realizar la modelación de la distribución potencial de Lúcumo Chileno mediante la inclusión de las variables bioclimáticas en Maxent, es posible observar que la especie posee un rango de distribución potencial que sería más acotado del que actualmente tiene (Figura 9), lo que odría indicar que las poblaciones de los extremos del rango de distribución son relictos de una gran población pasada. La probabilidad de ocurrencia (entre 0 y 1) muestra que los sitios que poseen las mejores características climáticas para la especie corresponden a aquellos que se encuentran en la zona de Pichidangui-Los Molles y la franja costera que se encuentra entre Laguna Verde y Concón, lo cual puede ser un indicador de que en esa zona pudo haber una gran población de Lucumo Chileno que se ha visto fuertemente reducida por la fuerte expansión urbana que ha ocurrido en esa zona.

Figura 9. Distribución potencial de las poblaciones de Lúcumo Chileno *(P. splendens)*. Los colores de la leyenda indican probabilidad de ocurrencia de la especie en función de la modelación con variables bioclimáticas en Maxent, donde el blanco corresponde al rango entre 0 y 20% de probabilidad de ocurrencia y el rojo entre 80 y 100%.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

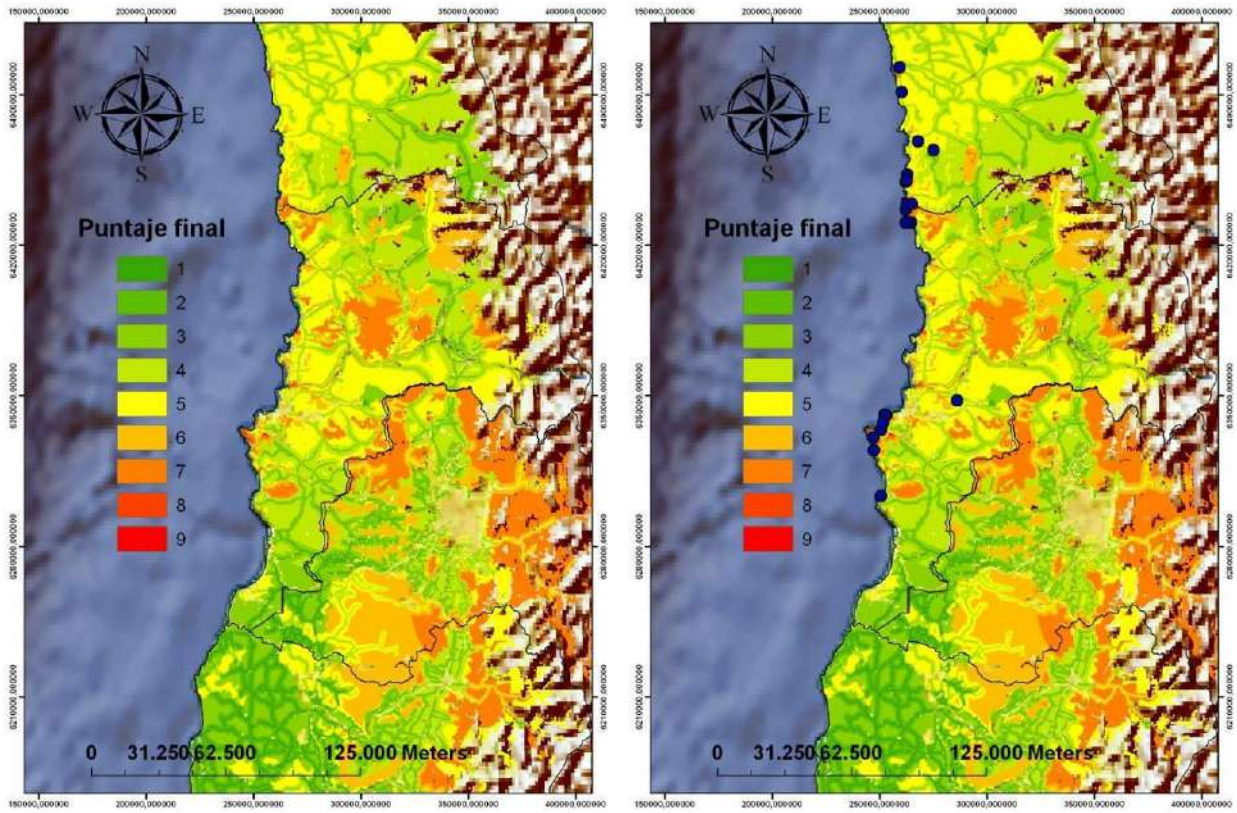


Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Priorización de sitios para la restauración de Belloto del Norte.

La integración de la capa de priorización desarrollada para la zona de estudio (ver figura 4) y la capa de distribución potencial de Lúcumo Chileno genera un mosaico de sitios con sus respectivos valores de priorización. Los valores mayores (rojos) son aquellos que poseerían mejores condiciones para potenciales iniciativas de restauración (figura 10). Según el modelo existirían escasas zonas que reúnan condiciones para desarrollar iniciativas de restauración para esta especie, lo cual es consecuente con el grado de alteración producto de proyectos inmobiliarios al que se han visto sometidas las zonas del litoral costero donde esta especie se encuentra presente. Dentro de las zonas que aún poseen niveles de amenaza menores se encuentran el borde costero ubicado en el sector de Pichidangui y Los Molles, y una pequeña franja costera situada al sur-oeste de Laguna Verde.

Figura 10. Modelo de priorización para selección de sitios para la restauración de poblaciones de Lúcumo Chileno *(P. splendens)*. Los colores de la leyenda indican nivel de prioridad del sector, donde el verde indica un nivel de prioridad menor y el rojo un nivel de prioridad máximo. A la derecha se muestran los puntos con presencia registrada de Lúcumo Chileno sobre el mapa de priorización.



Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Discusión.

Los resultados de este proyecto permiten demostrar la utilidad de la utilización de una herramienta como Maxent para la modelación de distribución de especies. Si bien esta herramienta ya había sido utilizada con anterioridad para pronosticar distribuciones potenciales de algunas especies de flora chilena (*i.e.* Ziska et al., 2009), hasta el momento no existen registros de su uso para establecer potenciales sitios de restauración de especies amenazadas, ni tampoco de la integración de los resultados de distribuciones potenciales con otras capas de información dentro de un modelo multicriterio de priorización de sitios.

La utilización del modelo desarrollado en este trabajo para la priorización de sitios para restaurar permite generar una visión más acuciosa, respecto al estado de conservación de las especies prospectadas, no sólo en base a la información referente a la distribución que estas especies probablemente poseían en el pasado (distribución potencial), sino también en relación a la cantidad y calidad de sectores que actualmente poseen características ideales para que estas especies puedan ser conservadas en el largo plazo.

Si bien ambas especies poseen características similares en relación a su estado de conservación y principales amenazas -las dos especies son endémicas de la zona central de Chile y poseen una distribución geográfica restringida con poblaciones altamente fragmentadas (Avilés, 2009a,b; Hechenleitner et al., 2005)-, los resultados indicarían que el Lúcumo se encuentra en un estado de conservación más delicado que el Belloto del Norte. Esto en relación a que el Belloto del Norte posee 75 poblaciones validadas, algunas de ellas con más de 1000 individuos y que en general se encuentran en sectores altos y/o alejados de algunas cuencas donde el nivel de amenaza aún podría considerarse menor, mientras que el Lúcumo Chileno posee sólo 6 poblaciones validadas, sólo una de ellas que probablemente presenta más de 500 individuos (observación en terreno), y que en general se encuentran en sectores que actualmente están gravemente amenazados por potenciales desarrollos inmobiliarios de sitios costeros. Estos resultados son relevantes y son coherentes con la clasificación con que actualmente están clasificadas ambas especies (Conama 2008).

Por tanto cobra vital relevancia evaluar potenciales sitios que permitan desarrollar iniciativas de restauración de dichas especies, sobre todo tomando en cuenta que probablemente las amenazas a las cuales están sometidas las poblaciones de estas especies sigan presionándolas en el futuro. En lo que respecta a este punto, los resultados son particularmente disímiles para ambas especies, lo cual remarca

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

la necesidad de priorizar los esfuerzos para conservar especies que actualmente se podrían encontrar con un riesgo crítico de desaparecer en el corto plazo. En este caso el Lúcumo, que es la especie que se encuentra con mayor riesgo de conservación, posee escasos terrenos con características idóneas para desarrollar iniciativas para su restauración, mientras que el Belloto, el cual se encuentra en un mejor estado de conservación, posee mayores extensiones de terreno que podrían ser plausibles de ser restauradas. Este último factor normalmente no es evaluado al momento de evaluar el estado de conservación de las especies (IUCN, 2004), lo cual puede ser sumamente importante de tomar en cuenta al momento de fijar las potenciales líneas de acción para la conservación de las especies. Junto con ello la priorización de sitios para la restauración y/o conservación de estas especies, podría dar pie para ser considerados como sitios propicios para desarrollar en ellos planes de compensación ambiental (Ley 19.300), así como también ser catalogados como potenciales áreas beneficiarias de bonificación por la ley 20.283 del Bosque Nativo. De esta manera, no sólo se podrían desarrollar iniciativas para la conservación de estas especies, sino también priorizar los recursos en sectores donde los planes de restauración con dichas especies, potencialmente posean mayores probabilidades de éxito.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Capítulo II (Objetivo 3 del presente proyecto).

Análisis de la estructura genética del Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii* (Gay) Koster*)* y del Lúcumo chileno (*Pouteria splendens* (A.DC.) Kuntze), mediante marcadores moleculares ISSR (Inter Simple Sequence Repeat).

Introducción

Las poblaciones naturales de plantas, son habitualmente afectadas por numerosos eventos de tipo demográfico, ambiental y genético. El efecto de tales eventos mantiene en constantemente riego de desaparecer a las especies que se encuentran vulnerables y/o en peligro de extinción (Kohn et al., 2006). Lande en la década de los 80 (Lande, 1988) sugirió que los procesos estocásticos tanto, demográficos como ambientales, serían los responsable primarios de conducir a una especie a la extinción, incluso antes de que el deterioro de la base genética, alcance a ser un problema. Sin bien, el rol de los factores genéticos en la extinción de las poblaciones naturales, han sido controversiales, la evidencia actual muestra que contribuyen significativamente al riesgo de extinción. Al respecto, se ha observado que la depresión por efecto de la consanguinidad ("inbreeding") y la pérdida de variabilidad genética incrementa el riego en las poblaciones naturales de especies alógamas (Frankham, 2003; 2005).

En Chile son escasos los estudios de la organización de la variabilidad genética en especies vegetales con problemas de conservación, por tal motivo esta investigación viene a mitigar este vacío. El Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*) o Palo Colorado, es una especie arbórea endémica chilena cuyas poblaciones están rrestringidas a unas pocas asociaciones del bosque esclerófilo costero entre la región de Coquimbo y la región de Valparaíso. Es un arbusto siempre verde, con flores hermafroditas. El fruto es una drupa globosa de 2,5-3cm, de color rojo cuando está madura. Se le considera una especie relictual con serios problemas de conservación.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Actualmente, se considera como una especies es en peligro crítico. Es posible que la fragmentación de sus población a lo largo de su distribución natural, haya sido generada recientemente por efecto de la acelerada expansión inmobiliaria de la zona costera de Chile (Hechenleitner,et al., 2005; Riedemann y Aldunate. 2004).

El Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) es un árbol siempreverde de gran envergadura pudiendo alcanzar los 25 m de altura y 80cm de diámetro. Sus flores son hermafroditas dispuestas en inflorescencias. Su fruto es una drupa de color café cuando madura. El Belloto es endémico de la cordillera de la costa de Chile, entre Petorca y Melipilla y puede encontrase hasta los 1.200m s.n.m. Habita las laderas y valles formando parte del tipo forestal esclerófilo. Su estado de conservación es considerado vulnerable. Actualmente, ha sido elevada a la clasificación de monumento natural de acuerdo al Decreto Supremo N° 13, de 1995, del Ministerio Agricultura. Aunque es una especie calificada legalmente como "protegida", por su alto valor como patrimonio natural, presenta una fuerte fragmentación de sus poblaciones y problemas de regeneración natural. Ambas procesos asociados a las actividades humanas tales como agricultura, pastoreo y minería, lo que hace peligrar su supervivencia en el largo plazo.

Desde un punto de vista genético, un aspecto de gran relevancia para la conservación de especies vulnerables, es conocer el nivel de variabilidad genética de sus poblaciones naturales y la distribución de esta en el espacio y en el tiempo (Frankham et al., 2002; Freeland, 2005). Para ello ha sido especialmente útil el desarrollo, identificación y uso, de secuencias de ADN polimórficas. Una de las principales características de estos marcadores es su neutralidad, es decir son secuencias del genoma de un individuo cuya variación no se refleja sobre el “fitness” del individuo (Kohn et al., 2006). Si se desea observar la variabilidad genética de los individuos de una misma especie se deben utilizar marcadores que presenten un alto grado de polimorfismo para que de esa forma refleje la variación observada a una corta escala evolutiva. Entre los marcadores que se utilizan se encuentran las Inter-Secuencuencias Simples Repetidas o también conocidas como ISSRs (Inter Simple Secuencies Repeats). Estas secuencias se presentan dispersas y repetidas a lo largo de todo el genoma de un individuo eucarionte. Estos marcadores se pueden obtener y analizar mediante su amplificación por la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) , logrando tener de un gran número de loci por reacción. La principal ventaja que tienen son su escasa dificultad técnica y rapidez lo que permite obtener datos genéticos en un corto periodo de tiempo.

En el siguiente trabajo se pretende evaluar el nivel y organización de la variabilidad genética de

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

marcadores moleculares ISSR en poblaciones naturales del lúcumo chileno y belloto del norte.

Materiales y Métodos

Material vegetal

Para llevar a cabo el análisis se colectaron muestras de brotes foliares para las especies bajo estudio. El material vegetal fue introducido en criotubos de 2,7 mL los que se congelaron en nitrógeno líquido durante cada recolección. En el laboratorio las muestras son mantenidas a -20ºC hasta su procesamiento para la extracción de ADN. Cada individuo se identifico y se determinó su posición geográfica con GPS.

Se colectaron brotes foliares de 121 ejemplares de Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*), desde 6 zonas a lo largo de la distribución geográfica natural de la especie, en la zona costera entre la región de Coquimbo y la región de Valparaíso. Los individuos fueron agrupados en tres diferentes poblaciones dado a su cercanía geográfica para su posterior análisis, las cuales fueron identificadas como "Fundo Palo Colorado", "Pichidangui-Los Molles" y "Quintay". (Tabla 1).

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Tabla 1. Localización geográfica de las poblaciones de Lúcumo (*Pouteria splendens)* y Belloto *(Beilschmiedia miersii)* analizadas en este estudio**.**

Población	**Ubicación**	**N° de muestras**
<u>Lúcumo</u>		
Fundo Palo Colorado	32º04’12’’S; 71º29’09’’O	48
Pichidangui- Los Molles	32º08’28’’S; 71º31’50’’O	43
Quintay	33º12’16’’S; 71º41’53’’O	30
<u>Belloto</u>		
Quebrada El Ajial	32º16'47''S;71º14'39''O	30
Fundo La Represa	32º38'25''S;71º19'45''O	29
Quebrada del Cura	32º53'18''S;71º21'13''O	26
Viña Errázuriz	32º53'18''S;71º21'13''O	28
Quebrada El Tigre	32º31'02''S;71º25'19''O	16
Aculeo	33º50’43’’S; 70º59’51’’O	29
Cerro La Campana	33º04’52’’S; 71º03’37’’O	29

Adicionalmente, se recolectaron brotes foliares de 187 Bellotos del Norte (*Beilschmiedia miersii*) desde 7 localidades distribuidas entre la región de Coquimbo y la región de Valparaíso, tanto en zonas cordilleranas , valles centrales y zonas costeras. Las poblaciones fueron denominadas “Quebrada el Ajial”, “Fundo La Represa”, “Viña Las Vertientes/ Quebrada del Cura”, “Viña Errázuriz”, “Quebrada El Tigre”, “Aculeo” y “Cerro La Campana”. (Tabla 1).

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Extracción de ADN

El ADN genómico fue extraído desde pequeñas porciones de 0.5mg del tejido vegetal, mediante el protocolo del CTAB (Doyle, 1987). La concentración y calidad del ADN fue verificada mediante la utilización del espectrofotómetro Nanodrop® 2000c/2000. Se seleccionaron las muestras vegetales que tenían una mejor calidad de ADN ya que con estas condiciones los posteriores análisis se obtendrán satisfactoriamente. (Tabla 1).

Obtención marcadores moleculares

Para obtener los marcadores moleculares, cada una de las muestras se sometió a la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa, con las condiciones específicas para el marcador ISSR utilizado. Antes de llevar a cabo la amplificación de los marcadores moleculares ISSR se realizaron gradiente de temperatura para determinar las condiciones óptimas de amplificación y además para seleccionar el marcador que presentó un patrón de bandeo legible y que aportara una mayor información. Para el análisis de la variabilidad genética de las poblaciones naturales de Lúcumo y Belloto del Norte, se utilizaron un total de 5 loci ISSR (Tabla 2).

Las condiciones de PCRs, utilizadas para la obtención de los marcadores ISSR fueron las siguientes : para cada muestra una mezcla que contenía 2µl de ADN a una concentración de 20 ng/µl, 2.5µl de Buffer para PCR (Tris-HCl 100mM pH: 8,3, KCL 500mM), 1.25µl de $MgCl_2$ 50mM, 0.2µl de *Taq* ADN polimerasa (Invitrogen), 0,4µl de dNTPs 15 mM (Invitrogen), 0,4µl de cada partidor correspondiente (15mM), finalmente para llegar al volumen final de 25µl se completó con 18,25 µl de agua ultrapura. La amplificación se efectuó en un termociclador marca Corbett Research, modelo GC1-96, según las siguientes condiciones: 94ºC por 3 minutos, 40 ciclos de 94ºC por 40 segundos, 1.30 minutos a temperatura de alineamiento según el partidor, 72ºC por 2 minuto y finalmente 20 minutos a 72ºC.

Visualización de ISSRs

Para poder visualizar el resultado de del patrón de bandeo generado por cada uno de los diferentes muestras de los marcadores moleculares ISSR, primero se llevó a cabo una

electroforesis en geles de agarosa al 2%. Para ello se cargó en el gel 7ul de cada producto de PCR más 2ul de buffer de carga con Redgel al 1%. Para poder observar Los patrones de bandeo en el gel de agarosa, se sometió este último a luz UV en un transiluminador UV, conectado a un sistema de fotodocumentación. De esta manera se obtuvieron registros gráficos del patrón de bandeo para cada uno de los marcadores utilizados . Se utilizó como referencia un marcador de peso molecular GeneRuler ^{TM} DNA Leadder Mix, el cual fue cargado en los geles junto a los resultados de los PCR de cada uno de los individuos estudiados.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Tabla 2: Partidores ISSR utilizados para el estudio de las poblaciones de Lúcumo y Belloto del Norte. Se especifica el código de identificación, la secuencia y la temperatura de alineamiento óptima encontrada para cada partidor. (**Y**= C, T; **R**= A,G)

N° Partidor	Secuencia	T° alineamiento (C°)	Tamaño de fragmentos (pb)
Lúcumo			
825	ACA CAC ACA CAC ACA CT	58	500-2700
844	CTC TCT CTC TCT CTC TRC	54	420-1900
849	GTG TGT GTG TGT GTG TYA	57	410-1700
854	TCT CTC TCT CTC TCT CRG	54	430-2080
856	ACA CAC ACA CAC ACA CYA	59	430-2080
Belloto			
825	ACA CAC ACA CAC ACA CT	56	260-2500
834	AGA GAG AGA GAG AGA GYT	54	460-1850
835	AGA GAG AGA GAG AGA GYC	54	300-2300
840	GAG AGA GAG AGA GAG AYT	54	320-2500
845	CTC TCT CTC TCT CTC TRG	56	270-1750

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Análisis de Datos

En ambas especies los datos para cada locus ISSR fueron registrados como 0 cuando la banda está ausente y 1 cuando está presente, lo que da origen a una matriz de datos binarios. Se analizaron los datos con el programa GenAlEx (Peakall and Smouse 2006). Se estimaron parámetros genéticos tales como : Polimorfismos, diversidad génica (H; Nei, 1973) e Índice de Shannon (I; Shannon and Weaver ,1949). Para determinar la distribución de la variabilidad genética entre poblaciones (ϕ_{st}), se aplico el Análisis de Variabilidad Molecular (AMOVA; Excoffier et al., 1992) . Para visualizar la organización de variabilidad genéticas de las poblaciones estudiadas se realizo un Análisis de Componentes principales (PCA) a partir de las distancias genéticas estimadas por el programa GenAlEx.

Finalmente, las relaciones genéticas de los individuos estudiados de ambas especies, fue analizada mediante el programa "Structure v.2.1"(Pritchard et al.2000). Este método utiliza un procedimiento bayesiano y Cadenas de Markov (MCMC) para asignar probabilísticamente los individuos a K grupos, de manera que el equilibrio de Hardy Weinberg y el desequilibrio de ligamiento sean maximizados. La elección del numero más probable de K grupos, fue realizada comparando el logaritmo de la probabilidad posterior de los datos [Ln Pr (X/K)]. La corrida con el valor más alto de Probabilidad posterior (K/X) fue elegida y la proporción de ancestro ("membership") de cada población fue calculada promediando el coeficiente de "membership" (Q) de los individuos. El programa fue corrido para probar la hipótesis de que existen 1 a 3 grupos genéticos en el Lúcumo y 1 a 8 grupos en el Belloto. Se utilizó un modelo de "admixture" y frecuencias alélicas correlacionadas. Las corridas fueron llevadas a cabo usando un "burn in period" de 100.000 y un largo de MCMC de 1.000.000 con 3 iteraciones para cada corrida. Un valor de $Q \geq 0.8$ fue utilizado para asignar un individuo a un grupo. Aquellos individuos con valores de $Q < 0,8$ fueron considerado genéticamente mezclados ("admixured").

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Resultados

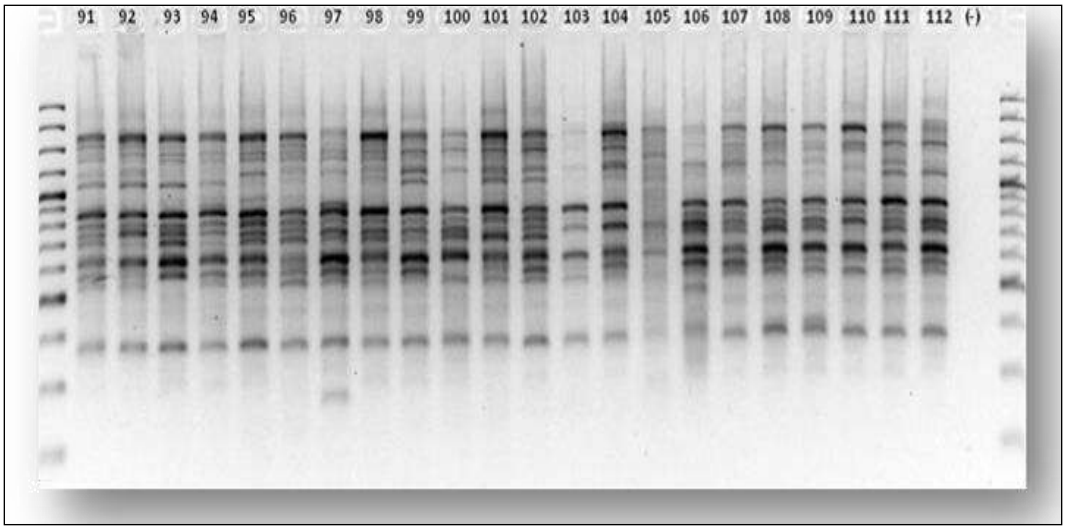
Extracción de ADN

Se extrajo ADN desde 187 muestras de Belloto del Norte y 121 muestras de Lúcumo chileno. De estas extracciones se obtuvo en promedio de 369,1 ng/µL (± 261,5 ng/µL) de ADN genómico de *Beilschmiedia miersii* y para la especie *Pouteria splendens* se obtuvo un promedio de 1199,6 ng/µL (± 688,1 ng/µL) de ADN genómico de (Anexos 1 y 2).

Amplificación y visualización de ISSRs

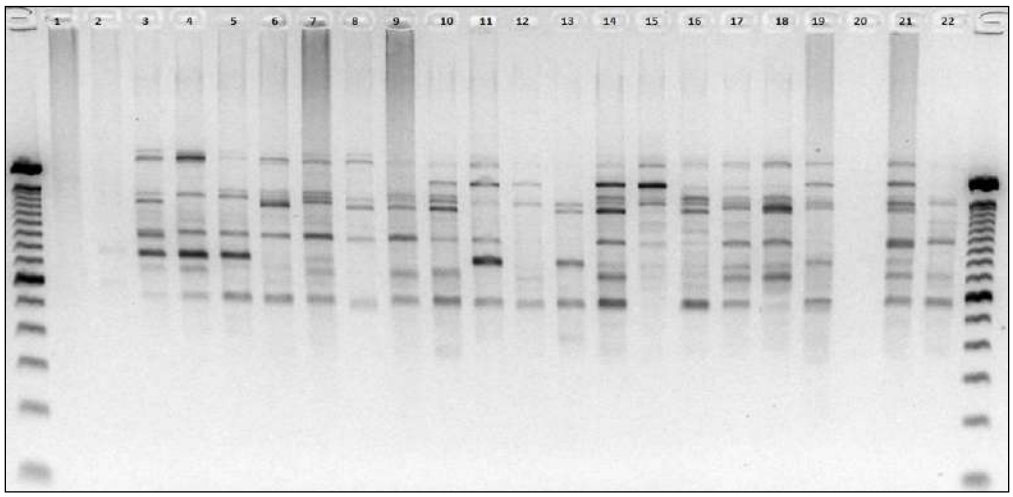
Para el Lúcumo chileno se seleccionaron 5 partidores ISSR (Tabla 1), de los cuales se pudo obtener un total de 184 loci polimórficos (Figuras 1 y 2). El tamaño de los fragmentos fluctuó entre 410 pb a 2700pb dependiendo del partidor utilizado (Tabla 3).

Figura 1: Amplificación de ISSR para Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*). Fotografía representativa de una electroforesis en gel de agarosa al 2% mostrando los patrones de bandeo del partidor 840.



Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

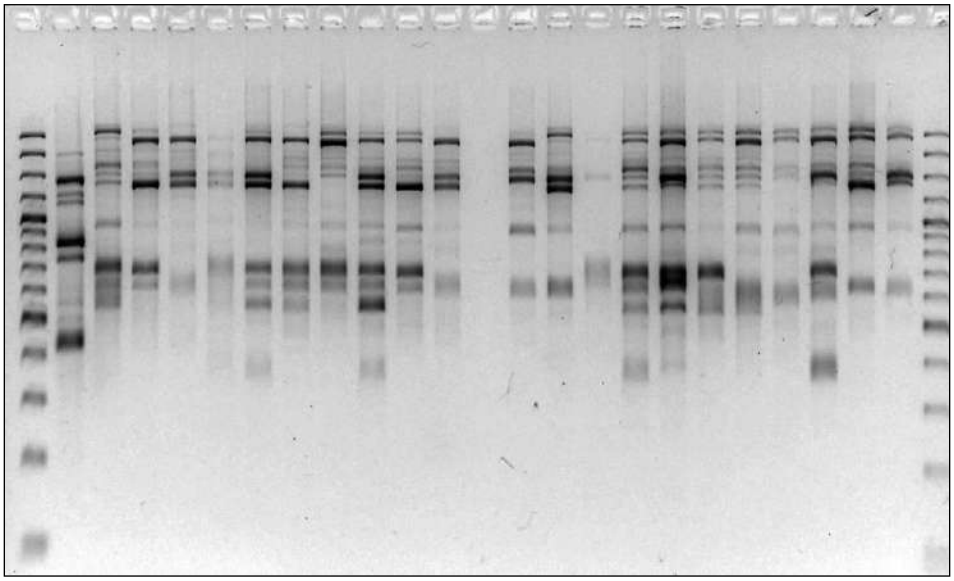
Figura 2: Amplificación de ISSR para Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*). Fotografía representativa de una electroforesis en gel de agarosa al 2% mostrando los patrones de bandeo del partidor 854.



Con respecto al belloto del Norte, se seleccionaron 5 partidores ISSR (Tabla 1) de los cuales se obtuvo un total de 147 loci polimórficos (Figuras 3 y 4). El tamaño de los fragmentos fluctuó entre 260 pb a 2500 pb dependiendo del partidor utilizado (Tabla 2).

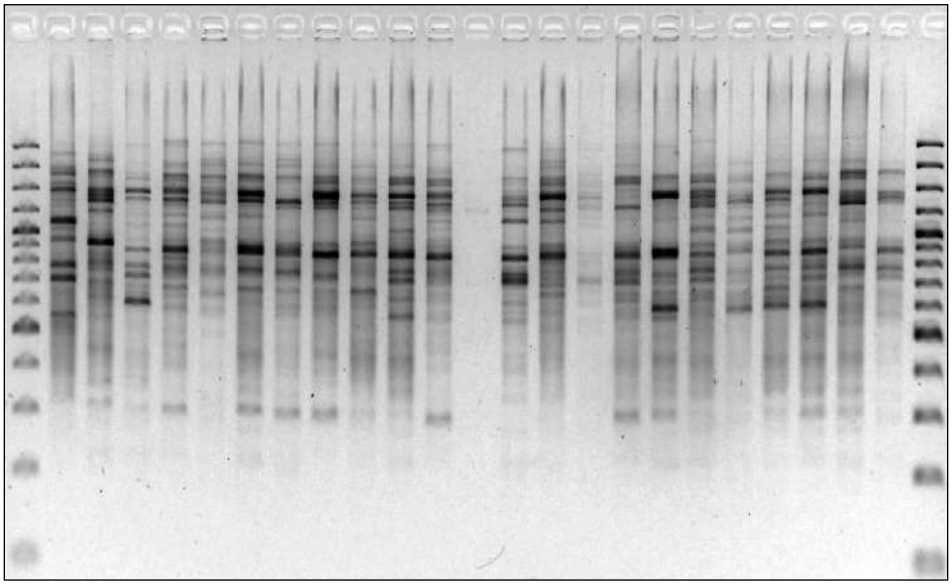
Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Figura 3: Amplificación de ISSR para Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*)**.** Fotografía representativa de una electroforesis en gel de agarosa al 2% mostrando los patrones de bandeo del partidor 845.



Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Figura 4: Amplificación de ISSR para Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*)**.** Fotografía representativa de una electroforesis en gel de agarosa al 2% mostrando los patrones de bandeo del partidor 855.



Variabilidad genética

Lúcumo chileno

El nivel de variabilidad genética fue similar entre las 3 poblaciones estudiadas como indican los resultados de la tabla 3. No existieron diferencias notables entre los indicadores de variabilidad genética. El nivel de polimorfismo vario entre 98 a 100% para los loci estudiados, mientras que

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

la heterocigosidad (He) y el índice de Shannon (I) fluctuaron entre 0,21-0.24 y 0,35-0,40 respectivamente.

Los resultados además indican, que la mayor parte de la variabilidad genética se encuentra distribuida dentro de las poblaciones, representando un 97% de la variabilidad observada (Figura 5). El análisis de componentes principales (PCA) explicó un 55% de la variabilidad de los datos, como se aprecia en la figura 6. Es posible observar, una escasa diferenciación entre las 3 poblaciones analizadas. Se observa una gran población con individuos genéticamente similares. Solo algunos de ellos se escapan, lo que podría estar dando cuenta del 3% de diferenciación encontrada en el AMOVA.

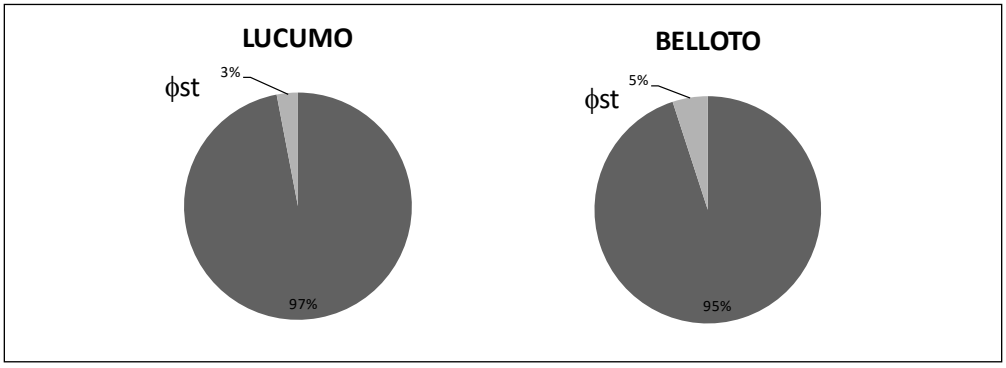
Tabla 3. Índices de variabilidad genética para 147 loci ISSR en 121 individuos de Lúcumo chileno.

Población	N	I	He	P (%)
Palo Colorado (PC)	48	0,40 ± 0,01	0,24 ± 0,01	100,00%
Pichidangui Los Molles (PM)	43	0,35 ± 0,01	0,21 ±0,01	99,32%
Quintay (Q)	30	0,35 ± 0,01	0,21 ± 0,01	98,64%

N: Número total de individuos; **I:** Índice de Shannon ($- \sum p_i \, Ln(p_i)$); **He:** Heterocigosidad esperada $2*p*q$; **Ppl:** porcentaje de loci polimórficos. El análisis de molecular de la varianza (AMOVA) mostró que existe un 3% de variabilidad genética distribuida entre las 3 poblaciones de lúcumo analizadas ((ϕ_{st}= 3%, P=0,01; Fig. 5), aunque es significativa la diferenciación entre población, este valor es extremadamente bajo.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Figura 5. Análisis Molecular de la Varianza (AMOVA) para 121 y 187 individuos respectivamente de lúcumo chileno y belloto del norte, utilizando marcadores ISSR. ϕ_{st} indica la proporción de variabilidad encontrada entre poblaciones con una P=0.01



El análisis de cluster bayesiano dio similares resultados, fue posible identificar 3 grupos (Figura 7). El valor de K=3 dio la mejor estimación de la probabilidad posterior de los datos (P(K/X=1,0) y el mejor asignamiento por grupo (Q≥0,8). Es así como, el grupo 1 contiene un total de 23 individuos, 15 provenientes de la población "Fundo Palo Colorado", 6 de la población "Pichidangui-Los Molles" y 2 de la población Quintay El grupo 2 está formado por 19 individuos, 4 de la población "Fundo Palo Colorado", 7 de "Pichidangui-Los Molles" y 8 de Quintay. El grupo 3 está formado por 9 individuos de la población de "Pichidangui-Los Molles". Finalmente, 70 árboles mostraron valores Q ≤ 0,8 por lo que fueron considerados como un grupo de individuos genéticamente mezclados (Tabla 4).

Figura 6. Análisis de Componentes Principales para 121 individuos de lúcumo chileno y 147 loci ISSR. PC = Palo colorado; PM = Pichidangui –Los Molles; Q = Quintay.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

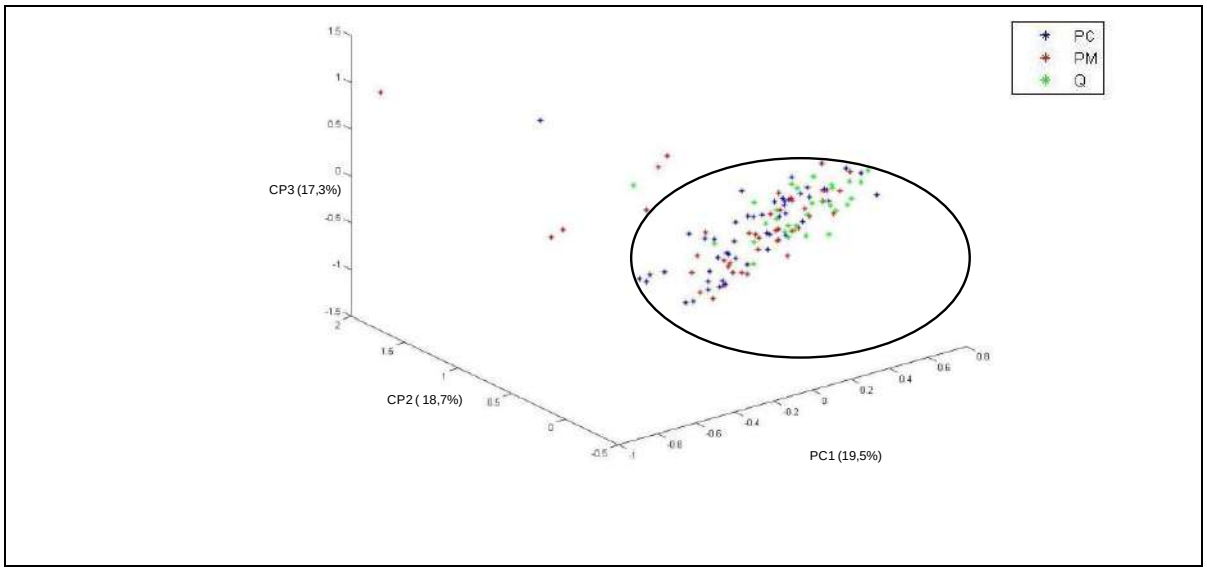
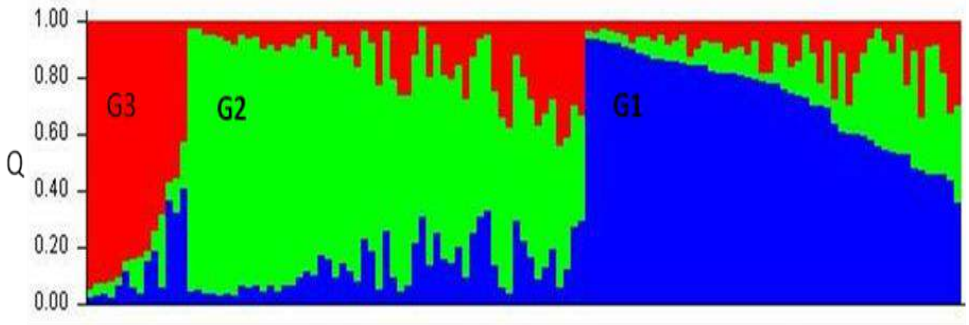


Tabla 4. Logaritmo de la probabilidad de los datos (Ln Pr (X/K)) y probabilidad posterior (P(K/X) para 121 individuos de lúcumo chileno analizados con 147 loci ISSR. Se realizaron simulaciones para valores K desde 1 a 5 posibles grupos Además, para cada Cadena de Markov se realizaron 3 iteraciones.

				Ln Pr (X/K)	P (K/X)
		Iteración			
K	1	2	3	Promedio	
1	-9372	-9372	-9372	-9372	0
2	-9216	-9216	-9216	-9216	0
3	-9448	-9149	-9149	-9149	0
4	-9172	-9190	-9195	-9186	0
5	-9112	-9112	-9113	-9112	1.0

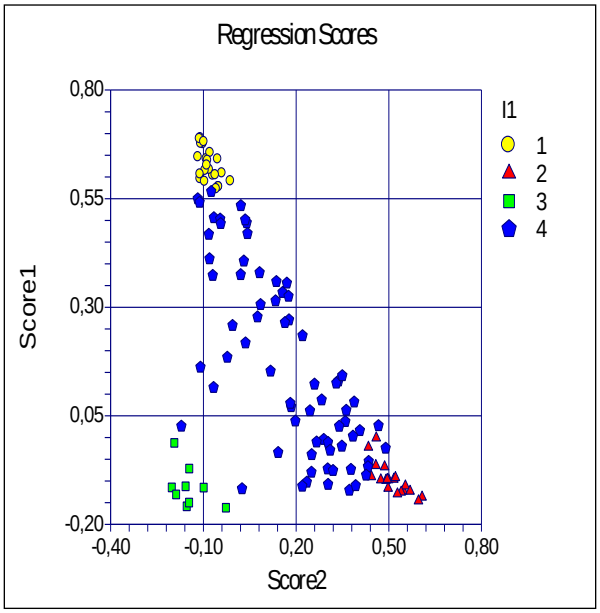
Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Figura 7. "Bar Plot" mostrando agrupamiento de 121 lúcumos estudiados basado en los valores Q dados por "structure"para un K=3. En el eje "y" de observa rango de valores de Q (valor de corte Q≥0,8). G1= grupo 1 (23 individuos); G2= grupo 2 (19 individuos); G3 = grupo 3 (9 individuos). Todos los individuos con valores de Q≤0,8 fueron considerados individuos con "admixture".



Se realizó un análisis discriminante, el cual se representa en la figura 8. Se observan los 3 grupos antes señalados más los 70 individuos mezclados (en azul). Este análisis fue realizado basado en los valores de "membership" (Q). La mayoría de los individuos (58%) se encuentran mezclados en términos genéticos, es decir, no fue posible asignarlos a un determinado grupo.

Figura 8. Análisis discriminante a partir de los valores Q dados por "structure" para los 121 lúcumos estudiados. 1=grupo 1; 2=grupo 2; 3= grupo 3; 4= individuos mezclados.



Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Belloto del Norte

El nivel de variabilidad genética fue similar entre las 7 poblaciones estudiadas como indican los resultados de la tabla 5. No existieron diferencias notables entre los indicadores de variabilidad genética. El nivel de polimorfismo varió entre 94,6 y 98,9% para los loci estudiados, mientras que la heterocigosidad (He) y el índice de Shannon (I) fluctuaron entre 0,21-0.24 y 0,35-0,39 respectivamente.

En el belloto del norte sólo un 5% de la variabilidad genética (ϕst= 0,05, P=0,01; Fig. 5) se distribuyó entre las poblaciones estudiadas, con un 95% de la variabilidad distribuida dentro de las poblaciones. El análisis de componentes principales (PCA) explicó un 60,8% de la variabilidad de los datos, como se aprecia en la figura 9. Es posible apreciar, una escasa diferenciación entre las 7 poblaciones analizadas. Se observa una gran población con individuos genéticamente relacionados. Solo algunos de ellos se escapan, lo que podría estar dando cuenta del 5% de diferenciación encontrada en el AMOVA. Dados los resultados expresados en la figura 9, no es posible distinguir claramente las 7 poblaciones desde donde fueron colectadas las muestras.

El análisis de cluster bayesiano entrego resultados similares. El valor de K=7 dio la mejor estimación de la probabilidad posterior de los datos (P(K/X=1,0). Sin embargo, el asignamiento por grupo, indica que la mayoría de los individuos pueden ser considerados “admixture”, es decir, no pueden ser asignados claramente a un grupo pues, comparten similitudes genéticas con varios grupos a la vez. En este caso los valores de “membership” para la mayoría de los individuos fue ≤0,8.

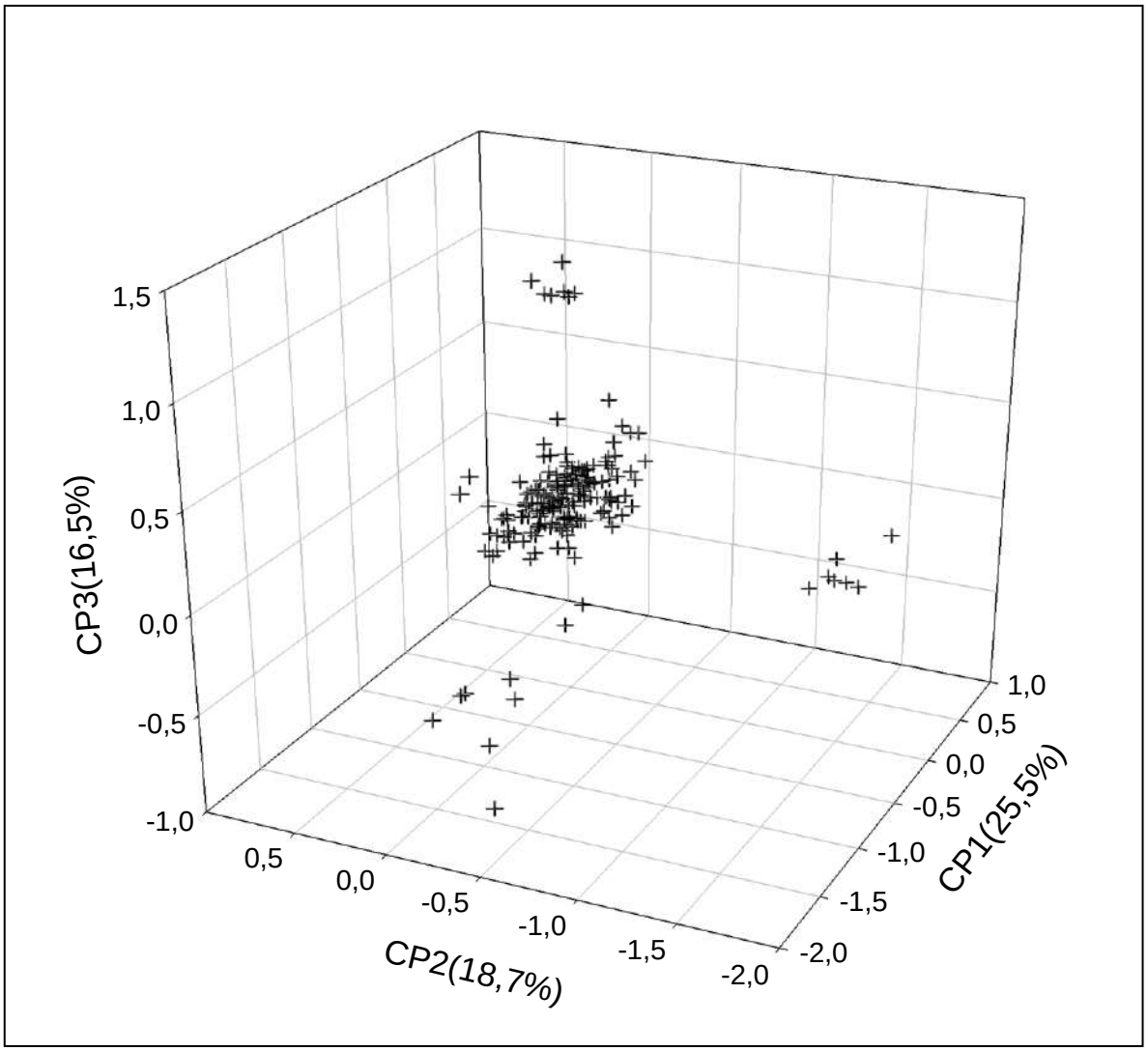
Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Tabla 5. Índices de variabilidad genética para 184 loci ISSR en 187 individuos de belloto del norte. ± error estándar.

Población	N	P(%)	I	He
Quebrada El Ajial	**29**	**98,9**	0,35±0,01	0,21±0,007
Fundo La Represa	**28**	98,9	0,39±0,01	0,23±0,007
Viña Las Vertientes/Quebrada del Cura	**25**	96,7	0,35±0,01	0,21±0,008
Viña Chilegüe	**27**	97,3	0,36±0,01	0,21±0,008
Qubrada el Tigre	**15**	93,5	0,36±0,01	0,22±0,009
Aculeo	**28**	96,7	0,39±0,01	0,24±0,009
Cerro La Campana	**27**	94,6	0,36±0,01	0,22±0,009

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Figura 9. Análisis de Componentes Principales (ACP). Construido a partir de las distancias genéticas para datos binarios. Los 3 principales componentes explican el 60,8% de la variabilidad de los datos.

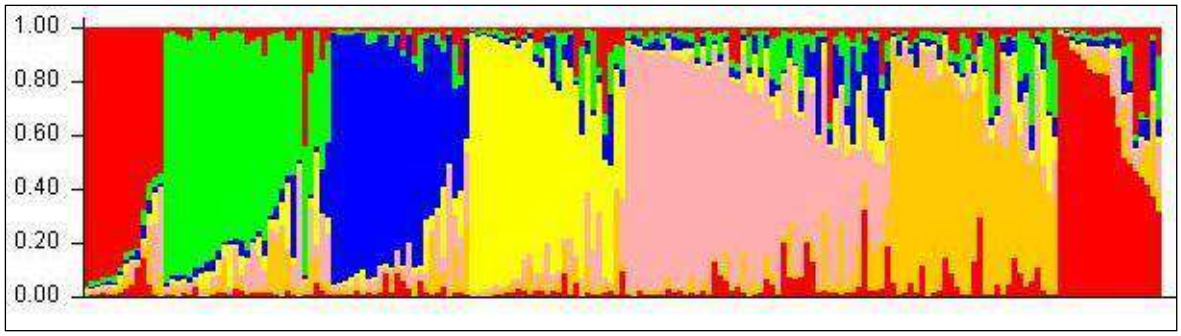


Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Tabla 6. Logaritmo de la probabilidad de los datos (Ln Pr (X/K)) y probabilidad posterior (P(K/X) para 187 individuos de belloto del norte analizados con 184 loci ISSR. Se realizaron simulaciones para valores K desde 1 a 8 posibles grupos. Además, para cada Cadena de Markov se realizaron 3 iteraciones.

	Ln Pr (X/K)				P (K/X)
	Iteración				
K	1	2	3	Promedio	
1	-18.167	-18.166	-18.165	-18.166	0
2	-17.938	-17941	-17.943	-17.941	0
3	-17.689	-17691	-17.689	-17.690	0
4	-17.518	-17.5827	-17.519	-17.521	0
5	-17.423	-17.416	17.400	-17.413	0
6	-17.268	-17.278	-17.275	-17.273	0
7	-17.206	-17.203	-17.214	-17.207	1.0
8	-17.101	-17.173	-17.378	-17.217	0.5

Figura 9. "Bar Plot" mostrando agrupamiento de 187 bellotos estudiados basado en los valores Q dados por "structure" para un K=7. En el eje "y" de observa rango de valores de Q (valor de corte Q≥0,8). Todos los individuos con valores de Q≤0,8 fueron considerados individuos con "admixture".



Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Discusión

Las poblaciones de lúcumo chileno (P=98% a 100%; He=0,21-0.24; I= 0,35-0,40) y belloto del norte (P= 94,6% a 98,9%; He= 0,21-0.24 I=0,35-0,39) mostraron valores similares de variabilidad genética a los encontrados en otras especies vegetales para marcadores del tipo dominante (H_{RAPD} = 0.22; H_{AFLP} = 0,23; H_{ISSR} = 0,22 ; Nybom, 2004). Sin embargo, el valor del índice de Shannon (I) de ambas especies (I=0,35-0.40) fue considerablemente más bajo que el reportado en otras especie arbóreas tales como, *Araucaria araucana* (I=0.65; Bekessy et al., 2002), *Fitzroya cupresoides* (I=0.54, Allnutt et al., 1999), *Pilgerodendron Uviferum* (I = 0.337 to 0.716; Alnutt et al.,2003 Nothofagus nervosa (I=0.75) y *Populus tremuloides* (I=0.65, Yeh et al., 1995), *Podocarpus salignus* (I= 0.692, H=0.314). Es importante señalar que los indicadores de variabilidad genética fueron similares entre todas las poblaciones estudiadas en ambas especies.

En el lúcumo y el belloto, la diversidad génica fue concordante con la descrita para especies perennes, endémicas, alógamas y cuyas semillas son dispersadas por gravedad y/o ingestión por animales (Tabla 7).

Una escasa estructura genética fue detectada con los ISSR. Al respecto, AMOVA mostró una escasa diferenciación entre población tanto, en las poblaciones de lúcumo (ϕ_{ST} =0.03; P=0.01) como de Belloto (ϕ_{ST} =0.05;p=0.01). Estos valores son menores a los encontrados en plantas para marcadores dominantes (RAPDs ϕ_{ST}= 0.34; AFLP ϕ_{ST}=0.35; ISSR ϕ_{ST}= 0.35; Nybom, 2004) y que los reportados en especies que comparten características de su historia natural (Tabla 7). Algunos ejemplos son, *Araucaria araucana* (RAPDs, ϕ_{ST}=0.128; Bekessy et al., 2002) and *Pilgerodendron uviferum* (RAPDs, ϕ_{ST}=0.186; Allnutt et al., 2003).

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Tabla 7. Estimaciones basadas en marcadores moleculares dominantes del tipo RAPD y su relación con diferentes características de la historia natural de las plantas. He = diversidad génica y diferenciación entre poblaciones.(Adaptado de Nybom, 2004)

Variable	*He*	ϕ_{ST}
<u>Forma de vida</u>		
Perenne	0.25	0.25
<u>Rango Geográfico</u>		
Endémica	0.20	0.26
<u>Sistema reproductivo</u>		
Alógama	0.27	0.27
<u>Dispersión semillas</u>		
gravedad	0.19	0.45
ingestión	0.24	0.27
Lúcumo chileno	0.21-0.24	0.03
Belloto del norte	0.21-0.24	0.05

Los análisis aplicados para estudiar la distribución espacial de la diversidad genética, no mostraron asociaciones geográficas claras. El análisis de componentes principales, análisis discriminante y cluster bayesiano, indican que la mayoría de los individuos de lúcumo y belloto

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

analizados, están genéticamente mezclados; no fue posible distinguir grupos claramente separadas, ni asociadas a su origen geográfico. Esta situación es consistente con especies que presentan elevados niveles de flujo génico debido a mecanismos que favorecen la polinización cruzada tales como autoincompatibilidad, anemofilia y dioecia (Gonzalez-Perez et al., 2010). Sin embargo, es conocido que tanto el lúcumo como el belloto tienen flores hermafroditas por lo que solo la anemofilia y la autoincompatibilidad podrían ser los mecanismos que favorecen un elevado flujo génico y que explique la escasa diferencia genética entre poblaciones.

Por otro lado, debido al tamaño de los fruto del lúcumo y el belloto (6 a 8 cm de largo), su dispersión debería estar restringida alrededor de la planta madre, aunque es posible que una parte importante de los frutos sea dispersada por mamíferos pequeños. Por cierto, este factor no debería ser de relevancia para explicar la escasa diferencia entre poblaciones.

En términos de conservación, ambas especies se encuentran en un estado vulnerable y en peligro. Afortunadamente, los datos genéticos sugieren que no existiría peligro de extinción en el corto plazo pues, presentan un importante nivel de variabilidad genética. Las actuales poblaciones, tanto de lúcumo como, de y belloto, más bien se comportan como remanentes de una gran población que se fragmento recientemente por efecto de las actividades humanas. Entonces, es posible sugerir que debido a las similitudes genéticas y a la elevada variabilidad encontrada a nivel intrapoblacional, cualquier población e individuo, podría ser utilizado para desarrollar planes conservación tanto *in situ* como, *ex situ*. El estudio de la estructura genética mediante ISSR es relevante como una primera aproximación. Para desarrollar estrategias de conservación efectivas, los análisis genéticos deben ser complementados con estudios de caracteres relacionados con la adecuación biológica de ambas especie como también, se deben considerar la información de los cambios demográficos de las poblaciones asociados al efecto de las actividades humanas y al cambio global (Byrne et al., 2011).

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Anexos

Anexo 1: Concentración de ADN genómico de muestras de Belloto del Norte extraídas. Se presenta la concentración de ADN genómico de Belloto del Norte (ng/ul) como también su índice de pureza para cada individuo.

N°	Indice 260/280	(ng/ul)	N°	Indice 260/280	(ng/ul)
B1	1,96	460,3	**B41**	1,65	150,2
B2	1,9	456,8	**B42**	1,95	391,4
B3	2	241,8	**B43**	1,71	512,2
B4	1,99	332,8	**B44**	1,79	715,7
B5	1,94	697,1	**B45**	1,76	477,0
B6	1,9	461,8	**B46**	1,62	968,0
B7	1,63	287,8	**B47**	1,81	708,3
B8	1,69	332,2	**B48**	1,83	345,0
B9	2,07	235,6	**B49**	2,02	122,4
B10	1,98	879,6	**B50**	2,06	87,9
B11	1,91	430,8	**B51**	1,73	416,6
B12	1,93	490,0	**B52**	1,72	302,8
B13	1,89	652,8	**B53**	1,7	273,9
B14	1,91	372,2	**B54**	1,99	257,8
B15	2,05	241,4	**B55**	1,81	553,9
B16	1,69	190,9	**B56**	1,89	410,5
B17	1,5	1127,4	**B57**	1,84	344,5
B18	1,71	357,9	**B58**	2,05	175,8
B19	1,9	829,2	**B59**	1,95	764,7
B20	2,28	37,7	**B60**	1,24	211,8
B21	1,7	96,6	**B61**	1,65	286,8
B22	1,86	575,6	**B62**	1,92	698,4
B23	1,62	107,0	**B63**	1,95	1324,8
B24	1,91	181,1	**B64**	1,86	504,6
B25	1,9	444,6	**B65**	1,85	195,1
B26	2,02	262,7	**B66**	1,85	393,1
B27	1,7	154,3	**B67**	1,94	700,6
B28	2,07	133,5	**B68**	2,05	125,3
B29	1,92	442,2	**B69**	1,31	208,9
B30	1,94	202,9	**B70**	1,84	366,2
B31	1,89	1081,6	**B71**	1,98	403,9
B32	1,95	724,6	**B72**	1,99	804,0
B33	1,85	77,5	**B74**	1,92	287,2
B34	1,72	383,9	**B75**	1,95	255,1

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

B35	1,77	266,2	**B76**	1,94	212,3
B36	1,71	193,2	**B77**	1,94	317,8
B38	2,06	159,9	**B78**	2,05	92,7
B39	1,83	546,0	**B79**	1,95	188,6
B40	1,6	89,6	**B80**	1,99	116,2

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Anexo 1: Concentración de ADN genómico de muestras de Belloto del Norte extraídas, continuación. Se presenta la concentración de ADN genómico de Belloto del Norte (ng/ul) como también su índice de pureza para cada individuo.

N°	Indice 260/280	(ng/ul)	N°	Indice 260/280	(ng/ul)
B81	1,84	434,2	**B122**	2,01	705,73
B82	1,9	175,6	**B123**	2,01	792,6
B83	1,9	433,6	**B124**	1,84	526,27
B84	1,68	83,6	**B125**	1,78	335,01
B85	1,85	739,6	**B128**	1,86	72,34
B86	2,16	75,8	**B130**	1,79	193,52
B87	2	148,4	**B131**	1,56	406,15
B88	1,95	176,8	**B132**	1,92	75,54
B89	1,94	89,4	**B133**	1,87	184,47
B90	1,84	578,3	**B134**	1,72	408,76
B91	1,9	297,2	**B135**	1,89	363,76
B92	1,79	372,1	**B136**	1,62	187,54
B93	1,86	408,4	**B137**	1,92	153,62
B94	1,96	280,3	**B138**	1,65	160,8
B95	1,89	1108,3	**B139**	1,71	108,5
B96	1,89	476,6	**B140**	1,92	210,76
B97	2,02	163,1	**B141**	1,99	143,06
B98	1,8	310,6	**B142**	1,72	118,64
B99	1,92	289,2	**B143**	1,72	122,68
B100	1,79	497,2	**B144**	1,66	49,13
B101	1,98	229,63	**B145**	1,65	68,6
B102	1,92	334,29	**B146**	2,03	70,52
B103	1,84	172,58	**B147**	1,82	264,9
B104	2,12	245,71	**B148**	2,02	131,77
B105	1,22	4,12	**B150**	1,85	94,28
B106	1,88	463,81	**B151**	1,8	297,77
B107	1,93	558,41	**B152**	1,11	89,7
B108	1,99	1220,18	**B153**	1,44	91,31
B109	1,91	502,09	**B155**	1,87	200,25
B110	1,9	371,3	**B156**	1,98	677,53
B111	1,97	246,1	**B157**	1,91	185,69
B112	1,9	380,58	**B158**	1,95	694,33
B113	2,06	189,09	**B159**	1,81	554,43
B114	1,99	360,01	**B160**	1,91	856,86

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

B115	1,49	8,23	**B161**	1,96	417,68
B116	1,96	385,02	**B162**	2,02	696,37
B117	2,02	142,9	**B163**	2	697,94
B118	2,05	646,29	**B164**	1,98	822,96
B119	1,99	620,79	**B165**	1,88	263,93
B120	2	282,21	**B166**	1,88	692,19
B121	2,21	84,09			

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Anexo 2: Concentración de ADN genómico de muestras de Lúcumo chileno extraídas. Se presenta la concentración de ADN genómico de Lúcumo (ng/ul) como también su índice de pureza para cada individuo.

N°	Indice260/280	(ng/ul)	N°	Indice260/280	(ng/ul)
L1	1,9	740,9	**L41**	1,9	1290,6
2L	1,6	873,6	**L42**	1,9	675,0
L3	2,0	609,1	**L43**	1,6	864,8
L4	1,8	503,2	**L44**	1,9	1775,6
L5	1,9	1185,3	**L45**	1,9	1946,5
L6	1,9	1253,0	**L46**	1,8	449,2
L7	1,9	1371,4	**L47**	1,9	2255,3
L8	1,9	1866,4	**L48**	1,9	451,7
L9	1,9	1464,3	**L49**	1,9	1879,1
L10	1,9	2015,0	**L50**	1,9	1112,2
L11	1,9	1430,2	**L51**	1,9	1048,0
L12	1,9	1585,7	**L53**	1,9	155,5
L13	1,9	1523,3	**L54**	1,8	456,9
L14	1,9	1934,6	**L55**	1,9	687,9
L15	2,0	1313,9	**L56**	1,9	462,8
L16	1,9	1976,6	**L57**	1,8	396,3
L17	1,9	1829,4	**L58**	1,6	1157,6
L18	1,9	1375,3	**L59**	1,9	1797,8
L19	1,9	1940,7	**L60**	1,9	212,3
L20	1,9	1588,0	**L61**	1,9	851,4
L21	2,0	823,7	**L63**	1,8	333,9
L22	1,6	1427,4	**L64**	2,0	166,1
L23	1,9	523,1	**L65**	1,9	13,7
L24	1,9	418,4	**L66**	1,9	408,9
L25	1,9	1669,5	**L67**	1,9	349,5
L26	1,9	1468,0	**L68**	1,9	356,2
L27	1,9	845,5	**L69**	1,9	152,2
L28	1,9	1816,9	**L70**	1,9	766,0
L30	1,9	490,2	**L71**	1,9	292,3
L31	1,9	976,1	**L72**	1,9	471,1
L32	1,9	327,3	**L73**	1,8	432,8
L33	1,9	729,9	**L74**	1,9	438,9
L34	1,9	759,7	**L75**	1,9	249,7

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

L35	1,9	1627,3	**L76**	1,9	1942,8
L36	1,9	256,0	**L77**	1,9	1634,0
L37	1,9	1731,9	**L78**	1,9	2456,8
L38	1,9	1671,0	**L79**	1,9	1609,1
L40	1,9	1356,7	**L80**	1,9	515,4

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Anexo 2: Concentración de ADN genómico de muestras de Lúcumo chileno extraídas, continuación Se presenta la concentración de ADN genómico de Lúcumo (ng/ul) como también su índice de pureza para cada individuo.

N°	Indice260/280	(ng/ul)	N°	Indice260/280	(ng/ul)
L81	1,9	1666,7	**L121**	1,9	1053,1
L83	1,9	425,9	**L122**	1,9	1513,5
L84	1,9	339,3	**L123**	1,9	1437,5
L85	1,9	2331,5	**L124**	1,9	745,9
L86	1,9	1230,3	**L125**	1,8	560,0
L87	1,9	1220,4	**L126**	2,0	2209,5
L88	1,9	1985,2	**L127**	2,0	1291,1
L89	1,9	1077,8	**L128**	1,9	2115,0
L90	1,8	484,0	**L129**	2,0	2882,8
L91	1,9	1137,4	**L130**	2,0	2052,1
L92	1,9	2520,9	**L131**	1,9	485,8
L93	1,8	146,8	**L132**	1,9	2087,8
L94	1,9	1588,3	**L133**	2,0	2277,1
L95	1,9	2003,9	**L134**	2,1	1799,7
L96	1,9	1160,2	**L135**	2,1	2240,0
L97	1,9	2565,2	**L136**	2,0	2007,0
L98	1,9	1194,2	**L137**	1,9	2140,1
L99	1,9	1640,0			
L100	1,9	1373,0			
L102	1,8	330,9			
L103	1,9	117,8			
L104	2,0	2478,7			
L105	1,9	551,0			
L106	1,9	2309,1			
L107	1,9	1537,6			
L108	1,9	612,5			
L109	1,9	1727,9			
L110	1,9	1416,7			
L111	1,9	1188,0			
L112	1,9	1982,4			
L113	1,9	1685,5			
L114	1,9	676,1			
L115	1,8	541,1			
L116	1,9	932,8			
L117	1,8	422,3			
L118	1,9	1181,3			

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

L119	1,9	1158,4			
L120	1,9	1496,4			

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Capítulo III (Objetivo 4 del presente proyecto).

Integración de la información para recomendaciones específicas de conservación de las especies en estudio (*B. miersii y P. splendens*)

Introducción

En la última década, junto con los avances teóricos, las aplicaciones prácticas de la conservación genética se han ido extendiendo. En algunos países, como en Estados Unidos, desde hace algunos años se ha incorporado la información genética en la toma de decisiones para la clasificación de especies en listas de especies amenazadas. Lamentablemente la información genética descriptiva necesaria para desarrollar planes de conservación usualmente no es colectada para especies nativas, ni menos para especies amenazadas (Edmands, 2007; Severns, & Liston, 2008). Por el contrario la gran mayoría de información genética disponible proviene de estudios de plantas comunes o con amplios rangos de distribución (Young, & Brown, 1996).

La urbanización, actividades mineras, la conversión de bosques hacia terrenos agrícolas y problemas asociados como el sobre pastoreo se puede expresar en poblaciones de baja diversidad genética con individuos provenientes de rebrotes y con escasa a nula regeneración natural por vía de reproducción sexual por semillas **(**Henríquez & Simonetti, 2001**;** Hechenleitner et al., 2005; Avilés 2009b).

Si bien la información genética es importante, las decisiones no deben pasar sólo por ésta, sino que debe ser integrada con otras fuentes de información de igual o mayor importancia como son la información ecológica y geográfica (Fallon, 2007). En este sentido contar con mapas de distribución actual y potencial de las especies es una herramienta fundamental, tanto para evaluar el estado de conservación de las especies, como para evaluar potenciales sitios para desarrollar iniciativas de restauración.

La integración de información de distribución geográfica actual, distribución geográfica potencial, características ecológicas y variabilidad genética inter e intrapoblacional de las especies de plantas, es una tarea que puede brindar un panorama detallado de la viabilidad de las especies que se encuentran

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

actualmente amenazadas, en especial para aquellas especies de plantas endémicas restringidas a poblaciones altamente fragmentadas, como es el caso de las dos especies evaluadas en este estudio.

Diagnóstico y recomendaciones

El estudio genético de las poblaciones de Lúcumo Chileno y de Belloto del Norte sugieren que las poblaciones actualmente existentes serían remanentes de una gran población que probablemente se extendía dentro de los rangos de distribución potencial generados por el modelo bioclimático que se presenta en el capítulo I del presente proyecto. En este sentido, y tomando en cuenta la baja diferenciación genética existente entre las poblaciones de ambas especies y alta variabilidad intrapoblacionales, es posible sugerir que por el momento no existiría alguna población (a nivel de especies) que particularmente requiera más atención que otra, esto en relación a programas de conservación que dentro de sus líneas objetivos busquen conservar tanto las especies, como la variabilidad genética de éstas. Si bien el estudio de la estructura genética mediante ISSR es relevante como una primera aproximación, para desarrollar estrategias de conservación efectivas, los análisis genéticos deben ser complementados con estudios de caracteres relacionados con la adecuación biológica de ambas especies, como también se deben considerar la información de los cambios demográficos de las poblaciones asociados al efecto de las actividades humanas históricas y recientes, así como también a los potenciales efectos del cambio global sobre su distribución (Byrne et al., 2011).

Por tanto, y tomando en cuenta que uno de los principales objetivos de este proyecto era proponer y evaluar una metodología complementaria para la clasificación de especies en las listas rojas, consideramos que la información obtenida aquí es sumamente relevante para establecer nuevos criterios que pueden ser incorporados.

El primero de ellos sería incorporar dentro de los análisis, modelaciones que permitan estimar de una forma objetiva las distribuciones originales que las especies probablemente tenían previo a la intervención del hombre. Si bien en la actualidad existen algunos documentos que proponen distribuciones potenciales (i.e. Gajardo 1994), las escalas de análisis de estos documentos son demasiado amplias como para ser representativas de especies particulares.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Un segundo criterio, y que ha sido sugerido por otros autores (Marquet, 2000; Moreira, 2004), es la incorporación de variables genéticas para estimar el estado de conservación de las especies. Esto tomando en cuenta que la fragmentación de las poblaciones puede limitar severamente el intercambio de genes entre poblaciones, generando una serie de alteraciones que pueden redundar en una baja viabilidad de las mismas. Si bien en nuestro trabajo, utilizamos dos poblaciones que presentan una alta fragmentación, no encontramos mayores diferencias entre ellas, lo que si bien sugiere que las poblaciones por el momento genéticamente se encuentran en un buen estado de conservación, no implicaría que actualmente o en el futuro puedan presentar problemas por un potencial efecto "cuello de botella".

Por ello la incorporación, en los análisis del estado de conservación de las especies, de factores como potenciales sitios para restauración, se vuelve una estrategia proactiva (actualmente son reactivas) que podría dar luces del potencial de viabilidad de las especies en peligro en zonas donde actualmente no están presentes, pero que reúnen características idóneas para la generación de futuras poblaciones viables.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 "Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)"

Referencias

1. Allnutt, T. R., A. C. Newton, A. Lara, A. Premoli, J. J. Armesto, R. Vergara, and M. Gardner 1999. Genetic variation in Fitzroya cupressoides (alerce), a threatened South American conifer. Molecular Ecology 8:975-987.
2. Allnutt, T.R., Courtis, J.R., Gardner, M. F. and Newton, A., 2001. Genetic Variation in Wild Chilean and Cultivated British Populations of Podocarpus Salignus D. Don (Podocarpaceae). Edinburgh Journal of Botany, 58 (3), pp. 459-473
3. Allnutt, T.R., Newton, A., Premoli, A., Lara, A., 2003. Genetic variation in the threatened South American conifer Pilgerodendron uviferum (Cupressaceae), detected using RAPD markers. Biol. Conserv. 114, 245-253.
4. Anderson, R.P., Raza, A., 2010. The effect of the extent of the study region on GIS models of species geographic distributions and estimates of niche evolution: preliminary tests with montane rodents (genus Nephelomys) in Venezuela. Journal of Biogeography 37, 1378–1393.
5. Armesto, J. J., R. Rozzi, C. Smith-Ramirez, and M. T. K. Arroyo 1998. Conservation Targets in South American Temperates Forests. Science 282:1271-1272.
6. Arroyo, M. T. K., P. A. Marquet, C. Marticorena, J. Simonetti, L. Cavieres, F. Squeo, R. Rozzi, and F. Massardo 2008. El Hotspot Chileno: Prioridad Mundial Para La Conservación. Pages 90-95 in J. Rovira, J. Ugalde and M. Stutzin, editors. Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Conama, Santiago.
7. Avilés, R. 2009a. Ficha Antecedente de Especie: Pouteria splendens. ID 133. Conama.
8. Avilés, R. 2009b. Ficha Antecedente de Especie: Beilschmedia miersii. ID 121. Conama.
9. Baillie, J. E. M., C. Hilton Taylor, and S. N. Stuart. 2004. IUCN Red List of Threaned Species: A Global Species Assessment. IUCN, Gland, Switzerland.
10. Bekessy, S., Allnutt, T., Premoli, A., Lara, A., Ennos, R., Burgman, M., Cortes, M., Newton, A., 2002. Genetic variation in the vulnerable and endemic Monkey Puzzle tree, detected using RAPDs. Heredity 88, 243-249.
11. Benoit, I. 1989. Lista roja de la flora terrestre de Chile. Conaf, Santiago, Chile.
12. Brooks, T. M., M. I. Bakarr, T. I. M. Boucher, G. A. B. Da Fonseca, C. Hilton-Taylor, J. M. Hoekstra, T. O. M. Moritz, S. Olivieri, J. Parrish, R. L. Pressey, A. S. L. Rodrigues, W. E. S.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

Sechrest, A. L. I. Stattersfield, W. Strahm, and S. N. Stuart 2004. Coverage Provided by the Global Protected-Area System: Is It Enough? BioScience 54:1081-1091.

13. Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, G. A. B. Da Fonseca, J. Gerlach, M. Hoffmann, J. F. Lamoreux, C. G. Mittermeier, J. D. Pilgrim, and A. S. L. Rodrigues 2006. Global Biodiversity Conservation Priorities. Science 313:58-61.
14. Bustamante, R., and A. A. Grez 1995. Consecuencias ecológicas de lka fragmentación de los bosques nativos. Ambiente y Desarrollo 11:58-63.
15. Byrne M., Stone L., Millar M.A. 2011. Assessing genetic risk in revegetation. Journal of Applied Ecology 48: 1365–1373.
16. Casanova, G. y P. Nuñez 2001. Estudio Fitogeográfico del bosque de Zapallar—Cachagua. La importancia de su protección y conservación. Tesis de grado para optar al título de Geógrafo. Facultad de Humanidades, Dept. de Filosofía y Ciencias. Sociales. Universidad de Playa Ancha. 118 p.
17. Cavieres, L. A., M. Mihoc, A. Marticorena, C. Marticorena, O. Matthei, and F. A. Squeo 2001. Determinación de áreas prioritarias para la conservación: análisis de parsimonía de endemismo (PAE) en la flora de la IV Región de Coquimbo. Pages 159-170 in F. A. Squeo, G. Arancio and J. R. Gutiérrez, editors. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbi. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
18. Cia. Minera Disputada Las Condes. 2002. Estudio distribución geográfica y estado de conservación del Belloto del Norte (Beilshmiedia miersii). CICA Ingenieros Consultores. 75 p. + anexos.
19. Cofre, H., and P. A. Marquet 1999. Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: an assessment. Biological Conservation 88:53-68.
20. Conama 2003. Estrategia nacional de Biodiversidad. Pages 21. Conama, Santiago, Chile.
21. Conama 2008. Listado de Especies Clasificadas en 1°, 2° y 3° Proceso. Conama.
22. Desalle, R., and G. Amato 2004. The expansion of conservation genetics. Nature Reviews Genetics 5:702-712.
23. Díaz-Páez, H., M. A. Vidal, P. Berrios, P. Bocaz, P. Gonzalez, R. Moreno, W. Murillo, S. Rodriguez, R. Sánchez, V.-M. R., J. C. Ortiz, and C. Úbeda 2004. Revisión y análisis de los criterios y métodos para la categorización de estados de conservación de las especies de flora y fauna de Chile. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción 75:73-89.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

24. Edmands, S. 2007. Between a rock and a hard place: evaluating the relative risks of inbreeding and outbreeding for conservation and management. Molecular Ecology 16:463-475.

25. Elith J. 2002. Quantitative methods for modeling species habitat: comparative performance and an application to Australian plants. – In: Ferson S. and Burgman M. (eds), Quantitative methods for conservation biology. Springer, pp. 39–58.

26. Elith, J., C. Graham, R. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. Hijmans, F. Huettmann, J. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. Lohmann, B. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. Mcc. Overton, A. Peterson, S. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. Schapire, J. Anabalon, S. Williams, M. Wisz, and N. Asquith 2006. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. Ecography 29:129-151.

27. Excoffier, L., G. Laval, and S. Schneider. 2005. Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis. Evolutionary Bioinformatics Online 1:47-50.

28. Fallon, S. M. 2007. Genetic data and the listing of species under the U.S. Endangered Species Act. Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology 21:1186-1195.

29. Frankham R. 2003. Genetics and conservation biology. C. R. Biologies 326: S22–S29.

30. Frankham R. 2005. Genetics and extinction. Biological Conservation 126: 131–140.

31. Frankham R., Ballou J. D. and Briscoe D.A. 2002. Introduction to Conservation Genetics Cambridge University Press, Cambridge , UK.

32. Freeland, J. R. 2005. Molecular Ecology. John Wiley and sons, Ltd., London, UK.

33. Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile: clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

34. Gajardo, R., Serra MT. 1987. Fichas técnicas de lugares específicos con presencia de especies leñosas amenazadas de extinción, V Región. Programa de Protección y recuperación de la Flora Nativa de Chile. U. de Chile. Corporación Nacional Forestal. 110 p.

35. Glade, A. A. 1993. Libro rojo de los vertebrados terrestres de Chile. Conaf, Santiago.

36. González-Pérez M. A.,. Sosa P. A, Rivero E., González- E. A. Gonzalez and Naranjo A. 2009. Molecular markers reveal no genetic differentiation between Myricarivas-martinezii and M. faya (Myricaceae). Annals of Botany 103: 79–86.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

37. Hechenleitner, P., M. F. Gardner, P. I. Thomas, C. Echeverría, B. Escobar, P. Brownless, and C. Martínez. 2005. Plantas Amenazadas del Centro-Sur de Chile. Distribución, Conservación y Propagación. Universidad Austral de Chile y real Jardín Botánico de Edimburgo, Chile.

38. Henríquez, C. A., and J. A. Simonetti 2001. The effect of introduced herbivores upon an endangered tree (Beilschmiedia miersii, Lauraceae) Biological Conservation 98:69-76.

39. Hernandez, P., I. Franke, S. Herzog, V. Pacheco, L. Paniagua, H. Quintana, A. Soto, J. Swenson, C. Tovar, T. Valqui, J. Vargas, and B. Young 2008. Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. Biodiversity and Conservation 17:1353-1366.

40. Herrera, R., M. Arias, M. Moya-Leon, P. Penailillo, M. Wilkinson, and P. Caligari 2005. Genetic Variation in a Chilean Endangered Endemic: Gomortega keule (molina) Baillon. Biodiversity and Conservation 14:2871-2881.

41. Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G.,Jarvis, A. 2005: Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int. J. Clim. 25:1965-1978.

42. Hoekstra, J. M., T. M. Boucher, T. H. Ricketts, and C. Roberts 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. Ecology Letters 8:23-29.

43. Kerr, J. T., and D. J. Currie 1995. Effects of Human Activity on Global Extinction Risk. Conservation Biology 9:1528-1538.

44. Kohn M.H., Murphy WJ., Ostrander EA. and Wayne RK. 2006. Genomics and conservation genetics. Trends in Ecology and Evolution 11: 629-637.

45. Kozak, K. H., C. H. Graham, and J. J. Wiens 2008. Integrating GIS-based environmental data into evolutionary biology. Trends in Ecology & Evolution 23:141-148.

46. Kumar, S., and T. J. Stohlgren 2009. Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree Canacomyrica monticola in New Caledonia. Journal of Ecology and Natural Environment 1:94-98.

47. Lande R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. Science 241: 1455–1460.

48. Marchelli, P., C. Baier, C. Mengel, B. Ziegenhagen, and L. Gallo 2009. Biogeographic history of the threatened species Araucaria araucana (Molina) K. Koch and implications for conservation: a case study with organelle DNA markers. Conservation Genetics.

49. Marquet, P. A. 2000. Informe Final Proyecto Elaboración del Anteproyecto de Reglamento que fija los Procedimientos para la Clasificación de Especies de Fauna y Flora Silvestres en Categorías de Conservación. Pages 54. Conama, Santiago, Chile.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

50. Maunder, M., R. S. Cowan, P. Stranc, and M. F. Fay 2001. The genetic status and conservation management of two cultivated bulb species extinct in the wild: Tecophilaea cyanocrocus (Chile) and Tulipa sprengeri (Turkey). Conservation Genetics 2:193-201.

51. Mittermeier, R. A., N. Myers, J. B. Thomsen, G. A. B. D. Fonseca, and S. Olivieri 1998. Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas: Approaches to Setting Conservation Priorities. Conservation Biology 12:516-520.

52. Montenegro, G., R. Ginocchio, A. Segura, J. E. Keely, and M. Gómez 2004. Fire regimes and vegetation responses in two Mediterranean-climate regions. Revista Chilena de Historia natural 77:455-464.

53. Moreira, A. 2004. Estado de conservación de la flora de Chile: riesos y desafíos. Boletín Especies Amenzadas IUCN Sur 3:5-6.

54. Muñoz, M., H. Nuñez, and J. Yañez 1997. Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en Chile. Ambiente y Desarrollo 13:90-99.

55. Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Da Fonseca, and J. Kent 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403:853-858.

56. Nei, M. 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. PNAS 70: 3321–3.

57. Novoa, P. 2004. Determinación del grado de amenaza del Belloto del Norte (Beilschmiedia miersii), mediante el uso de la metodología de la IUCN 2001. Chloris Chilensis 7.

58. Nybom H. 2004. Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. Molecular Ecology 13: 1143–1155.

59. Ormazabal, C. S. 1993. The conservation of biodiversity in Chile. Revista Chilena de Historia natural 66:383-402.

60. Peakall R. and Smouse, P. E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research . Molecular Ecology Notes 6 : 288–295.

61. Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura, and A. T. Peterson 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. Journal of Biogeography 34:102-117.

62. Phillips, S. J., M. Dudík, and R. E. Schapire 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning, Banff, Alberta, Canada.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

63. Phillips, S. J., R. P. Anderson, and R. E. Schapire 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling 190:231-259.

64. Phillips, S., and M. Dudík 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography 31:161-175.

65. Pimm, S. L., and P. Raven 2000. Extinction by Numbres. Nature 403:843-845.

66. Pimm, S. L., G. J. Russell, J. L. Gittleman, and T. M. Brooks 1995. The Future of Biodiversity. Science 269:347-350.

67. Premoli, A. C., T. Kitzberger, and T. T. Veblen 2000. Conservation genetics of the endangered conifer Fitzroya cupressoides in Chile and Argentina. Conservation Genetics 1:57-66.

68. Pritchard, J., M. Stephens and P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus gentoype data. Genetics 155, 945–959.

69. Ramirez, C., C. San Martin, J. San Martin, and R. Villaseñor 2004. Comparación fitosociológica de los bosques de Belloto (Beilschmiedia, Lauraceae) en Chile central. Bosque (Valdivia) 25:69-85.

70. Ricci, M., and L. Eaton 1997. Do all existing Sophora toromiro descend from one individual? Biodiversity and Conservation 6:1697-1702.

71. Riedemann, P. Y G. Aldunate. 2004. Flora Nativa De Valor Ornamental; Identificación Y Propagación. Chile, Zona Centro. Edición 2, Chile. 566p.

72. Rodrigues, A. S. L., S. J. Andelman, M. I. Bakarr, L. Boitani, T. M. Brooks, R. M. Cowling, L. D. C. Fishpool, G. A. B. Da Fonseca, K. J. Gaston, M. Hoffmann, J. S. Long, P. A. Marquet, J. D. Pilgrim, R. L. Pressey, J. Schipper, W. Sechrest, S. N. Stuart, L. G. Underhill, R. W. Waller, M. E. J. Watts, and X. Yan 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. Nature 428:640-643.

73. Rodríguez, R., and M. Quezada 2001. Lauraceae. Pages 19-25 in C. Marticorena and R. Rodriguez, editors. Flora de Chile. Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

74. Saatchi, S., W. Buermann, H. T. Steege, S. Mori, and T. B. Smith 2008. Modeling distribution of Amazonian tree species and diversity using remote sensing measurements. Remote Sensing of Environment 112:2000-2017.

75. Severns, P. M., and A. Liston 2008. Intraspecific Chromosome Number Variation: a Neglected Threat to the Conservation of Rare Plants. Conservation Biology 22:1641-1647.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

76. Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, p.117.

77. Sing, J. S. 2002. The biodiversity crisis: A multifaceted review. Current Science 82:638-647.

78. Squeo, F. A., G. Arancio, and L. Cavieres 2001. Definición Conceptual y Descripción de la Metodología para Definir el estado de Conservación de la Flora Nativa de la IV Región de Coquimbo. Pages 31-40 in F. A. Squeo, G. Arancio and J. R. Gutiérrez, editors. 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.

79. Swets J. A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science 240: 1285–1293.

80. Torres-Diaz, C., E. Ruiz, F. Gonzalez, G. Fuentes, and L. A. Cavieres 2007. Genetic Diversity in Nothofagus alessandrii (Fagaceae), an Endangered Endemic Tree Species of the Coastal Maulino Forest of Central Chile. Ann Bot 100:75-82.

81. Underwood, E. C., K. R. Klausmeyer, R. L. Cox, S. M. Busby, S. A. Morrison, and M. R. Shaw 2008. Expanding the Global Network of Protected Areas to Save the Imperiled Mediterranean Biome. Conservation Biology 23:43-52.

82. Warren, D.L., R.E. Glor, and M. Turelli. 2010. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. Ecography 33:607-611

83. Williams SE, Bolitho EE, Fox S 2003. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. P Roy Soc Lond B Bio 270: 1887–1892

84. Wolfgang, B., S. Sassan, B. S. Thomas, R. Z. Brian, A. C. Jaime, M. Borja, and H. G. Catherine 2008. Predicting species distributions across the Amazonian and Andean regions using remote sensing data. Journal of Biogeography 35:1160-1176.

85. Zizka, G., M. Schmidt, K. Schulte, P. Novoa, R. Pinto, and K. König 2009. Chilean Bromeliaceae: diversity, distribution and evaluation of conservation status. Biodiversity and Conservation 18:2449-2471.

Investigación ha sido financiada por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.
Proyecto 025/2010 “Distribución, hábitat potencial y diversidad genética de poblaciones de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) y Lúcumo chileno (*Pouteria splendens*)”

033/2012

PERMANENCIA DE BEILSCHMIEDIA MIERSII. REGENERACIÓN SEGÚN CONTENIDO HÍDRICO DEL SUELO Y PRESENCIA DE HOJARASCA. PROPUESTAS

033/2012

Permanencia de Beilschmiedia miersii. Regeneración según contenido hídrico del suelo y presencia de hojarasca. Propuestas

financiado por

Fondo de Investigación del Bosque Nativo

Investigador Responsable

Gabriel Mancilla E., Ph.D., M.Sc.

Co-investigadores

Carlos Magni D., Dr.

Álvaro Promis B., Dr.

Institución Patrocinante

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza

Noviembre, 2014

Santiago, Chile

AGRADECIMIENTOS

El grupo investigador del proyecto 033/2012 estima muy necesario agradecer a las siguientes instituciones y personas por su ayuda prestada para el buen término de este proyecto:

-CONAF, y el grupo de profesionales vinculados al Fondo de Investigación del Bosque nativo.

-El Dr. Helios Murialdo, quien facilitó su predio en Altos de Cantillana para la instalación de ensayos. Su ayuda fue fundamental.

-El Ingeniero Forestal, Sr. Christian Barra, por su labor logística y de administración.

- La Ecóloga paisajista, srta. Fernanda Romero, y por su intermedio, la Corporación Altos de Cantillana.

- Las autoridades de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza (CFCN) de la Universidad de Chile.

- Los académicos de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza (CFCN) de la Universidad de Chile, Sres. Iván Grez, Juan Caldentey y Juan Pablo Fuentes.

- El personal del Centro de Semillas y Árboles Forestales de la CFCN.

- El auxiliar del Dpto. de Silvicultura y Conservación, Sr. Vladimir Chávez, y la secretaria del mismo Departamento, Srta. Verónica Ovalle.

TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos i
Tabla de Contenido 2
Índice de Tablas 3
Índice de Gráficos 5
Índice de Figuras 7
Resumen 9
1. Introducción 10
2. Marco teórico 12
3. Hipótesis 17
4. Objetivos 18
5. Metodología 19
6. Resultados y Discusión 49
7. Conclusiones 112
Bibliografía 114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
5.1	Parámetros básicos de las situaciones en estudio	19
5.2	Tratamientos del experimento	26
5.3	Volúmenes de riego aplicado a las parcelas con tratamiento de alta disponibilidad hídrica, en función de las precipitaciones naturales del sector	29
5.4	Ubicación y descripción de las características climáticas de las localidades seleccionadas.	32
6.1	Composición de bosque adulto	50
6.2	Patrones espaciales de especies en el bosque adulto. Incluye sólo hábito arbóreo.	51
6.3	Patrón espacial de individuos adultos, juveniles y de regeneración de Beilschmiedia miersii en el bosque adulto	52
6.4	Asociaciones espaciales entre árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración de belloto del norte en bosque adulto.	52
6.5	Composición del renoval	53
6.6	Patrones espaciales de especies en el renoval. Incluye sólo hábito arbóreo.	54
6.7	Patrón espacial de individuos adultos, juveniles y de regeneración de Beilschmiedia miersii en el renoval	54
6.8	Asociaciones espaciales de Beilschmiedia miersii con otras especies arbóreas predominantes en el renoval	55
6.9	Asociaciones espaciales entre individuos de regeneración, plantas juveniles y árboles de belloto del norte en el renoval	55
6.10	Análisis de Varianza para el contenido volumétrico de agua del suelo (m^3/m^3) entre réplicas en cada uno de los sitios de estudio en función de la profundidad	57
6.11	Análisis de Varianza de la temperatura horaria del suelo (°C), estableciendo las diferencias entre réplicas por sitio	65
6.12	Efecto de las condiciones de sustrato en la germinación de las semillas de B. miersii	86

6.13	Tasa de mortalidad y potencial hídrico al alba	93
6.14	Variable de crecimiento por localidad posterior a la restricción hídrica	98
6.15	Tabla de costos estimada para exclusión de sitios de regeneración contra predación	100
6.16	Tabla de costos estimada para exclusión de áreas y prohibición de extracción de tierra de hojas	101
6.17	Tabla de costos estimada para riego en áreas de semillación o para plantas de enriquecimiento	102
6.18	Tabla de costos estimada para enriquecimiento con plantas de B. miersii	103
6.19	Tabla de costos estimada para control de especies exóticas agresivas	104

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico	Título	Página
6.1	Ajuste según distribución de Weibull respecto a distribución etaria de peumo, belloto del norte y todas las especies, en bosque adulto.	51
6.2	Vinculación de sitio y profundidad del suelo con el contenido de agua volumétrico promedio diario	58
6.3	Vinculación del sitio con el contenido de agua volumétrico horario medio del suelo.	59
6.4	Vinculación de la profundidad del perfil de suelo con el contenido de agua volumétrico horario medio del suelo	59
6.5	Interacciones entre sitio y profundidad de los valores mensuales de contenido volumétrico de agua en el suelo.	61
6.6	Interacciones entre mes y sitio del contenido volumétrico medio mensual de agua en el suelo.	62
6.7	Precipitaciones mensuales y respuestas en contenido volumétrico de agua del suelo por sitio, mes y profundidad del perfil	63
6.8	Interacción del sitio y hora del día respecto a la temperatura del suelo.	66
6.9	Interacción de la profundidad del perfil de suelo y la hora del día respecto a la temperatura del suelo	67
6.10	Variación de la temperatura mensual media del suelo en período húmedo (abril a septiembre) y seco (octubre a marzo)	68
6.11	Temperaturas medias mensuales en cada sitio y profundidad de suelo, y la correspondiente secuencia de la temperatura del aire.	69
6.12	Número de semillas germinadas vs. Rangos de contenido medio diario de agua del suelo (m^3/m^3) y de temperatura media diaria del suelo (°C).	72
6.13	Densidad media de plantas de B. miersii en los distintos sitios de estudio.	73
6.14	Humedad del suelo según el tratamiento de disponibilidad hídrica asignado.	75
6.15	Contenido de humedad medio del suelo en los distintos sitios, según profundidad de hojarasca asignado	76

6.16	Proporción de semillas germinadas al finalizar periodo de germinación, y plántulas sobrevivientes al cabo de un año, en los distintos sitios.	77
6.17	Proporción de semillas germinadas y de plántulas sobrevivientes en sitio de bosque adulto con belloto, según tratamientos de disponibilidad hídrica y de profundidad de hojarasca.	78
6.18	Proporción de semillas germinadas y de plántulas sobrevivientes en sitio de interfase de bosque con belloto y bosque esclerófilo, de acuerdo a tratamientos de disponibilidad hídrica y profundidad de hojarasca.	79
6.19	Proporción de semillas germinadas y de plántulas sobrevivientes en el sitio de interfase a matorral esclerófilo, según tratamientos de disponibilidad hídrica y de profundidad de hojarasca.	80
6.20	Predación de semillas según nivel de hojarasca asignado	82
6.21	Número de semillas por kilogramo de Beilschmiedia miersii	83
6.22	Porcentaje de viabilidad de semillas	84
6.23	Germinación acumulada para el tratamiento de siembra sobre hojarasca (T1)	87
6.24	Germinación acumulada para el tratamiento de siembra con remoción de hojarasca (T2).	87
6.25	Germinación acumulada para el tratamiento de siembra con escarificación superficial de suelo (T3).	88
6.26	Porcentaje de germinación de semillas de B. Miersii en vivero.	89
6.27	Altura (cm) a la primera temporada de crecimiento B. miersii en vivero.	91
6.28	Diámetro a la altura del cuello (mm) a la primera temporada de crecimiento de B. miersii en vivero.	92
6.29	Número de hojas verdaderas a la primera temporada de crecimiento de B. miersii en vivero	92
6.30	Altura (cm) en B. miersii para tratamiento de riego y restricción hídrica en ensayo de vivero.	95
6.31	DAC (mm) en B. miersii para tratamiento de riego y restricción hídrica en ensayo de vivero.	96
6.32	Número de hojas verdaderas en B. miersii para tratamiento de riego y restricción hídrica en ensayo de vivero.	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
5.1	Ubicación de sitios del estudio	21
5.2	Semillas de B. miersii sobre la hojarasca, posterior a la dispersión.	25
5.3	Fotografía (a): Germinación natural de semillas de B. miersii; Fotografía (b): despeje de la hojarasca de la parcela, previo a la siembra; Fotografía (c): disposición de las semillas en la parcela, separadas 5 cm entre sí.	27
5.4	Fotografía (a): Parcela sin cubierta de hojarasca; Fotografía (b): parcela con cubierta de 12 cm de hojarasca; Fotografía (c): disposición de las parcelas en el sitio "matorral".	28
5.5	Fotografía A: Esquema de la distribución espacial del ensayo en terreno. Fotografía B: Disposición de las semillas en el interior de las jaulas.	34
5.6	Fotografía D: T1: Siembra sobre la hojarasca; Fotografía E:T2: Remoción parcial de hojarasca; Fotografía F.: T3: Escarificación de la capa superficial del suelo.	35
5.7	Esquema de la distribución espacial de las plantas en cada tratamiento.	36
5.8	Invitación enviada a seminario-taller en Altos de Cantillana	44
5.9	Programa extendido en seminario-taller de Altos de Cantillana	45
6.1	Germinación de semillas en tratamientos (fotografía izquierda) y supervivencia de plantas (fotografía derecha).	77
6.2	Semillas atacadas por ratones	81
6.3	Predación de semillas de B. miersii.	85
6.4	Disposición de las plantas de B. miersii en vivero	90
6.5	Morfología de B. miersii para tratamiento de riego y restricción hídrica en ensayo de vivero.	94
6.6	Registro de asistencia a taller de divulgación y capacitación en Altos de Cantillana.	107
6.7	Noticia sobre seminario-taller en Altos de Cantillana, aparecida	109

	en sitio web de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, a partir del 9 de noviembre de 2014.	
6.8	Imágenes de las actividades del taller de divulgación en aula (fotografía superior) y posterior recepción a los participantes (fotografía inferior)	110

RESUMEN

Entre octubre de 2012 y septiembre de 2014 se desarrolló una serie de ensayos de terreno, colecta de semillas, actividades en vivero y otras vinculados al proyecto "Permanencia de Beilschmiedia miersii. Regeneración según contenido hídrico del suelo y presencia de hojarasca. Propuestas", financiado por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo, gestionado por CONAF.

El estudio comprendió las estrategias de propagación de belloto y los factores que le afectan, la estructura del bosque, su genética, las dinámicas hídricas y térmicas de los suelos y su vinculación con la germinación de semillas y el desarrollo de las plantas. Todo lo anterior, para poder sugerir fundadas medidas que permitan la conservación de la especie.

Desde ya, es importante destacar algunos de los resultados encontrados. Belloto tiene buena semillación, sin embargo su semilla es fuertemente atacada por los roedores y sus plantas son muy palatables para animales herbívoros. Estos factores, por sobre cualquier otro, están ocasionando la regresión espacial de la especie. La hojarasca que se dispone en los pisos de los bosques en que se inserta belloto es un gran aliado para conservar la especie. La capa de hojarasca permite mantener un rango adecuado de humedad en la interfase con el suelo mineral, sección en la cual la semilla de belloto puede germinar y arraigarse al piso. Además, se constató que la hojarasca actúa también como un escudo protector para las semillas de belloto ante el ataque de ratones, quienes optan por consumir las semillas que quedan en superficie. La sombra y microclima que genera una amplia cobertura boscosa favorece también la estabilidad de la especie; por el contrario, la excesiva apertura del bosque y consiguiente ingreso de luz e incremento de la temperatura ambiente, son también dañinos para la especie.

Como medidas factibles de implementar y bonificar para quienes trabajen en la conservación de belloto, está el impedir la extracción de tierra de hojas, favorecer la condición segura para la especie (evitar los grandes claros y excluir el ingreso de animales, especialmente herbívoros), realizar faenas de enriquecimiento y riego de establecimiento, además de controlar especies exóticas agresivas.

1. Introducción

Beilschmiedia miersii (Gay) Kosterm (Belloto del norte) es una especie arbórea siempreverde endémica de Chile, perteneciente a la familia de las lauráceas.

Aspectos tales como la sequía, la predación de semillas, la herbivoría de plantas, la expansión urbana y rural, entre otras, están afectando fuertemente su población y posibilidad de mantenerse en el tiempo. A tal punto que hoy es considerada una especie en categoría de conservación vulnerable.

El proyecto que acá finaliza ha constatado una serie de factores que definen la presencia o ausencia de belloto del norte en un sitio determinado, su regeneración, establecimiento y problemas asociados. Es un primer paso hacia lo que debe ser una línea definida de investigación y de aportes al desarrollo de medidas adecuadas y aplicables que permitan conservar la especie.

El estudio, que se llevó principalmente a cabo en la localidad de Altos de Chocalán, perteneciente a la Reserva Natural privada de Altos de Cantillana, representa solo a una parte de las poblaciones de Beilschmiedia miersii. Sin duda habrá particularidades de los distintos sitios en que la especie se emplaza, que no han podido ser evidenciados en nuestro estudio. Es por ello que no debe darse por finalizado este esfuerzo por la conservación de belloto del norte, sino que, por el contrario, debe asumirse como un paso en un largo camino.

Para quienes conviven a diario con las ciencias forestales, o bien se desempeñan en el área de la conservación y fomento de los recursos forestales nativos de Chile, la condición en que se encuentran las poblaciones de belloto del norte es una tragedia. Es lamentable constatar que la realidad de muchas especies nativas de nuestro país es similar a esta. El esfuerzo que científicos, ingenieros forestales, naturalistas u otros profesionales o individuos comunes o corrientes, generan y realizan para preservar estos patrimonios naturales de vida que son las especies vegetales, no es del todo comprendido por la comunidad en general.

Instrumentos como el Fondo de Investigación del Bosque Nativo son elementos necesarios para poder avanzar en la conservación de nuestros bosques. Sin embargo son insuficientes. No obstante, depende de quienes nos desempeñamos en el entorno de los bosques el generar otros instrumentos, o bien potenciar los existentes. En la medida que se honre la calidad de la investigación, la utilidad de los resultados generados y la práctica de las recomendaciones y sugerencias emanadas, se verán los frutos de este Fondo de Investigación. Es también materia de quienes rodeamos estos bosques, el ser capaces de difundir y aumentar el conocimiento y respeto por los recursos forestales nativos a la comunidad toda. Es el momento en que la ciencia debe, de una vez por todas,

comprender que los descubrimientos deben ser masificados en los medios que la población utiliza.

2. Marco teórico

2.1. Contexto y exposición del problema

Beilschmiedia miersii (Gay) Kosterm, Belloto del Norte, es una especie endémica de la familia Lauraceae, y se encuentra en estado de conservación de vulnerable. Se distribuye en sub-poblaciones altamente fragmentadas ubicadas preferentemente en la Cordillera de la Costa en las Regiones V, VI y RM (Ramírez et al. 2004). Actualmente se estima que existen unos 180.000 individuos agrupados en sub-poblaciones muy fragmentadas que crecen en 162 localidades y cubren aproximadamente 5.000 ha, la mayoría de las cuales se encuentran en los límites administrativos de la V Región (Novoa, 2004).Desde el punto de vista del hábitat, el Belloto del Norte ocupa con frecuencia quebradas bien conservadas de la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa y su distribución hacia el poniente alcanza hasta el litoral por el norte (Novoa, 2004). Prefiere posiciones ambientales favorables como los lechos de las quebradas cerca de cursos de agua, en laderas protegidas de exposición sur y en pequeños valles, aunque se postula su presencia pasada en sectores planos o de pendiente suave y en la depresión central, al sur del río Maipo, donde se habría extinguido, salvo en la localidad de Aculeo (Gajardo, 1986). Sus bosques forman parte de la Región de los Bosques Esclerófilos de Chile Central, clasificados en la asociación vegetal Beilschmiedietum miersii Schmith (Ramírez et al. 2004). B. miersii forma bosques en asociación con peumo, canelo, lingue, Escallonia spp., y varias mirtáceas entre otras especies higrófilas (Novoa 2004). A pesar de la producción estacional y cíclica de los frutos, las semillas son de carácter recalcitrante o de vida corta, de germinación hipógea o semicriptocotilar por lo cual es de gran importancia las condiciones microambientales del sustrato (luz, humedad, etc) para facilitar la germinación y establecimiento de los nuevos individuos. (Serra et al., 1986)

Los bosques en que se desarrolla belloto del norte son de tipo azonales y de alta fragilidad. En particular, en su área de distribución existe una alta presión de uso, tanto por el uso de los suelos (fundamentalmente ganadería, tanto en el entorno como en los mismos bosques), como en el elemento que los sustenta, el agua (para usos agrícolas).

Estas sub-poblaciones se encuentran amenazadas en toda su distribución debido principalmente al cambio de uso del suelo y al ramoneo permanente de ganado (Novoa, 2004). Adicionalmente, la fuerte depredación de semillas y plántulas podría afectar la regeneración del bosque y agregar limitantes adicionales en la sobrevivencia de la población a largo plazo (Henríquez y Simonetti, 2001). También, se ha postulado la posibilidad que la principal causa del decrecimiento de la población es la escasez de humedad que afecta a las plántulas, por cuanto la presencia de la especie podría ser un relicto de climas más húmedos del pasado (Novoa, 2004). Este decrecimiento es crítico si se

considera el cambio climático y sus efectos en la zona central de Chile, donde se prevé un aumento progresivo de la temperatura y una disminución de las precipitaciones (CONAMA, 2006). Sin embargo, existe además el agravante de la eliminación de sotobosque y mantillo en la mayoría de las poblaciones (por acción del ganado o del hombre de forma directa), lo cual contribuye fuertemente a la mortalidad de la escasa regeneración natural (Becerra et al., 2004).

Por otro lado, la alta fragmentación y aislamiento de la población puede tener consecuencias en la viabilidad de ésta debido a un restringido flujo génico, lo que tiene efectos directos sobre la capacidad de resiliencia de la especie frente a los cambios en el paisaje (Hamrick, 2004). La baja diversidad genética de las poblaciones pone en riesgo la capacidad adaptativa de éstas frente a fenómenos como la fragmentación del hábitat y el cambio climático, situación que afecta actualmente al Belloto del Norte. Contrariamente, en aquellas poblaciones genéticamente diversas pueden ocurrir recombinaciones que producen genotipos mejor adaptados a las nuevas condiciones ambientales. A pesar que la longevidad de las especies arbóreas es una desventaja frente a variaciones ambientales rápidas y sostenidas, y aunque el reclutamiento de la población sea menor al necesario para el recambio total de la misma, la mantención de altos niveles de diversidad genética en poblaciones marginales o aisladas sometidas a fuertes presiones de selección, les permite responder de mejor manera a los cambios en las condiciones ambientales que aquellas genéticamente poco diversas (Hamrick, 2004). Por esta razón, es necesario conocer el estado de la diversidad genética de las poblaciones fragmentadas debido a que esto entrega su capacidad de responder exitosamente a los cambios ambientales, así como también generar herramientas útiles para la generación de planes de conservación eficaces y dirigidos.

Complementariamente, el análisis del estado de regeneración de una especie es una herramienta adicional para el estudio de la sobrevivencia de las poblaciones a largo plazo, pues permite saber si la tasa de reclutamiento de una determinada población depende de factores genéticos o ambientales, o ambos.

La combinación de análisis de diversidad genética con inventarios de reclutamiento es una herramienta necesaria para saber el estado de la población e identificar aquellas sub-poblaciones que requieren de un mayor esfuerzo de conservación o una eventual restauración. Además, genera una fuente de información importante para la conservación ex-situ pues genera un mapa donde se pueden ubicar los sitios cuya fuente de propágulos asegure la mantención de la diversidad genética de la población y su perdurabilidad a largo plazo.

Uno de los problemas que se presenta Belloto del norte es la falta de información sobre aspectos básicos de biología reproductiva o ecología, pues no conocemos antecedentes simples como: tasa de autopolinización

o autoincompatibilidad, edad de floración, facilidad de colecta de polen y semillas en sus distintas poblaciones. Esta falta de información plantea preguntas para actividades de terreno tales como, ¿Belloto del norte florece y producen semillas de alta viabilidad todos los años?, ¿su regeneración es importante para asegurar un reclutamiento que permita mantener sus poblaciones en el largo plazo?. La falta estos antecedentes son un problema al momento de la toma de decisiones sobre cuestiones operacionales simples, tales como, la colecta de material reproductivo de una localidad lejana.

Altos de Cantillana concentra una relevante porción de los bosques en que belloto del norte está presente. Sin embargo, una serie de presiones y sucesos han hecho que estos bosques sean particularmente sensibles y con una constante amenaza a su preservación. Es por ello que dicho sector es considerado Sitio Prioritario 1 de conservación a nivel regional. Entre las amenazas para la conservación, Novoa (2004) indica las habilitaciones agrícolas para cultivos de frutales y parcelas de agrado; proyectos de desarrollo minero; consumo de semillas y ramoneo y pisoteo permanente por parte de ganado. Además, es necesario señalar, como fue evidente este verano, la proliferación de incendios forestales.

Por lo anterior, la formación de belloto del norte que se propuso estudiar fue la de Altos de Cantillana. En dicho sector, los bosques no escapan a la problemática señalada, es decir una fuerte presión antrópica en el bosque y entorno derivada del uso ganadero, agrícola y por la proliferación de parcelas de agrado que implican la presencia humana en sitios donde antes no estaba, además de fragmentación de las sub-poblaciones. Aparte de esto, el sector de estudio, en particular, constituye además una necesidad para mantener los patrones de calidad de agua, la cual es vital también para la funcionalidad de la laguna de Aculeo.

Dados los argumentos anteriores es que se propuso conocer los patrones más adecuados de regeneración de belloto del norte, de tal forma de efectuar las propuestas más efectivas y eficientes para asegurar la permanencia de los bosques en que este se inserta. De esta forma, se abarcó conocer los patrones génicos presentes, estimar su calidad de semillación, conocer cómo y cuánto las semillas son afectadas por la carencia de humedad del suelo o la extracción de sotobosque o residuos vegetales.

La importancia o relevancia de esta investigación radicó en los siguientes hitos:

a. Permitió adquirir conocimiento de campo acerca de las estrategias de regeneración de belloto del norte y sus flujos génicos, especie vulnerable y de alto valor para la conservación de la biodiversidad del país.

b. Permitió constatar cuáles son las amenazas concretas que afectan el éxito de la regeneración natural de belloto del norte, como también los factores que la favorecen.

c. Propuso alternativas de manejo plausibles de ser bonificables, y en pos del favorecimiento de la regeneración y recuperación de los bosques de belloto del norte, en el marco de las actuales condiciones del entorno y de los procesos climáticos.

d. Entregó los recursos básicos para divulgar, tanto a la población local (en contacto directo con los bosques de belloto), como a los profesionales de CONAF, las propuestas generadas con sus respectivas bases y evidencias técnicas.

e. Entregó los recursos básicos para capacitar y transferir la tecnología generada a los usuarios descritos en el punto anterior.

f. Fue desarrollado por un equipo profesional y técnico competente en la materia, con centros y materiales disponibles.

2.2. Justificación

Uno de los tipos de bosques que posee más alta biodiversidad corresponde a los bosques azonales. Este es el caso de Belloto del Norte, objeto de este estudio propuesto. Estos dependen más de las condiciones de agua edáfica que cualquier otro tipo de bosque de la zona. B. miersii florece entre los meses de diciembre y febrero y la maduración de los frutos ocurre entre los meses de febrero y abril del mismo año (Cabello 2007). La germinación de semillas es buena, por lo que se asumen que las semillas son viables, pero el reclutamiento de plantas es casi nulo dentro de sus bosques, siendo probablemente el factor hídrico el más limitante para su desarrollo (Cabello, 2007). En efecto, la caída de semillas viables al piso ocurre en la época cuando la humedad del piso es la menor. En relación a esto, sería lo normal que la presencia de hojarasca ocasione que las gradientes de temperatura a nivel del piso sean menores que en los suelos desnudos, lo cual permitiría mantener la humedad en el suelo durante mayor tiempo y favorecer así el éxito de la germinación. Bajo estos conceptos, las estrategias que favorezcan la germinación pasarían por disminuir las tasas de evaporación de agua desde el piso forestal, como también evitar la proliferación de especies de rápido crecimiento que evapotranspiren grandes cantidades de

agua. Sin embargo, tanto el entorno como el interior (aunque en alguna menor medida), de los bosques donde se localiza belloto del norte, muestran evidencias claras de la presencia de ganado y de la acción humana que implica la formación de senderos, destrucción de árboles, extracción de hojarasca y material leñoso. Dichas acciones, sin duda, tienden a generar aperturas de dosel y aumentos de temperatura en el piso del bosque, lo cual no sólo incrementaría la evaporación, sino que podría favorecer el ingreso de especies competidoras.

La realización del estudio aquí propuesto iba a permitir conocer los umbrales respectivos bajo los cuales se puede mantener la regeneración de belloto del norte de una manera adecuada. Así, podrían especificarse las técnicas de manejo, ya sea del suelo, de semillas o de la vegetación, y las exclusiones que sean necesarias para permitir no sólo la buena semillación de los árboles, sino que también que su germinación sea exitosa y perdure en el tiempo.

Cabe señalar que existen estudios referidos a la germinación de semillas de belloto del norte de manera experimental en laboratorio, como ser el efectuado por Anselmo (1998) y el de Becerra et al. (2004).

Por otra parte, en el sector de estudio, este bosque realiza un importante aporte ambiental que es necesario mantener, como lo es el proveer de agua de calidad para la Laguna de Aculeo, cuerpo de agua que se encuentra en un estado crítico de conservación.

Los habitantes locales, si bien pueden reconocer lo importante de los bosques en donde se encuentra B.miersii en cuanto a paisaje o funciones básicas, pueden no comprender los efectos que sus acciones tienen para la conservación de la especie. Es por ello que se requiere de forma imperativa educar al medio local en estas materias, de tal manera de transformar sus actividades en acciones mejor planificadas y en áreas en las cuales no afecten la germinación, desarrollo y crecimiento de los bosques en donde se desarrolla belloto del norte.

Igualmente, el organismo fiscalizador, CONAF, requiere ser capacitado en propiedad de las propuestas de manejo que se deriven de la presente investigación, especialmente en lo relativo a las técnicas, intensidades, costos estimados, periodicidades, cuidados, entre otros.

Cabe señalar que, a la fecha, no existían técnicas de manejo específicas para B. miersii, tanto para favorecer su propagación natural como para favorecer su producción de semillas.

Adicionalmente, se contó con la experiencia tangible de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile en estas materias, ya que una buena parte de los escasos estudios sobre belloto del norte han sido desarrollados en ella. En este marco, el grupo investigador contó con el Centro de Semillas de Árboles Forestales (CESAF), el cual mantiene los protocolos y equipamiento necesario para lo que sea requerido por este estudio. Dos de los investigadores son colaboradores permanentes de CESAF.

3. Hipótesis

El establecimiento de técnicas de manejo para la permanencia de bosques de B. miersii debe basarse en aspectos vinculados a la germinación y establecimiento de la regeneración de la especie. Esta debe ser dependiente de la humedad edáfica e independiente de la cantidad de diversidad genética presente en el sitio de estudio. Entonces la escasez de humedad y la eliminación de la hojarasca contribuyen fuertemente a la mortalidad de la regeneración natural.

4. Objetivos

Objetivo General: Establecer las medidas de manejo más adecuadas para la permanencia de los bosques de B. miersii, en virtud de estudiar sus estrategias de propagación y en acuerdo con las necesidades de la ley 20283 respecto a este tipo de bosques.

Objetivo Específico 1: Caracterizar la estructura del bosque y la regeneración natural presente en ellos.

Objetivo Específico 2. Analizar el estado hídrico del bosque y su efecto sobre el establecimiento y reclutamiento de plantas de regeneración natural de B. miersii en el bosque.

Objetivo Específico 3. Estudiar en el bosque la respuesta en germinación y establecimiento de la regeneración de B. miersii en un gradiente de humedad y de profundidad de hojarasca o mantillo.

Objetivo Específico 4. Analizar la capacidad de germinación y desarrollo inicial de plántulas, a través de un ensayo de progenie.

Objetivo Específico 5. Proponer técnicas de manejo potencialmente bonificables y replicables, que propendan a la permanencia de los bosques en donde belloto del norte está presente.

Objetivo Específico 6. Capacitar a la comunidad en la importancia de la mantención y recuperación de bosques relictos de belloto debido a los beneficios ambientales que prestan en su entorno (calidad de vida, calidad de agua, diversidad biológica y conservación de suelo).

Objetivo Específico 7. Capacitar y transferir la tecnología resultante de este proyecto, así como las formas de monitorearlas y evaluarlas, a los profesionales de CONAF

5. Metodología

Objetivo específico 1: Caracterizar la estructura del bosque y la regeneración natural presente en ellos.

El estudio se realizó en un bosque adulto y un renoval de Beilschmiedia miersii. El bosque adulto se ubicaba en una ladera con exposición SE, en el sector "Bosque Patagual" y poseía coberturas muy variables, de 20 a 80%, y una altura media de 21 m. A su vez, el renoval se localizaba en el sector denominado como la "Quebrada del árbol" (33°51'S, 71°0'W), 450 a 700 m.s.n.m., tenía una cobertura de 80 a 100% y alturas medias de 18 m. Las características de los sitios constan en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Parámetros básicos de las situaciones en estudio

Bosque	Lat./Long.	Altitud (m.s.n.m.)	Pendiente (°)	Exposición	Altura prom. (m)	Cobertura (%)
Adulto	33°52´23,1" S/ 70°55'47,7"W	425	0 - 10	SE	21	20 - 80
Renoval	33°51´2,03" S/ 71°0'30,35"W	560	15 - 40	SO	18	80 - 100

En cada bosque se instaló una parcela de 4.000 m2 (80 x 50 m). Los árboles y las plantas juveniles de todas las especies arbóreas fueron localizados espacialmente con coordenadas cartesianas mediante 40 cuadrículas de 10 x 10 m. También fueron localizadas espacialmente las plantas de regeneración de B. miersii. Las distancias en pendientes fueron convertidas en distancias horizontales.

Dependiendo del número de fustes, los individuos fueron clasificados en monofustales y multifustales. Los individuos monofustales presentaron un solo fuste principal, mientras que los individuos multifustales presentaron más de uno.

Los fustes con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor a 5 cm fueron catalogados como árboles. Plantas juveniles fueron definidas como aquellos individuos con un DAP menor a 5 cm y una altura igual o mayor a 50 cm, independientemente si eran de origen sexual o asexual. Planta de regeneración correspondió a los individuos de origen sexual menores a 50 cm de altura. Plantas de regeneración menores a 5 cm de altura fueron consideradas efímeras y no fueron contabilizados.

El análisis de datos consideró los siguientes puntos:

a. La distribución diamétrica: La estructura diamétrica se analizó mediante un ajuste de la función de densidad de probabilidad de Weibull a

los datos de diámetro para la comunidad y para las especies arbóreas que presentaron una densidad mayor a 10 individuos en la parcela. La función de Weibull es ampliamente utilizada en el ajuste a distribuciones diamétricas debido a que permite representar distribuciones simétricas y asimétricas de diversas formas que pueden ser adaptados a rodales multietáneos como coetáneos (Bailey y Dell, 1973; Pretzch, 2009).

b. La distribución espacial: El análisis de los patrones espaciales fue realizado a través de la función K (t) de Ripley (Ripley, 1977).La función K (t) de Ripley es frecuentemente empleada en el análisis de patrones espaciales en ecología forestal (Liebhold y Gurevitch, 2002; Rozas y Camarero, 2005; De La Cruz, 2006; Law et al., 2009). Su aplicación en los bosques permite determinar los patrones de distribución de árboles de forma más clara y precisa que otros índices obtenidos a partir de la distancia entre árboles o los índices basados en el número de árboles en cuadrantes (Rozas y Camarero, 2005; Pretzsch, 2009). Es particularmente muy útil en bosques con gran variabilidad espacial debido a su capacidad de detectar patrones espaciales a diferentes escalas (Moeur, 1993; De La Cruz, 2006). Se calculó la función K (t) de Ripley en su forma univariante y bivariante para las especies con más de 10 árboles a nivel de parcela con el objeto de obtener una mejor consistencia de los resultados (Arévalo y Fernández, 2003; Salas et al., 2006).

Objetivo específico 2: Analizar el estado hídrico del bosque y su efecto sobre el establecimiento y reclutamiento de plantas de regeneración natural de B. miersii en el bosque.

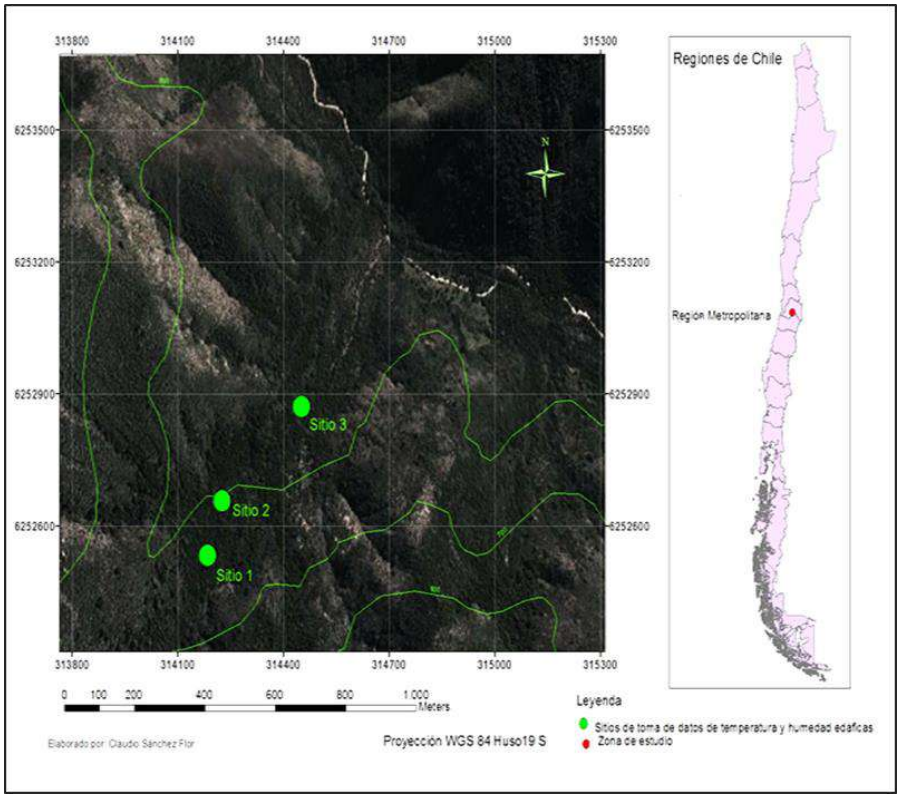
Este objetivo tenía como finalidad el establecer el comportamiento hídrico del piso en que se desarrolla B. miersii. Para ello se comparó sectores en que predominaba la especie, con otros en que la especie era más bien secundaria o bien casi inexistente. Esto último significaba que las condiciones para el desarrollo de belloto no eran las óptimas, o bien favorecían a otras especies. Las tres situaciones puntuales escogidas entonces fueron (Figura 5.1):

i. Sitio 1: Bosque adulto con belloto (importante presencia de belloto en un ambiente de condiciones que se muestran adecuadas);

ii. Sitio 2: Interfase de bosque con belloto y bosque esclerófilo (belloto comparte con especies de bosque esclerófilo, en un ambiente que comienza a ser más conveniente para estas últimas. Similar al sector denominado como renoval en el objetivo específico 1);

iii. Sitio 3: Sector abierto de matorral esclerófilo (condición de mayor sequedad, en que predomina el matorral y belloto ya casi no está presente).

Figura 5.1. Ubicación de sitios del estudio



Elaborado por C. Sánchez

Para poder determinar las dinámicas hídrica y de temperatura del suelo, en cada uno de los sectores definidos se instaló sensores de humedad y temperatura Decagon® 5TEa 10, 20 y 30 cm de profundidad en el perfil de suelo, con tres repeticiones para cada sector. Es decir, hubo un total de 9 sensores por sitio, y 27 en total. Los sensores captan un valor indirecto para determinar la humedad del suelo (se debe aplicar una ecuación a explicar luego), y la temperatura del suelo a las diferentes profundidades, cada una hora. Los datos eran almacenados en dataloggers Decagon® EM50 instalados próximos a los sensores. Los datos fueron colectados cada semana o cada 15 días, dependiendo de la factibilidad de visita a terreno.

a. Mecanismo de obtención de la humedad edáfica

Como fue mencionado, los sensores captaron un valor que debió ser transformado para definir la humedad del suelo. El valor que arrojaba el sensor 5TE se dividió por 50 para obtener las unidades dieléctricas (εb), y luego el contenido volumétrico de agua se determinó mediante la ecuación de Topp et al. (1980):

$$\phi(m^3/m^3) = 4{,}3 \times 10^{-6} * \varepsilon b^3 - 5{,}5 \times 10^{-4} * \varepsilon b^2 + 2{,}92 \times 10^{-2} * \varepsilon b - 5{,}3 \times 10^{-2}$$

Donde εb es el resultado del sensor dividido por 50 (Decagon Services, 2013).

b. Relación de los gradientes de temperatura y humedad del suelo con la proporción de germinación de semillas y desarrollo inicial de la regeneración

Para verificar el efecto de la temperatura y la humedad del suelo sobre el establecimiento y reclutamiento de plantas, se comenzó realizando ensayos de germinación de semillas en cada uno de los sitios escogidos (experimentos que se explicarán como parte del objetivo específico 3). Se correlacionó el número de semillas germinadas de cada sitio con los datos de temperatura y humedad edáfica diaria que se generaron en esta investigación.

Asimismo, se calculó la cantidad de calor necesaria para la germinación de semillas de belloto del Norte en días-grado para los tres sitios de estudio, por medio de la ecuación planteada por Bierhuizen y Wagenvoort (1974):

$S = (\dot{t} - t\ min) \times t$

Donde:

S = Cantidad de calor

$\dot{t}$ = temperatura promedio diaria

T min = temperatura mínima de germinación de la especie

t = número de días

Como la temperatura mínima de germinación de belloto del Norte, se empleó 10° C, según plantearon Cabello y Anselmo (1999). La cantidad de calor se evaluó con datos de entre Abril 2013 a Enero 2014.

Para evaluar la regeneración en cada sitio, fueron delimitadas 10 parcelas de 4 m^2cada una. En cada parcela se hizo conteo de plantas, expresando el resultado en plántulas/m^2. Al término de la temporada invernal se seleccionó al azar 10 plántulas de regeneración en cada sitio, midiendo y calculando la relación entre su respectiva altura y longitud radicular (PA/PR). La razón PA/PR fue entonces estadísticamente vinculada a los gradientes de humedad y temperatura del suelo.

c. Variables y análisis de datos

Los datos se analizaron utilizando el software SPSS®. Para verificar diferencias estadísticas significativas en la temperatura media diaria del suelo horaria entre réplicas y según profundidad del suelo, se efectuó Análisis de Varianza y pruebas de Tukey al 95% de confianza. Similar análisis fue realizado para la humedad del suelo.

A través de un Análisis de Varianza de Medidas Repetidas y prueba de Tukey a 95% de confianza, se determinó las probables diferencias entre sitios de las variaciones en tiempo de la humedad edáfica horaria media, humedad edáfica mensual media, temperatura edáfica horaria media y temperatura edáfica mensual media, para lo cual se consideró dos temporadas: Otoño-Invierno (Abril-Septiembre 2013) y Primavera-Verano (Octubre 2013-Marzo 2014).

Por otra parte, para vincular el número de semillas germinadas con la humedad edáfica diaria promedio, como también el número de semillas germinadas a la temperatura edáfica diaria promedio, se llevaron a cabo análisis de correlación, para lo cual se consideró conteo de semillas en cinco ocasiones (16 de mayo, 5 de junio, 12 de julio, 1 de agosto,14 de agosto y 28 de agosto, todos en el año 2014).

La información de precipitación mensual necesaria para algunos análisis fue proporcionada por la Estación Meteorológica Isla de Maipo, distante 14 kilómetros del lugar del ensayo (coordenadas UTM: Huso 19H, Norte: 6262411, Este: 325268) (Sistema Agroclimático Fundación para el Desarrollo Frutícola-Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-Dirección Meteorológica de Chile, 2014), siendo este el registro continuo más cercano disponible.

Objetivo específico 3. Estudiar en el bosque la respuesta en germinación y establecimiento de la regeneración de B. miersii en un gradiente de humedad y de profundidad de hojarasca o mantillo.

Al igual que para el objetivo específico 2, se realizó experimentos de terreno en el sector denominado Quebrada del Árbol. En dicho lugar se trabajó en las mismas tres situaciones o sitios ya descritos, vale decir un bosque adulto con B. miersii, de alta densidad y cobertura; un sector representativo del ecotono entre dicho bosque y el matorral esclerófilo, de menor densidad y cobertura; y un sector dominado por matorral esclerófilo abierto.

La metodología aplicada comenzó con la colecta de semillas de B. miersii durante la última semana del mes de febrero de 2013, la cual se efectuó en el sector de Quebrada del Árbol y áreas aledañas. Las semillas se colectaron extrayéndolas desde los propios árboles, o bien desde el suelo (figura 5.2). A la fecha de la colecta, las semillas se encontraban en pleno proceso de maduración y dispersión (Donoso y Cabello, 1978; Cabello, 1987). El número de semillas recolectadas fue de 4.000, y se almacenaron hasta su siembra en el Centro de Semillas y Árboles Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile. En el Centro mencionado se determinó que la viabilidad de las semillas fue de 89%, y que un kilogramo se componía de 66 semillas.

Figura 5.2. Semillas de B. miersii sobre la hojarasca, posterior a la dispersión.

Fotografía de A. Promis

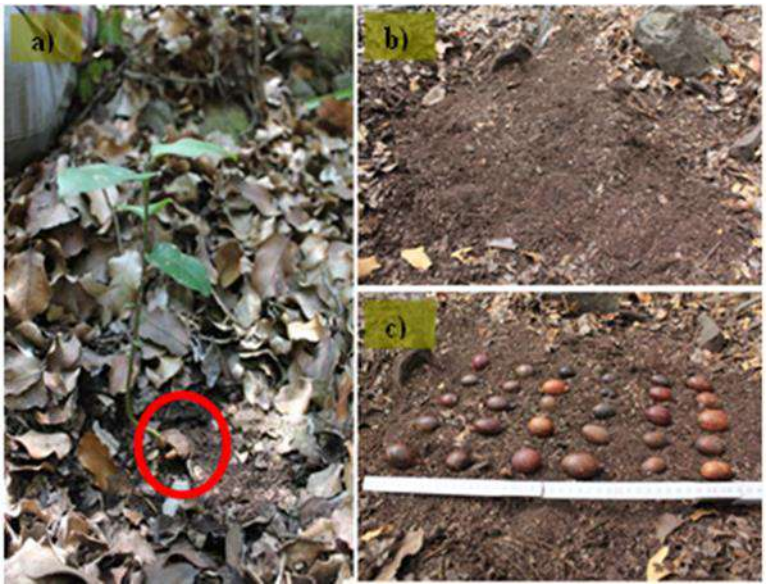
En terreno, los ensayos se emplazaron en las tres situaciones durante la primera semana de abril de 2013, estableciéndose un diseño estadístico factorial completamente aleatorizado, con 6 tratamientos y cuatro repeticiones en cada situación (24 unidades experimentales por sitio o situación). Los tratamientos resultaron de la combinación de dos niveles de humedad del sustrato (alta y baja), y de tres niveles de profundidad de hojarasca (0, 5 y 12 cm) (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Tratamientos del experimento

Tratamiento	Factores	
	Profundidad de hojarasca (cm)	Disponibilidad hídrica
T- 1	0	Baja
T- 2	0	Alta
T- 3	5	Baja
T- 4	5	Alta
T- 5	12	Baja
T- 6	12	Alta

Cada unidad experimental consistió en pequeñas parcelas de 2.058 cm^2 (0,2058 m^2), dentro de las cuales se sembraron 30 semillas de las previamente colectadas. Las parcelas fueron sistemáticamente distribuidas en cada uno de los sitios. Similar a lo observado en terreno de manera natural, las semillas se dispusieron en la interfase entre el horizonte orgánico y la capa inferior de la hojarasca. Antes de la siembra se extrajo toda la hojarasca presente en cada parcela (figura 5.3b), para luego disponer las 30 semillas de manera homogénea, separadas 5 cm entre sí. Hecho lo anterior, las semillas fueron cubiertas con hojarasca de acuerdo al tratamiento asignado, o dejarlas descubiertas (Figura 5.3c).

Figura 5.3.Fotografía (a): Germinación natural de semillas de B. miersii; Fotografía (b): despeje de la hojarasca de la parcela, previo a la siembra; Fotografía (c): disposición de las semillas en la parcela, separadas 5 cm entre sí.



Fotografías de K. Kremer

Dependiendo del tratamiento asignado, las semillas eran cubiertas con una mezcla homogénea de hojarasca, para luego proteger las parcelas con domos de malla metálica, fijados al suelo con estacas metálicas (Figura 5.4), a fin de evitar la acumulación de más hojarasca sobre las semillas y protegerlas de los predatores.

Figura 5.4. Fotografía (a): Parcela sin cubierta de hojarasca; Fotografía (b): parcela con cubierta de 12 cm de hojarasca; Fotografía (c): disposición de las parcelas en el sitio "matorral".

Fotografías de K. Kremer

A las semillas de parcelas con tratamientos de disponibilidad hídrica alta se les proveyó de agua que permitió duplicar la precipitación natural, según la media mensual estimada para el sector (Uribe et al. 2012) (Tabla 5.3). El volumen mensual estimado se dividió en dos dosis aplicadas cada 15 días.

Tabla 5.3. Volúmenes de riego aplicado a las parcelas con tratamiento de alta disponibilidad hídrica, en función de las precipitaciones naturales del sector.

Mes	Precipitación media mensual (mm)	Volumen de riego (Litros)
Abril	31,0	3,2
Mayo	71,7	7,4
Junio	121,2	12,5
Julio	126,0	13,0
Agosto	79,1	8,1
Septiembre	35,3	3,6
Octubre	13,3	1,4

Fuente: K. Kremer, basado en Uribe et al.,(2012).

A las semillas de disponibilidad hídrica baja, no se les adicionó agua.

Se registró cada 15 días el número de semillas germinadas en aquellas parcelas sin cubierta de hojarasca. Cuando el número de semillas germinadas en las parcelas sin hojarasca no varió, el período de germinación se estimó finalizado y se realizó la evaluación general de semillas germinadas en todas las parcelas. En las parcelas cubiertas con hojarasca, ésta fue removida cuidadosamente, para luego, después de contar las semillas germinadas, reubicarla en su posición original.

Tras el período de germinación, es decir desde noviembre 2013 a marzo 2014, se aplicó 5 litros de agua mensuales a las parcelas con tratamiento de disponibilidad hídrica alta. Posteriormente, en abril 2014 se hizo el catastro de plantas sobrevivientes de cada parcela, registrando además la magnitud de semillas depredadas.

Objetivo específico 4: Analizar la capacidad de germinación y desarrollo inicial de plántulas, a través de un ensayo de progenie.

Para cumplir la metodología propuesta del objetivo cuatro planteado se desarrollaron las siguientes actividades:

a. Colecta de semillas.

Las actividades consideraron:

1. Visita de sectores con bosques y bosquetes de Belloto en toda su distribución.
2. Apresto de semillas y almacenamente del material colectado.

La colecta de semillas logró un total de cinco localidades, uno de los cuales eran individuos bajo cultivo. La cantidad y calidad de las semillas colectadas fue variable lo que se traduce en una alta heterogeneidad de material reproductivo. Para evitar que la heterogeneidad antes descrita fuera un factor relevante en los resultados de los ensayos y para soslayar esta situación se procedió a un almacenamiento en frío de 10 ºC desde la fecha de colecta hasta la siembra. Este almacenamiento trajo como consecuencia la perdida de importantes cantidades de semillas por pudrición y mayoritariamente por desecación, a pasar de los protocolos implementados para evitar estos problemas.

De la metodología propuesta se debió modificar el tamaño de las parcelas que eran originalmente de 4 m^2 con 40 semillas cada una, esto debido a que la cantidad de semillas por árbol fue variable y además la alta heterogeneidad del micrositio de siembra. Otro factor que modificó el tamaño de las parcelas fue la alta predación por roedores en la zona de estudio, lo que implicó la reducción al mínimo tamaño posible las parcelas para ser protegidas por jaulas en forma individuales.

b. Relación de la variabilidad genética de cinco localidades y respuesta temprana frente a restricción hídrica en vivero.

Las metodologías consideraron:

i. Caracterización de las semillas (número por kilogramo y viabilidad) colectadas de árboles individuales para cada localidad previa viverización.

ii. Descripción de patrones iniciales de germinación y crecimiento de las plantas, de cada localidad, en la primera temporada de viverización previa a la restricción hídrica.

iii. Caracterización de variables de las plantas por localidad, (mortalidad, crecimiento en altura, diámetro a la altura del cuello (DAC), número de hojas verdaderas) posterior a la restricción hídrica.

c. Evaluación de cinco localidades en el desarrollo inicial de las plantas bajo tres condiciones de sustrato en el interior del bellotal ubicado en el sector de Altos de Cantillana.

Para el desarrollo de este objetivo, se elaboraron las siguientes actividades:

i. Evaluar los parámetros de sobrevivencia/mortalidad, crecimiento en altura y DAC en el periodo inicial de crecimiento.

ii. Comparar la capacidad germinativa por localidad considerando tres tipos diferentes de sustrato.

En los puntos siguientes se describen los materiales y aspectos metodológicos implementados, así como resultados y conclusiones finales.

Materiales

a. Determinación de las localidades

El material genético a utilizar, tanto del ensayo en terreno como en vivero, proviene de localidades seleccionadas que se encuentran distribuidas de tal modo que abarcan puntos repartidos en gran parte de la zona de distribución (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Ubicación y descripción de las características climáticas de las localidades seleccionadas.

Localidad	Sigla	Región	Comuna	Ubicación (UTM)		Clima
				NORTE	ESTE	
Longotoma	Ln	Valparaíso	La Ligua	6415907	277436	Clima semiárido litoral Precipitación: 300 a 350 mm/año Temperatura media anual: 14,2° C
Quebrada El Pobre	Qp	Valparaíso	La Ligua	6431833	283178	Clima de Estepa Cálido Precipitación: 150 a 200 mm/año Temperatura media anual: 14,6° C
Campus Antumapu Universidad de Chile	An	Metropolitana	La Pintana	6284350	348552	Clima Templado cálido Precipitación: 396,5 mm/año Temperatura media anual: 20,5° C Bajo cultivo y riego
Reserva Privada Altos de Cantillana	Ac	Metropolitana	Paine	6256492	321221	Clima templado cálido Precipitación: 439 mm/año Temperatura media anual: 16° C
Altos de Chocalán	Ch	Metropolitana	Melipilla	6252048	313852	Clima templado cálido Precipitación: 300 mm/año Temperatura media anual: 15,5° C

Fuente: Paskoff, 1971.; CIREN-CORFO, 1990.; BCN, 2013.; CENTRO EULA, 2004.

b. Colección de la semilla

En cada localidad se colectaron semillas para establecer los distintos ensayos. Cada familia corresponde a la descendencia de un árbol, en este caso a cada madre seleccionada en terreno. Las semillas se colectaron entre los meses de Febrero y Abril del año 2013.

c. Ubicación de los ensayos

i. Ensayo en terreno

El ensayo se ubicó en el sector junto a los sensores de humedad ya descritos, en puntos anteriores. Específicamente, el terreno donde se realizan los ensayos es una propiedad privada con un fuerte control del acceso. En las zonas definidas para el establecimiento del ensayo, se encuentran delimitados por rejas protectoras para evitar la entrada de animales y jaulas individuales que evitan el ingreso de roedores a cada parcela. En particular el bellotal donde se comparará el efecto de tres tipos diferentes sustratos (sobre la hojarasca, con remoción parcial de hojarasca y la tercera con remoción de sustrato o escarificación en la capa superficial del suelo), se presentan todos en la una misma condición global bajo el dosel.

ii. Ensayo en vivero

El ensayo fue establecido en dependencias del Vivero Antumapu, del Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, de la Universidad de Chile, ubicado en la Región Metropolitana, en donde se realizó un ensayo de restricción hídrica controlada.

Método

a. Diseño experimental

i. Diseño experimental en terreno

Este ensayo se instaló posterior a la exclusión del ganado mayor y animales menores (factores de predación de las semillas de la especie de interés) y después de la primera lluvia de importancia (27 de junio del 2013, la cual sumo más de 150 mm), con el fin de obtener las mejores condiciones para la germinación. La ubicación del ensayo en terreno, fue seleccionada para cumplir con la condición ideal para la regeneración de la especie, en un rodal maduro de belloto según observaciones realizadas en terreno. La preparación de las semillas del ensayo fue realizada en dependencias de CESAF, el cual es perteneciente al Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza. Se armaron jaulas pentagonales de alambre con el fin de proteger e individualizar las repeticiones o unidades experimentales de cada tratamiento. Al mismo tiempo se identificó cada semilla (1.920 semillas totales) con un código, el cual indicaba su localidad de colecta, la familia correspondiente y número asignado a cada individuo.

Figura 5.5.Fotografía A: Esquema de la distribución espacial del ensayo en terreno. Fotografía B: Disposición de las semillas en el interior de las jaulas.

Fuente: K.Kremer

Para su instalación en terreno (30 de mayo del 2013) se estableció un diseño experimental de bloques anidado por familia para cada tratamiento. Se instalaron 48 bloques o unidades experimentales, compuestos cada uno

por 40 semillas pertenecientes a las distintas familias de cada localidad. El ensayo se dividió en 16 bloques para el tratamiento de siembra sobre la hojarasca (T1), 16 bloques con remoción parcial de hojarasca (T2) y 16 bloques con escarificación de la capa superficial del suelo (T3) (Figura Nº 5.6).

Figura 5.6.Fotografía D: T1: Siembra sobre la hojarasca; Fotografía E:T2: Remoción parcial de hojarasca; Fotografía F.: T3: Escarificación de la capa superficial del suelo.

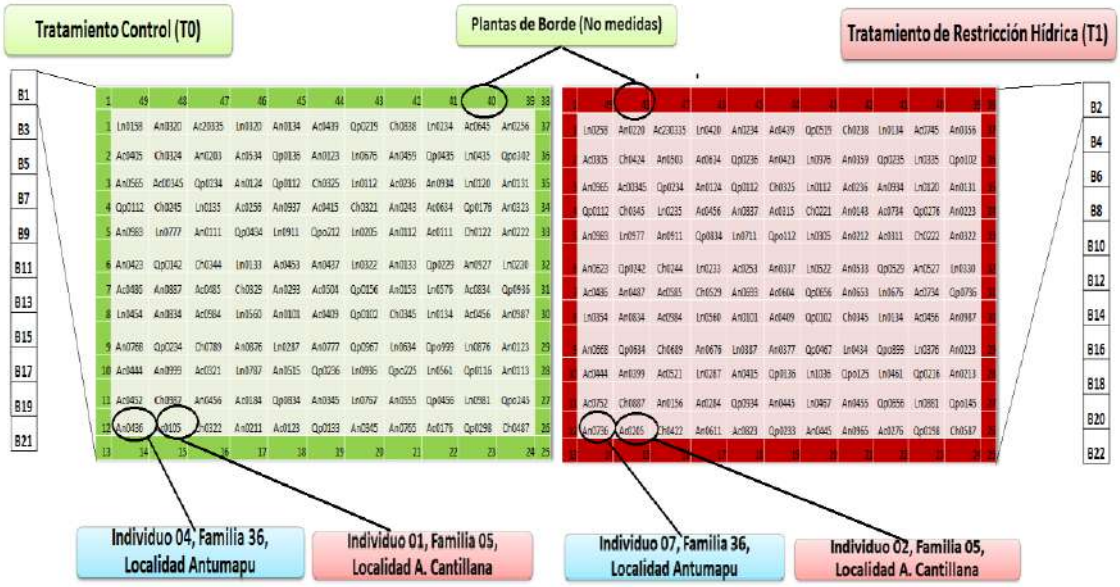
Cada bloque se fue distribuyendo de forma selectiva en el terreno, considerando cada tratamiento con la preparación del sustrato respectiva. Además, se consideró la presencia uniforme de rocas, microtopografía, vegetación nativa y regeneración natural de belloto del norte presente en el sector, con el fin de establecer condiciones homogéneas de crecimiento de las semillas instaladas.

ii. Diseño experimental en vivero

Para su instalación en vivero se estableció un diseño experimental de bloques incompletos balanceados, considerando un árbol una parcela "single tree plot" (STP). Con este diseño un individuo de cada una de las familias es asignado aleatoriamente a una unidad experimental, las unidades son agrupadas en bloques, que son repetidas varias veces (Ipinza et al., 1998). En este ensayo se instalaron 22 bloques, compuestos cada uno por 144 individuos pertenecientes a las distintas familias de cada localidad. El ensayo se dividió en 11 bloques para el tratamiento de restricción hídrica (T1) y 11 bloques para el tratamiento control con riego diario (T0). Cabe destacar, que

los individuos se organizaron de tal manera que la competencia entre ellos es comparable en ambos tratamientos (Figura 5.7).

Figura 5.7. Esquema de la distribución espacial de las plantas en cada tratamiento.



En la figura anterior se presenta la distribución de un bloque, en el cual se identificó a cada planta constituyente con una codificación, que indica su localidad de colecta, la familia correspondiente y número asignado a cada individuo (por ejemplo, la codificación LN0201 señala la localidad Longotoma, cuya familia correspondería a la 02 y el individuo corresponde al asignado como 01). Además, se instaló una banda perimetral de una fila de plantas, con el fin de disminuir el efecto borde.

En relación a la aplicación de la restricción hídrica, se hizo variar la frecuencia de riego. En el tratamiento control (T0) se aplicó el riego según la prescripción de vivero (Cada dos días durante la realización del ensayo), y en el tratamiento de restricción hídrica (T1) se aplicó un ciclo de sequía durante 30 días o hasta la determinación de la Dosis Letal Media (DL50, muerte del 50% de los individuos). Posteriormente, se midió el potencial hídrico de las plantas de B. miersii mediante el uso de una cámara Scholander.

b. Ensayo de laboratorio de las semillas previa instalación en terreno y viverización

Una vez llegadas las semillas al laboratorio después de su recolección, se determinó de manera previa para ambos ensayos las siguientes características para cada una de las familias por localidad.

- Número de semillas por kilogramo: Se pesaron por separado cuatro lotes de 50 semillas cada uno, luego por regla de tres, se determinó el número de semilla por kilogramo.

- Tratamiento pre germinativo y viabilidad de las semillas: El tratamiento pre germinativo a utilizar fue el remojo con agua por 24 h. Posteriormente, la viabilidad se corroboro con un test de flotación.

c. Parámetros de medición

i. Parámetros de medición en terreno

Se medió mensualmente durante los primeros 10 meses, la capacidad germinativa respecto de cada procedencia y en el total del ensayo, para los diferentes tratamientos o tipos de sustrato. Además, se evaluó la cantidad de las plántulas vivas del total de semillas al final del ensayo, identificando también el efecto de mortalidad a lo largo del proceso de estudio.

Las variables de medición por plántula durante el ensayo corresponden a:

Germinación (al emerger la radícula)

Anclaje (la radícula penetra en el sustrato)

Emergencia de la plúmula

Muerte

Transcurrido los primeros 10 meses de la instalación del ensayo en terreno, se dio finalizado el experimento y se analizaron las semillas no germinadas en el laboratorio, a través del método de corte de tetrazolio con el objetivo de detectar signos de vida en las semillas (presencia de embrión vivo), y así, concluir el estado general del lote de semillas utilizado para el ensayo. El método consiste en aplicar un corte longitudinal en la semilla y posteriormente se sumergió en la solución de tetrazolio al 1% por 24 horas a 25° C y en completa oscuridad. Posteriormente se evalúa la tinción de color rojo de los tejidos vivos, lo cual demuestra la viabilidad de la semilla determinada en función del patrón de tinción del embrión e intensidad de la coloración (ISTA, 1976).

iii. Parámetros de medición relacionados a la germinación y el crecimiento previo a la restricción hídrica en vivero

Una vez cumplida la primera temporada de crecimiento de las plantas y previa a la aplicación de la restricción hídrica, se realizó la medición de parámetros relacionados a diversas características del crecimiento para cada una de las familias por procedencias, las cuales serán mencionadas a continuación:

Germinación de la semilla: Se evaluó si la semilla, posterior a una temporada de ser sembrada, logra desarrollar radícula y plúmula.

Crecimiento en altura (cm): Se midió la altura alcanzada desde la inserción de los cotiledones hasta el extremo del meristemo apical.

Diámetro a la altura del cuello de la raíz (mm): Se midió el diámetro alcanzado a la altura del cuello posterior a la primera temporada de siembra.

Número de hojas verdaderas: Se cuantifico el número de hojas verdaderas, como parámetro indicador de la transición del estado de plántula a planta, ya que de acuerdo a lo mencionado por Leskovar (2001) las plantas pasan por la etapa de la expansión de los cotiledones al desarrollo de hojas verdaderas y posteriormente del desarrollo de hojas verdaderas a la madurez fisiológica.

Mortalidad de las semillas: Se determinó mediante corte y observación del embrión de todas las semillas que no germinaron. Se consideró una semilla como muerta, cuando presente los cotiledones de un color anormal o con algún grado de ataque de hongos (Baldwin (1942) cit. por Cabello, 1979).

d. Variables de medición de las plántulas posterior a la aplicación de la restricción hídrica en vivero

Al finalizar los ciclos de restricción hídrica se contaron las plantas muertas y en las plantas muestreadas se medió la altura total (H), el diámetro a la altura del cuello (DAC) y el peso seco de hojas, tallo y raíz, por cada familia y tratamiento. Estos datos se utilizaron para obtener los valores de las siguientes variables y parámetros relacionados con el crecimiento:

Mortalidad (%): Se contaron las plantas muertas por familia de cada procedencia al finalizar los ciclos de restricción hídrica y se determinó mediante la siguiente ecuación.

% Mortalidad=(Nº de individuos muertos * 100)/(Nº individuos totales al inicio del experimento)

Crecimiento en altura (cm): Se midió la altura alcanzada desde la inserción de los cotiledones hasta el extremo del meristemo apical. El crecimiento en altura se determinó por diferencia de las medidas desde el inicio del tratamiento y el final de cada ciclo de restricción hídrica.

Este parámetro se determinó, ya que es un indicador de la superficie fotosintética y del área de transpiración, representando así su capacidad de almacenar carbohidratos (Prieto et al., 1999).

Diámetro a la altura del cuello de la raíz (mm): Se midió el diámetro alcanzado a la altura del cuello, desde el inicio del tratamiento y en el final de cada ciclo de restricción hídrica.

Este parámetro se determinó, ya que un mayor diámetro indica mayor transporte de agua, nutrientes y mayor resistencia a daños por temperaturas altas (Prieto et al., 1999).

Coeficiente de esbeltez: Se midió el coeficiente de esbeltez, el cual se define como el cuociente entre la altura (cm) y el DAC (mm). Es un parámetro importante en las plantas en contenedor, ya que a menor valor de este índice indica mayor estabilidad (Thompson, 1985).

e. Análisis de datos y modelo estadístico

i. Análisis de datos y modelo estadístico ensayo terreno

El diseño experimental consistió en bloques anidados por familias y con 16 bloques para el tratamiento de siembra sobre la hojarasca (T1), 16 bloques con remoción parcial de hojarasca (T2) y 16 bloques con escarificación de la capa superficial del suelo (T3). La unidad experimental fue de 40 semillas delimitadas con una jaula. Se realizó el análisis de varianza (Andeva) para la variable de germinación.

En particular el procedimiento se puede expresar como modelo mixto lineal, que considera como efecto fijo los tres diferentes tratamientos de sustrato, la localidad de procedencia y las familias como factores aleatorios, tal como se muestra a continuación.

$$Yijk = \mu + Pi + F(P)ji + Tk + eijk$$

Dónde:

Yijk = Vector de observaciones fenotípicas de la i-ésima localidad de procedencia, de la j-ésima familia en el k-ésimo tratamiento.

μ = Media general fija

Pi =Efecto de la i-ésima localidad de procedencia i=1,2,…, 5.

F(P)ji = Efecto de la j-ésima familia dentro de la i-ésima localidad de procedencia, j = 1,...,18.

Tk = Vector de efectos fijos del k-ésimo tratamiento, k= 1, 2, 3.

e = Vector de efectos aleatorios del error

En el caso de variable de porcentaje de germinación se transformaron previamente a raíz cuadrada del arcoseno del porcentaje (grados Bliss).

ii. Análisis de datos y modelo estadístico ensayo en vivero

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un diseño jerárquico, considerando las familias anidadas dentro de cada procedencia, con el fin de realizar estadística descriptiva y obtener los componentes de la varianza, la cual generará valores por familia y procedencia. Esto se obtuvo mediante el método de la máxima verosimilitud restringida REML, el cual es en la actualidad un procedimiento ampliamente utilizado para la estimación de componentes de varianza (Mora y Perret, 2007). El programa computacional a utilizar fue SPSS.

Cabe mencionar que se utilizó el modelo mixto lineal (Montgomery, 1992), que considera el tratamiento de riego como factor fijo y las familias y sitios de procedencia como factores aleatorios.

$$yijkl = \mu + Ri + Sj + F(S)kj + Ri*F(S)kj + eijkl$$

Dónde:

yijkl = Variable respuesta, correspondiente a la l-ésima planta de la j-ésima familia anidada en la en el k-ésimo procedencia, dentro del i-ésimo tratamiento de riego.

μ = media general fija.

Ri = efecto fijo del i-ésimo tratamiento de riego.

Sj = efecto aleatorio del j-ésimo sitio.

F(S)kj = efecto aleatorio de la k-ésima familia anidada en el j-ésimo sitio.

Ri*F(S)kj = efecto aleatorio de la interacción del i-ésimo tratamiento de riego con

la k- ésima familia anidada en el j-ésimo sitio.

eijkl = error aleatorio residual de la l-ésima planta de la k-ésima familia anidada en el

j-ésimo sitio, dentro del i-ésimo tratamiento de riego.

Objetivo específico 5: Proponer técnicas de manejo potencialmente bonificables y replicables, que propendan a la permanencia de los bosques en donde belloto del norte está presente.

Este objetivo no tuvo una metodología específica, sino que se fue conformando en la medida de las observaciones, consultas y resultados que se iban obteniendo durante el transcurso del proyecto. Las tendencias mostradas en los ensayos llevaron al grupo investigador a pensar en variadas técnicas o prácticas que podrían ser muy útiles para asegurar la permanencia de los bosques de belloto del norte. Sin embargo, algunas de ellas no parecen ser practicables de manera particular, como por ejemplo un control sobre los mayores predatores de las semillas, los roedores. Ello debe corresponder a un plan mayor, que no se circunscriba sólo a los sectores con belloto.

Fue también relevante para este objetivo conocer las medidas y técnicas que CONAF recomienda o avala para otros sistemas, ya que esto entregó un marco general del tipo de medidas que podrían ser aceptadas y/o subsidiadas.

En consecuencia, la metodología para este objetivo era entregada por los propios resultados del proyecto y la pertinencia práctica, lo cual permitió proponer técnicas y recomendaciones totalmente respaldadas por las evidencias. Otras sugerencias son mencionadas como probables, empero requieren de otras experimentaciones y de proyectos con objetivos diferentes para poder ser objeto de una declaración asertiva y con base en la evidencia experimental.

Objetivo específico 6. Capacitar a la comunidad en la importancia de la mantención y recuperación de bosques relictos de belloto debido a los beneficios ambientales que prestan en su entorno (calidad de vida, calidad de agua, diversidad biológica y conservación de suelo).

A través de la permanencia del estudio en terreno, ha habido continuas conversaciones con actores locales sobre el proyecto y sus resultados, en especial con el propietario del predio en que se desarrollaron los ensayos, Sr. Helios Murialdo. No obstante, se realizó una actividad formal de divulgación y capacitación en la localidad de Altos de Cantillana, el día 7 de noviembre de 2014. Esta actividad fue efectuada en la Casa de Recepción de la Reserva Natural Altos de Cantillana, en las cercanías de la Laguna de Aculeo. A fin de asegurar la presencia de actores locales, en particular los propietarios de predios que conforman la Reserva Natural, se contactó a la Srta. Fernanda Romero, Ecóloga Paisajista y miembro de la Corporación Altos de Cantillana, quien se encargó de difundir de manera permanente la actividad propuesta. Por otra parte, y en combinación con el objetivo específico 7, se extendió la invitación a este evento a personeros de CONAF, como ser el Director de la región Metropolitana, Sr. Germán Ortiz, la Jefa del Dpto. de Desarrollo y Fomento Forestal, Sra. Ariadna Mansilla, y a quienes tienen a cargo el Fondo de Investigación de Bosque Nativo. Por motivos laborales, el director del proyecto Sr. Gabriel Mancilla no pudo estar presente, razón por la cual las charlas fueron realizadas por los coinvestigadores, Dres. Álvaro Promis y Carlos Magni.

La invitación y el programa ejecutado constan a continuación en este informe (figuras 5.8 y 5.9).

Figura 5.8. Invitación enviada a seminario-taller en Altos de Cantillana

Fuente: Elaboración propia

Figura 5.9. Programa extendido en seminario-taller de Altos de Cantillana

TALLER DE DIVULGACIÓN

"Permanencia de bosques de Beilschmiedia miersii. Regeneración según contenido hídrico del suelo y presencia de hojarasca. Propuestas"

(Proyecto 033/2012, Fondo de Investigación del Bosque Nativo)

PROGRAMA

Horario	Tema	Expositor
10:30 – 10:45	Importancia y características del belloto. Sus poblaciones.	Carlos Magni
10:45 – 11:15	El proyecto "Permanencia de bosques de Beilschmiedia miersii. Regeneración según contenido hídrico del suelo y presencia de hojarasca. Propuestas". Sus fundamentos, objetivos y metodología.	Álvaro Promis
11:15 – 11:45	El proyecto "Permanencia de bosques de Beilschmiedia miersii. Regeneración según contenido hídrico del suelo y presencia de hojarasca. Propuestas". Sus resultados más importantes.	Carlos Magni
11:45 – 12:00	Café	
12:00 – 12:30	Recomendaciones de manejo y preservación para la especie.	Álvaro Promis y Carlos Magni
12:30 – 13:00	Recorrido en terreno.	

Objetivo específico 7. Capacitar y transferir la tecnología resultante de este proyecto, así como las formas de monitorearlas y evaluarlas, a los profesionales de CONAF

Este objetivo fue cubierto a través de la realización de dos eventos o seminarios, uno de ellos que también permitió asumir el objetivo específico 6. El primer evento correspondió a un seminario co-organizado con CONAF el día 30 de septiembre de 2014, en el hotel Fundador de Santiago. El programa de dicho evento fue el siguiente, tal cual fue remitido y presentado a los asistentes:

V ENCUENTRO TEMÁTICO

"BOSQUES MEDITERRÁNEOS, CARACTERIZACIÓN Y MANEJO SUSTENTABLE"

Fondo de Investigación del Bosque Nativo – Corporación Nacional Forestal

- **Fecha**: Martes 30 de septiembre de 2014.
- **Lugar:** Salón Auditorio Miguel Jiménez Cortés**,** Hotel Fundador – Paseo Serrano # 34**Santiago, Chile.**
- **Horario:**9.00 a 16:30 hrs.
- **Organización: Departamento de Bosque Nativo,** Gerencia de Fomento y Desarrollo Forestal, CONAF Oficina Central.
- **Financia:** Fondo de Investigación del Bosque Nativo – CONAF.

9:00 - 9:30	Inscripción de participantes y café de bienvenida.
9:30 - 9:35	Bienvenida y presentación de la jornada.
9:30 - 10.00	Saludos autoridades Corporación Nacional Forestal **Sr. Roberto Lisboa Valle**. Gerente de Desarrollo y Fomento Forestal.
10:00 - 10:45	Propuesta de procedencias e implementación de dos Áreas Productoras de Semillas de Quillay, mejorando la disponibilidad y calidad genética de semilla. Proyecto 067/2012 **Dr. Carlos R. Magni Díaz. Universidad de Chile.**
10:45 - 11:30	Permanencia de Bosques de Beilschmiediamiersii. Regeneración según contenido hídrico del suelo y presencia de hojarasca. Propuestas. Proyecto 033/2012 **Dr. Gabriel Mancilla Escobar. Universidad de Chile.**
11:30 - 12:00	COFFE BREAK
12:00 - 12:45	Sistema de manejo silvopastoril del espinal para producción de forraje y frutos. Proyecto 056/2012. **Sr. Luis Felipe Piña Moraga G., Universidad de Chile.**
12:45 - 13:15	Ronda de preguntas
13:15 - 14:15	ALMUERZO LIBRE
14:15 – 15:00	Uso sustentable de hojas de boldo y piñones de araucaria. Proyecto 052/2010. **Dr. Sergio Donoso Calderón, Universidad de Chile.**
15:00 - 15:30	Caracterización socio-económica y comercial de los pequeños propietarios de bosque esclerófilo de la zona central de Chile. Proyecto 017/2011 **Sr. Daniel Soto, Instituto Forestal.**
15:30 - 16:00	Ronda de preguntas y cierre
16:00 - 16:30	COFFE

A este seminario asistió personal de CONAF, investigadores, estudiantes y público en general. La presentación del proyecto 033/2012 estuvo a cargo de su director, Dr. Gabriel Mancilla y contó con la colaboración del Dr. Carlos Magni en la metodología y resultados del objetivo específico N° 4. La presentación en cuestión se muestra en ANEXO.

Por otra parte, y en concordancia con el objetivo específico 6 (como ya fue explicado en la metodología de dicho objetivo), se efectuó el día 7 de noviembre de 2014 el seminario-taller para los actores locales, es decir para quienes conviven en sus territorios con belloto del norte. A dicho seminario fueron también invitados personeros de CONAF. Los co-investigadores del proyecto, académicos y profesores de la Universidad de Chile, Dres. Álvaro Promis y Carlos Magni, realizaron presentaciones sobre el proyecto, destacando sus resultados y las recomendaciones técnicas que surgieron de éste. Las exposiciones efectuadas constan en ANEXO.

6. Resultados y Discusión

Previo a comenzar el análisis de este punto, es necesario mencionar que se consideró adecuado generar un solo capítulo de Resultados y Discusión, y no separarlos como estaba sugerido. Esto, dado que, por facilidad de comprensión y secuencia lógica, se evita al lector estar volviendo atrás a constatar resultados, una vez que se introduce en un capítulo aparte de discusión. Valga la aclaración entonces.

En el marco del proyecto 033/2012 del Fondo de Investigación del Bosque Nativo, el proyecto "Permanencia de bosques de Beilschmiedia miersii. Regeneración según contenido hídrico del suelo y presencia de hojarasca. Propuestas", entregó una serie de resultados y recomendaciones para la conservación de la especie. Desde ya, estos productos facultan para asegurar una regeneración más exitosa de belloto y un mejor reclutamiento de plantas, pero no permiten incrementar el área o superficie que belloto del norte pueda poblar a futuro. El poder aumentar los territorios en que belloto del norte esté presente requiere de medidas especiales que, necesariamente, precisan de más estudios y ensayos, que involucren experimentos de propagación, competencia con otras especies y plantaciones y siembras más intensas.

La compilación de los resultados obtenidos en este proyecto, y su discusión correspondiente se presenta en adelante, conforme a su clasificación según objetivos específicos.

Objetivo específico 1: Caracterizar la estructura del bosque y la regeneración natural presente en ellos.

a. Estructura, composición y distribuciones de los bosques

i. Bosque adulto

La tabla 6.1 evidencia que en la composición del bosque adulto, la mayor presencia fue la de peumo (Cryptocaria alba), que componía el 50% de los individuos. Belloto del norte tuvo una media de casi 53 árboles por hectárea, lo cual representó alrededor de un 8% de los árboles existentes en el bosque. Sin embargo, en términos de DAP, belloto del norte mostró el tercer valor promedio más alto (18,4 cm), después de Crinodendron patagua (24,9 cm) y Persea lingue (31,4 cm).

Tabla 6.1. Composición de bosque adulto

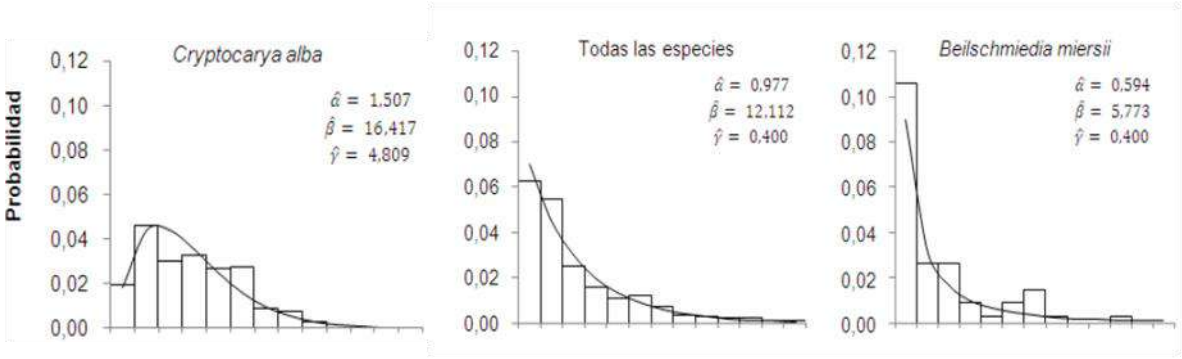
Especie	Densidad (Árboles/ha)	Mono fustales (%)	Multi fustales (%)	DAP Promedio (cm)	DAP Máximo (cm)
Beilschmiedia miersii	52,5	52,4	47,6	18,4	54,5
Crinodendron patagua	27,5	54.5	45,5	24,9	70,9
Cryptocarya alba	315,0	82,5	17,5	18,0	41,1
Lithraea caustica	22,5	77,8	22,2	13,0	45,0
Persea lingue	50,0	40,0	60,0	31,4	64,0
Peumus boldus	157,5	42,9	57,1	7,9	33,8
Quillaja saponaria	2,5	100,0	0,0	15,3	15,3
Total	627,5	65,3	34,7	18,4	70,9

Elaborado por H. Silva

Incluyendo las plantas juveniles y de regeneración, la distribución etaria de belloto del norte es dominada por las plantas de regeneración (menores a 50 cm de altura) con 252 plantas/ha, luego los árboles (DAP mayor a 5 cm) con 52 árb/ha, y luego las plantas juveniles (DAP menor o igual a 5 cm, y altura mayor o igual a 50 cm), con 45/ha. En comparación con peumo y con la totalidad de las especies, la disminución de individuos de belloto tras haber superado la etapa de regeneración es drástica y muy significativa (gráfico 6.1).

Este resultado muestra con claridad que belloto tiene un potencial de regeneración aceptable, sin embargo el reclutamiento posterior de plantas juveniles es menor. Aunque se describirán con detalle las razones en un punto posterior, se puede adelantar que la herbivoría a que son sometidas las plantas de regeneración aparece como la principal razón de que las plantas no perduren.

Gráfico 6.1. Ajuste según distribución de Weibull respecto a distribución etaria de peumo, belloto del norte y todas las especies, en bosque adulto.



Elaborado por K.Kremer

La distribución espacial de los individuos de belloto del norte en el bosque adulto mostró una característica de aleatoriedad. Esto significa que no hay agrupamientos de individuos en torno a árboles adultos padres, como sí ocurrió con otras especies (peumo y boldo por ejemplo, tabla 6.2).

La evidencia registrada indicó que la semilla de belloto cae por lo general próxima a su árbol de origen y es fuertemente depredada por roedores, con lo cual la posibilidad de agrupamiento de plantas en torno al árbol madre se reduce. Luego, las plántulas son preferidas como alimento por animales herbívoros antes que las otras especies, además del pisoteo, con lo cual se aminora aún más el posible agrupamiento de los individuos jóvenes de belloto (tabla 6.3).

Tabla 6.2. Patrones espaciales de especies en el bosque adulto. Incluye sólo hábito arbóreo. En la tabla, "+" corresponde a distribución agrupada, "a" es distribución aleatoria y "-" significa una distribución regular, mientras que "*" es la distancia desde el árbol padre en donde se detectó el mayor agrupamiento de individuos.

Especies	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Todas las especies	+*	+	+	+	+	a	a	-	-	-	-	-
Beilschmiedia miersii	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Cryptocarya alba	+	+*	+	+	+	+	a	a	a	a	-	-
Peumus boldus	+	+*	+	a	a	a	a	a	-	a	-	-
Crinodendron patagua	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	-
Persea lingue	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

Elaborado por H. Silva

Tabla 6.3. Patrón espacial de individuos adultos, juveniles y de regeneración de Beilschmiedia miersii en el bosque adulto

Categoría	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Árboles	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Plantas juveniles	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Plantas de regeneración	+*	+	+	+	a	-	-	-	-	-	-	-

Elaborado por H.Silva

Distribuciones bivariadas intra e interespecíficas, revelaron en el bosque adulto que belloto no muestra mayor atracción ni repulsión hacia ninguna especie en particular, mientras que sí se reveló una repulsión entre individuos juveniles de belloto con sus pares de regeneración a partir de los 5 metros de distancia de los árboles madre (tabla 6.4). Esto indica que a partir de esa distancia el nicho comienza a ser menos apropiado para belloto, habiendo menos posibilidades de establecimiento para la especie y, por lo tanto, compitiendo por un espacio. Por consiguiente, los nichos más adecuados para belloto se circunscriben a los 4 metros de distancia desde los árboles adultos.

Tabla 6.4. Asociaciones espaciales entre árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración de belloto del norte en bosque adulto. El signo "+" corresponde a atracción entre los individuos, "i" es indiferencia y "-" es repulsión entre los correspondientes individuos

Asociación	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Árboles – Plantas juveniles	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
Árboles – Plantas de regeneración	+	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
Plantas juveniles – Plantas de regeneración	i	i	i	i	-	-	-	-	-	-	-	-

Elaborado por H.Silva

ii. Renoval

En la tabla 6.5 se describe que la dominancia absoluta de especies en el renoval está dada por Cryptocaria alba y Beilschmiedia miersii, con 720 (47% del total) y 657 (43% del total) individuos por hectárea, respectivamente. Hubo 11 especies encontradas en total, pero en un porcentaje de solo 10%. Casi el 73% de los individuos de belloto del norte en el renoval tuvieron más de un fuste, y su DAP promedio fue de 12,7 cm.

Tabla 6.5. Composición del renoval

Especie	Densidad (Árboles/ha)	Mono fustales (%)	Multi fustales (%)	DAP Promedio (cm)	DAP Máximo (cm)
Acacia caven	2,5	100,0	0,0	6,0	6,0
Azara serrata	7,5	66,7	33,3	12,7	16,2
Beilschmiedia miersii	657,5	28,5	71,5	12,7	37,8
Citronella mucronata	2,5	100,0	0,0	5,4	5,4
Crinodendron patagua	5,0	50,0	50,0	8,3	8,8
Cryptocarya alba	720,0	36,1	63,9	9,3	23,5
Lithraea caustica	17,5	85,7	14,3	10,5	14,5
Persea lingue	10,0	0,0	100,0	41,5	69,0
Peumus boldus	105,0	28,6	71,4	9,4	23,8
Quillaja saponaria	5,0	0,0	100,0	13,3	23,3
Schinus latifolius	2,5	0,0	100,0	14,9	17,5
Total	1.535,0	32,9	67,1	13,1	69,0

Elaborado por H.Silva

Incluyendo las plantas juveniles y las de regeneración, belloto del norte mantiene una distribución etaria de j-invertida; esto significa que fueron registradas 3.320 plantas/ha de regeneración, 155 plantas juveniles y 657 de hábito arbóreo. Esto enfatiza el hecho de que la herbivoría, como factor principal, se desarrolla sobre plantas de regeneración e impide su paso a plantas juveniles.

La distribución espacial de los individuos de belloto del norte en el renoval, al contrario que el bosque adulto, mostró una característica de agrupamiento hasta los 6 metros de distancia de sus árboles madres. No obstante, existió una fuerte influencia de individuos multifustales, por lo cual el reclutamiento de plantas derivadas de reproducción sexual sigue siendo escaso. Peumo y boldo mostraron similares distribuciones. Esto puede indicar que los factores desde los cuales se originó el renoval estuvieron

presentes de forma similar para todas las especies (extracción de árboles para carbón), con la diferencia que las plantas de belloto que surgieron tras la germinación de semillas fueron reducidas por los predatores (tabla 6.6).

En cuanto a la distribución espacial intraespecífica de belloto, se mantiene la tendencia mostrada respecto al resto de las especies, es decir, se muestra un agrupamiento de individuos de belloto hasta los 6 metros de distancia, tanto en individuos adultos, como juveniles y de regeneración (tabla 6.7).

Tabla 6.6. Patrones espaciales de especies en el renoval. Incluye sólo hábito arbóreo. En la tabla, "+" corresponde a distribución agrupada, "a" es distribución aleatoria y "-" una distribución regular, mientras que "*" es la distancia desde el árbol padre en donde se detectó el mayor agrupamiento de individuos (elaborado por Haroldo Silva).

Especies	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Todas las especies	+*	+	+	+	+	+	a	-	-	-	-	-
Beilschmiedia miersii	+*	+	+	+	+	+	a	-	-	-	-	-
Cryptocarya alba	+*	+	+	+	+	+	a	-	-	-	-	-
Peumus boldus	+	+*	+	+	+	+	a	a	a	-	-	a

Elaborado por H.Silva

Tabla 6.7. Patrón espacial de individuos adultos, juveniles y de regeneración de Beilschmiedia miersii en el renoval

Categoría	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Arboles	+*	+	+	+	+	+	a	-	-	-	-	-
Plantas juveniles	+*	+	+	+	+	+	a	-	-	-	-	-
Plantas de regeneración	+*	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

Elaborado por H.Silva

Al contrario que en el caso del bosque adulto, los individuos de B.miersii mostraron repulsión hacia peumo y hacia boldo (tabla 6.8). Estas últimas especies no son preferidas por los predatores, por lo cual, por lo general, es belloto el escogido por los animales para su alimentación. De esta manera, si hay agrupamiento de peumos o boldos, belloto del norte difícilmente estará presente.

Tabla 6.8. Asociaciones espaciales de Beilschmiedia miersii con otras especies arbóreas predominantes en el renoval

Asociación	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B. miersii - C. alba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B. miersii - P. boldus	¡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Elaborado por H.Silva

En el caso de la vinculación entre individuos de belloto del norte de distintas edades en el renoval, se observó repulsión entre las plantas juveniles con adultas a partir de los 6 metros, y entre árboles y plantas de regeneración y plantas juveniles – plantas de regeneración. Esto puede deberse a que la mayor parte de los individuos provienen de rebrotes, lo cual genera una competencia por sitio que no responde a la del bosque adulto, compuesto de manera principal por individuos proveniente de regeneración sexual (tabla 6.9). En terreno fue notoria la presencia de las plantas de regeneración en las zonas más planas, mientras que los árboles y las plantas juveniles se localizaban en zonas con mayor pendiente, lo cual generaba como resultado una repulsión aparente entre las clases de desarrollo mencionadas.

Tabla 6.9. Asociaciones espaciales entre individuos de regeneración, plantas juveniles y árboles de belloto del norte en el renoval

Asociación	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Árboles – Plantas juveniles	+	+	¡	¡	¡	-	-	-	-	-	-	-
Árboles – Plantas de regeneración	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plantas juveniles – Plantas de regeneración	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Elaborado por H.Silva

iii. Análisis general de resultados

De los resultados expuestos se pueden establecer algunos puntos relevantes:

- Nichos: Belloto del norte se regenera de preferencia cercano a sus árboles padres, en donde las condiciones de humedad y temperatura les son ideales. Igualmente, les son favorables los sectores más planos, en donde la hojarasca puede acumularse.

- Perturbaciones: Belloto tiene una estrategia reproductiva distinta cuando es sometido a perturbaciones. En dichos casos, la especie rebrota y genera individuos multifustales.

- Germinación y predación: Las semillas de belloto germinan sin grandes problemas si están las condiciones ambientales necesarias. No obstante, son fuertemente atacadas por predatores, lo cual hace disminuir su número en gran manera.

- Reclutamiento de plantas: Las semillas que logran sortear la predación por roedores (principalmente) y germinan, dan origen a plántulas que son también consumidas por herbívoros, o bien pisoteadas, en una proporción importante. Las plantas de belloto son más palatables que las otras especies acompañantes, lo cual es una desventaja considerable que le hace, además, competir contra ellas.

Objetivo específico 2: Analizar el estado hídrico del bosque y su efecto sobre el establecimiento y reclutamiento de plantas de regeneración natural de B. miersii en el bosque

a. Dinámica hídrica del suelo

Al analizar los datos recogidos por los sensores, se observó diferencias significativas en el contenido de agua volumétrico entre las réplicas de similares profundidades correspondientes a cada sitio, con la excepción del bosque adulto a 10 cm de profundidad (Tabla 6.10). Esto permite deducir que, pequeñas diferencias microtopográficas, como también de la vegetación presente y la composición del suelo (en especial cuando es rocoso como en este caso), ocasionan relevantes acumulaciones y movimientos de agua que pueden, por cierto, promover que una u otra especie tenga mayor éxito en su establecimiento y, por lo tanto, tenga uno u otro tipo de distribución, tal cual fue revisado en los resultados del objetivo específico 1.

Tabla 6.10. Análisis de Varianza para el contenido volumétrico de agua del suelo (m^3/m^3) entre réplicas en cada uno de los sitios de estudio en función de la profundidad (10, 20 y 30 cm), en donde: * = <0,05; **=<0,01; *** = <0,001

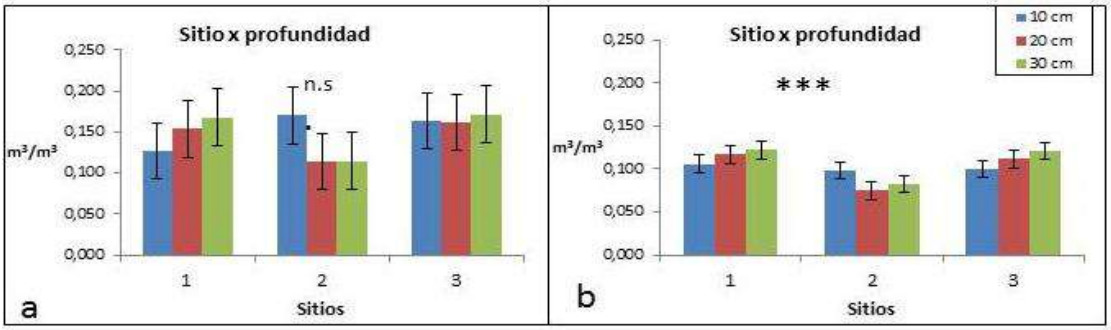
Sitio	Profundidad (cm)	F	Valor p
Bosque adulto con belloto	10	44,71	**<0,001*** **
	20	33,99	**<0,001*** **
	30	83,20	**<0,001*** **
Interfase belloto - esclerófilo	10	0,54	0,568 n.s.
	20	361,28	**<0,001*** **
	30	45,24	**<0,001*** **
Matorral esclerófilo	10	53,91	**<0,001*** **
	20	28,07	**<0,001*** **
	30	3,94	**0,020***

Elaborado por C. Sánchez

i. Variación diaria del contenido volumétrico de agua del suelo

Cuando se analizó la variación de los contenidos de agua durante el día (valores medios), se observó que en el período húmedo (abril a septiembre) no hubo diferencias entre los sitios, mientras que en el período seco (octubre a marzo) sí las hubo respecto al sitio de la interfase belloto – esclerófilo (promedio de 0,085 m^3/m^3, respecto a los 0,115 m^3/m^3 y 0,111 m^3/m^3 de los sitios con bosque adulto y matorral esclerófilo, respectivamente). Similarmente, sólo en el período seco pudo observarse que el contenido de agua aumentaba con la profundidad del perfil edáfico, a excepción del sitio de interfase belloto-esclerófilo, en que esto no ocurrió (gráfico 6.2).

Gráfico 6.2. Vinculación de sitio y profundidad del suelo con el contenido de agua volumétrico promedio diario. 1 corresponde al bosque adulto; 2 es la interfase entre bosque con belloto y bosque esclerófilo; 3 es el matorral esclerófilo. * = <0,05; **=<0,01; *** = <0,001

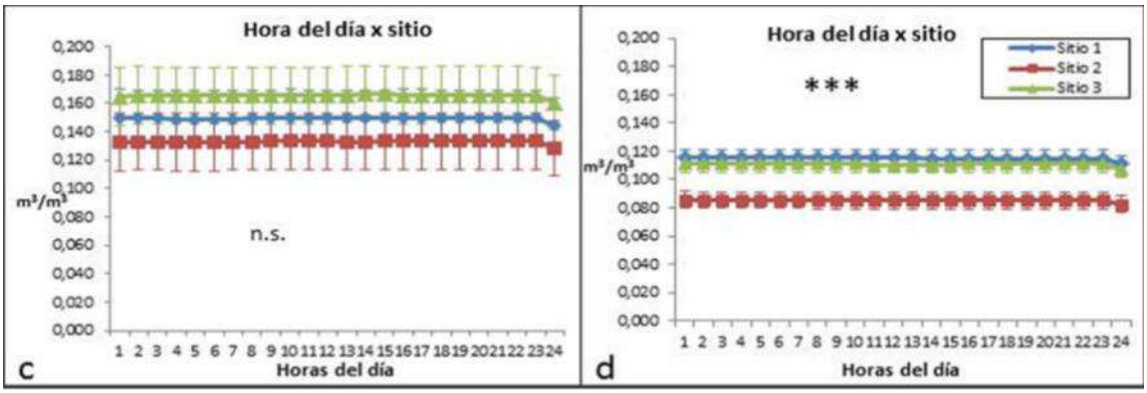


Período húmedo Período seco

Elaborado por C. Sánchez

Cuando se consideró la variación de los contenidos volumétricos promedios de agua en el suelo entre las distintas horas del día, se observó que hubo diferencias durante todo el año. Sin embargo, al analizar las posibles variaciones según sitio, éstas se dieron sólo en los meses secos. Igualmente, las variaciones respecto a la profundidad del perfil edáfico también se dieron en los meses secos (gráficos 6.3 y 6.4).

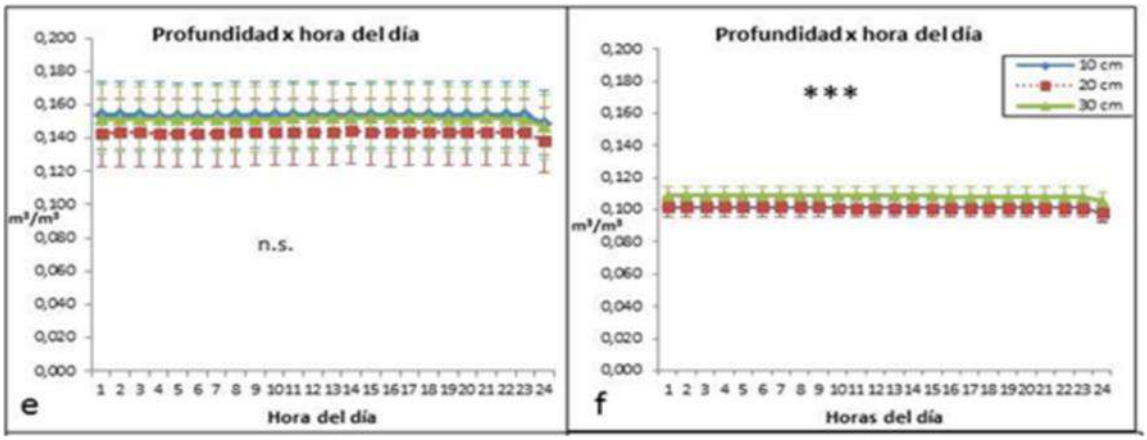
Gráfico 6.3. Vinculación del sitio con el contenido de agua volumétrico horario medio del suelo. 1 corresponde al bosque adulto; 2 es la interfase entre bosque con belloto y bosque esclerófilo; 3 es el matorral esclerófilo. * = <0,05; **=<0,01; *** = <0,001



Período húmedo Período seco

Elaborado por C. Sánchez

Gráfico 6.4. Vinculación de la profundidad del perfil de suelo con el contenido de agua volumétrico horario medio del suelo.* = <0,05; **=<0,01; *** = <0,001



Período húmedo Período seco

Elaborado por C. Sánchez

Ante los resultados mostrados, es claro que la dinámica hídrica del suelo en los sectores estudiados es dependiente del sitio, siendo esto más visible en los meses secos. En el sector de bosque adulto parece haber un efecto amortiguador de la humedad por parte de la capa de hojarasca y la sombra que genera la vegetación, observándose reducciones del contenido de agua menores durante el paso de época húmeda a época seca a los 10 cm de

profundidad. En el sitio de interfase belloto – esclerófilo las reducciones de contenido de agua en el paso de período húmedo a seco son más marcadas en todas las profundidades. Esto último se explica por la presencia de raíces en todos los niveles del perfil edáfico, ya que existe una mayor cantidad de árboles, arbustos y herbáceas (tabla 6.5), por lo tanto hay un consumo intenso de agua. El sitio de matorral esclerófilo fue el que mostró mayor cantidad de claros en su superficie, lo cual debe haber facilitado una mayor evaporación de agua desde el piso, además del consumo de agua por las correspondientes especies arbustivas y herbáceas. Estos factores ocasionaron también reducciones más marcadas del contenido de agua en el suelo durante la transición de época húmeda a seca.

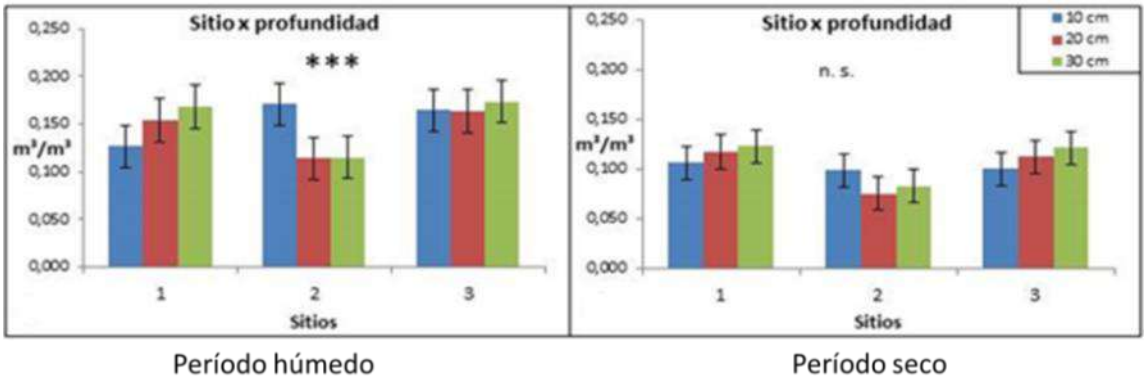
ii. Variación mensual del contenido volumétrico de agua del suelo

Adicional al análisis de datos por hora y día, se verificó las comparaciones en el contenido volumétrico de agua, basados en los promedios mensuales.

Al respecto se encontraron algunas diferencias con los resultados de base horaria. Por ejemplo, en la temporada húmeda (otoño-invierno) hubo diferencias estadísticas significativas en el contenido de agua del suelo mensual entre sitios, en especial del sector de matorral esclerófilo (0,167 m^3/m^3 como promedio), respecto al sitio de interfase belloto-esclerófilo (0,133 m^3/m^3) y al sitio de bosque adulto (0,150 m^3/m^3).En la época seca, el bosque adulto (0,115 m^3/m^3) y el matorral esclerófilo (0,111 m^3/m^3) mostraron un contenido volumétrico mensual significativo respecto a la interfase belloto – esclerófilo.

Respecto a los valores mensuales del contenido de agua del suelo, la interacción entre sitio y profundidad del perfil de suelo ocurrió sólo en el período húmedo (gráfico 6.5), en donde los menores volúmenes de agua sucedieron a 20 y 30 cm de profundidad en el sitio de interfase belloto-esclerófilo, y a los 10 cm en el bosque adulto.

Gráfico 6.5. Interacciones entre sitio y profundidad de los valores mensuales de contenido volumétrico de agua en el suelo.1 corresponde al bosque adulto; 2 es la interfase entre bosque con belloto y bosque esclerófilo; 3 es el matorral esclerófilo. * = <0,05; **=<0,01; *** = <0,001

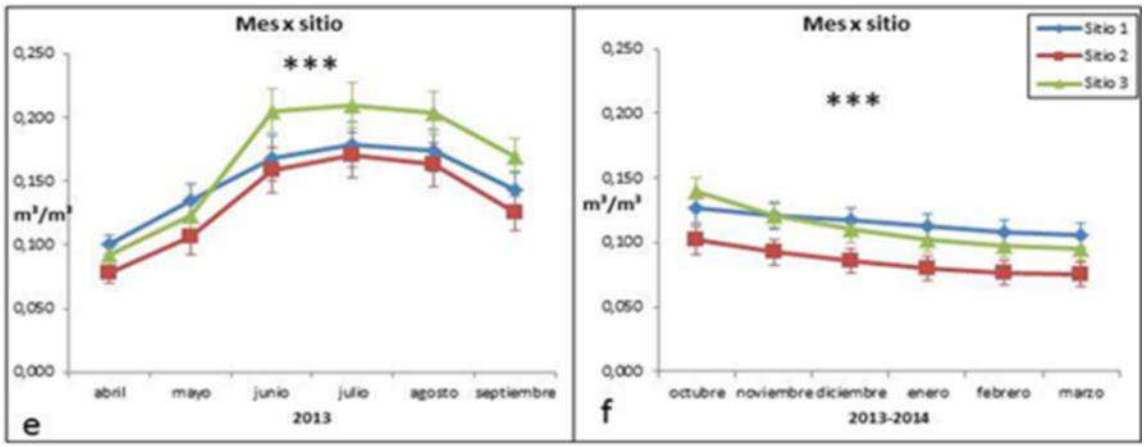


Elaborado por C. Sánchez

Por su parte, al revisar los resultados para conocer la interacción mes – sitio de los contenidos de agua volumétricos mensuales medios del suelo, se encontró que estos mostraron significancia estadística tanto en la época húmeda como en la seca (gráfico 6.6).

En todo caso, la respuesta de los sitios ante el aporte de las precipitaciones es concordante entre ellos, mostrando un incremento pausado del contenido de agua volumétrico (gráfico 6.7)

Gráfico 6.6. Interacciones entre mes y sitio del contenido volumétrico medio mensual de agua en el suelo. Sitio 1 corresponde al bosque adulto; Sitio 2 es la interfase entre bosque con belloto y bosque esclerófilo; Sitio 3 es el matorral esclerófilo. * = <0,05; **=<0,01; *** = <0,001

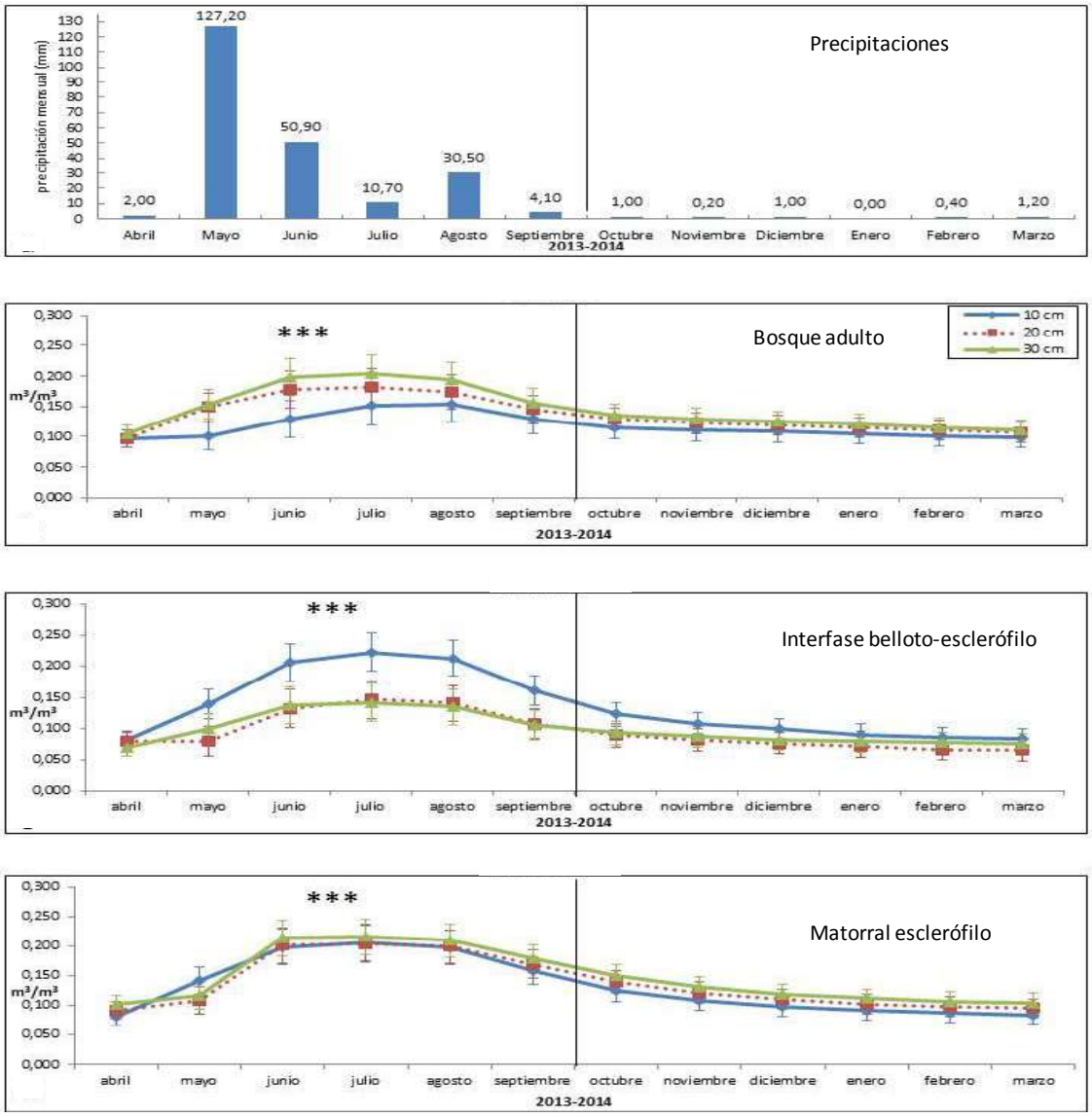


Período húmedo Período seco

Elaborado por C. Sánchez

Folio009682

Gráfico 6.7. Precipitaciones mensuales y respuestas en contenido volumétrico de agua del suelo por sitio, mes y profundidad del perfil



Elaborado por C. Sánchez

El análisis de los resultados tras el análisis de los valores mensuales del contenido volumétrico de agua en el suelo, permite observar algunos puntos claros:

- La dinámica hídrica expresada en valores mensuales conjuga tanto la expresión del sitio como la tendencia de las precipitaciones. En efecto, tal cual se observa en los gráficos 6.6 y 6.7, la secuencia de cada sitio sigue la línea desfasada de las precipitaciones mensuales, con respuestas más lentas en el bosque adulto en los primeros centímetros de profundidad, debido esto probablemente a la amplia presencia de hojarasca, la cual dispersa el agua que llega al piso. Destaca además en el bosque adulto el mayor volumen de agua en profundidad, condición que indica que el mayor consumo de agua por parte de los árboles ocurre a profundidades mayores probablemente. Esta mantención de agua en el perfil de suelo y la hojarasca es muy relevante, dado que permite a las semillas captar la humedad necesaria para germinar y a las plántulas para desarrollarse de manera inicial.

- En la interfase belloto-esclerófilo la situación es la contraria, es decir el mayor contenido de humedad volumétrico está siempre en los primeros centímetros del suelo. Esta es una condición más común en renovales y bosques más jóvenes, en donde el consumo de agua mayor por parte de las plantas herbáceas, arbustos y árboles juveniles ocurre entre los 10 y los 40 cm de profundidad del suelo. Esta situación podría ocasionar que el desarrollo de plantas pequeñas de belloto puede verse frenado por competencia a cierto nivel.

- En el matorral esclerófilo no hay mayores cambios en el contenido de agua volumétrico a diferentes profundidades del suelo, lo cual revela un efecto conjunto entre la evaporación y consumo de agua por parte de las plantas, además de una considerable rocosidad del terreno. Este sitio mostró bastante menor cantidad de hojarasca y una calidad de suelo claramente inferior, producto además de procesos de erosión.

- Se observó diferencias significativas de los contenidos volumétricos de agua entre los sitios a las distintas profundidades, en la época húmeda (gráfico 6.7). Esto revela que los sitios respondían de manera distinta ante las precipitaciones, en lo cual la estructura del piso, en particular la presencia de hojarasca, jugó un rol particular, como también la disposición radicular en las diferentes profundidades del piso.

b. Dinámica de la temperatura en el suelo

Similarmente al caso del contenido de agua en el suelo, hubo diferencias significativas de temperatura del suelo entre las réplicas de similares profundidades de cada sitio, con un par de excepciones (tabla 6.11). Nuevamente, la microtopografía, la vegetación y la composición del suelo (rocosidad), que permiten la mayor o menor acumulación de agua, influyen indirectamente en los flujos térmicos y condicionan el establecimiento de especies.

Tabla 6.11. Análisis de Varianza de la temperatura horaria del suelo (°C), estableciendo las diferencias entre réplicas por sitio (n.s. = no significativa; * = <0,05; **=<0,01; *** = <0,001).

Sitio	Profundidad	F	Valor p
Bosque adulto con belloto	10 cm	14,07	**<0,001*** **
	20 cm	10,70	**<0,001*** **
	30 cm	24,27	**<0,001*** **
Interfase belloto-bosque esclerófilo	10 cm	0,25	0,780 n.s.
	20 cm	4,70	**0,009** **
	30 cm	5,61	**0,004** **
Matorral esclerófilo	10 cm	8,51	**<0,001*** **
	20 cm	1,61	0,200 n.s.
	30 cm	3,84	**0,022***

Elaborado por C. Sánchez

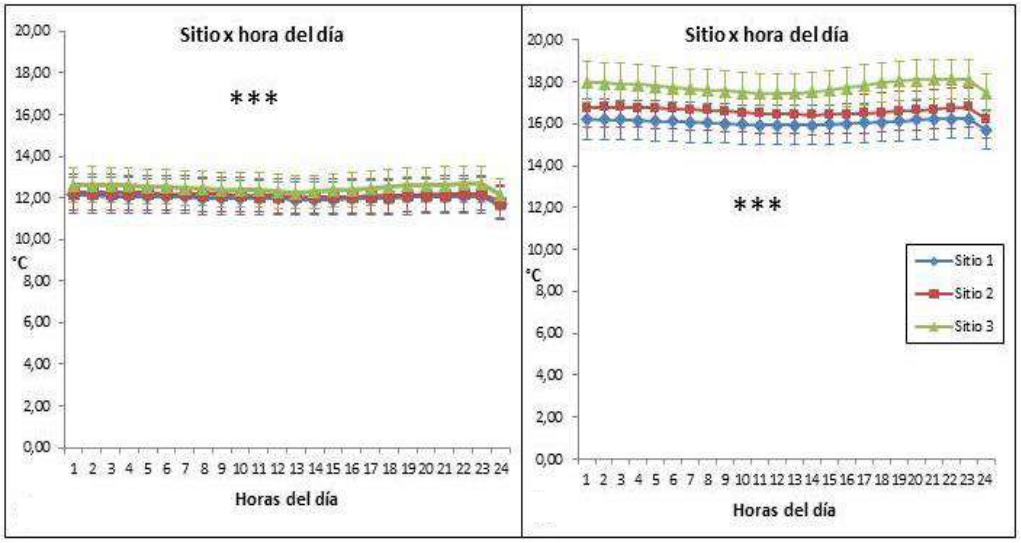
i. Variación diaria de la temperatura del suelo

El promedio general de la temperatura del suelo indicó que en el sitio de matorral esclerófilo hubo una media de 17,8°C, mientras que en el sitio de interfase belloto-esclerófilo (renoval) la media fue de 16,6°C y en el de bosque adulto fue de 16,1°C. Las pruebas estadísticas señalaron que el matorral esclerófilo y el bosque adulto fueron entonces diferentes de manera significativa, lo cual por cierto se debe a la diferente cobertura presentada, en donde las áreas descubiertas del matorral esclerófilo fueron mucho mayores.

El análisis de las temperaturas medias por sitio y hora del día reveló la existencia de diferencias estadísticas significativas tanto en los meses húmedos (otoño-invierno) como en los secos (primavera-verano). En

general, el matorral esclerófilo tuvo las mayores temperaturas en el suelo a toda hora, y las menores se registraron en el bosque adulto, en especial en los meses secos, confirmando las características microclimáticas que se generan en bosques adultos con buena cobertura y alta hojarasca (gráfico 6.8).

Gráfico 6.8.Interacción del sitio y hora del día respecto a la temperatura del suelo. Sitio 1 corresponde al bosque adulto; Sitio 2 es la interfase entre bosque con belloto y bosque esclerófilo; Sitio 3 es el matorral esclerófilo (* = <0,05; **=<0,01; *** = <0,001).

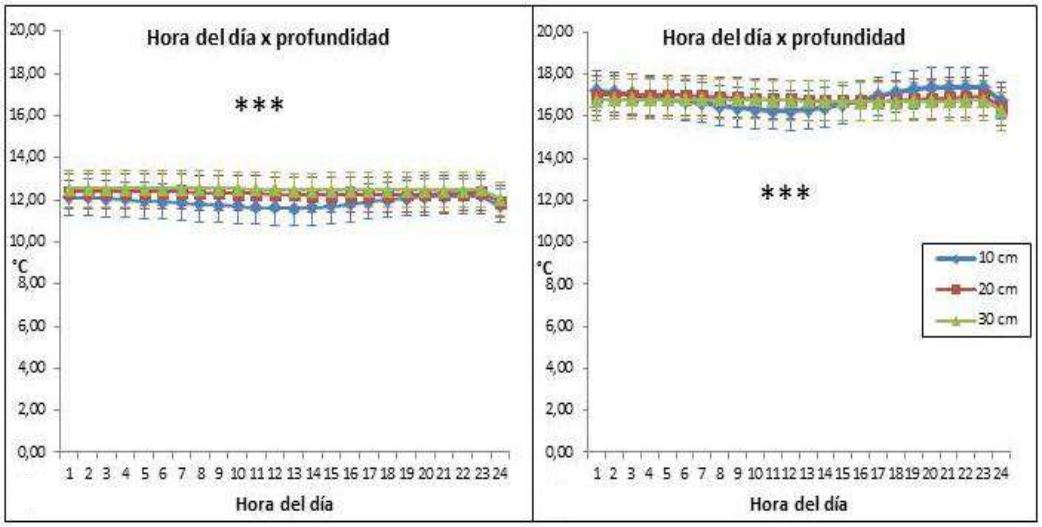


Período húmedo Período seco

Elaborado por C. Sánchez

De forma similar, hubo diferencias significativas cuando los datos de temperatura se compararon según profundidad y hora del día. En particular, los primeros centímetros del suelo fueron los que tuvieron una variabilidad más alta de las temperaturas a través del día, ocurriendo lo contrario a la mayor profundidad del suelo (gráfico 6.9). En terrenos bajo bosques, esta tendencia es la usual.

Gráfico 6.9. Interacción de la profundidad del perfil de suelo y la hora del día respecto a la temperatura del suelo (*** = <0,001)



Período húmedo Período seco

Elaborado por C. Sánchez

ii. Variación mensual de la temperatura del suelo

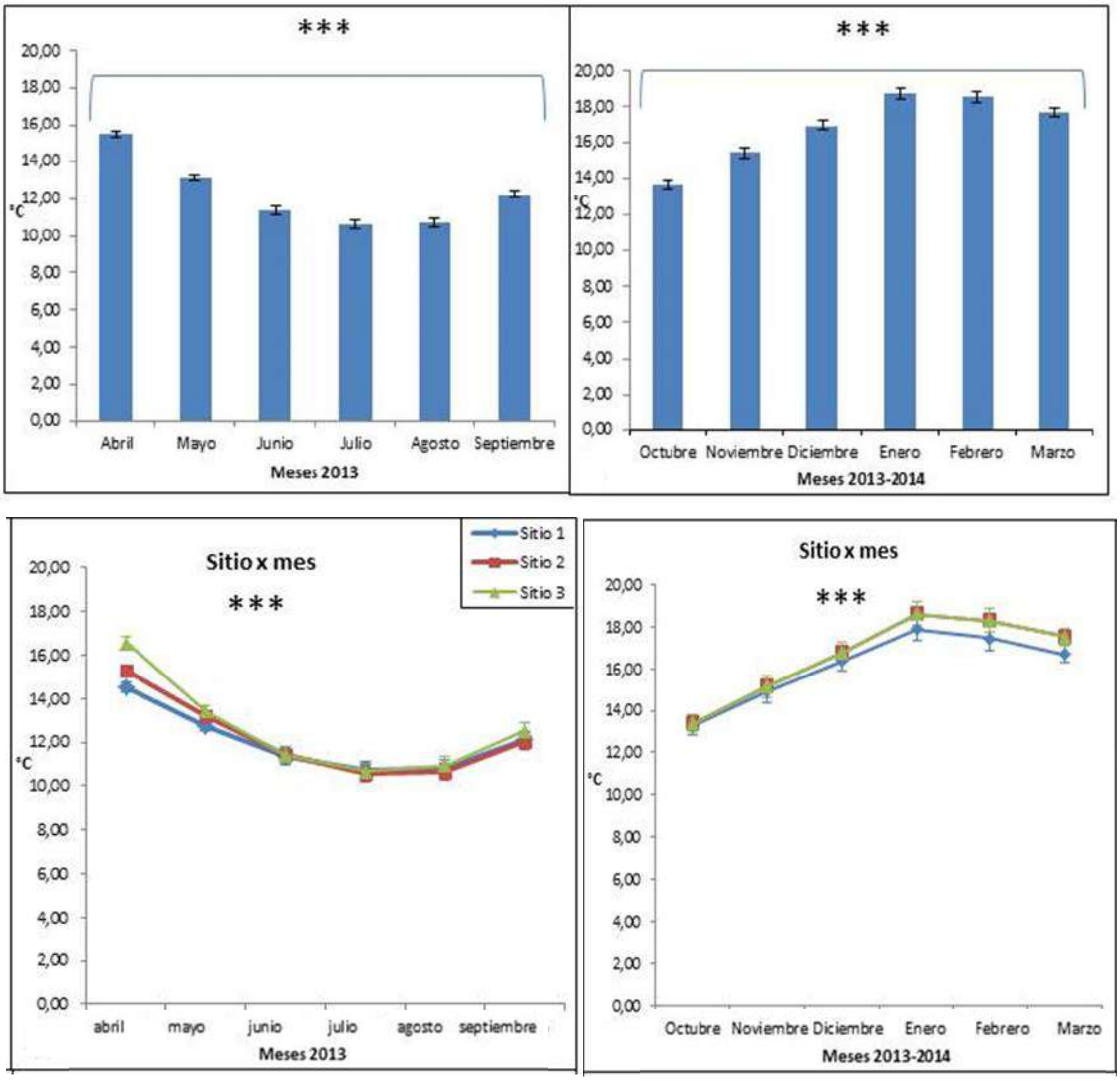
El análisis de temperaturas en sus promedios mensuales mostró características interesantes. Por ejemplo, se encontró que hubo diferencias estadísticas significativas entre el valor medio del sitio de matorral esclerófilo (17,8 °C) con respecto a los otros sitios (bosque adulto, con temperatura media mensual de 16,1°C; e interfase belloto-bosque esclerófilo con temperatura media mensual de 16,6°C). Estas cifras confirman el efecto que ocasiona la menor cobertura arbórea del sitio con matorral esclerófilo, mostrando una fuerte influencia de las altas temperaturas ambientales que ocurren en la época seca del año (primavera – verano).

El análisis de varianza y pruebas estadísticas también mostraron una diferencia significativa en las medias mensuales según profundidad del suelo para el período húmedo, en donde la temperatura a 30 centímetros de profundidad fue de 12,5°C, contra los casi 12°C de los 10 centímetros de profundidad, condición que es usual en los terrenos boscosos.

En gráfico 6.10 puede notarse que hubo diferencias significativas tanto en períodos húmedos como secos cuando se compararon las temperaturas medias mensuales del suelo por sitio de estudio. En estos casos las diferencias son más marcadas en los primeros meses de la época más húmeda (abril y mayo), en donde la reducción de temperatura es más pausada en el bosque adulto y más rápida en el matorral esclerófilo; y a partir de noviembre en la época más seca, en la cual el incremento de temperatura del suelo fue menor en el bosque adulto. No obstante lo

anterior, la temperatura en el suelo de todos los sitios siguió irrestrictamente la tendencia de las temperaturas del aire (gráfico 6.10)

Gráfico 6.10. Variación de la temperatura mensual media del suelo en período húmedo (abril a septiembre) y seco (octubre a marzo). En los gráficos de barras (arriba), se observa la temperatura media del aire registrada. En los gráficos de abajo (líneas), se observa la dinámica de las temperaturas medias mensuales por sitio de estudio. Sitio 1 (bosque de belloto del Norte), Sitio 2 (Interfase con bosque esclerófilo) y Sitio 3 (Interfase con matorral esclerófilo. *** = <0,001.

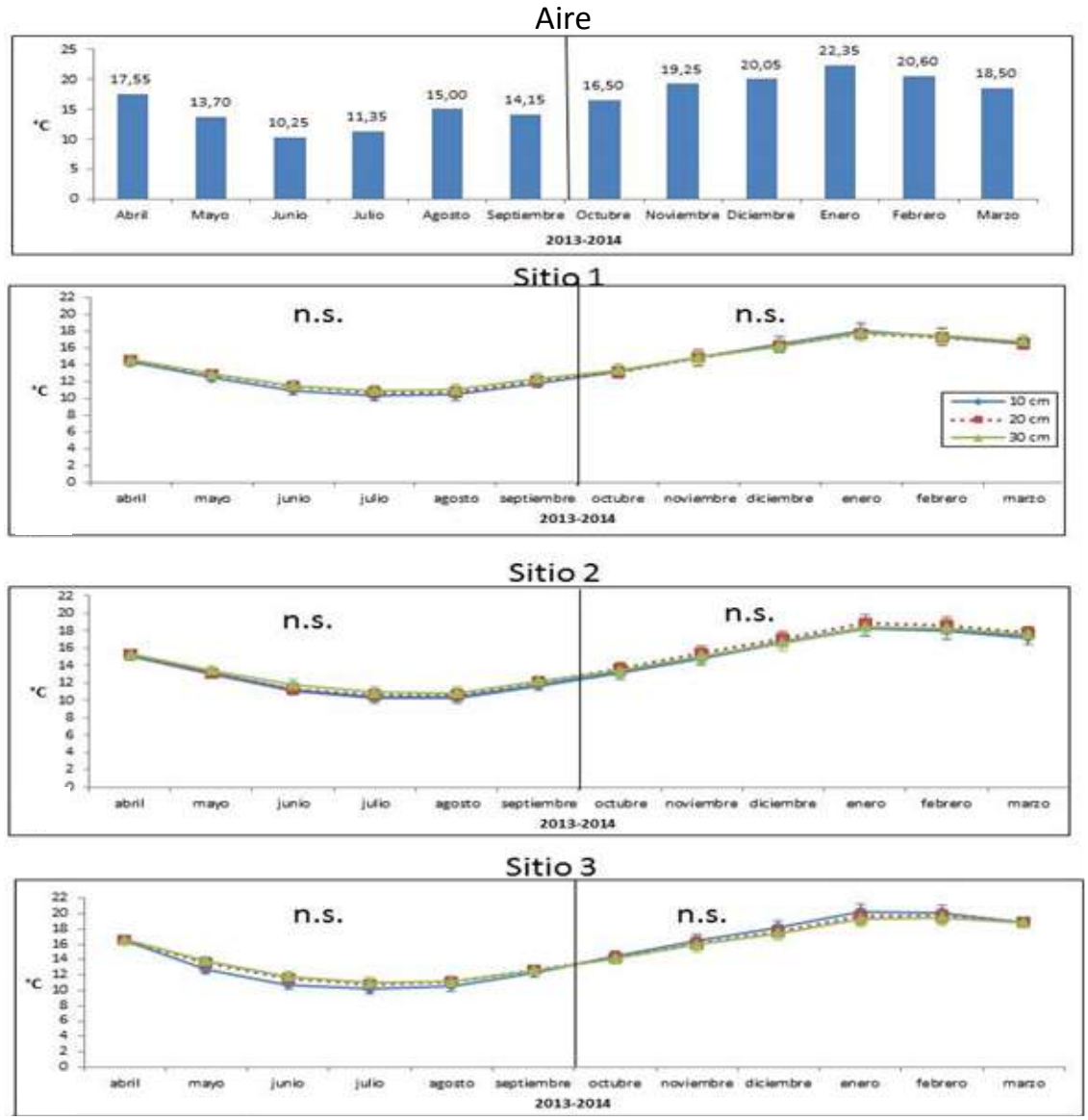


Elaborado por C. Sánchez

El contraste por sitio de las temperaturas medias mensuales a las diferentes profundidades no mostró diferencias en ninguna época. Esto denota que, por lo general, hubo una transmisión de temperatura relativamente rápida hacia las distintas profundidades del suelo. Asimismo, expresa una dinámica

idéntica a la temperatura del aire (gráfico 6.11). La poca variación en la dinámica de temperaturas hace difícil establecer umbrales claros de diferencias entre los sitios, que puedan ser preponderantes para definir el éxito de la regeneración de belloto, o bien en el establecimiento y posterior desarrollo de las plantas.

Gráfico 6.11. Temperaturas medias mensuales en cada sitio y profundidad de suelo, y la correspondiente secuencia de la temperatura del aire. Sitio1: Bosque adulto; Sitio 2: Interfase belloto-bosque esclerófilo; y Sitio 3: Matorral esclerófilo. n.s. = no significativo.



Elaborado por C. Sánchez

c. Vinculación de las gradientes de humedad y temperatura del suelo con el número de semillas germinadas

En terreno, se determinó el número de semillas germinadas en ensayos sin aplicación de agua extra (objetivo específico 3). El conteo se hizo correlativamente en seis ocasiones (16 de mayo, 5 de junio, 12 de julio, 1 de agosto, 14 de agosto y 28 de agosto, todos de 2014). En cada fecha, el número total de semillas germinadas por sitio se vinculó con el contenido volumétrico de agua del suelo promedio diario hasta ese instante (desde el momento de colocación de las semillas en terreno) y la temperatura media diaria del suelo hasta ese mismo momento.

Como se describe en el gráfico 6.12, no hubo significancia estadística entre los contenidos de agua o la temperatura con el número de semillas germinadas, sin embargo sí se observaron correlaciones interesantes que merecen ser destacadas.

En el sitio con bosque adulto (sitio1) hay una correlación positiva entre las semillas y el contenido medio diario de agua del suelo. En estricto rigor, cuando la humedad superó un volumen de 0,13 m^3 de agua por m^3 de suelo, se favoreció la germinación, lo cual podría tomarse como un umbral adecuado para esta situación. A su vez, la temperatura tuvo una correlación negativa con el número de semillas germinadas. Observando el gráfico 6.12, los 12°C parece ser una temperatura media un tanto elevada, que no favorece el proceso germinativo, el cual ocurrió con 10°C como mínimo. Precisamente, Cabello y Anselmo (1999) postulan que 10°C sería la temperatura umbral mínima para la germinación de semillas de belloto, lo cual coincide con este caso. Entonces, se puede concluir que en el bosque adulto, las condiciones óptimas para la germinación de semillas de belloto incluyeron un contenido de agua medio diario de entre 0,13 m^3/m^3 y 0,16 m^3/m^3, y una temperatura del suelo de entre 10°C y casi 12°C.

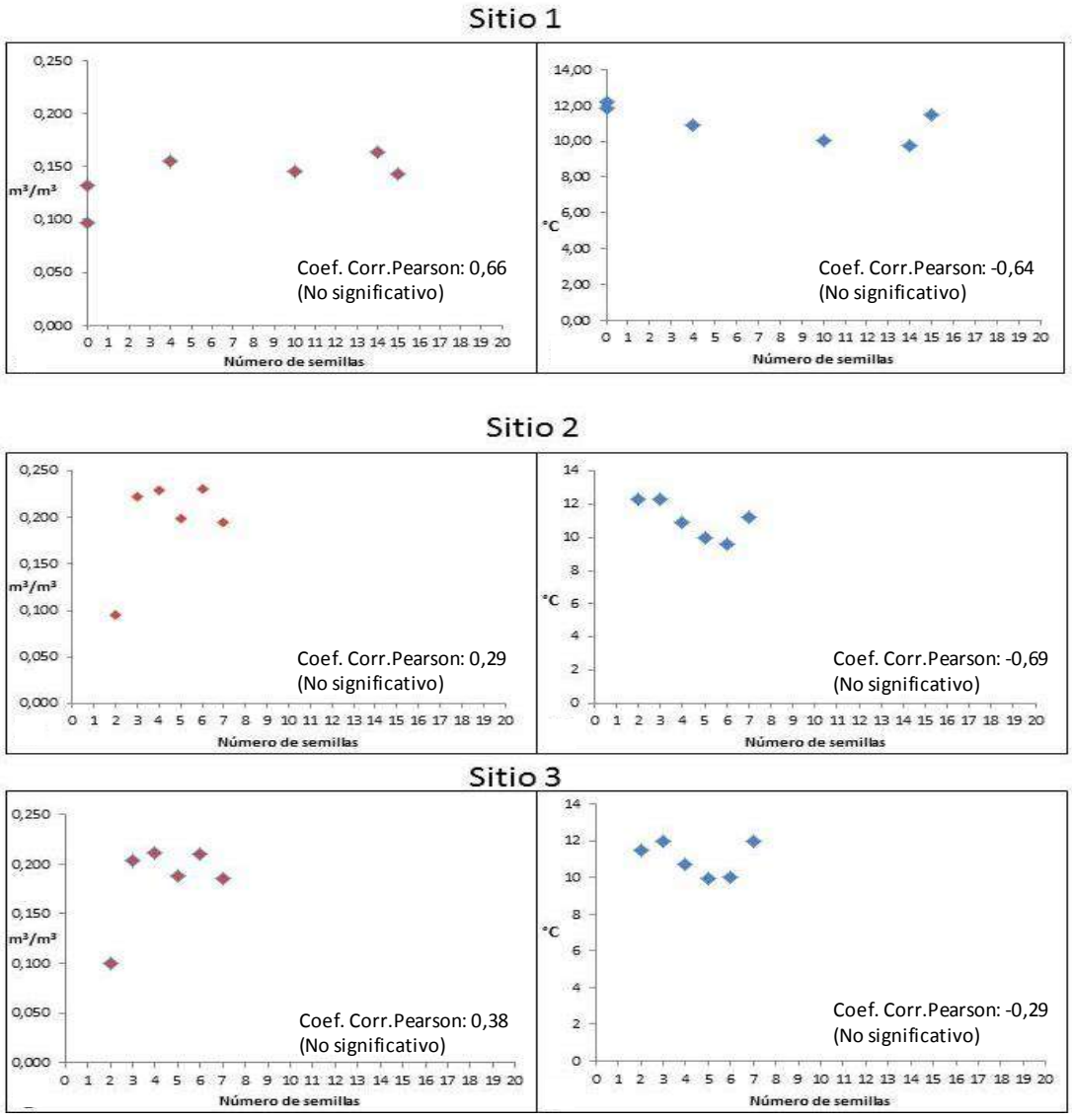
En la interfase entre bosque con belloto y bosque esclerófilo (sitio 2), el contenido volumétrico medio diario de agua del suelo no mostró mayor correlación con el número de semillas germinadas. La germinación ocurrió tanto a 0,1 m^3/m^3 como hasta alrededor de 0,22 m^3/m^3 (gráfico 6.12). La temperatura, en cambio, volvió a mostrar una correlación negativa con el número de semillas germinadas, ocurriendo entre 9°C y 13°C. Sin embargo, es notoria la menor cantidad de semillas germinadas con respecto al bosque adulto (7 semillas en todo el período, versus 15 semillas del bosque adulto), lo cual señala que la dispersión de condiciones encontradas puede no ser la mejor.

En el sector del matorral esclerófilo no se observó mayor correlación con el número de semillas germinadas, tanto para el contenido de agua como para la temperatura del suelo. Sólo se registraron 7 semillas germinadas, que ocurrieron con rangos de humedad diaria media del suelo de entre 0,1 m^3/m^3 y 0,22 m^3/m^3, y temperaturas entre 10°C y 12°C.

En suma, existe un cierto patrón definido como óptimo, entregado principalmente por los valores del bosque adulto, en que el rango de entre 0,13 y 0,16 m^3/m^3 de agua diaria en el suelo y temperatura de entre 10 y 12°C se muestran muy favorables para la germinación de semillas de belloto. Las mayores oscilaciones en las cantidades de agua del suelo que se expresan en los sitios de interfase belloto – esclerófilo y de matorral esclerófilo, parecen ser una limitante para la capacidad germinativa. No debe perderse de vista que semillas como las de belloto del norte, recalcitrantes y de germinación hipógea, dependen en forma crucial del contenido de agua de los primeros centímetros de suelo. En esto, la constancia del contenido hídrico del suelo es asegurado si la hojarasca está en un volumen adecuado.

Folio009691

Gráfico 6.12. Número de semillas germinadas vs. Rangos de contenido medio diario de agua del suelo (m^3/m^3) y de temperatura media diaria del suelo (°C). Sitio 1 (Bosque adulto con belloto del Norte), Sitio 2 (Interfase belloto -bosque esclerófilo) y Sitio 3 (Interfase con matorral esclerófilo)



Humedad del suelo
(valor diario)

Temperatura del suelo
(valor diario)

Elaborado por C. Sánchez, adaptado por G.Mancilla

d. Vinculación de las gradientes de humedad y temperatura del suelo con el desarrollo inicial de la regeneración

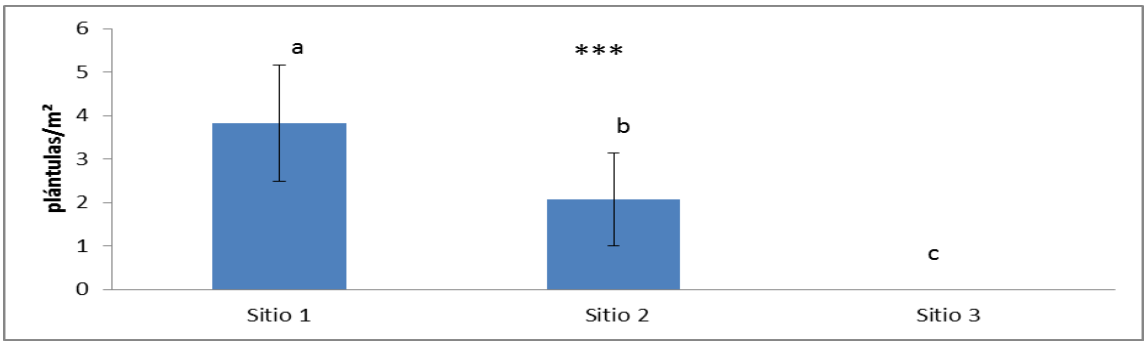
Para este caso, las plantas empleadas fueron aquellas que crecieron sin ser aisladas en ensayos de germinación, es decir debieron sortear la posible predación de sus semillas, como también la herbivoría hasta ese momento.

Según refiere el gráfico 6.13, hubo diferencias altamente significativas en el número de plántulas existentes en cada uno de los sitios de estudio. En el bosque adulto con belloto, se encontró el equivalente a 38.300 plantas/ha, en la interfase belloto – bosque esclerófilo se encontró 20.700 plantas/ha y en el matorral esclerófilo no se encontró plantas (base en parcelas de 4 m^2).

Independiente de la predación y herbivoría existente, estos resultados confirman lo analizado al relacionar las gradientes de humedad y temperatura del suelo con la germinación de semillas, en el sentido de que las condiciones ambientales que ofrece el bosque adulto son las óptimas no sólo para la germinación, sino que para el desarrollo de las plántulas. En especial, la mantención de un contenido de humedad adecuado en los primeros centímetros del suelo es relevante, ya que al extraer algunas plántulas, se observó que su sistema radicular se concentraba precisamente dentro de los 10 primeros centímetros del perfil edáfico.

Los resultados también corroboran lo mencionado anteriormente, en el sentido de que la temperatura del suelo tiene una correlación negativa con la germinación de semillas de B. miersii , ya que el sitio de matorral esclerófilo, en el cual no se encontraron plantas de belloto, posee muchos claros en su cobertura y mostró, por lo general, temperaturas del suelo más elevadas.

Gráfico 6.13. Densidad media de plantas de B. miersii en los distintos sitios de estudio. Sitio 1 (Bosque adulto con belloto del Norte);sitio 2 (Interfase belloto-bosque esclerófilo) y sitio 3 (Interfase con matorral esclerófilo);a, b, y c indican diferencias significativas entre grupos (*** = <0,001).



Objetivo específico 3. Estudiar en el bosque la respuesta en germinación y establecimiento de la regeneración de B. miersii en un gradiente de humedad y de profundidad de hojarasca o mantillo.

Los resultados de este objetivo no pretendían igualar a las vinculaciones de las gradientes de temperatura y humedad del suelo con la germinación y establecimiento de plantas, realizadas como parte del objetivo específico 2. Al contrario, ambos objetivos fueron complementarios.

El objetivo específico 3 buscó relacionar gradientes de humedad más marcados, generados de forma artificial en la experimentación y que permitían a su vez conocer el real impacto que capas conocidas de profundidad de hojarasca podían ocasionar al contenido hídrico de los primeros centímetros del perfil del suelo.

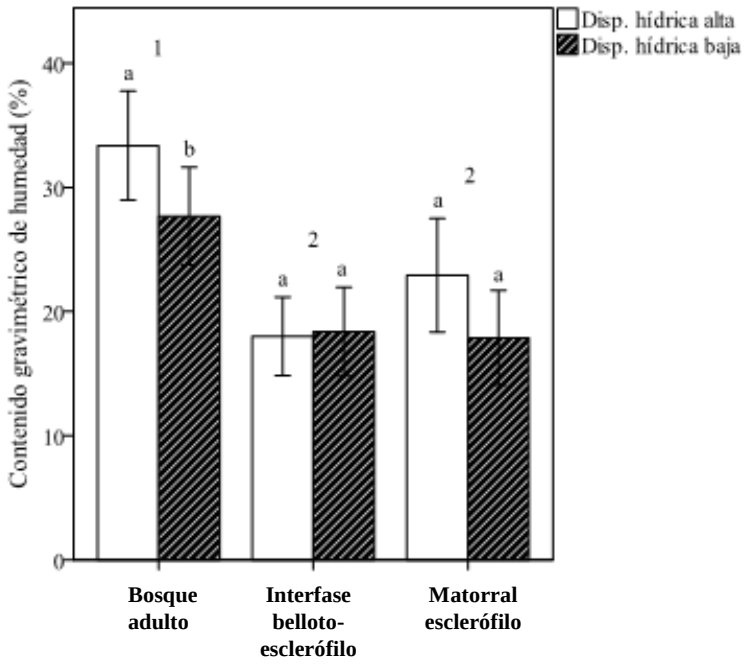
Se revisan entonces los resultados de este objetivo.

a. Análisis de la humedad del sustrato

Recordando que por el método gravimétrico, se determinaba una vez al mes el contenido de humedad del suelo en cada sitio de estudio y tratamiento asignado, se encontró que el sitio bajo bosque adulto con belloto mostró un valor medio significativamente superior al de los otros dos sitios (gráfico 6.14).

Es notorio además, que el efecto del tratamiento de disponibilidad alta fue sólo percibido en el bosque adulto, incluso reflejando una diferencia estadística significativa con su tratamiento par de disponibilidad hídrica baja. Tanto en el sitio de interfase belloto-esclerófilo como en el matorral, no hubo mayores diferencias en el contenido de humedad del suelo registrado entre los respectivos tratamientos de disponibilidad hídrica alta y baja. Esto último es reflejo de la mayor incidencia de la radiación, que por ser áreas más abiertas permitió probablemente mayor evaporación del agua. Al contrario, en el bosque adulto predominó la sombra constante durante el día.

Gráfico 6.14. Humedad del suelo según el tratamiento de disponibilidad hídrica asignado. Las letras diferentes (a y b) indican diferencias significativas (p < 0,05) entre las parcelas de un mismo sitio sometidas alta disponibilidad, y aquellas con baja disponibilidad. Por su parte los números distintos (1 y 2) representan diferencias significativas entre sitios (p < 0,05)

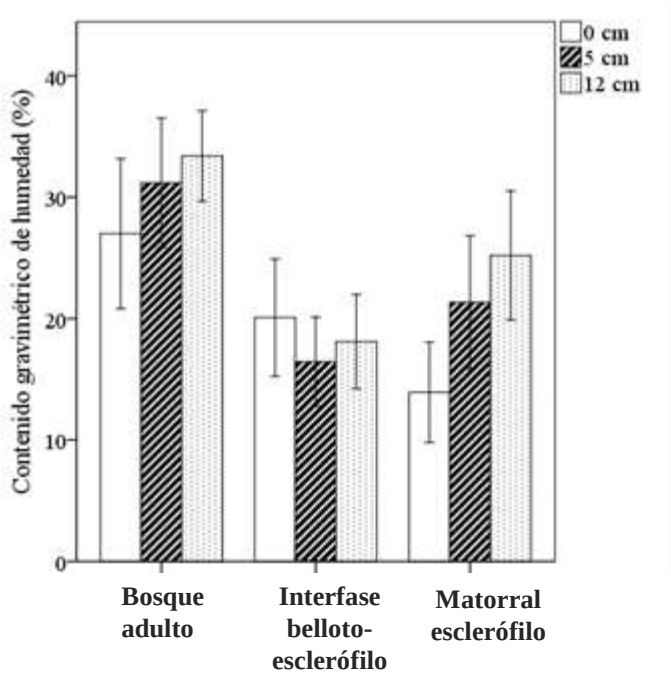


Elaborado por K. Kremer

Por otra parte, en los sitios del bosque adulto con belloto y de matorral esclerófilo, pudo manifestarse el efecto que tuvieron los distintos niveles de hojarasca sobre el contenido de humedad del sustrato. En efecto, a mayor profundidad de la hojarasca, mayor contenido de humedad se mantuvo en el suelo (gráfico 6.15). La estadística, sin embargo, no estimó que esas diferencias observadas fuesen significativas.

En el sitio de interfase entre bosque con belloto y bosque esclerófilo, la profundidad de la hojarasca no repercutió en los niveles de humedad del sustrato, condición que puede deberse a la evaporación y a la presencia de raíces en casi todo el perfil de suelo, puesto que en este sitio proliferan árboles, arbustos y herbáceas.

Gráfico 6.15. Contenido de humedad medio del suelo en los distintos sitios, según profundidad de hojarasca asignado



Elaborado por K. Kremer

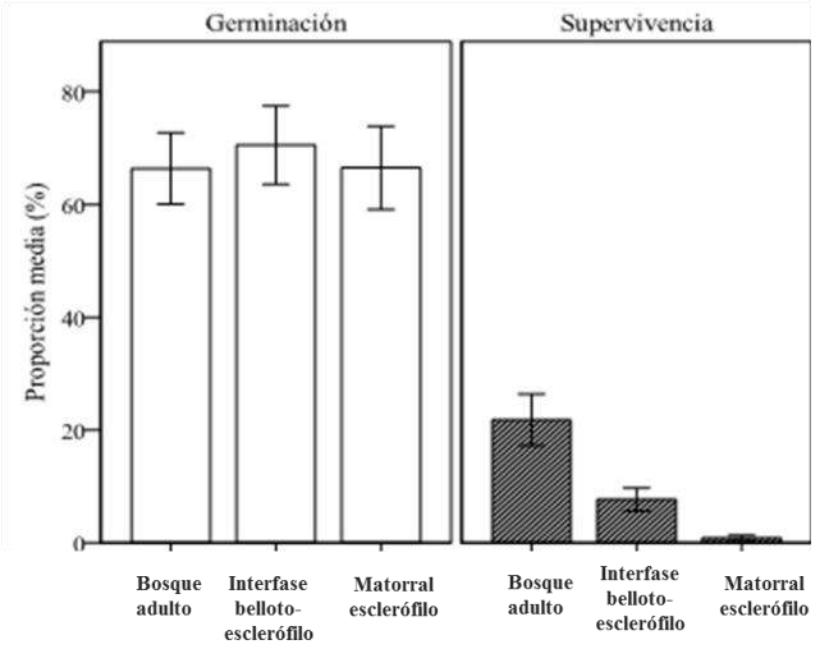
b. Germinación y supervivencia

El conteo de semillas germinadas en los distintos sitios no evidenció grande diferencias. En efecto, en el sitio de interfase belloto – esclerófilo la germinación fue de 70,5%, en el matorral esclerófilo fue de 66,5% y en el bosque adulto fue de 66,4%. Esto sugeriría que la mayor o menor radiación recibida en los distintos sitios resultaría no tener un impacto definido (gráfico 6.16).

Al determinar la supervivencia unos meses más tarde (gráfico 6.16 y figura 6.1), se encontró que sí hubo diferencias. En el sitio de bosque adulto, la supervivencia fue de 21,8%, mientras que en el sitio de interfase bosque con belloto-bosque esclerófilo fue de sólo un 7,7% y en el matorral esclerófilo apenas un 0,9%. Esto sugiere pérdidas considerables de plantas, por diversos factores (predación, carencia de humedad, competencia, etc.), pero que afectan menos al sitio con bosque adulto. Esto implica, que para la supervivencia de plantas, es muy importante mantener un contenido más estable de agua en el suelo, lo cual no ocurrió necesariamente en los sitios de matorral esclerófilo y en la interfase de bosque con belloto y bosque

esclerófilo, en donde la mayor incidencia de la radiación tendió a secar con mayor rapidez el suelo.

Gráfico 6.16. Proporción de semillas germinadas al finalizar periodo de germinación, y plántulas sobrevivientes al cabo de un año, en los distintos sitios.



Elaborado por K. Kremer

Figura 6.1. Germinación de semillas en tratamientos (fotografía izquierda) y supervivencia de plantas (fotografía derecha).

Fotografías de A. Promis

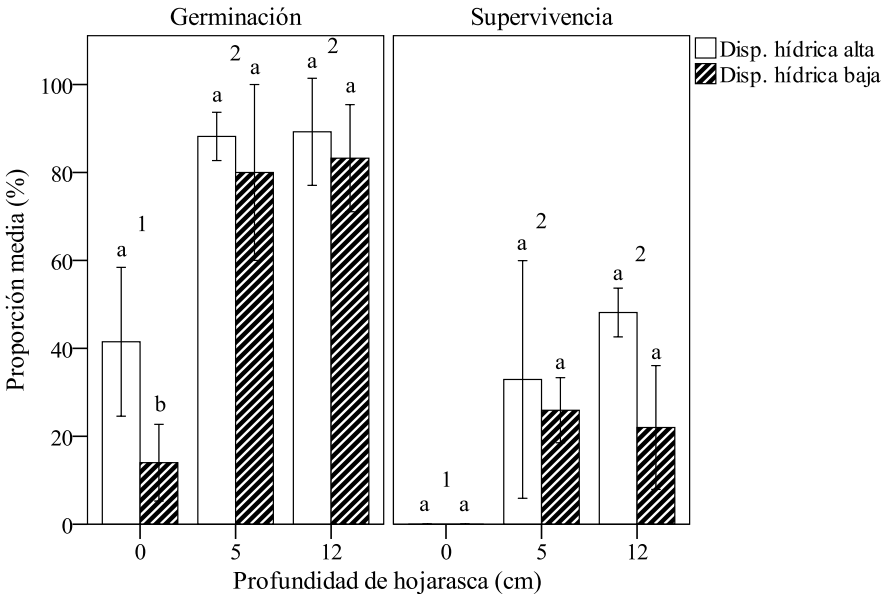
i. Germinación y supervivencia en bosque adulto con belloto

En particular en el sitio de bosque adulto, la adición de agua (alta disponibilidad) tuvo efectos sobre la germinación de semillas, pero sólo en las áreas sin hojarasca. Esto implicaría que, en los casos con hojarasca, esta última se encarga de mantener un contenido hídrico más o menos constante y continuo que favorece la germinación de semillas y produce que la adición de agua no sea relevante.

Los resultados de germinación de semillas en el bosque adulto revelaron diferencias significativas en la proporción de semillas germinadas en las parcelas con hojarasca de 5 y 12 cm de espesor, con respecto a las germinadas en las parcelas sin hojarasca. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre ambos tratamientos con hojarasca (gráfico 6.17).

El análisis de supervivencia no demostró una significancia estadística en el efecto de la disponibilidad de agua. Sólo se verificó una proporción mayor de plantas sobrevivientes cuando se adicionó agua en los tratamientos con hojarasca (gráfico 6.17). Eso último implicó que se evidenció un efecto estadístico de la hojarasca sobre la sobrevivencia de plantas. Dicha significancia fue verificada tanto para las parcelas con 5 cm de profundidad de hojarasca como para las parcelas con 12 cm, con respecto a las parcelas que no fueron cubiertas con hojarasca.

Gráfico 6.17. Proporción de semillas germinadas y de plántulas sobrevivientes en sitio de bosque adulto con belloto, según tratamientos de disponibilidad hídrica y de profundidad de hojarasca. Letras distintas (a y b) representan diferencias significativas referidas a efecto de disponibilidad hídrica ($p < 0,05$). Números distintos (1 y 2) señalan diferencias significativas entre parcelas con distintos niveles de profundidad de hojarasca ($p < 0,05$).



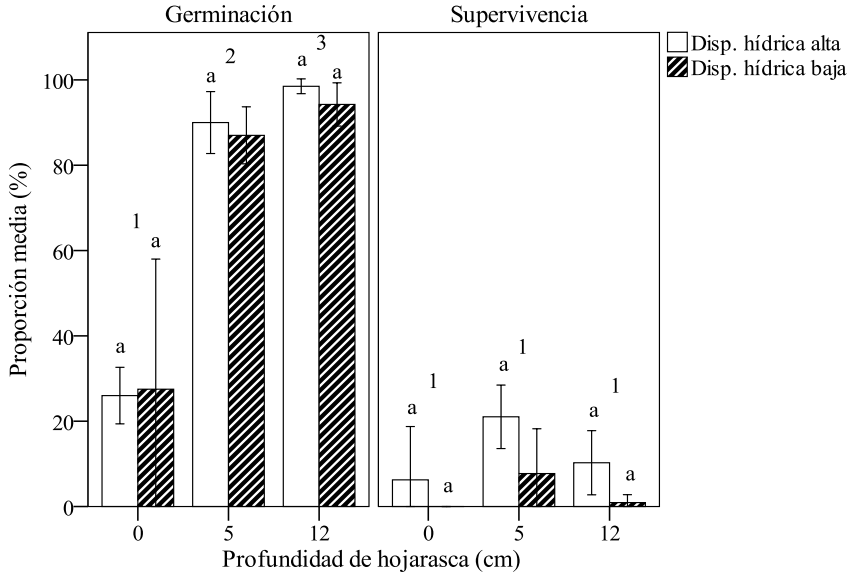
Elaborado por K. Kremer

ii. Germinación y supervivencia en interfase de bosque con belloto y bosque esclerófilo

En este sitio la disponibilidad hídrica no tuvo efectos estadísticos significativos en la proporción de semillas germinadas, incluso cuando existía presencia de hojarasca (como sí ocurrió en el sitio de bosque adulto). Por otra parte y de manera similar al bosque adulto con belloto, tanto la proporción de semillas germinadas en parcelas con 5 cm de hojarasca, como las germinadas en parcelas con 12 cm de hojarasca, fueron significativamente diferentes a las correspondientes a las parcelas sin hojarasca. Ahora bien, en este caso sí hubo además diferencias entre la proporción de semillas germinadas en parcelas con 5 o 12 centímetros de profundidad. Esto implica que es la hojarasca en sí el factor preponderante en la mantención de un cierto nivel de humedad y protección en el piso que favorece la germinación de las semillas. En otras palabras, habiendo un piso de hojarasca adecuado no es necesario incurrir en grandes campañas de riego para aumentar la proporción de semillas que germinan (gráfico 6.18).

Posteriormente, la supervivencia fue favorecida por la disponibilidad hídrica y por la profundidad de la hojarasca, pero no a niveles estadísticamente significativos. Es destacable la fuerte mortalidad de plantas, condición que podría deberse a otros factores ambientales, como la mayor radiación incidente y la mayor temperatura del aire en ese sitio (gráfico 6.18).

Gráfico 6.18. Proporción de semillas germinadas y de plántulas sobrevivientes en sitio de interfase de bosque con belloto y bosque esclerófilo, de acuerdo a tratamientos de disponibilidad hídrica y profundidad de hojarasca. Letras iguales (a) indican que no hubo diferencias significativas por efecto de la disponibilidad hídrica ($p < 0,05$). Números distintos (1, 2 y 3) indican diferencias significativas debido a profundidad de hojarasca ($p < 0,05$).



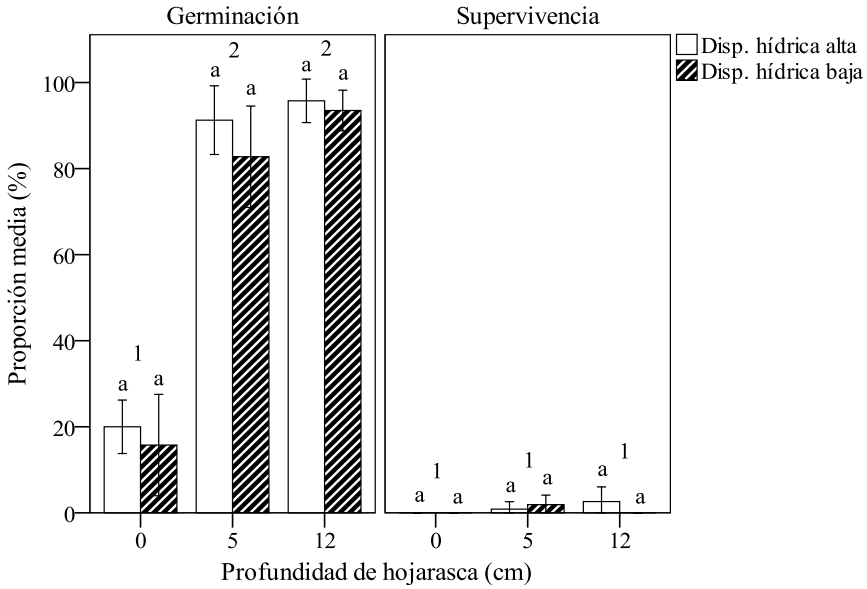
Elaborado por K. Kremer

iii. Germinación y supervivencia en sitio de interfase a matorral esclerófilo

Conforme a lo que expresa el gráfico 6.19, la disponibilidad hídrica no causó efecto sobre la proporción de semillas germinadas, mientras que la presencia de hojarasca sí lo hizo. Efectivamente, profundidades de hojarasca de 5 cm y de 12 cm provocaron proporciones de semillas germinadas mucho mayores, que tuvieron significancia estadística respecto a las semillas germinadas en parcelas sin hojarasca, mas no entre sí.

A su vez, la proporción de plantas que sobrevivieron tras unos meses fue muy baja, no teniendo la disponibilidad hídrica efecto alguno sobre esto. La profundidad de la hojarasca mostró cierto efecto, pero no con magnitud que se reflejara en significancia estadística (gráfico 6.19). Con esto se hace mucho más notorio que en circunstancias de mayor radiación y temperatura ambiental las plantas de belloto no pueden sostener su desarrollo y mueren.

Gráfico 6.19. Proporción de semillas germinadas y de plántulas sobrevivientes en el sitio de interfase a matorral esclerófilo, según tratamientos de disponibilidad hídrica y de profundidad de hojarasca. Las letras iguales (a) indican que no hubo diferencias significativas por efecto de la disponibilidad hídrica ($p < 0,05$). Números distintos (1, 2) indican diferencias significativas debido a profundidad de hojarasca ($p < 0,05$).



Elaborado por K. Kremer

iv. Predación

Un efecto no menor notado en terreno fue la predación de semillas y plántulas. En especial, los roedores consumen semillas de belloto primordialmente por sobre las semillas de otras especies, por lo cual la factibilidad real de propagarse en el bosque disminuye respecto al resto de las especies. Bajo este concepto, es difícil aseverar el efecto competidor que otras especies tienen con belloto del norte, puesto que la predación de semillas hace que belloto comience con una fuerte desventaja (figura 6.2). De hecho, las características encontradas en terreno sugieren que B.miersii es una especie tolerante, que probablemente no compita en demasía con otras.

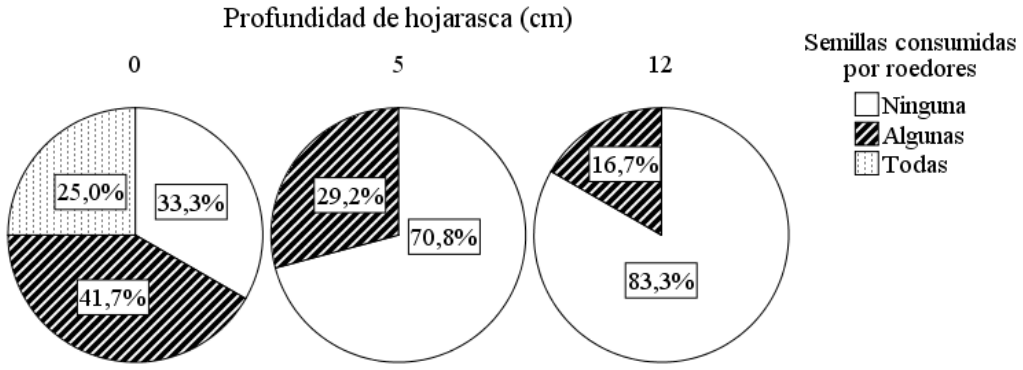
Cabe señalar que la hojarasca ofreció protección a las semillas de belloto ante la predación de roedores. En efecto, al contabilizar las semillas afectadas por ratones en las parcelas de germinación, se encontró que la proporción de ataques fue mucho menor en las semillas no expuestas (protegidas por hojarasca, gráfico 6.20).

Figura 6.2. Semillas atacadas por ratones

Fotografía de A. Promis

Proteger las semillas de belloto contra la acción de roedores es una tarea de largo alcance y tiempo, que va más allá de la posibilidad de un hacendado o propietario de áreas en que existe belloto. Esta acción merece un programa comunal, provincial o regional integrado de manejo de plagas.

Gráfico 6.20. Predación de semillas según nivel de hojarasca asignado



Elaborado por K. Kremer

Igualmente, la predación de plántulas por parte de animales herbívoros, principalmente vacunos y caballares que circulan por sectores con belloto es importante y requieren excluir al ganado. En términos de este estudio, se puede decir que, dado el nivel de predación de semillas por parte de roedores, es un éxito que existan plántulas de belloto, por o cual debe protegerse su desarrollo ante la amenaza de animales herbívoros.

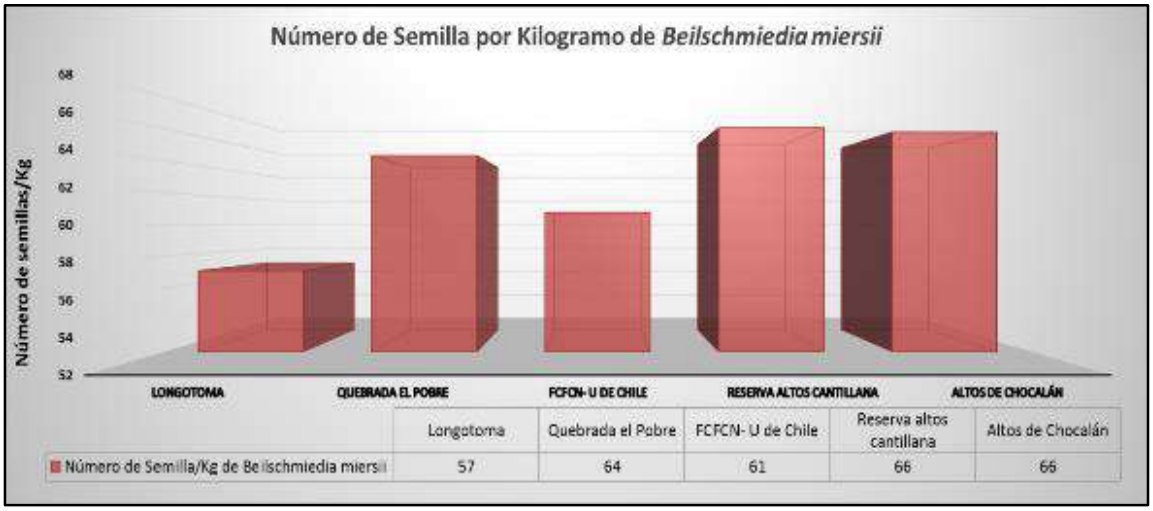
Objetivo específico 4: Analizar la capacidad de germinación y desarrollo inicial de plántulas, a través de un ensayo de progenie.

a. Ensayos de laboratorio

i. Número de semillas por kilogramo

Del análisis en laboratorio de las semillas de B. miersii, previo a su instalación en terreno y en vivero, se obtuvo como resultado que el número de semillas por kilogramo es cercano al rango (60 a 80) determinado por Donoso y Cabello (1978). En particular, las localidades ubicadas en las zonas de mayor altitud y de distribución sur de la especie, como lo es la Reserva Altos de Cantillana y el predio particular Altos de Chocalán poseen un mayor número de semillas por kilogramo que el resto de las localidades de procedencias. Sin embargo, Longotoma (localidad más septentrional) posee un menor número de semillas por kilogramo que el resto de las localidades de procedencias. Por otro lado, las semillas procedentes de la Facultad de Ciencias Forestales también poseen un número de semillas por kg. cercano al límite inferior del rango, lo cual puede ser a consecuencia de que son individuos cultivados y de régimen bajo riego (gráfico 6.21).

Gráfico 6.21. Número de semillas por kilogramo de Beilschmiedia miersii



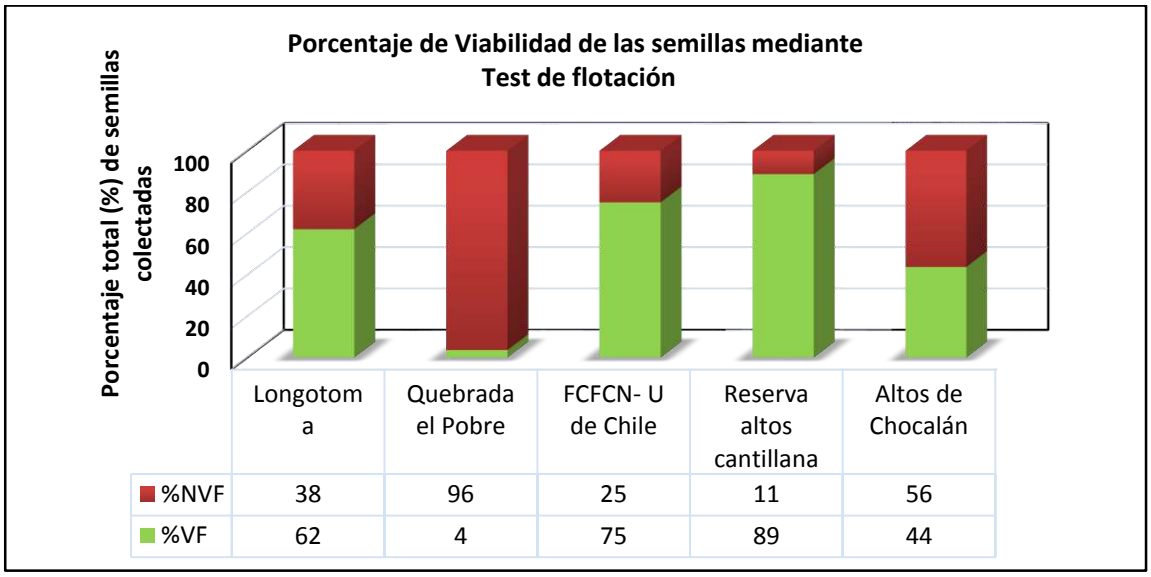
Elaborado por P.Poch

Folio009703

ii. Viabilidad de las semillas

En relación a la prueba de viabilidad, los resultados indican que la Reserva Altos de Cantillana posee un 89% de las semillas colectadas viables por test de flotación. Sin embargo, las semillas procedentes de las localidades de Quebrada el Pobre y Altos de Chocalán, poseen solo un 4 y 44% de semillas aparentemente viables por test de flotación (VF), respectivamente (gráfico 6.22).

Gráfico 6.22. Porcentaje de viabilidad de semillas (*%NVF: Porcentaje de semillas no viables; %VF: Porcentaje de semillas viables).

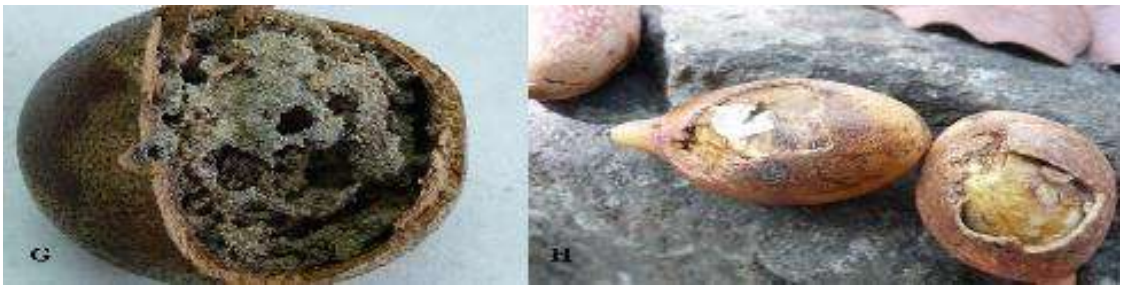


	Longotoma	Quebrada el Pobre	FCFCN- U de Chile	Reserva altos cantillana	Altos de Chocalán
%NVF	38	96	25	11	56
%VF	62	4	75	89	44

Elaborado por P.Poch

Por otro lado, se puede mencionar el caso de localidades más septentrionales, como son Longotoma y Quebrada el Pobre, en donde además de poseer una escasa semillación se encontró que una gran cantidad de los frutos que poseían claros signos de ataque de roedores e insectos (Hypothenemus sp.), estos últimos se caracterizaban por presentar perforaciones en la testa y el interior con pequeñas galerías, dejándolos totalmente inviables, lo que implica una baja cantidad de propágulos efectivamente disponibles en cada población (figura 6.3). Sin embargo, las semillas afectadas no se utilizaron para el presente estudio y se dejaron en cuarentena, mediante previo aviso a las autoridades correspondientes (SAG).

Figura 6.3. Predación de semillas de B. miersii. Fotografía izquierda (G): Daño interno de la semilla por Hypothenemus sp.; Fotografía derecha (H): Daño por roedores.



Fotografía de C. Magni

b. Efecto de las condiciones de sustrato sobre la capacidad germinativa y mortalidad de las semillas

i. Parámetros de germinación

Los resultados otorgados por el análisis de varianza (Andeva) de la capacidad germinativa, demuestran que las condiciones de sustrato son un factor importante en la germinación de las semillas (tabla 6.12), ya que existen diferencias significativas entre las distintas condiciones de sustratos ensayadas en un intervalo del 95% de confianza.

En general y de acuerdo a los datos entregados, se observa que en promedio los parámetros relacionados a la capacidad germinativa (C.G%), Valor máximo de Czabator y el porcentaje de energía germinativa, es mayor al encontrase más próximo al suelo mineral y menor hojarasca al momento de siembra. Donde, los mayores valores de capacidad germinativa se encuentran presentes con el tratamiento de escarificación de la capa superficial del suelo (T3) con 49,9%, donde los máximos valores se produjeron en las semillas de procedentes de la localidad de Altos de Chocalán con 86,2%. Cabe destacar, que las semillas procedentes de la localidad de Quebrada el Pobre presento una menor capacidad germinativa 28,8%. En particular, para el área de interés Reserva de Altos de Cantillana, esta presenta una capacidad germinativa máxima de 49,1% para el tratamiento con escarificación superficial del suelo.

Es de importancia mencionar, que la tendencia de los resultados indican que las semillas al ser sembradas en sustratos con mayor hojarasca poseen un mayor periodo de energía, es decir se tardan un mayor tiempo en germinar.

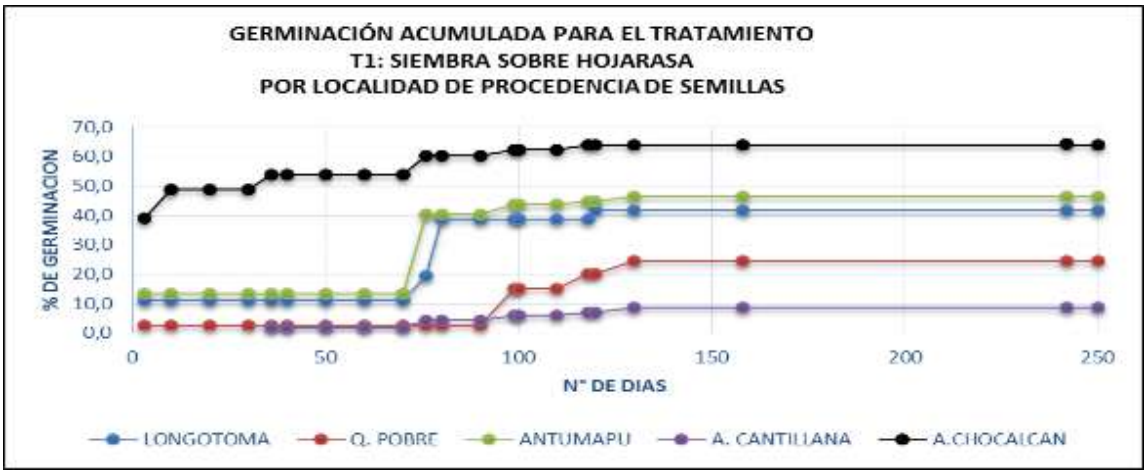
Tabla 6.12. Efecto de las condiciones de sustrato en la germinación de las semillas de B. miersii (C.G%: Porcentaje capacidad germinativa; V.MAX: Valor máximo de Czabator; E.G%: Porcentaje de energía germinativa; P.E: Periodo de energía en días)

Localidad	C.G %			V.MAX			E.G %			P.E DIAS		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Longotoma	52,8	72,2	41,7	0,4	0,7	0,3	52,8	72,2	41,7	118,0	99,0	130,0
Quebrada el Pobre	24,4	-	28,8	0,2	-	0,2	24,4	-	28,8	130,0	-	65,0
Campus Antumapu Universidad de Chile	46,3	43,3	43,8	0,4	0,4	1,0	46,3	43,3	43,8	119,7	119,7	65,7
Reserva Privada Altos de Cantillana	8,8	11,5	49,1	0,1	0,1	0,6	8,8	11,5	49,1	89,2	71,2	89,8
Altos de Chocalán	63,9	69,0	86,2	0,9	1,0	1,3	63,9	69,0	86,2	87,0	66,5	82,5
PROMEDIO	**39,2**	**49,0**	**49,9**	**0,4**	**0,6**	**0,7**	**39,2**	**49,0**	**49,9**	**108,8**	**89,1**	**86,6**

Elaborado por P.Poch

En particular, para el tratamiento de germinación sobre la hojarasca se puede observar que las semillas procedentes de la localidad de Altos de Chocalán presenta una germinación máxima del 64% a los 180 días de ser sembradas. Sin embargo, al analizar la localidad de interés Reserva Altos de Cantillana esta presenta una menor germinación al ser comparadas con las otras localidades de procedencia, el cual es 8,9% de germinación máxima acumulada a los 130 días después de ser sembradas en terreno (gráfico 6.23).

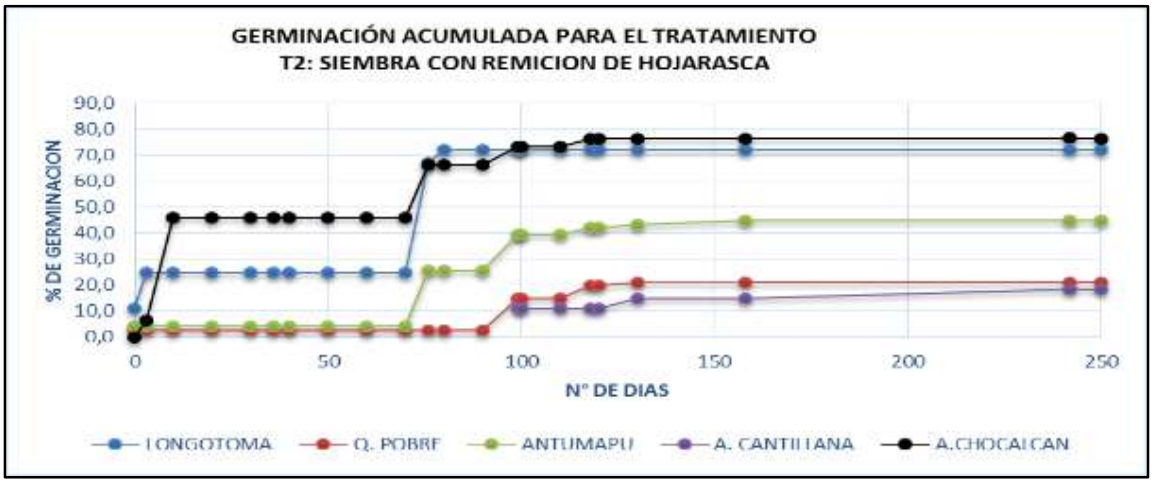
Gráfico 6.23. Germinación acumulada para el tratamiento de siembra sobre hojarasca (T1)



Elaborado por P.Poch

En relación al tratamiento de germinación sobre sustrato con remoción de hojarasca puede analizar que las semillas procedentes de la localidad de Altos de Chocalán presenta una germinación máxima del 76,5% a los 118 días de ser sembradas. En particular, la Reserva Altos de Cantillana presenta 18,5% de germinación máxima acumulada a los 242 días después de ser sembradas en terreno, cuyo valor es el menor entre las semillas de localidades analizadas (gráfico 6.24).

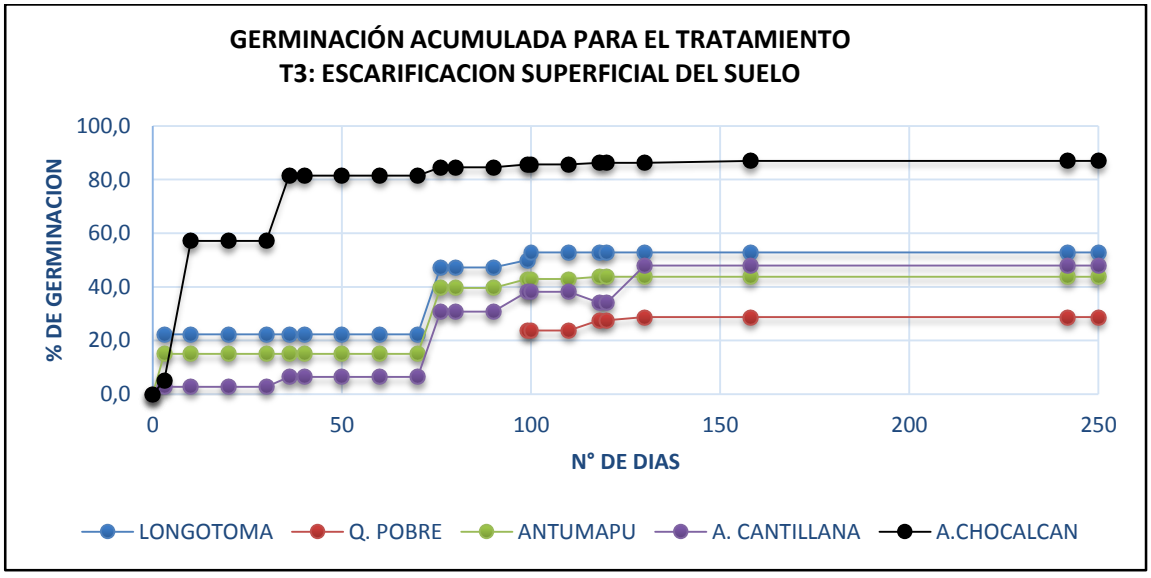
Gráfico 6.24. Germinación acumulada para el tratamiento de siembra con remoción de hojarasca (T2).



Elaborado por P.Poch

Con respecto al tratamiento de germinación sobre sustrato con escarificación superficial de suelo, se puede analizar que las semillas procedentes de la localidad de Altos de Chocalán presenta una germinación máxima del 86% a los 118 días de ser sembradas. Las semillas provenientes de la localidad Quebrada el Pobre, presentan el 29% de germinación máxima acumulada a los 130 días, siendo las semillas con menor capacidad germinativa en comparación con las otras localidades. En particular, la Reserva Altos de Cantillana presenta 48% de germinación máxima acumulada a los 130 días después de ser sembradas en terreno, cuyo valor es el menor entre las semillas de localidades analizadas (gráfico 6.25).

Gráfico 6.25. Germinación acumulada para el tratamiento de siembra con escarificación superficial de suelo (T3).



Elaborado por P.Poch

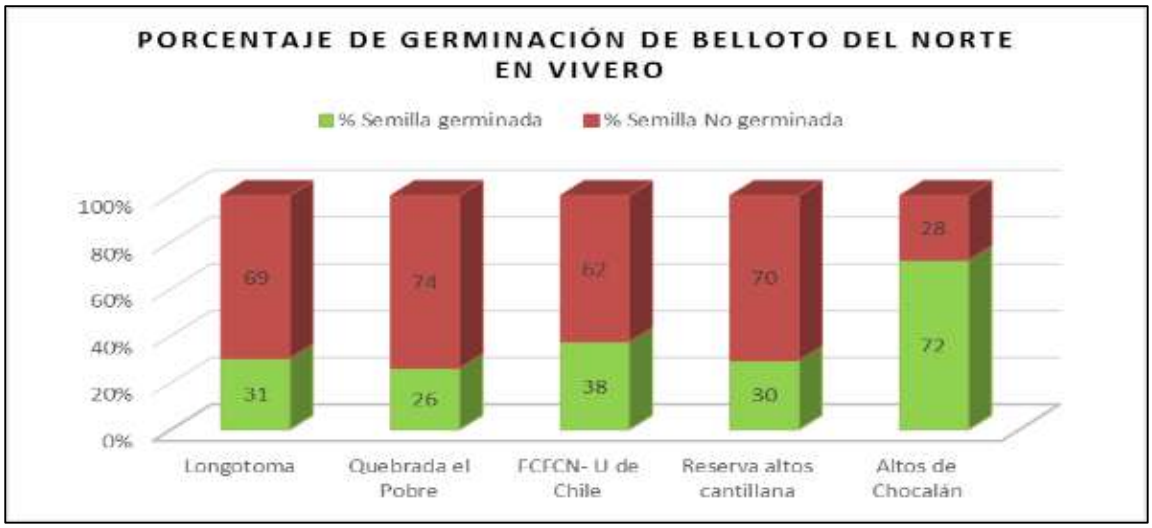
Cabe destacar, que independientemente del tratamiento utilizado al final de los 250 días de duración del ensayo se produjo una mortalidad del 100% de las semillas. La causa se debió principalmente a la desecación de las semillas, pues la humedad disponible en forma natural del sustrato no fue suficiente y además no se consideró un aporte hídrico (riego) en el presente ensayo. Esto último, podría haber cambiado la sobrevivencia de los individuos en terreno.

c. Germinación y crecimiento inicial de plántulas en ensayo de vivero

i. Parámetros de germinación

Posterior a una temporada de ser sembradas las semillas, se cuantificó el porcentaje de germinación por procedencia. Los resultados obtenidos indican, que el promedio de germinación alcanza solo el 39%. Donde la localidad de Altos de Chocalán, posee una tasa de germinación del 72%. Sin embargo, la menor tasa de germinación fue obtenida de Quebrada el Pobre con un 26%. En particular, las semillas provenientes de las Reserva Altos de Cantillana presentan un 30% de germinación (gráfico 6.26).

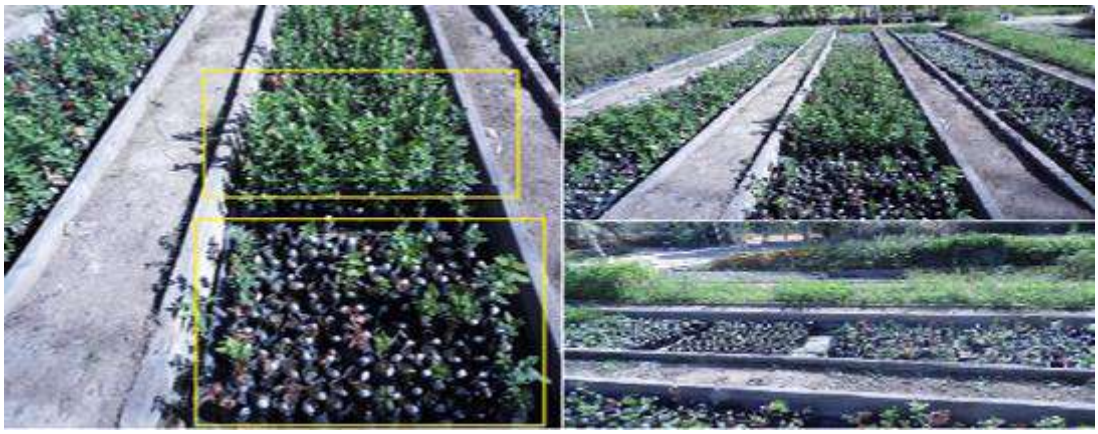
Gráfico 6.26. Porcentaje de germinación de semillas de B. Miersii en vivero.



Elaborado por P.Poch

Por otro lado, durante el ensayo se verificó que el desarrollo de las plantas en vivero fuera homogéneo en cada bloque, para así asegurar la competencia equitativa entre individuos (figura 6.4).

Figura 6.4. Disposición de las plantas de B. miersii en vivero



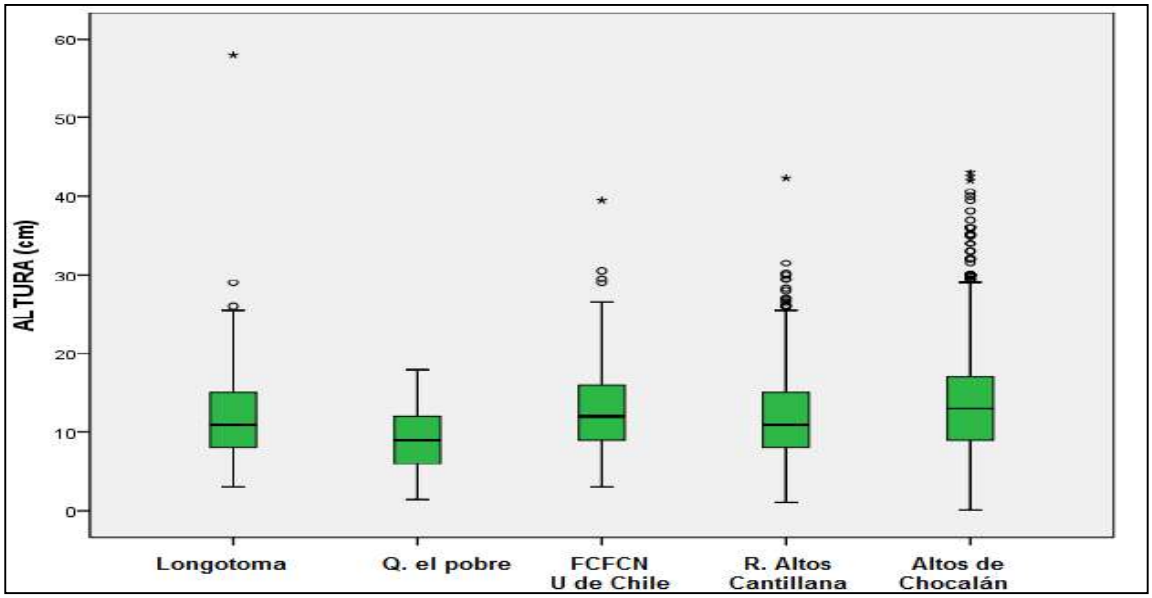
Fotografía de C. Magni

ii. Patrones iniciales de crecimiento en la primera temporada de viverización previa a la restricción hídrica

Después de la primera temporada de crecimiento, se observó que no existen diferencias significativas ($\alpha<0,05$) en el crecimiento en altura, diámetro y número de hojas verdaderas entre las procedencias. Sin embargo, dentro de cada localidad las familias difieren entre sí a un nivel de significancia $p<0,05$. Este comportamiento concuerda con lo mencionado por Petit y Hampe (2006), que indican que los árboles tienen altos niveles de diversidad genética dentro de las poblaciones, pero poca diferenciación entre poblaciones, debido a su sistema de apareamiento.

En relación a la altura, se registró un promedio general de 13,4 cm de crecimiento. Donde destaca, las familias procedentes de Altos de Chocalán con 13,9 cm en promedio, la cual a su vez presenta valores extremos de hasta 43 cm. Sin embargo, las familias procedentes de Quebrada el Pobre presentan un promedio de crecimiento de 9,3 cm. Se puede señalar, que la procedencia Longotoma presenta valores extremos de hasta 58 cm de altura. En Particular, para la localidad de interés Reserva Altos de Cantillana se puede señalar que presenta valores promedios de 12,2 cm de altura (gráfico 6.27).

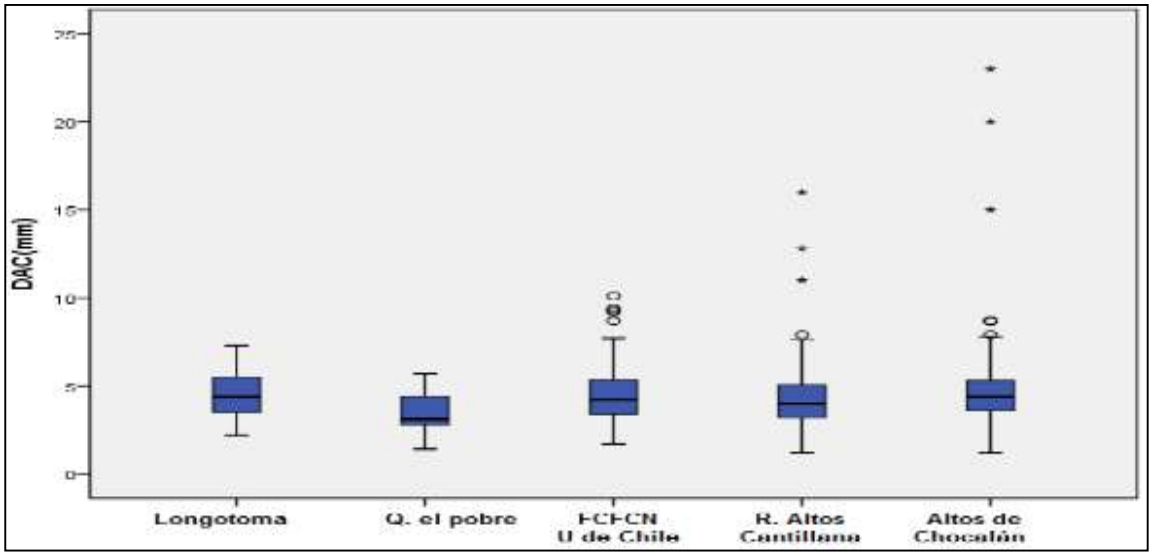
Gráfico 6.27. Altura (cm) a la primera temporada de crecimiento B. miersii en vivero.



Elaborado por P.Poch

Se registró un DAC promedio general de 4,4 mm, siendo las familias procedentes de Longotoma las que presentaron un mayor promedio de 4,5 mm. No obstante, las familias procedentes de Quebrada el Pobre mostraron un menor promedio para este parámetro con 3,5 mm. Se destaca, la procedencia Altos de Chocalán con valores extremos de hasta 2,3 mm. En particular, para la localidad de interés Reserva Altos de Cantillana se puede señalar que presenta valores promedios de 4,20 mm de DAC (gráfico 6.28).

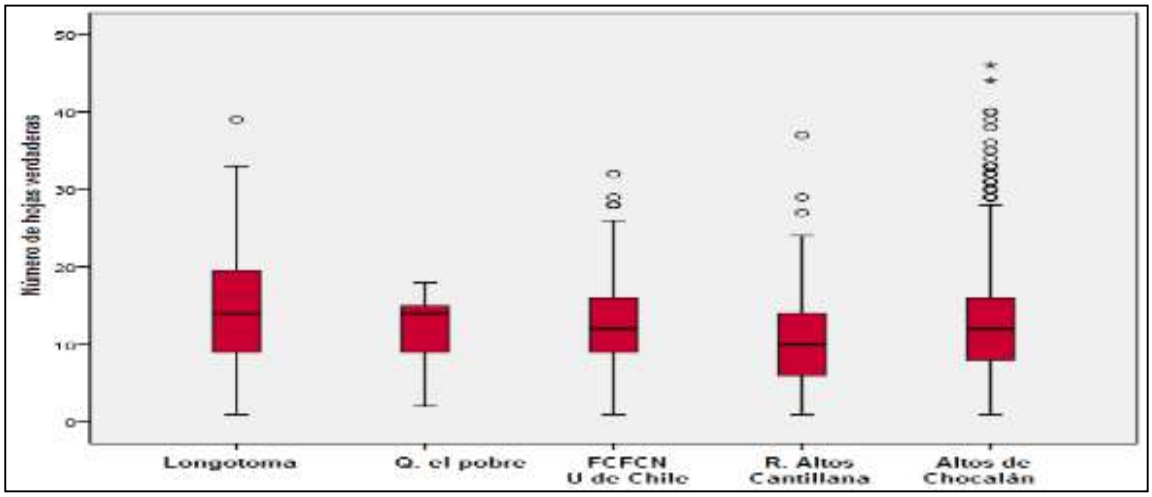
Gráfico 6.28. Diámetro a la altura del cuello (mm) a la primera temporada de crecimiento de B. miersii en vivero.



Elaborado por P.Poch

En relación al número de hojas verdaderas, el promedio general fue de 12 hojas verdaderas por individuo. Las familias provenientes de Longotoma, poseen un promedio de 15 hojas por individuo. Sin embargo, las familias procedentes de la Reserva Altos de Cantillana tienen en promedio 10 hojas por individuo, siendo menor a las plantas provenientes de las otras localidades. Cabe mencionar, a los individuos de Altos de Chocalán con valores extremos de hasta 46 hojas por individuo (gráfico 6.29)

Gráfico 6.29. Número de hojas verdaderas a la primera temporada de crecimiento de B. miersii en vivero



Elaborado por P.Poch

d. Caracterización de las variables de las plantas posterior a la restricción hídrica en ensayo de vivero

Como se mencionó anteriormente, previo al inicio del tratamiento de estrés hídrico los diversos parámetros de crecimiento en el ensayo de vivero después de la primera temporada de desarrollo, se observó que no existen diferencias significativas ($\alpha<0,05$) en el crecimiento en altura, diámetro y número de hojas verdaderas entre las distintas familias en estudio. Lo cual, indicaría que la respuesta observada en todas las familias después de la restricción hídrica es atribuible al efecto de la capacidad de retención de agua que al estado ontogénico de las plantas de Belloto en análisis.

Durante 35 días las plantas de Belloto del Norte fueron sometidas a déficit hídrico. Sin embargo, se observó que no existen diferencias significativas ($\alpha<0,05$) en el crecimiento de las familias en todas las variables, a excepción de la tasa de mortalidad entre ambos tratamientos (riego y déficit hídrico).

Luego del periodo de déficit hídrico, desde el inicio del ensayo, la tasa de mortalidad promedio e independiente de la localidad de procedencia de las familias analizadas, presentó una marcada diferencia que varía entre los 20,2 y 72,1% en el tratamiento de riego y déficit hídrico, respectivamente (Tabla 6.13).

Tabla 6.13. Tasa de mortalidad y potencial hídrico al alba (Ψa).

Tratamiento de Riego (35 días)	**Mortalidad (%)**	**Ψa (Mpa)**
Tratamiento de déficit hídrico	72,1	2,0-7,0
Tratamiento de Riego	20,2	0,5-4,8

Elaborado por P.Poch

Para el tratamiento de déficit hídrico los valores de Ψa mayores a 5,0 MPa, se observa en las plantas notorios cambios morfológicos como marchitamiento, clorosis del tejido foliar y fustal, como también pérdida de flexibilidad en las hojas, lo que evidencia la falta de agua en sus tejidos. Lo anterior, hace suponer que este rango de Ψa puede ser letal para B. miersii.

Larcher (1995) señala que como consecuencia de la sequía, las especies vegetales desarrollan diversos mecanismos que le ayudan a tolerar la sequía como el desarrollo de un buen sistema radicular y modificaciones foliares. Para el caso de B. miersii, es presumible que el principal mecanismo de tolerancia al estrés en las fases iniciales de crecimiento, sea el consumo de los cotiledones y, por ende tenga una mayor dependencia de las reservas de

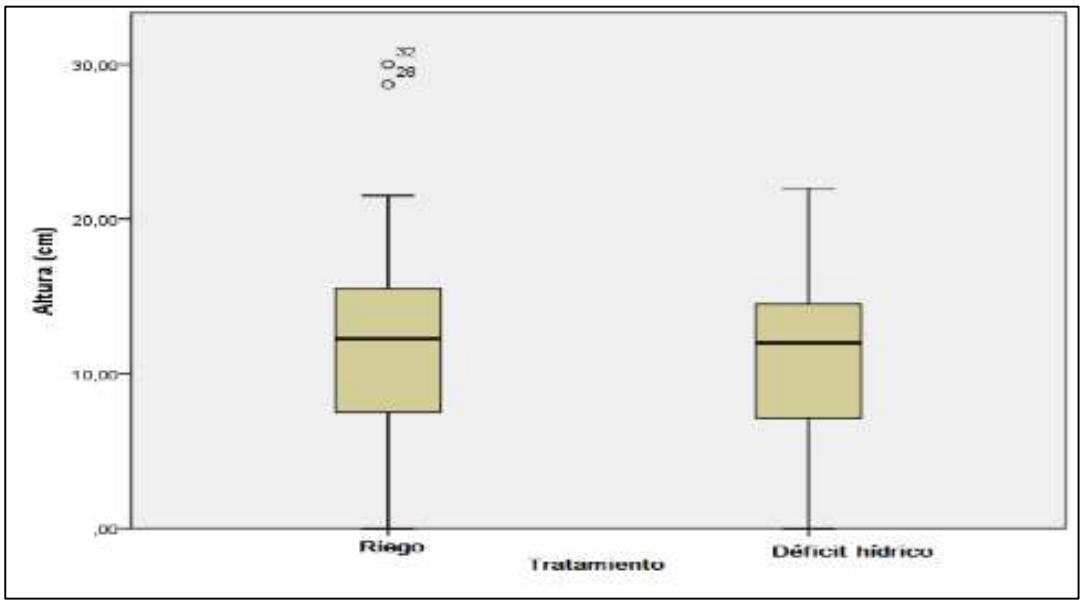
los cotiledones para su sobrevivencia y no exprese mecanismos evolutivos de tolerancia al estrés hídrico, tales como adaptaciones morfológicas que ocurran en la planta como un mecanismo para tolerar la sequía (figura 6.5).

Figura 6.5. Morfología de B. miersii para tratamiento de riego y restricción hídrica en ensayo de vivero.

Fotografía de C. Magni

En relación a la altura, se puede mencionar que en general e independiente del origen de la semilla se registró un promedio de 12,4 y 11,1 cm en el tratamiento de riego y déficit hídrico, respectivamente (gráfico 6.30). Como se mencionó anteriormente, los individuos de ambos tratamientos no muestran diferencias significativas para el carácter altura, durante todo el ensayo. Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos por Berrios (2002), en plantas de P. boldus, de dos años de edad y bajo dos tratamientos de riego, este autor observó que las diferentes intensidades de riego no influyeron en el incremento de altura en las plantas estudiadas.

Gráfico 6.30. Altura (cm) en B. miersii para tratamiento de riego y restricción hídrica en ensayo de vivero.



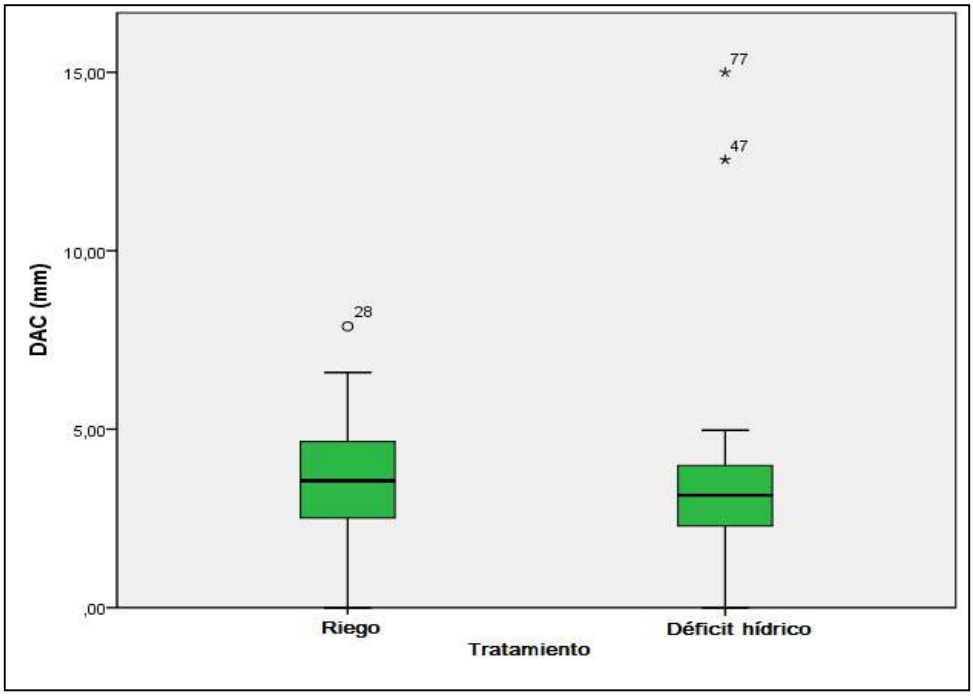
Elaborado por P.Poch

Con respecto al DAC, se registró un promedio general de 3,5 y 3,4 cm en el tratamiento de riego y déficit hídrico, respectivamente (gráfico 6.31). De igual manera, se cuantificó el número de hojas verdaderas presentes en cada planta, la cual vario entre 12 y 11 hojas por individuo en el tratamiento de riego y déficit hídrico, respectivamente (gráfico 6.32).

Es en este contexto, que uno de los prerrequisitos más importantes para continuar el crecimiento y la sobrevivencia de las plantas, es tener adecuados los niveles del contenido hídrico en los tejidos que permiten mantener el turgor celular, y para ello se deben desarrollar diversos mecanismos adaptativos de respuesta diferencial a las condiciones de crecimiento, tales como la reducción del DAC, la pérdida del follaje, entre otros (Hsiao et al., 1976; Lei et al., 2006). Es sobre la base de lo anterior, que la escasa respuesta adaptativa observada en Belloto a las condiciones

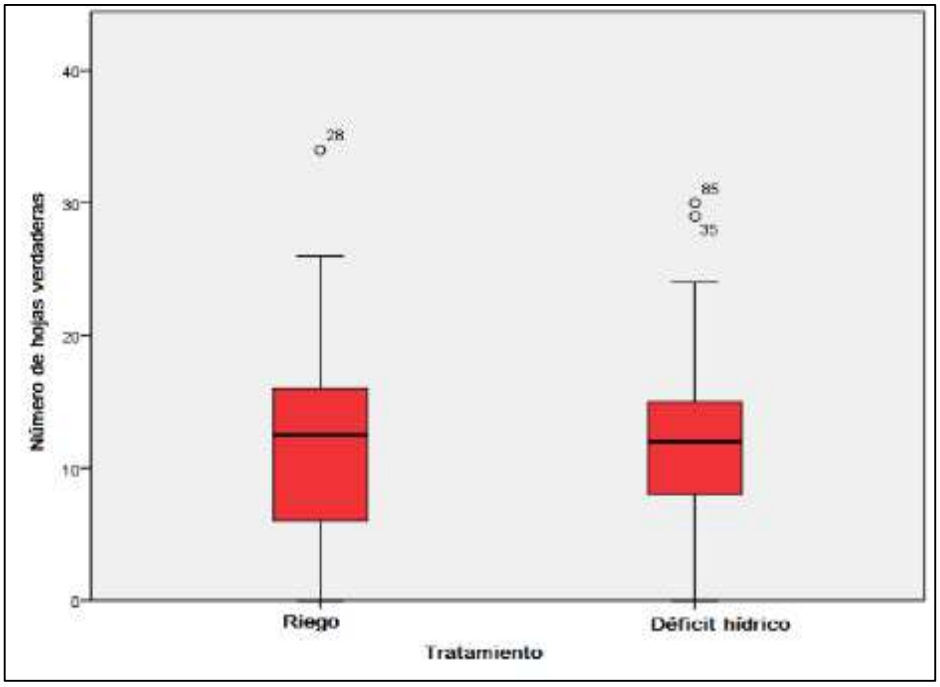
de déficit hídrico en el presente ensayo, nos explicaría las elevadas tasas de mortalidad, ya que esta especie no expresa mecanismos evolutivos de tolerancia al estrés hídrico.

Gráfico 6.31. DAC (mm) en B. miersii para tratamiento de riego y restricción hídrica en ensayo de vivero.



Elaborado por P.Poch

Gráfico 6.32. Número de hojas verdaderas en B. miersii para tratamiento de riego y restricción hídrica en ensayo de vivero.



Elaborado por P.Poch

Como se aprecia en la tabla 6.14, no se observaron diferencias debido al origen de colecta de las familias, esto cuando se analizaron de forma independiente las distintas variables de crecimiento en las plantas en estudio, a excepción de la tasa de mortalidad. Con respecto a este último punto, la tasa de mortalidad registrada en Quebrada el Pobre fluctuó entre 50 y 100% para los tratamientos de riego y déficit hídrico, respectivamente. Sin embargo, la Reserva Privada Altos de Cantillana registró la menor tasa de individuos muertos al final del ensayo con 6,2 y 39,6% para los tratamientos de riego y déficit hídrico.

Tabla 6.14. Variable de crecimiento por localidad posterior a la restricción hídrica (DAC=Diámetro Altura de Cuello, H = Altura, NHV= Número de Hojas Verdaderas).

Localidad	Régimen hídrico	PROMEDIO			
		DAC(mm)	H (mm)	NHV	Mortalidad (%)
Longotoma	Riego	3,3	10,9	11	25,4
	Déficit hídrico	3,7	16,0	15	100,0
Quebrada El Pobre	Riego	3,4	11,9	13	50,0
	Déficit hídrico	2,9	10,0	8	100,0
Campus Antumapu-Universidad de Chile	Riego	4,6	15,0	16	10,1
	Déficit hídrico	4,1	18,0	22	52,3
Reserva Privada Altos de Cantillana	Riego	3,4	11,6	12	6,2
	Déficit hídrico	3,2	10,2	11	39,6
Altos de Chocalán	Riego	3,4	11,5	13	9,1
	Déficit hídrico	3,3	10,9	11	68,5

Elaborado por P.Poch

Con respecto a lo anterior, autores indican que en poblaciones de pequeño tamaño, extremas en distribución y aisladas tienden a ser afectadas por la endogamia (cruza entre parientes) y la deriva genética (efecto del muestreo aleatorio de genes que ocurre en poblaciones pequeñas), por lo que tenderán a estar genéticamente empobrecidas (Oleksyn et al, 1998). Lo anterior podría explicar, la elevada tasa de mortalidad registrada por las familias colectadas en la localidad de Quebrada el Pobre, cuya población se encontraba aislada, con escasos individuos maduros y nula regeneración natural. Sin embargo, aquellas poblaciones con un gran número poblacional se caracterizarán por tener una mayor diversidad genética y en consecuencia, se espera que estas poblaciones posean una estructura genética compleja y una combinación de respuestas adaptativas efectivas de base genética y plásticas a las condiciones cambiantes del ambiente (Oleksyn et al. 1998), tal como lo observado en las población de Reserva Privada Altos de Cantillana y su baja tasa de mortalidad, la cual se registró independiente del ensayo a evaluar.

Objetivo específico 5: Proponer técnicas de manejo potencialmente bonificables y replicables, que propendan a la permanencia de los bosques en donde belloto del norte está presente.

Los resultados a este objetivo se expondrán mediante dos puntos principales:

a. Las medidas factibles de implementar y su correspondiente tabla de costos.

b. Recomendaciones que podrían derivar en otras medidas a considerar, pero que escapan a las posibilidades actuales de CONAF.

a. Medidas factibles

i. Exclusión de sitios de regeneración contra predación.

De acuerdo a los resultados descritos en los objetivos anteriores, las semillas de belloto son intensamente consumidas por roedores. Por lo tanto, la proporción de semillas que pueden germinar es reducida respecto al total. Poder excluir la acción de roedores es difícil pues requiere de un manejo integrado de plagas que involucre no sólo a los roedores, sino que a especies vegetales que favorecen su proliferación, otros animales, desechos originados por las personas, etc. Por lo tanto, esto amerita una acción superior, que no puede ser financiada o subsidiada por los instrumentos que posee CONAF.

Ahora bien, las plántulas que se originan de las semillas que logran sortear la predación y germinar, son también consumidas por animales herbívoros, en particular aquellos introducidos por los hacendados o comunidades humanas rurales, en especial vacas, caballos y eventualmente ovejas y cabras. Estos animales, de mayor tamaño, pueden ser excluidos mediante la colocación de cercos que aíslen las áreas en que belloto produzca mayor cantidad de semillas. El cercado debe al menos tener cuatro hebras de alambre galvanizado, separadas en no más de 40 centímetros entre ellas, a fin de asegurar que animales más pequeños (como ovinos y caprinos) no pueden sobrepasarlos. Esta medida ayuda a mantener los sitios seguros o micrositios con característica ideales para la regeneración y conservación del belloto.

Tabla 6.15. Tabla de costos estimada para exclusión de sitios de regeneración contra predación

Actividad	Costo materiales($ /km)	Jornales/km	$/jornal	Costo total mano de obra ($)	Costo total cerco ($/km)
Colocación de alambre de púa. Cerco con 4 hebras de alambre de púa y postes cada 3 m, con sección > 5 cm o 2 "	760.600	62,5	15.000	937.500	**1.698.100**
Nota: Estimación de costos con valores de materiales a costo ciudad.					

Fuente: Elaboración propia

ii. Exclusión de áreas y prohibición de extracción de tierra de hojas.

Los antecedentes recogidos en los ensayos de terreno son enfáticos en indicar que la presencia de hojarasca es el factor más importante para permitir la germinación de las semillas. En efecto, la hojarasca permite mantener un nivel adecuado de humedad en el suelo, limita las oscilaciones de temperatura del mismo y ofrece además una protección a las semillas contra la acción depredadora de los roedores. Por este motivo, debe prohibirse y/o resguardarse los sitios en que belloto está presente, para que no exista extracción de tierra de hojas.

Lo anterior considera nuevamente el uso de cercos, pero también de carteles que indiquen de una manera gráfica, educativa, pero también enérgica, sobre el porqué no se puede extraer tierra de hojas.

Tabla 6.16. Tabla de costos estimada para exclusión de áreas y prohibición de extracción de tierra de hojas

Actividad	**Costo materiales($ /km)**	**Jornales/km**	**$/jornal**	**Costo total mano de obra ($)**	**Costo total cerco ($/km)**
Colocación de alambre de púa. Cerco con 4 hebras de alambre de púa y postes cada 3 m, con sección > 5 cm o 2 "	760.600	62,5	15.000	937.500	**1.698.100**
Actividad	**Costo materiales($ /cartel)**	**Carteles/km**	**Jornales /cartel**	**Costo total mano de obra a $ 15.000 /jornal)**	**Costo total carteles ($/km)**
Confección de carteles	2000	10	0,25	37.500	57.500
TOTAL GENERAL ($/KM): 1.755.600					
Nota: Estimación de costos con valores de materiales a costo ciudad. Se considera participación de gente local.					

Fuente: Elaboración propia

iii. Riego de establecimiento

Opcionalmente puede recomendarse riego en áreas en donde belloto tenga abundante semillación y germinación (o bien plantas de enriquecimiento), a tasas que dupliquen al menos la precipitación de la zona. Cabe señalar que, a la luz de los resultados de la estadística, en los ensayos efectuados por este proyecto no hubo mayor significancia de la adición de agua, sí hubo cierta respuesta que, dada la condición de la especie, podría ser relevante.

Tabla 6.17. Tabla de costos estimada para riego en áreas de semillación o para plantas de enriquecimiento

Actividad	Costo agua: $/ha/riego	Jornales/ha /riego	$/jornal	Costo total mano de obra ($/ha/riego)	Costo total riego($/ha/ riego)
Riego de 5 litros por planta, cada 15 días y por 5 meses. Se consideran 500 plantas/ha. Base de costo por un riego/ha	2.500	8,3	15.000	125.000	**127.500**
TOTAL GENERAL para 5 meses de riego: $ 1.275.000/ha (base de 500 plantas/ha)					
Nota: Estimación de costos con valores de materiales a costo ciudad. Se considera participación de gente local.					

Fuente: Elaboración propia

iv. Enriquecimiento con plantas de B.miersii

En sectores en que las condiciones ambientales pueden ser adecuadas para B.miersii (ambiente sombrío, presencia de hojarasca), podría ser una práctica adecuada el enriquecimiento con plantas de la especie. Para estos efectos, las semillas podrían colectarse en el mismo lugar, de esta manera evitar su pérdida por efecto de roedores, y sembrarlas en vivero. Las plantas pueden ser adaptadas durante su crecimiento en vivero, antes de colocarlas en el bosque. Por cierto, antes de plantar en el bosque es necesario aislar los sitios para evitar el daño de herbívoros. Se propone una base de 500 plantas/ha.

Tabla 6.18. Tabla de costos estimada para enriquecimiento con plantas de B. miersii

Actividad **Enriquecimiento con plantas de belloto**			
Item	**Costo planta belloto($/unidad)**	**Número de plantas/ha**	**Total costo plantas ($/ha)**
Costo plantas	680	500	340.000
Item	**Jornales /ha**	**Costo jornal ($/jornal)**	**Total costo mano de obra ($/ha)**
Mano de obra	2	15.000	30.000
Item			**Total estimado/ha**
Transporte			40.000
Item			**Total estimado ($/ha)**
Insumos, alimentación			20.000
COSTO TOTAL $/ha : 430.000			

Fuente: Elaboración propia

v. Control de especies exóticas agresivas

Si bien no se observó un daño o amenaza puntual contra individuos de belloto del norte, es claro que especies invasoras tales como la zarzamora están comenzando a utilizar espacios antes empleados por especies nativas. En el sector en estudio, las zonas más bajas, en que la posibilidad de influencia humana es mayor, como también el paso de animales domésticos, caballares y vacunos, mostraron mayor cantidad de zarzamora, la cual tiende a proliferar. La agresividad de emplazamiento de esta especie, que se favorecen con la mayor sequedad que implica el cambio climático, nos permite recomendar que se efectúe un control adecuado de su proliferación.

Tabla 6.19. Tabla de costos estimada para control de especies exóticas agresivas

Actividad	**Jornadas/ha**	**$/jornal**	**Insumos, transporte, alimentación $/ha**	**Costo total mano de obra ($/ha limpia)**
Control de especies exóticas (limpia). Base de 3000 m^2/ha de limpia.	4,8	15.000	50.000	122.000

Fuente: Elaboración propia

b. Recomendaciones que podrían derivar en otras medidas a aplicar

i. Control integrado de plagas

Ha sido vastamente mencionado que los roedores causan un gran daño a la permanencia de los bosques de belloto del norte, ya que ocasionan una fuerte depredación a sus semillas.

Controlar poblaciones de ratones es una tarea mayor, que depende de un control integrado de plagas y especies vegetales que les den sustento. Poder llegar a tener un programa de control a las escalas necesarias, involucra el hacer concordar a una serie de entidades, por mencionar algunas, CONAF, SAG, Servicios de Salud y Ministerio de Medio Ambiente, en otras palabras, escapa a la tuición exclusiva de la Corporación Nacional Forestal.

A pesar de lo anterior, es recomendable pensar en establecer programas de control de dicha índole. Es claro que la actividad humana que se ha establecido en las zonas rurales cercanas a poblaciones de belloto ha incentivado la proliferación de roedores que buscan a las semillas de belloto como alimento. Por lo tanto, un control de dichas especies es sólo revertir un proceso incentivado por la propia sociedad en su conjunto.

ii. Estrategia de regeneración vegetativa

Se observó que Beilschmiedia miersii tiene un buen potencial para el desarrollo de regeneración vegetativa. Especialmente en el sector de renoval o de interfase con bosque esclerófilo, se verificó que la especie rebrotaba de forma abundante. Es por ello que se recomienda comenzar estudios tendientes a buscar las mejores estrategias para manejar dicho tipo de regeneración, favoreciendo de esa forma su conservación.

iii. Limitar extracción de leña

El mayor ingreso de personas a estos bosques es para extracción de leña. Esto genera el debilitamiento de las especies existentes, produce claros y, por lo tanto, mayor radiación y temperatura, lo cual afectará la propagación de belloto. Es altamente recomendable entonces limitar el ingreso de personas con esos fines. Asimismo, se requerirá de estudios específicos para conocer hasta qué punto podría permitirse dicha acción.

Objetivo específico 6. Capacitar a la comunidad en la importancia de la mantención y recuperación de bosques relictos de belloto debido a los beneficios ambientales que prestan en su entorno (calidad de vida, calidad de agua, diversidad biológica y conservación de suelo).

Como fue mencionado en el capítulo metodológico, durante la realización del proyecto se mantuvo una continua comunicación con los actores locales. Sin embargo, el resultado más concreto para con este objetivo fue el taller de divulgación y capacitación que se efectuó en la Reserva Natural Altos de Cantillana, el pasado día 7 de noviembre. El interés por los resultados y recomendaciones del proyecto generó que la Corporación Altos de Cantillana difundiera este evento a todos los actores locales que interactúan a diario con Beilschmiedia miersii.

En el evento, los coinvestigadores del proyecto, Dres. Álvaro Promis y Carlos Magni expusieron los resultados y fundamentos por los cuales se generaron las recomendaciones para la conservación de belloto, haciendo notar además le necesidad por seguir avanzando en la investigación en torno a la especie.

Desde ya y con mucho regocijo, se puede informar del compromiso total por parte de la Corporación, y en especial de don Helios Murialdo (propietario de los terrenos en que se desarrollaron los ensayos de este proyecto), para continuar con actividades de investigación y avanzar aún más en la conservación de la especie. Es importante recalcar que los propietarios de terrenos boscosos del sector de Altos de Cantillana, están dispuestos a mantener sus bosques intactos, con un sentido de responsabilidad hacia la naturaleza que es total, por sobre la vorágine turística y agrícola desenfrenada que se ha establecido en torno a la Laguna de Aculeo. Bajo este precepto es que valoran las iniciativas que buscan conservar y potenciar las especies nativas. Sin duda, es esta una inmejorable oportunidad para que CONAF ponga en práctica los objetivos finales del Fondo de Investigación del Bosque Nativo, como también establecer modelos de gestión que integren a la institución, los propietarios y los científicos en torno a la preservación del bosque natural chileno.

En la figura 6.6 se muestra el registro de asistencia al taller celebrado en Altos de Cantillana. En representación de CONAF asistió el Ingeniero Forestal, Sr. Jorge Flores.

Posteriormente, en figura 6.7, se extiende la noticia aparecida en dicho contexto en el sitio web de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile.

En la figura 6.8 se visualizan, por último fotografías de la actividad en aula y posterior recepción organizada por el proyecto a los asistentes.

Figura 6.6. Registro de asistencia a taller de divulgación y capacitación en Altos de Cantillana.

Seminario final de difusión Proyecto 033/2012 "Permanencia de bosques de Beilschmiedia miersii. Regeneración según contenido hídrico del suelo y presencia de hojarasca. Propuestas"
Fecha: 7 noviembre 2014
Lugar: Reserva Natural Altos de Cantillana

N°	NOMBRE	INSTITUCIÓN	CORREO CONTACTO	FIRMA
1.-	Jocelyn Gallegos Contreras	U. de Chile /CESAF	jcgallegosc@gmail.com	
2.-	Irma GREE M.	U. DE CHILE/CESAF	irenguezm@gmail.com	
3.-	Betsabé Abarca Rojas	U. de Chile /CESAF	a.betsabe@gmail.com	
4.-	Nelson Cruz Lopez	U. de Chile /CESAF	cruzlopez.n@gmail.com	
5.-	Paola Poch Jiménez	U de Chile/CESAF	paola.poch@gmail.com	
6.-	Victoria Pulido González	U de Chile.	victoria.pulido@ug.uchile.cl	
7.-	EDUARDO MARTINEZ H.	U DE CHILE	emartine@uchile.cl	
8.-	Helios Murialdo	Corp. Altos de Cantillana	heliosmurialdo@gmail.com	
9.-	Fernanda Romero Garate	Coord. Reserva Altos de C.	fernanda.r@altosdecantillana.com	
10.-	Cecilia Molina Henríquez	Comunidad Local	auroradeamanecida@hotmail.com	
11.-	Constanza Vega Molina	I.P La Araucana	c.vega@hotmail.cl	
12.-	Carol Romero	Comunidad Local	coryssss@gmail.com	
13.-	Luis Romero	Corporación Altos de Cantillana	Altos de Cantillana@g.c	
14.-	SANDRA PARRA JARA	DUOC UC /ECOTURISMO	SANDRA-PARRA@LIVE.CL	
15.-	DANIELA CASTRO DÍAZ	DanielaC.dcd@gmail.com	UNIVERSIDAD MAYOR	
16.-	Ximena Romero Garate	ximenaromerogarate@gmail.com	Fundación Fungi	
17.-	Marcelo Elgueta Vidal	U. mayor	chelo.elgueta@gmail.com	

N°	NOMBRE	INSTITUCIÓN	CORRE CONTACTO	FIRMA
18.-	Antonio Sala de Zaldivar	Corporac. Cantillana	antonio.sala.de.zaldivar@gmail.com	[signature]
19.-	Jorge Flores Donoso	Conaf R.M.	JORGE.FLORES@conaf.cl	[signature]
20.-	Alvaro Pramis Baeza	Universidad de Chile	alvaro.pramis@gmail.com	[signature]
21.-	Angie Alarcúa Muñoz	Universidad de Chile	angie.alarcua.m@gmail.com	[signature]
22.-	ANDREA CHOQUE BRITO	UNIVERSIDAD DE CHILE	andrepach@yahoo.es	[signature]
23.-				
24.-				
25.-				
26.-				
27.-				
28.-				
29.-				
30.-				

Figura 6.7. Noticia sobre seminario-taller en Altos de Cantillana, aparecida en sitio web de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, a partir del 9 de noviembre de 2014.

Figura 6.8. Imágenes de las actividades del taller de divulgación en aula (fotografía superior) y posterior recepción a los participantes (fotografía inferior)

Objetivo específico 7. Capacitar y transferir la tecnología resultante de este proyecto, así como las formas de monitorearlas y evaluarlas, a los profesionales de CONAF

Tal como fue descrito en el capítulo referente a la metodología, en conjunto con CONAF se organizó el V Encuentro Temático "Bosques mediterráneos: caracterización y manejo sustentable", en el cual fueron presentados por el director del proyecto, Dr. Gabriel Mancilla, todos los aspectos del estudio, haciendo especial mención a las recomendaciones prácticas para la conservación y manejo de la especie (especialmente de regeneración) surgidas desde los ensayos y observaciones de terreno. En este encuentro estuvo presente un buen número de ingenieros forestales y profesionales de la Corporación Nacional Forestal, con lo cual se cumplió parte de este objetivo.

Adicionalmente se dispuso del Seminario taller final de difusión llevado a cabo en Altos de Cantillana (ver resultados de objetivo 6), al cual fueron invitados también los profesionales de CONAF, asistiendo el Sr. Jorge Flores.

La consecuente lectura y análisis de este informe que hoy se entrega a CONAF deberá finalizar con el cumplimiento de este objetivo específico. Es de interés de este grupo investigador que este informe sea el punto de partida para la conservación activa de Beilschmiedia miersii. Creemos que en este informe se fundamentan perfectamente todas las medidas propuestas, pero también pensamos que hay muchas preguntas aún por responder en torno a la especie. Desde ya, este grupo investigador queda abierto a todas las dudas, consultas y sugerencias que los profesionales de CONAF pueden tener sobre los resultados y metodologías empleadas, pero también queda disponible para asumir el desafío de seguir avanzando en pos de la conservación de esta especie del bosque nativo chileno.

7. Conclusiones

a. La hojarasca es el factor primordial para el éxito germinativo de las semillas de belloto. Su función es la de amortiguar la pérdida de humedad y la temperatura del suelo, además de ofrecer protección ante los predatores.

b. La germinación de semillas de belloto del norte requiere marcadas características microclimáticas. Para el caso de estudio, contenidos de agua volumétricos del suelo de entre 0,13 y 0,16 m^3/m^3 y temperatura de entre 10 y 12°C se mostraron muy favorables. Sin embargo, no todas las procedencias de semillas parecen actuar igual, por lo que se deben analizar a futuro otras estrategias de la especie en diferentes zonas.

c. La capacidad de rebrote es un rasgo funcional de *B. miersii* que permitiría su persistencia en bosques que han sido sometidos a perturbaciones severas. Esta habilidad le permite recuperar biomasa aérea luego de una perturbación más rápidamente que por semillas.

d. Previo y posterior a la aplicacion del tratamiento de estrés hídrico, los diversos parámetros de crecimiento en el ensayo de vivero después de la primera temporada de desarrollo, se observó que no existen diferencias significativas en el crecimiento en altura, diámetro y número de hojas verdaderas entre las distintas familias en estudio, a excepción de la tasa de mortalidad que en general registro diferencia significativas, donde las familias procedentes la Reserva Privada Altos de Cantillana registra la menor tasa de individuos muertos al final del ensayo con 6,2 y 39,6% para los tratamientos de riego y déficit hídrico.

Sobre la base de lo anterior, la escasa respuesta adaptativa observada en Belloto a las condiciones de déficit hídrico en el presente ensayo, nos explicaría las elevadas tasas de mortalidad, ya que esta especie no expresa mecanismos evolutivos de tolerancia al estrés hídrico.

e. Una estrategia para conservar Beilschmiedia miersii es favorecer los sitios seguros para su propagación. Esto significa establecer medidas que permitan mantener la hojarasca en el piso del bosque, que excluyan el ingreso de herbívoros a los sectores con belloto, que eviten en lo posible la apertura de claros y que controlen la proliferación de especies agresivas.

f. Emplear riego de establecimiento es una medida recomendable y necesaria en circunstancias de bajas precipitaciones. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que su efectividad dependerá de otros factores, como por ejemplo características microclimáticas que estén acorde con las condiciones ideales para belloto.

g. Los roedores son los principales depredadores de las semillas de belloto del norte. Ante esto, es más que recomendable que CONAF sea el precursor de un plan integrado, junto a otras instituciones pertinentes, de control de plagas.

Folio009733

BIBLIOGRAFÍA

Anselmo, M. 1998. Variables que afectan la germinación y la calidad de las plantas de belloto del Norte (Beilschmiedia miersii (Gay) Kostermans). Tesis Ingeniería Forestal, Universidad de Chile, 131 p.

Arévalo, J.R., y J. Fernández-Palacios. 2003. Spatial patterns of trees and juveniles in a laurel forest of Tenerife, Canary Islands. Plant Ecology 165(1):1-10.

Bailey, R. y T. Dell. 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. Forest science 19(2):97-104.

BCN. 2013. Clima y Vegetación Región Metropolitana de Santiago. [En línea]. Disponible en: <http://siit2.bcn.cl/nuestropais/region13/clima.htm>.

Becerra, P., J.L. Celis & R. Bustamante. 2004. Effects of leaf litter and precipitation on germination and seedling survival of the endangered tree *Beilschmiedia miersii*. Applied Vegetation Science, 7(2): 253-257.

Berrios, C. 2002. Efectos de la densidad de plantación y dos niveles de riego sobre el rendimiento y los principios activos en boldo. Memoria de título. Universidad de Talca. Talca, Chile. 24 p.

Cabello, A. 1987. Proyecto de protección y recuperación de especies arbóreas y arbustivas amenazadas de extinción. Parte I. (Doc. Tec. N°21), Corporación Nacional Forestal (CONAF). Santiago, Chile: Chile Forestal. 8p.

Cabello, A., y M. Anselmo. 1999. Algunos factores que inciden en la germinación y producción de plantas de *Beilschmiedia miersii* (Belloto del Norte). Centro de Estudios de Semillas de Árboles Forestales (Chile) N° 9. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura. [en línea] <http://uchile.cl/facultades/cs_forestales/cesaf> [consulta: 30 mayo 2013]

Cabello, A. 2007. Beilschmiedia miersii (Gay) Kosterm. Belloto del Norte, Belloto. En: C. Donoso (ed.), Las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Autoecología. Marisa Cuneo Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 180-185.

CENTRO EULA – CHILE. 2004. Establecimiento de un Ordenamiento Territorial Orientado a laProtección y Uso Sustentable del Área del Cordón de Cantillana - Informe Final. Universidad de Concepción. 213p.

CIREN-CORFO, 1990. Mapa Agroclimático de Chile. Centro de Información de Recursos Naturales. Publicación Nº 87.

Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). 2006. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Informe Final Texto Realizado por Departamento de Geofísica Facultad de Ciencias, Universidad de Chile Comisión Nacional del Medio Ambiente. http://www.dgf.uchile.cl/PRECIS/articles-39442_pdf_ Estudio_texto.pdf. Accessed 24 February 2011.

Decagon Services 2013. [en línea] <http://www.decagon.com/products/sensors/soil- moisture-sensors/5te-soil-moisture-temperature-and-ec/> [consulta: 26 mayo 2013]. Decagon Devices, Inc. 2365 NE Hopkins Court Pullman, WA 99163 USA.

De la Cruz, M. 2006. Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas. Revista Ecosistemas 15(3):19-39

Donoso, C. y A. Cabello. 1978. Antecedentes fenológicos y de germinación de especies leñosas chilenas. Ciencias Forestales, 1(2): 31-41.

Gajardo, R. 1986. Fichas técnicas de especies amenazadas. Resumen General. CONAF, Programa de Protección y Recuperación de la Flora Nativa de Chile. 120 p.

Hamrick, J. 2004. Response of forest trees to global environmental changes. Forest Ecology and Management 197: 323–335.

Henríquez, C. & J. Simonetti. 2001. The effect of introduced herbivores upon an endangered tree (*Beilschmiedia miersii*, Lauraceae). Biological Conservation, 98(2001):69-76.

Hsiao, T; Acevedo, E; Fereres, E. y D. Henderson. 1976. Water stress, growth and osmotic adjustment. Philosophical Transactions of the royal Society London, series B 273, 479-500.

Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups. Springer-Verlag, Berlin -Heidelberg. 517p.

Law, R., Illian, J., Burslem, D., Gratzer, G., Gunatilleke, C., y I. Gunatilleke. 2009. Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory. Journal of Ecology 97(4):616-628.

Lei, Y.; Yin, Ch. y Li, Ch. 2006**.** Differences in some morphological, physiological, and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii*. Physiologia Plantarum. 127: 182-191

Liebhold, A., y J. Gurevitch. 2002. Integrating the statistical analysis of spatial data in ecology. Ecography 25(5):553-557.

Moeur, M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data.Forestscience 39(4):756-775.

Montgomery, D. 1992. Diseño y análisis de experimentos. México: Grupo Editorial Iberoamericana.

Mora, F. y Perret, S. 2007. Aplicación de técnicas bayesianas en el análisis genético de árboles forestales. Bosque, Vol. 28, Núm. 3, 2007, pp. 198-206. Universidad Austral de Chile. Chile.

Novoa, P. 2004. Determinación del grado de amenaza del belloto del norte (*Beilschmiedia miersii* Kosterm, Lauraceae), mediante el uso de la metodología UICN 2001 (versión 3.1). Revista Chilena de Flora y Vegetación, 7(2). Recuperado en: <http://www.chlorischile.cl/bellotonovoa/bellotopaper.htm> Consultado el: 13 de noviembre de 2013.

Oleskyn, J; Tjoelker, M y P. Reich. 1998. Adaptation to changing environment in Scots pine populations across a latitudinal gradient. Silva Fennica 32:129-140.

Paskoff, R., 1971**.** Geomorfología de Chile Semiárido. Facultad de humanidades. Universidad de La Serena.´

Pretzsch, H. 2009. Forest dynamics, growth and yield: from measurement to model. Berlin, Springer. 664p.

Prieto, R.; Vera, C.; y B. Merlin. 1999**.** Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Nº 12. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP .Durango, Méx. 23p. [En línea]. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2520/Factores%20que%20influyen%20en%20la%20calidad%20de%20brinzales%20y%20criterios%20para%20su%20evaluacion%20en%20vivero.pdf?sequence=1>.

Ramírez, C., San Martín, C., San Martín, J. y Villaseñor, R. 2004. Comparación fitosociológica de los bosques de Belloto (*Beilschmedia*, Lauraceae) en Chile Central. Bosque, 25: 69-85.

Ripley, B. D. 1977. Modelling spatial patterns. Journal of the Royal Statistical Society Series B (methodological) 39(2):172-212.

Rozas, V. y J. Camarero. 2005. Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal. Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales 14(1):79-97.

Salas, C., Lemay, V., Núñez, P., Pacheco, P. y A. Espinosa. 2006. Spatial patterns in an old-growth *Nothofagus obliqua* forest in south-central Chile. Forest Ecology and Management 231(1):38-46.

Serra, M. Gajardo, R., y A. Cabello. 1986. Ficha técnica de especies amenazadas. Programa de protección y recuperación de la flora nativa de Chile. Santiago de Chile, Corporación Nacional Forestal, Santiago. 23p.

Thompson, E.1985. Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking. In: Evaluating Seedling quality. For. Res.Labor. Oregon State University. Pp: 59-65.

Uribe, J., R. Cabrera, A. de la Fuente y M. Paneque. 2012. Atlas bioclimático de Chile. Santiago, Chile: Universidad de Chile. 232p.

Anexos

Presentaciones Gabriel Mancilla, Álvaro Promis y Carlos Magni (en archivo anexo)

Folio009738

ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/250371972

Comparación fitosociológica de los bosques de Belloto (Beilschmiedia, Lauraceae) en Chile central

Article *in* Bosque · April 2004

DOI: 10.4067/S0717-92002004000100006

CITATIONS
8

READS
338

4 authors, including:

José San Martín
Universidad de Talca
65 PUBLICATIONS **388** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Fondo Investigación Bosque Nativo 065/2012 “Bases para definir estrategias y prácticas de manejo sustentable del bosque nativo, usando el estado de conservación de líquenes, algas y hongos superiores” View project

Conservation of endangered coastal biodiversity hotspots of Central Chile (Darwin Maule) View project

All content following this page was uploaded by José San Martín on 07 July 2015.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Folio009739

BOSQUE 25(1): 69-85, 2004

Comparación fitosociológica de los bosques de Belloto (*Beilschmiedia*, Lauraceae) en Chile central

Phytosociological comparisons of Belloto (*Beilschmiedia*, Lauraceae) forests in central Chile

CARLOS RAMIREZ[1], CRISTINA SAN MARTIN[1], JOSE SAN MARTIN[2], RODRIGO VILLASEÑOR[3]

[1]Instituto de Botánica, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.
[2]Instituto de Biología Vegetal y Biotecnología, Universidad de Talca, Casilla 747, Talca, Chile.
[3]Laboratorio de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Casilla 34-V, Valparaíso, Chile.

SUMMARY

Beilschmiedia miersii (Gay) Kosterm. (Belloto del Norte) and *Beilschmiedia berteroana* (Gay) Kosterm. (Belloto del Sur) are sclerophyllous trees of the family Lauraceae that are endemic to central Chile. They form mixed evergreen forests of azonal character and have a fragmented distribution. The Belloto del Norte forest grows in the coastal zone of the sclerophyllous forest region, while the Belloto del Sur forest grows in the pre-mountain Andean zone of the temperate deciduous forest region of central Chile. A phytosociological comparison of these forests was accomplished using a vegetation table formed by 18 vegetation samples taken in representative stands of both forests. The floristic similarity between the forests was so low that they could be differentiated into two plant associations, which was confirmed by a multivariate statistical analysis of classification and ordination. Although the Belloto del Norte Forest has a greater floristic richness, it is due to the annual alochtonous undergrowths. Woody plants and perennial weeds dominate the biological spectrum of both communities. The Belloto del Sur forest appears to be more floristically homogeneous. The name *Nothofago-Beilschmiedietum berteroanae ass. nova* was proposed for the sinotaxonomical classification of the Belloto del Sur forest, while the Belloto del Norte forest was named *Beilschmiedietum miersii* Schmith. Despite the fact that both forest associations are currently represented in the System of Wild Protected Areas by the government of Chile (SNASPE), they are endangered. Therefore, this study intends to serve as the basis for a future ecological restoration of the forests.

Key words: *Beilschmiedia*, sclerophyllous forest, phytosociology, central Chile.

RESUMEN

Beilschmiedia miersii (Gay) Kosterm. (Belloto del Norte) y *Beilschmiedia berteroana* (Gay) Kosterm. (Belloto del Sur) son árboles esclerófilos de la familia Lauraceae endémicos de Chile central, que forman bosques perennifolios mixtos de distribución fragmentada. El bosque de Belloto del Norte crece en la zona costera de la Región de los Bosques Esclerófilos y el de Belloto del Sur, en la precordillera andina de la Región de los Bosques Caducifolios Templados. Ambos presentan carácter azonal. Se realizó una comparación fitosociológica de estos bosques utilizando una tabla fitosociológica formada por 18 censos de vegetación levantados en rodales representativos de ambas asociaciones. La similitud florística entre los bosques es tan baja, que permite diferenciar dos asociaciones vegetales, confirmadas por los análisis estadísticos multivariados de clasificación y de ordenación. Aunque el bosque de Belloto del Norte tiene una mayor riqueza florística, ella se debe a la presencia de malezas anuales alóctonas. En el espectro biológico de ambas comunidades dominan plantas leñosas y hierbas perennes. El bosque de Belloto del Sur aparece como más homogéneo florísticamente. Se propone el nombre de *Nothofago-Beilschmiedietum berteroanae ass. nova* para el bosque de Belloto del Sur y se establece su clasificación sintaxonómica junto con la del bosque de Belloto del Norte, el *Beilschmiedietum miersii* Schmith. A pesar de que actualmente ambas asociaciones están representadas en las unidades del Sistema de Areas Silvestres Protegidas por el Estado de Chile (SNASPE), ellas presentan serio peligro de conservación, por lo que este estudio pretende servir de base para una futura restauración ecológica de ellas.

Palabras claves: Beilschmiedia, bosques esclerófilos, fitosociología, Chile central.

Folio009740

INTRODUCCION

En Chile central existen dos especies endémicas del género *Beilschmiedia* (Lauraceae), *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm. (Belloto del Norte) y *Beilschmiedia berteroana* (Gay) Kosterm. (Belloto del Sur) (1, 2). Se trata de dos árboles perennifolios esclerófilos, que ocupan los ambientes higrófilos de quebradas (3, 4). A pesar de sus similares requerimientos de sitio, ellos presentan áreas de distribución disyuntas (figura 1). *B. miersii* crece en quebradas de la cordillera de la costa entre Huanquén (32º S) y Altos de Cantillana (34º S), en las Regiones V y VI y Región Metropolitana (5), *B. berteroana* se distribuye unos 70 km más al sur, entre Sagrada Familia (35º S), en la VII Región y el estero Gallipavo (36º 48' S) en la VIII Región (6). Ambas especies se distribuyen en forma fragmentada, ocupando los biótopos más húmedos, por la influencia de agua edáfica y la neblina costera.

Las dos especies tienen serios problemas de conservación debido a la acción antrópica que ha ido reduciendo sus hábitats (7). El Belloto del Sur ha sido declarado oficialmente en peligro de extinción, asignándosele alta prioridad en las acciones de conservación ejecutadas por la Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF). El Belloto del Norte, cuyas poblaciones son más abundantes, se considera vulnerable (8).

Las dos especies forman bosques fisonómica y florísticamente definidos y distintos de aquellos que los circundan (6, 9, 10) y corresponden a asociaciones vegetales boscosas bien delimitadas, ubicadas en diferentes regiones geográficas, aunque contiguas. Los bosques de Belloto del Norte forman parte de la Región de los Bosques esclerófilos de Chile central establecida por Schmithüsen (11); específicamente pertenecen a aquellos bosques esclerófilos más húmedos incluidos en el Orden fitosociológico *Cryptocaryetalia* que prosperan en quebradas de la cordillera costera (12). Los Bosques del Belloto del Sur forman parte de la vegetación de la Región de los Bosques Caducifolios Templados (11) o Bosques Maulinos en sentido amplio, cuya sintaxonomía fue recientemente actualizada por Amigo *et al.* (13). Estos bosques se ubican en la precordillera andina de la región mencionada y avanzan hacia el Sur por la Depresión Intermedia.

Figura 1. Chile central. Las líneas cortadas delimitan las áreas de distribución del Belloto del Norte (A) y del Belloto del Sur (B). Los puntos indican lugares de colecta citados en la literatura y las flechas los lugares de muestreo.

Central Chile. The broken lines show the distribution areas of the Belloto del Norte (A) and Belloto del Sur (B) forests. The points indicate study sites according to the literature, while the arrows show the samples sites.

El presente estudio es una comparación fitosociológica de estas dos comunidades boscosas, tendiente a delimitar su estatus fitosociológico, especialmente sintaxonómico y actualizar su nomenclatura. Además, se considera importante estudiar la estructura florística de ellos para tener antecedentes que a futuro permitan una restauración de estas asociaciones boscosas, así como establecer, en forma preliminar y mediante análisis estadísticos multivariados de las tablas de vegetación, los requerimientos de sitio de sus principales especies.

Folio009741

MATERIAL Y METODOS

Area de estudio. Los sitios de estudio en el Norte del área de distribución de *B. miersii* fueron la Quebrada La Ceniza, ubicada al Norte de Zapallar, V Región, y en la parte central del área de distribución de *B. berteroana*, en el sector de Hornillos, en la precordillera de Linares, VI Región (figura 1).

El clima ha sido clasificado como del tipo mediterráneo (14), abarcando los bioclimas mesomediterráneo seco y mesomediterráneo húmedo (15). Las diferencias climáticas entre ambos lugares de trabajo se aprecian en los diagramas climáticos de Zapallar y Linares (figura 2). En Zapallar, ubicado en el extremo norte del área de *B. miersii*, la precipitación promedio anual alcanza a 384 mm, mientras que en Linares, ubicado frente a la parte central del área de *B. berteroana* ésta sube a 1.007 mm. Los promedios de temperatura anual son, en cambio, muy próximos entre sí, 14,2ºC para Zapallar y 13,9ºC para Linares. La diferencia más importante en el clima de ambos lugares la constituye la extensión del período de sequía estival que en Zapallar llega a 7 meses, mientras que en Linares se restringe a sólo 4 meses en el año. Para esta última estación meteorológica se mencionan incluso varios meses con exceso de precipitación en invierno (16).

Metodología. La base de este trabajo la constituyen 18 censos de vegetación levantados con la metodología fitosociológica de la Escuela Zürich-Montpellier (17). En los bosques del Belloto del Norte se levantaron 8 censos a lo largo de la Quebrada La Ceniza (32º32' S y 71º 24' W), ubicada al norte de Zapallar (figura 1). Los 10 censos de los bosques de Belloto del Sur se levantaron en el sector Hornillos (35º 52' S y 71º 06' W), en la ribera norte del río Ancoa, en la provincia de Linares (figura 1). Dado el pequeño tamaño de los rodales, los censos se tomaron en superficies de 100 m^2. En cada uno de ellos se hizo una lista de las especies presentes y luego se determinó la cobertura-densidad de sus individuos, expresándola en porcentaje de cobertura de la parcela (18). Para coberturas bajo 1% se usaron los signos "+" y "r", el primero cuando se presentaba varios, y el segundo cuando se exponía sólo un individuo de la especie en cuestión (19).

La comparación florística se realizó sobre la base de tablas fitosociológicas separadas para cada comunidad boscosa y consideró la nomenclatura y origen de acuerdo a Marticorena y Quezada (20) y el espectro biológico, determinando las formas de vida con la clave de Mueller-Dombois y Ellenberg (21). En las tablas de cada bosque se determinó, además, un valor de importancia para sus especies de acuerdo a Wikum y Shanholtzer (22), ponderando la frecuencia y la cobertura de las especies en los censos.

La tabla fitosociológica, transformada a una matriz de datos con los valores de cobertura y subiendo los signos "+" y "r" a la unidad, fue sometida a análisis estadísticos multivariados de clasificación y ordenación, tanto de especies como

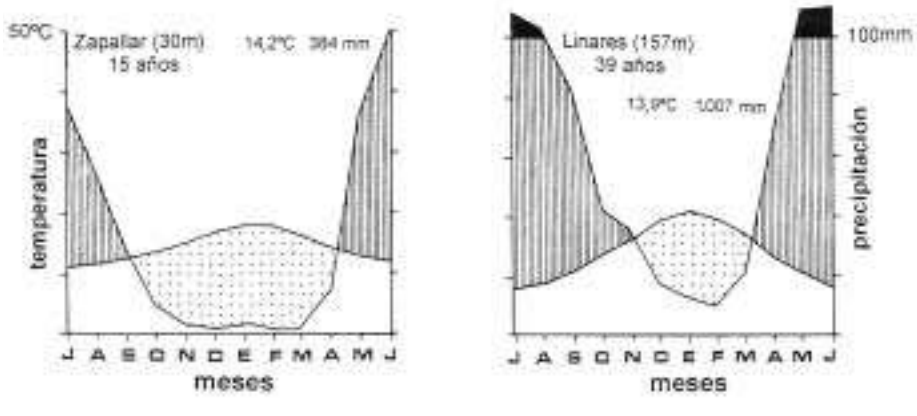


Figura 2. Diagramas climáticos de Zapallar y Linares según Hajek y Di Castri (1975).
Climatic diagram of Zapallar and Linares, after Hajek and Di Castri (1975).

Folio009742

también de censos (23). Se realizaron análisis de componentes principales y de conglomerados con programas estadísticos (24, 25). En el análisis de conglomerados se utilizó el índice de similitud de Pearson (26) para la comparación y el algoritmo del salto mínimo para construir el dendrograma (27).

La nomenclatura fitosociológica utilizada sigue al Código de Nomenclatura Fitosociológica (28).

RESULTADOS

La estructura florística de cada bosque se presenta en los cuadros 1 y 2. Un completo catálogo de las especies vegetales presentes en estos cuadros se presenta en el Anexo, donde se entrega posición sistemática, forma de vida y origen fitogeográfico de cada una.

CUADRO 1

Estructura florística del bosque de Belloto del Norte.
Floristic structure of the Belloto del Norte forest.

Censo Nº	1	2	3	4	5	6	7	8
Altitud (m s.n.m.)	80	100	120	80	80	120	100	100
Exposición	SO	SO	SO	O	O	SO	SO	SO
Número de especies	31	30	26	30	21	18	15	30
Beilschmiedia miersii	20	40	60	40	60	20	30	30
Schinus latifolia	+	40	10	5	.	+	10	+
Stellaria media	+	+	+	+	+	+	+	.
Cryptocarya alba	20	+	.	.	20	10	40	10
Blepharocalyx cruckshanksii	10	+	.	.	5	+	+	20
Lithrea caustica	20	+	+	+	5	.	.	10
Peumus boldus	10	+	+	+	.	.	+	.
Cestrum parqui	+	+	+	.	+	+	.	+
Eupatorium glechonophyllum	.	+	+	+	+	.	+	+
Adiantum chilense var	+	+	.	+	20	.	.	+
Nothoscordum striatellum	.	+	+	+	+	.	.	+
Myrceugenia exsucca	20	.	.	.	.	60	10	+
Scirpus cernuus	5	+	.	+	.	.	.	+
Equisetum bogotense	+	.	+	+	.	.	.	+
Cyperus eragrostis	+	+	+	.	.	.	.	+
Proustia pyrifolia	+	.	.	.	+	+	.	+
Argythamnia tricuspidata	+	.	.	.	+	+	+	.
Sicyos bryoniifolius	+	.	+	+	.	.	.	+
Euphorbia peplus	.	+	+	+	+	.	.	.
Azolla filiculoides	.	+	+	+	.	.	.	+
Sanicula crassicaulis	.	.	+	.	+	+	+	.
Hydrocotyle ranunculoides	+	20	.	.	.	.	.	5
Trevoa trinervis	.	5	+	+	.	.	.	.
Rumex conglomeratus	+	+	.	+	.	.	.	.
Lythrum album	+	+	+	.	.	.	.	.
Azara celastrina	+	+	.	.	.	.	.	+
Fumaria capreolata	+	.	+	.	+	.	.	.
Maytenus boaria	.	+	+	.	.	.	.	+

Folio009743

Sonchus asper	.	+	+	.	.	.	.	+
Ranunculus muricatus	.	+	+	+	.	.	.	.
Luma chequen	.	.	.	20	.	+	.	.
Myrceugenia obtusa	.	.	.	.	.	+	.	10
Solanum maglia	.	.	.	.	5	+	.	.
Urtica dioica	+	.	.	.	.	+	.	.
Rhaphithamnus spinosus	+	.	.	.	.	.	.	+
Lemna minuscula	+	.	.	.	.	.	.	+
Paspalum distichum	+	.	.	+	.	.	.	.
Lardizabala biternata	+	.	.	.	.	.	.	+
Citronella mucronata	+	.	.	+	.	.	.	.
Baccharis linearis	+	.	+	.	.	.	.	.
Fuchsia lycioides	.	+	.	.	+	.	.	.
Veronica anagallis-aquatica	.	+	.	+	.	.	.	.
Geranium core-core	.	+	.	.	.	.	+	.
Holcus lanatus	.	.	+	.	.	.	.	+
Oxalis rosea	.	.	+	.	.	+	.	.
Poa annua	.	.	+	+	.	.	.	.
Plantago lanceolata	.	.	.	+	.	.	.	+
Alstroemeria haemantha	.	.	.	+	+	.	.	.
Verbascum virgatum	.	.	.	+	.	.	.	+
Adenopeltis serrata	.	.	.	.	+	.	.	+
Coniza bonariensis	+	.	.	.	.	.	.	.
Gratiola peruviana	+	.	.	.	.	.	.	.
Aristotelia chilensis	+	.	.	.	.	.	.	.
Quillaja saponaria	+	.	.	.	.	.	.	.
Calceolaria dentata	.	+	.	.	.	.	.	.
Acacia caven	.	+	.	.	.	.	.	.
Plantago major	.	+	.	.	.	.	.	.
Gilliesia graminea	.	+	.	.	.	.	.	.
Puya chilensis	.	.	+	.	.	.	.	.
Aira caryophyllea	.	.	+	.	.	.	.	.
Galium aparine	.	.	.	+	.	.	.	.
Mimulus glabratus	.	.	.	+	.	.	.	.
Senna candolleana	.	.	.	+	.	.	.	.
Silybum marianum	.	.	.	+	.	.	.	.
Taraxacum officinale	.	.	.	+	.	.	.	.
Capsella bursa-pastoris	.	.	.	+	.	.	.	.
Dioscorea bryonniifolia	.	.	.	.	+	.	.	.
Diplolepis menziesii	.	.	.	.	+	.	.	.
Stachys grandidentata	.	.	.	.	+	.	.	.
Solanum nigrum	.	.	.	.	.	+	.	.
Torilis nodosa	.	.	.	.	.	+	.	.
Myrceugania ovata	.	.	.	.	.	+	.	.
Cissus striata	.	.	.	.	.	.	+	.
Euphorbia portulacoides	.	.	.	.	.	.	+	.
Gamochaeta americana	.	.	.	.	.	.	+	.
Geranium robertianum	.	.	.	.	.	.	+	.
Eupatorium salviae	.	.	.	.	.	.	.	+
Hydrocotyle volckmannii	.	.	.	.	.	.	.	+

Folio009744

CUADRO 2

Estructura florística del bosque de Belloto del Sur.
Floristic structure of the Belloto del Sur forest.

Censo Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Altitud (m s.n.m.)	800	850	850	850	850	850	850	850	850	900
Exposición	SO	S	SE	SE	SO	SE	SO	SO	SE	SE
Número de especies	25	21	22	23	13	9	12	10	9	10
Beilschmiedia berteroana	20	10	20	20	60	60	60	60	70	60
Lomatia dentata	10	+	10	+	+	20	5	+	10	.
Cryptocarya alba	10	5	10	+	+	+	.	+	.	.
Chusquea cumingii	+	+	+	+	+	.	+	.	.	.
Citronella mucronata	.	5	+	+	+	+	5	.	.	.
Nothofagus macrocarpa	.	.	.	10	+	5	.	+	5	+
Hydrangea serratifolia	5	.	.	+	5	10	+	.	.	.
Azara petiolaris	+	r	.	+	.	.	+	.	+	.
Sophora macrocarpa	+	+	+	+	.	.	.	.	+	.
Blechnum hastatum	+	.	.	+	.	+	+	+	.	.
Aristotelia chilensis	.	+	+	+	.	.	.	.	+	+
Luma apiculata	.	.	.	+	15	.	.	20	+	+
Colliguaya salicifolia	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.
Adiantum chilense	+	+	+	.	.	.	+	.	.	.
Muehlenbeckia hastulata	.	+	+	.	.	.	+	.	.	+
Diplolepis menziesii	.	+	+	+	.	.	+	.	.	.
Aextoxicon punctatum	.	.	+	+	+	5	.	.	.	.
Chusquea culeou	.	.	.	+	.	.	.	+	+	+
Ribes punctatum	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
Adiantum chilensis var.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.
Austrocedrus chilensis	.	.	5	+	+	.	.	.	.	.
Lardizabala biternata	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.
Retanilla stricta	.	.	.	.	.	.	+	+	.	5
Laurelia sempervirens	+	.	.	.	.	.	.	.	5	.
Colliguaya dombeyana	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Plantago lanceolata	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Libertia sessiliflora	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.
Carex sp.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
Senecio sp.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
Megalastrum spectabile	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
Tristerix tetrandrus	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+
Nothofagus obliqua	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Nothofagus glauca	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Prostia pyrifolia	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lithrea caustica	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Adesmia denticulata	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Viviania marifolia	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cerastium arvense	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Folio009745

Prunella vulgaris	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dioscorea reticulata	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rumex acetosella	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stachys grandidentata	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cynosurus echinatus	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Francoa appendiculata	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Pleurosorus papaverifolius	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Perezia carthamoides	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Bomarea salsilla	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Chloraea chrysantha	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Kageneckia oblonga	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Lomatia hirsuta	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Calceolaria dentata	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Maytenus boaria	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Maytenus chubutensis	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.
Osmorhiza chilensis	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Schinus patagonica	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Quillaja saponaria	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Rubus ulmifolius	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r

Flora. El promedio de especies por censo fue mayor en los bosques de Belloto del Norte (25, 25) que en los de Belloto del Sur (15, 40). No obstante lo anterior, el número de especies autóctonas es prácticamente igual en ambas asociaciones (51 y 52), de manera que el mayor número de especies del bosque de Belloto del Norte sólo se debe a la presencia de malezas alóctonas de escasa cobertura (figura 3 y cuadro 3).

La diferencia florística entre ambos bosques es grande, ya que de las 124 especies presentes en la tabla fitosociológica sólo 12 (14,88%) son comunes, a saber: *Lithrea caustica* (Mol.) H. et A., *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser, *Lardizabala biternata* R. et P., *Proustia pyrifolia* DC, *Quillaja saponaria* Mol., *Citronella mucronata* (R. et P.) D.Don, *Maytenus boaria* Mol., *Diplolepis menziessii* Schult., *Stachys grandidentata* Lindl., *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz., C*alceolaria dentata* R. et P. y *Plantago lanceolata* L. De ellas las 5 primeras corresponden a especies esclerófilas y la última es una maleza de origen europeo.

Las especies más importantes del bosque de Belloto del Norte, de acuerdo a su frecuencia y cobertura son el Belloto del Norte, que es seguido en importancia por *Myrceugenia exsucca*, un árbol propio de bosques pantanosos, y con menor importancia, *Schinus latifolius* (Gill. ex Lindl.) Engler, y *Cryptocarya alba*, propias de los bosques esclerófilos más húmedos de Chile central (cuadro 4). El quinto lugar lo ocupa *Blepharacalyx cruckshanksii* (H. et A.) Kausel, otra especie de bosques pantanosos. Del resto, *Lithrea caustica* y *Peumus boldus* Mol. son árboles esclerófilos; *Cestrum parqui* L'Herit, un arbusto, y *Adiantum chilense* Kaulf. var. *hirsutum* Hook et Grev., un helecho de lugares sombríos. Por último, *Hydrocotyle chilense var. hirstutum* L. f. es una hierba alóctona que coloniza agua corriente eutroficada. La importancia de esta especie también indica intervención antrópica de los rodales.

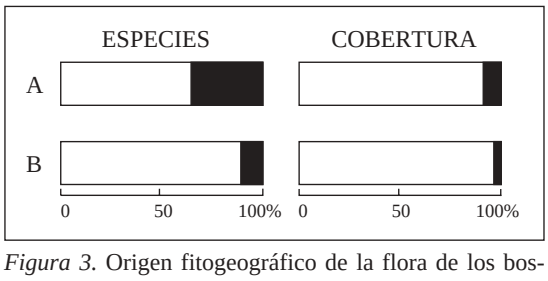


Figura 3. Origen fitogeográfico de la flora de los bosques de Belloto del Norte (A) y de Belloto del Sur (B), según número de especies y cobertura. Las barras blancas corresponden a especies autóctonas y las negras a alóctonas.

Phytogeographical origin of the flora of the Belloto del Norte (A) and Belloto del Sur (B) forests with respect to species number and cover. The white bars indicate autochthonous species and the black bars alochthonous species.

Folio009746

CUADRO 3

Número y cobertura de especies vegetales y su origen fitogeográfico.
Number and cover of plant species and their phytogeographical origin.

Bosque de Origen	Belloto del Norte		Belloto del Sur	
	Especies	Cobertura	Especies	Cobertura
Autóctonas	51	769	52	755
Alóctonas	28	84	5	5
Total	79	853	57	760

CUADRO 4

Espectro biológico por especies y cobertura de los bosques estudiados.
Biological spectra of the studied forests with respect to the number and species cover.

Bosque de Origen	Belloto del Norte		Belloto del Sur	
Forma de vida	Especies	Cobertura	Especies	Cobertura
Fanerófitos	26	685	36	726
Caméfitos	8	16	5	5
Hemicriptófitos	15	56	10	23
Criptófitos	10	52	3	3
Terófitos	19	44	3	3
Total	78	853	57	760

En el bosque de Belloto del Sur son importantes *Beilschmiedia berteroana* y *Lomatia dentata* (R. et P.) R. Br.; esta última es una Proteácea perennifolia de los bosques higrófilos templados chilenos (cuadro 4). El tercer lugar lo ocupa el árbol *Cryptocarya alba* y el cuarto nuevamente una especie mesófila del bosque valdiviano, *Luma apiculata* (DC) Burret. El quinto lugar de importancia corresponde al Roble del Norte: *Nothofagus macrocarpa* (DC) F.M. Vásquez & R.A. Rodr., especie caducifolia, propia de los bosques caducifolios templados o bosques maulinos. *Hydrangea serratifolia* (H. et A.) F. Phil. es una trepadora de los bosques valdivianos y *Citronella mucronata* (R. et P.) D.Don, una especie esclerófila que puede ocupar ambientes con humedad edáfica. Los tres últimos son arbustos que proliferan al ralearse el dosel superior.

Espectro biológico. En el espectro biológico de las asociaciones comparadas dominan los fanerófitos leñosos y también son importantes los hemicriptófitos o hierbas perennes, lo que corresponde a un típico espectro de formaciones boscosas (cuadro 5). La abundancia de terófitos (hierbas anuales) en el bosque de Belloto del Norte indica un clima más seco, lo que también podría deberse a una mayor insolación por apertura del dosel. Esto señalaría intervención humana en los rodales estudiados. La presencia de criptófitos acuáticos se debe a la existencia de agua empozada bajo el dosel o en el borde de los rodales.

Folio009747

CUADRO 5

Especies con mayor valor de importancia en los bosques de Belloto.
Species with a greater importance value in both Belloto forests.

Especie	Frecuencia	Cobertura	Valor de Importancia
Bosque de Belloto del Norte:			
Beilschmiedia miersii	8	300	39,08
Myrceugenia exsucca	4	91	12,62
Schinus latifolia	7	68	11,40
Cryptocarya alba	6	61	10,09
Blepharocalyx cruckshanksii	6	38	7,39
Lithraea caustica	6	38	7,39
Adiantum chilense var.	5	24	5,26
Peumus boldus	6	14	4,58
Hydrocotyle ranunculoides	3	26	4,51
Cestrum parqui	6	6	3,64
Bosque de Belloto del Sur:			
Beilschmiedia berteroana	10	440	64,34
Lomatia dentata	9	59	13,57
Cryptocarya alba	7	29	8,34
Luma apiculata	5	38	8,23
Nothofagus macrocarpa	6	23	6,90
Hydrangea serratifolia	5	22	6,12
Citronella mucronata	6	14	5,71
Chusquea cumingii	6	6	4,66
Azara petiolaris	5	5	3,89
Sophora macrocarpa	5	5	3,89

Al considerar la cobertura de cada forma de vida, el espectro biológico del bosque del Belloto del Sur se simplifica mucho, lo que es propio de condiciones de bosque higrófilo. Por el contrario, en el bosque de Belloto del Norte, las demás formas de vida también tienen importancia al considerar la cobertura de sus individuos (figura 4), lo que más bien corresponde a una comunidad arbustiva de matorral.

Análisis estadístico multivariado. Los censos de ambas comunidades boscosas se unen con una similitud florística menor al 50% (figura 5). También se observa una mayor afinidad florística entre los censos en el bosque de Belloto del Sur, con un valor superior al 80%. Los censos de vegetación del bosque de Belloto del Norte presentaron una similitud florística cercana al 70%. Esta mayor heterogeneidad florística de los censos del bosque de Belloto del Norte puede tener su origen en la mayor intervención antrópica de sus rodales

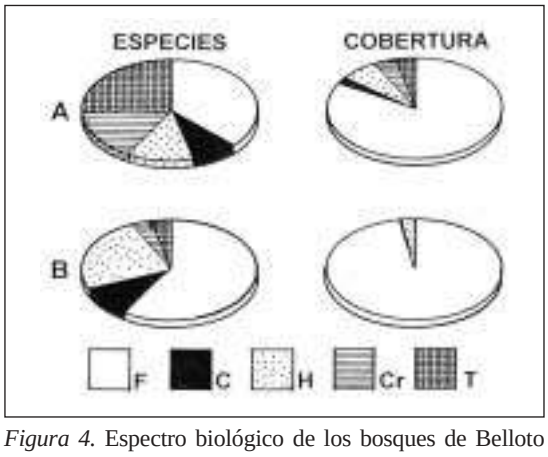


Figura 4. Espectro biológico de los bosques de Belloto del Norte (A) y de Belloto del Sur (B) expresado en número de especies y cobertura. Formas de vida: F = fanerófitos, C = caméfitos, H = hemicriptófitos, Cr = criptófitos y T = terófitos.
Biological spectra of the flora of the Belloto del Norte (A) and Belloto del Sur (B) forests with respect to species number and cover. Life forms: F = phanerophytes, C = chamaphytes, H = hemicryptophytes, Cr = cryptophytes and T = therophytes.

Folio009748

debido a su cercanía a la costa y su mayor accesibilidad.

La mayoría de las especies se ordenan en la intersección de los dos primeros componentes principales que explican el 71,61% de la variación (figura 6). Sólo ocho especies se segregan de este grupo central. Entre ellas, *Beilschmiedia berteroana* es segregada hacia el extremo derecho del primer componente principal, separándose claramente del resto. De acuerdo a los requerimientos de sitios de las especies segregadas, este eje podría corresponder a una gradiente de temperatura ambiental que aumentaría hacia la izquierda de la figura. Esta interpretación está de acuerdo con la mayor altitud en que crece *B. berteroana*, en comparación con *B. miersii* (2).

El segundo componente principal, que sólo explica el 28,34% de la varianza, separa el resto de estas especies en un gradiente cuyos extremos son ocupados por *B. miersii* y *Citronella mucronata*. De acuerdo a los requerimientos de sitio de estas dos especies, este gradiente podría asimilarse a una variación de la humedad ambiental, la que aumentaría hacia arriba, mientras que hacia abajo disminuiría.

Al ordenar los censos, en los dos primeros componentes principales se observa una nítida separación entre los de ambas comunidades boscosas, ubicándose los del bosque de Belloto del Sur en el extremo derecho del primer componente principal

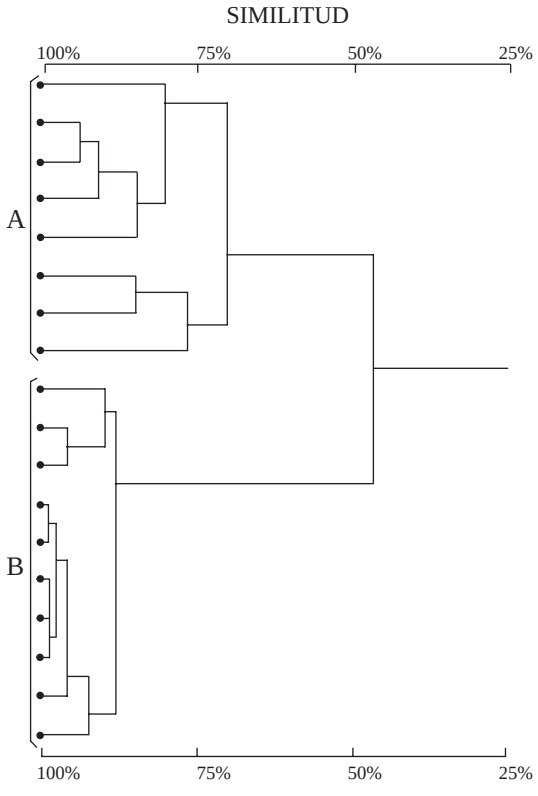


Figura 5. Dendrograma de similitud florística entre los censos de los bosques de Belloto del Norte (A) y de Belloto del Sur (B).
Dendrogram of floristic similarities of vegetation samples from the Belloto del Norte (A) and Belloto del Sur (B) forests.

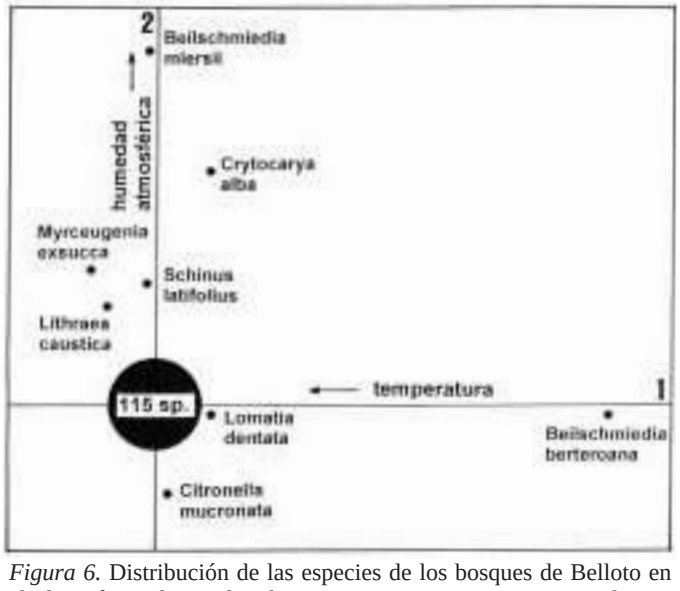


Figura 6. Distribución de las especies de los bosques de Belloto en el plano formado por los dos primeros componentes principales.
Distribution of species in the Belloto forests in the plane formed by the first two principal components.

Folio009749

(eje horizontal) y los del Belloto del Norte en el extremo superior del segundo eje vertical (figura 7). En esta ordenación también queda de manifiesto la mayor homogeneidad florística de los censos de los bosques de Belloto del Sur, que se ordenan más próximos entre sí.

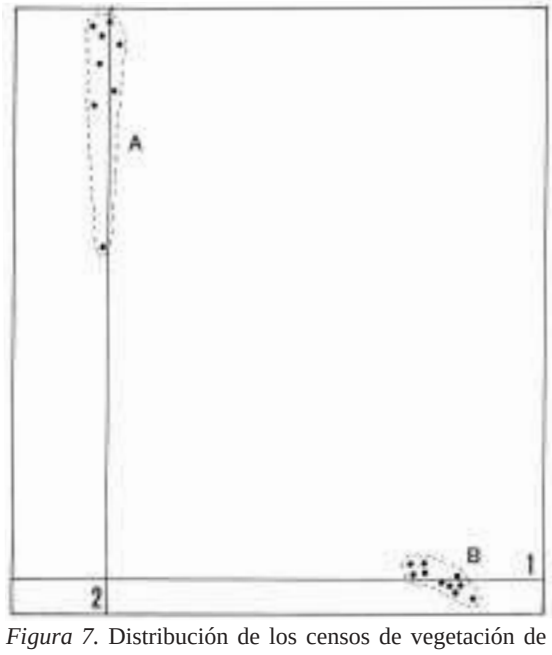


Figura 7. Distribución de los censos de vegetación de los bosques de Belloto del Norte (A) y de Belloto del Sur (B) en el plano formado por los dos primeros componentes principales.

Distribution of vegetation samples in the Belloto del Norte (A) and Belloto del Sur (B) forests in the plane formed by the first two principal components.

CONCLUSIONES Y DISCUSION

La gran diferencia macroclimática en las áreas de distribución de ambos bosques explicaría la baja similitud florística entre ellos. Sin embargo, algunas especies esclerófilas de lugares húmedos son compartidas, debido seguramente a la similitud en las condiciones de estos hábitats protegidos en el fondo de quebradas (29, 30).

El espectro biológico de ambas comunidades boscosas está dominado por especies leñosas y hierbas perennes, lo que es propio de bosques; sin embargo, en los bosques de Belloto del Norte aparece también una gran cantidad de hierbas anuales con escasa cobertura, lo que indica un aumento del xerofitismo en ellos (31), seguramente causado por la apertura antropogénica del dosel.

En los bosques del Belloto del Sur se encontró una mayor homogeneidad florística que en aquellos del Belloto del Norte, seguramente debido a la mayor presencia de malezas anuales alóctonas en este último. Esa mayor homogeneidad habla de una mejor conservación de los rodales estudiados.

Los bosques de Belloto del Norte habían sido descritos como una asociación boscosa por Schmithüsen (32), con el nombre de *Beilschmiedietum miersii*. Los bosques de Belloto del Sur no han recibido una denominación fitosociológica válida. Litton *et al.* (6) estudiaron el mismo lugar trabajado en este estudio, pero aunque hacen una clasificación estadística de las parcelas, no presentan una ordenación fitosociológica de ellas. No obstante, entregan una clasificación en dos asociaciones y cuatro subasociaciones que reciben el nombre de variantes. Estimamos que no es posible realizar una clasificación fitosociológica del análisis de un rodal y, que al parecer, las unidades descritas son más bien el resultado de haber incluido zonas ecotonales o estados de degradación en el muestreo. De la misma manera dichos autores utilizan la especie *Nothofagus obliqua* var. *obliqua* (Roble) para la nomenclatura fitosociológica que proponen, pero la especie más frecuente y abundante en los bosques de Belloto del Sur es *Nothofagus macrocarpa* (Roble del Norte o de Santiago), nombre nuevo para *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. var. *macrocarpa* (A. DC.) Reiche, propuesto por Vázquez y Rodríguez (33).

Por lo anterior, proponemos la denominación de *Nothofago-Beilschmiedietum berteroanae ass. nova* para los bosques de Belloto del Sur y designamos como censo tipo el Nº 6 de la tabla fitosociológica (cuadro 2). En el cuadro 6 se entrega la clasificación sintaxonómica de las dos asociaciones boscosas estudiadas: el *Beilschmiedietum miersii* integrado a la clasificación de los bosques esclerófilos de Chile central y el *Nothofago-Beilschmiedietum berteroanae* a los bosques higrófilos templados de la Clase *Wintero-Nothofagetea* (34) en la nueva Subalianza *Nothofagenion glauco-alessandri* establecida por Amigo *et al.* (13).

En los bosques de Belloto del Norte influye mucho el agua edáfica, como lo confirma la presencia de especies leñosas de Mirtáceas propias de los bosques pantanosos (Hualves) de Chile central (35) que presentan un carácter azonal (36, 37), tales como *Blepharocalyx cruckshanksii*, *Myrceugenia exsucca* (DC) Berg. y *Luma chequen*

Folio009750

CUADRO 6

Clasificación sintaxonómica de los Bosques de Belloto chilenos.
Sintaxonomical classification of the Chilean Belloto forests.

Sintaxa	Bosque de Belloto del Norte
Clase	Lythraeo-Cryptocaryetea albae Oberd, 1960.
Orden	Cryptocaryetalia albae Schmith, 1954.
Alianza	Cryptocaryon albae Schmith, 1954.
Subalianza	
Asociación	Beilschmiedietum miersii Schmith, 1954.
Sintaxa	**Bosque de Belloto del Sur**
Clase	Wintero-Nothofagetea Oberd, 1960.
Orden	Laurielietalia philippianae Oberd, 1960.
Alianza	Nothofago-Eucryphion cordifoliae Oberd, 1960.
Subalianza	Nothofagenion glauco-alessandri Amigo, San Martín & Quint, 2000.
Asociación	Nothofago-Beilschmiedietum berteroanae ass. nova.

(Mo.) A. Gray (38, 39). En los bosques de Belloto del Sur el carácter azonal, propio de quebradas, lo entregan las especies de los bosques higrófilos templados, cuya área de distribución es mucho más austral, entre ellas, *Laurelia sempervirens* (R. et P.) Tul., *Hydrangea serratifolia*, *Luma apiculata*, *Aextoxicon punctatum* (R. et P.) y *Lomatia dentata*. Aunque esta última tiene una amplia distribución latitudinal, es más bien un hemixerófito pionero en los bosques valdivianos, por la presencia de conglomerados proteiformes en su sistema radical (40).

Dentro de su área de distribución el Belloto del Norte se presenta en rodales boscosos del *Beilschmiedietum miersii*, muy intervenidos (5, 41). Por el contrario, el Belloto del Sur sólo aparece formando bosques en el lugar estudiado, ya que en los otros lugares citados por la literatura dentro de su área se presenta como árboles aislados remanentes del bosque original (7, 42, 43). Según San Martín *et al.* (44) los patrones de crecimiento vegetativo, de floración y fructificación de esta especie están adaptados a condiciones de clima templado. Efectivamente los Bosques de Belloto del Sur crecen a mayor altitud que los de Belloto del Norte. No obstante lo anterior, ante una intervención antrópica permanente ellos podrían desaparecer, por el dominio de especies caducifolias de rápido crecimiento, en este caso por *Nothofagus macrocarpa*, que haría desaparecer las especies laurifolias ante un aumento del xerofitismo (45).

Dentro del área de distribución de Belloto del Norte los fragmentos de bosque que conforma se encuentran rodeados por bosques esclerófilos o sus estados de degradación, como el "Espinal" de *Acacia caven* Mol. Los bosques de Belloto del Sur, por el contrario, se encuentran inmersos en una zona donde predominan los bosques caducifolios de *Nothofagus*, aunque originalmente también ocupó suelos de uso agrícola potencialmente de bosques esclerófilos (46).

Actualmente, rodales de ambos bosques están incluidos en el Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas por el Estado de Chile (SNASPE) que supervisa la Corporación Nacional Forestal (CONAF) (43, 47-49).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la valiosa ayuda de la CONAF que en ambos lugares colocó a nuestra disposición apoyo de personal y transporte. También agradecemos a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile (Proyecto DID-UACH Nº S-97-05) y al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) que facilitó la revisión de la literatura europea.

BIBLIOGRAFIA

(1) KOSTERMANS, A. Las lauráceas chilenas. *Revista Universitaria* (Chile), 1939, Vol. 24, Nº 1, p. 201-232.
(2) RODRIGUEZ, R., M. QUEZADA, O. MATTHEI. *Flora arbórea de Chile*. Concepción: Editorial Universidad de Concepción. 1983. 360 p.
(3) RUNDEL, P. The matorral zone of central Chile. In: DI CASTRI, F., GOODALL, D. W., R. L. SPECHT. *Mediterranean Type Shrublands*. Amsterdam: Elsevier Scientific Pub. 1981, p. 175-201.
(4) QUINTANILLA, V. Carta fitogeográfica de Chile mediterráneo. *Contribuciones Científicas y Tecnológicas Area Geociencias USACH* (Chile), 1987, Vol. 70, p. 1-29.
(5) BALDUZZI, A., R. TOMASELLI, I. SEREY, R. VILLASEÑOR. New Phytosociological observations on the Mediterranean type of climax vegetation of central Chile. *Atti. Ist. Bot. Lab. Critt.* Univ. Pavia (Italia), 1981, Vol. 6, Nº 14, p. 93-112.

Folio009751

(6) LITTON, C., J. DIAZ, R. LARA. Composición florística y estructura vertical de un rodal de *Beilschmiedia berteroana* (Gay) Kosterm. en la precordillera andina de la VII Región de Chile. *Bosque* (Chile), 1997, Vol. 18, Nº 1, p. 61-72.

(7) VILLA, I. Prospección de las especies arbóreas en peligro de extinción y las acciones llevadas a cabo por la Corporación Nacional Forestal, para su protección en la Región del Maule. *II Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente*. Talca (Chile) Versiones Abreviadas, 1986, Vol. 1, p. 365-370.

(8) BENOIT, I. *Red book on Chilean terrestrial flora*. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal (CONAF, Chile). 1989, 151 p.

(9) SAN MARTIN, J., C. RAMIREZ. Fitosociología de los *Nothofagus* de la zona mesomórfica chilena. *Bosque* (Chile), 1987, Vol. 8, Nº 2, p. 121-125.

(10) GAJARDO, R. *La vegetación natural de Chile*. Santiago: Editorial Universitaria. 1994. 165 p.

(11) SCHMITHÜSEN, J. Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. *Bonner Geographische Abhandlungen*, 1956, Vol. 17, p. 1-89.

(12) OBERDORFER, E. Pflanzensoziologische Studien in Chile - Ein Vergleich mit Europe. *Flora et Vegetatio Mundi*, 1960, Vol. 2, p. 1-208.

(13) AMIGO, J., J. SAN MARTIN, L. G. QUINTANILLA. Estudio fitosociológico de los bosques de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser del Centro-Sur de Chile. *Phytocoenologia*, 2000, Vol. 30, Nº 2, p. 193-221.

(14) DI CASTRI, F., E. HAJEK. *Bioclimatología de Chile*. Santiago: Universidad Católica de Chile. 1976. 128 p.

(15) AMIGO, J., C. RAMIREZ. A bioclimatic classification of Chile: woodland communities in the temperate zone. *Plant Ecology*, 1998, Vol. 136, p. 9-26.

(16) HAJEK, E., F. DI CASTRI. *Bioclimatografía de Chile*. Santiago: Universidad Católica de Chile. 1975. 214 p.

(17) DIERSCHCKE, H. *Pflanzensoziologie - Grundlagen und Methoden*. Stuttgart: Eugen Ulmer. 1994. 683 p.

(18) RAMIREZ, C., C. SAN MARTIN, P. OJEDA. Muestreo y tabulación fitosociológica aplicados al estudio de los bosques nativos. *Bosque* (Chile), 1997, Vol. 18, Nº 2, p. 19-27.

(19) KNAPP, R. *Considerations on quantitative parameters and qualitative attributes in vegetation analysis and in phytosociological relevés*. Vol. 8, La Haya: Dr. W. Junk Publishers, 1984. Sampling methods and taxon analysis in vegetation science, p. 77-119.

(20) MARTICORENA, C., M. QUEZADA. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botanica* (Chile), 1985, Vol. 42, Nº 1/2, p. 5-157.

(21) MUELLER-DOMBOIS, D., H. ELLENBERG. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: John Wiley & Sons. 1974. 547 p.

(22) WIKUM, D., G. F. SHANHOLTZER. Application of the Braun-Blanquet cover-abundance scale for vegetation analysis in land development studies. *Environmental Management*, 1978, Vol. 2, Nº 4, p. 323-329.

(23) SAN MARTIN, C., C. RAMIREZ, H. FIGUEROA. Análisis multivariable de la vegetación de un complejo de turberas en Cordillera Pelada (Valdivia, Chile). *Lazaroa* (España), 1999, Vol. 20, p. 95-106.

(24) LUDWIG, J., J. REYNOLDS. *Statistical ecology - A primer on methods and computing*. New York: John Wiley & Sons. 1988. 337 p.

(25) KENT, M., P. COOKER. *Vegetation description and analysis*. Chichester: John Wiley & Sons. 1995. 363 p.

(26) SAIZ, F. Experiencias en el uso de criterios de similitud en el estudio de comunidades. *Arch. Biol. Med. Exp.* (Chile), 1980, Vol. 13, p. 387-402.

(27) DIGBY, P. G. N., R. A. KEMPTON. *Multivariate analysis of ecological communities*. London: Chapman and Hall. 1987. 205 p.

(28) BARKMANN, J., J. MORAVEC, S., RAUSCHERT. Code of phytosociological nomenclature. *Vegetatio*, 1986, Vol. 67, Nº 3, p. 145-195.

(29) BALDUZZI, A., R. TOMASELLI, I. SEREY, R. VILLASEÑOR. Degradation of the mediterranean type of vegetation in central Chile. *Ecología mediterránea*, 1982, Vol. 8, Nº 1/2, p. 223-240.

(30) DONOSO, C. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. *Bosque* (Chile), Vol. 4, Nº 2, 1982, p. 117-146.

(31) RAMIREZ, C., C. SAN MARTIN, P. OJEDA. Estudio de la flora de comunidades ruderales antropogénicas en la IX Región de la Araucanía, Chile. *Stvdia Botánica* (Salamanca), 1999, Vol. 18, p. 47-68.

(32) SCHMITHÜSEN, J. Waldgesellschaften des nördlichen Mittelchile. *Vegetatio*, 1954, Vol. 5/6, p. 479-486.

(33) VAZQUEZ, F., R. RODRIGUEZ. A new subspecies and two new combinations of *Nothofagus* Blume (Nothofagaceae) from Chile. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 1999, Vol. 129, p. 75-83.

(34) TOMASELLI, R. The longitudinal zoning of vegetation in the southern sector of the Andes. *Studi Trentini di Scienze Naturali Acta Biologica*, 1981, Vol. 58, p. 471-484.

(35) SAN MARTIN, J., A. TRONCOSO, C. RAMIREZ, C. SAN MARTIN, A. DUARTE. Estudio florístico y vegetacional de los bosques pantanosos nativos de la cordillera costera entre los ríos Rapel y Mataquito. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 1990, Vol. 33, p. 103-128.

(36) WALTER, H. *Vegetationszonen und Klima*. Stuttgart: Eugen Ulmer. 1970. 244 p.

(37) HUECK, K. *Los bosques de Sudamérica - Ecología, composición e importancia*. Eschborn: GTZ-Verlag. 1978. 476 p.

(38) SAN MARTIN. J., J. SOLERVICENS, C. RAMIREZ, C. SAN MARTIN, M. ELGUETA. Estudio fitosociológico de los bosques pantanosos de Mirtáceas de la Región del Maule, Chile. *Ciencias Forestales* (Chile), 1992, Vol. 8, Nº 1/2, p. 3-18.

(39) RAMIREZ, C., C. SAN MARTIN, J. SAN MARTIN. Estructura florística de los bosques pantanosos de Chile central. En: J. ARMESTO, M. T. KALIN-ARROYO, C. VILLAGRAN. *Ecología del bosque nativo en Chile*. Santiago: Editorial Universitaria, 1996, p. 215-234.

(40) RAMIREZ, C., J. GRINBERGS, E. VALENZUELA, C. SAN MARTIN. Influencia de las raíces proteiformes en el desarrollo de plántulas de *Gevuina avellana* Mol. (Proteaceae). *Bosque* (Chile), 1990, Vol. 11, Nº 1, p. 11-20.

(41) QUINTANILLA, V. Fitogeografía de la cuenca de Quillota. *Revista Geográfica de Valparaíso* (Chile), 1976, Vol. 7, p. 33-79.

(42) BENOIT, I. El Belloto del Sur. *Chile Forestal* (Chile), 1986, Vol. 128, p. 16-18.

(43) MUÑOZ, M., H. NUÑEZ, J. YAÑEZ. *Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en Chile*. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal (CONAF) (Chile). 1996. 203 p.

(44) SAN MARTIN, J., A. VILLA, C. RAMIREZ. Fenología y crecimiento vegetativo de *Beilschmiedia berteroana* (Gay) Kosterm. en la precordillera andina de Chile central (35º 52' S / 71º 06' W). *Bosque* (Chile), 2002, Vol. 23, Nº 1, p. 37-45.

Folio009752

(45) FRANK, D., M. FINCKH. Laurophyllisation of deciduous Nothofagus-Forest in Southern Chile. In: F. KLÖTLI, F. WALTHER, G. R. *Recent shifts in vegetation boundaries of deciduous forest*. Basel: Birkhäuser Verlag. 1968, p. 317-331.

(46) ESPINOZA, M. Apuntes botánicos sobre el belloto chileno de frutos comestibles. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, 1941, Vol. 19, p. 9-18.

(47) RUNDEL, P., P. WEISSER. La Campana, a new national park in central Chile. *Biological Conservation*, 1975, Vol. 8, p. 35-46.

(48) VILLASEÑOR, R., I. SEREY. Estudio fitosociológico de la vegetación del cerro La Campana (Parque Nacional La Campana) en Chile central. *Atti. Ist. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia*, 1981, Vol. 6, Nº 14, p. 69-91.

(49) ARROYO, M. T. K., O. MATTHEI, C. MARTICORENA, M. MUÑOZ, F. PEREZ, A. M. HUMAÑA. The vascular plant flora of the Bellotos del Melado national reserve, VII Región, Chile: A documented checklist. *Gayana Botanica* (Chile), 2000, Vol. 57, Nº 2, p. 117-139.

Recibido: 28.02.03.
Aprobado: 28.08.03.

Folio009753

ANEXO

Catálogo florístico de los bosques de Belloto chilenos. Se entrega CLASE, Especie y Autoridad, Familia, Nombre común, Forma de vida (F) y Origen fitogeográfico (O).

Floristic checklist of the Chilean Belloto forests: class, species, author, family, common name, life-forms (F) and phytogeographical origin (O).

Especie	Familia	Nombre común	F	O
SPHENOPSIDA (Equisetos)				
Equisetum bogotense HBK.	Equisetaceae	Limpia plata	Crg	A
FILICOPSIDA (Helechos)				
Adiantum chilense Kaulf.	Adiantaceae	Patita negra	H	A
Adiantum sulphureum Kaulf.	Adiantaceae	Doradilla	H	A
Adiantum chilense Kaulf. var. *hirsutum* Hook. et Grev.	Adiantaceae	Doradilla	H	A
Azolla filiculoides Lam.	Azollaceae	Flor del pato	Crf	A
Blechnum hastatum Kaulf.	Blechnaceae	Palmilla	H	A
Megalastrum spectabile (Kaulf.) A.R.Sm. et RC Moran	Dryopteridaceae	Helecho	H	A
Pleurosorus papaverifolius (Kunze) Fée	Aspleniaceae	No conocido	H	A
PINOPSIDA (Coníferas)				
Austrocedrus chilensis (D. Don) Pic. Ser. et Bizz.	Cupressaceae	Ciprés de la Cordillera	Fa	A
MAGNOLIOPSIDA (Dicotiledóneas)				
Acacia caven (Mol.) Mol.	Mimosaceae	Espino maulino	Far	A
Adenopeltis serrata (W. Aiton) Johnst.	Euphorbiaceae	Lechón	Far	A
Adesmia denticulata Clos.	Fabaceae	Retama	Far	A
Aextoxicon punctatum R. et P.	Aextoxicaceae	Olivillo, Tique	Fa	A
Argythamnia tricuspidata (Lam.) Muell.-Arg.	Euphorbiaceae	Ventosilla	Far	A
Aristotelia chilensis (Mol.) Stuntz.	Elaeocarpaceae	Maqui	Far	A
Azara celastrina D. Don	Flacourtiaceae	Lilén	Far	A
Azara petiolaris (D. Don) Johnst.	Flacourtiaceae	Lilén	Far	A
Baccharis linearis (R. et P.) Pers.	Asteraceae	Chilca	Far	A
Beilschmiedia berteroana (Gay) Kosterm.	Lauraceae	Belloto del Sur	Fa	A
Beilschmiedia mersii (Gay) Kosterm.	Lauraceae	Belloto del Norte	Fa	A
Blepharocalyx cruckshanksii (H. et A.) Kausel	Myrtaceae	Temu	Fa	A
Calceolaria dentata R. et P.	Scrophulariaceae	Topa-Topa	C	A
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.	Brassicaceae	Mastuerzo	H	I
Cerastium arvense L.	Caryophyllaceae	Cuernecita	T	I
Cestrum parqui L'Herit	Solanaceae	Palqui	Far	A
Cissus striata R. et P.	Vitaceae	Voqui naranjillo	Ft	A
Citronella mucronata (R. et P.) D. Don	Icacinaceae	Huilli patagua	Fa	A
Colliguaja dombeyana A.H.L. Juss.	Euphorbiaceae	Colliguay	Far	A
Colliguaja salicifolia Gill. Et Hook.	Euphorbiaceae	Colliguay	Far	A
Conyza bonariensis (L.) Cronq.	Asteraceae	Coniza	T	I
Cryptocarya alba (Mol.) Looser	Lauraceae	Peumo	Fa	A
Diplolepis menziesii Schult.	Asclepiadaceae	Voquicillo	T	A
Eupatorium glechonophyllum Less.	Asteraceae	Salvia negra	C	A
Eupatorium salvia Colla	Asteraceae	Salvia	C	A
Euphorbia peplus L.	Euphorbiaceae	Pichoga	T	I
Euphorbia portulacoides L.	Euphorbiaceae	Pichoa	C	A

Folio009754

Especie	Familia	Nombre común	F	O
Francoa appendiculata Cav.	Saxifragaceae	Llaupangue	H	A
Fuchsia lycioides Andr.	Onagraceae	Palo falso	Far	A
Fumaria capreolata L.	Fumariaceae	Hierba de la culebra	T	I
Galium aparine L.	Rubiaceae	Lengua de gato	C	I
Gamochaeta americana (Mill.) Wedd.	Asteraceae	Vira-Vira	H	A
Geranium core-core Steud.	Geraniaceae	Core Core	T	A
Geranium robertianum L.	Geraniaceae	Core Core	T	I
Gratiola peruviana L.	Scrophulariaceae	Contrayerba	C	A
Hydrangea serratifolia (H. et A.) F. Phil.	Hydrangeaceae	Pehueldén	Ft	A
Hydrocotyle ranunculoides L.f.	Apiaceae	Hierba de la plata	Crn	I
Hydrocotyle volckmannii Phil.	Apiaceae	Sombrerito de agua	Cre	A
Kageneckia oblonga R. et P.	Rosaceae	Bollén	Fa	A
Lardizabala biternata R. et P.	Lardizabalaceae	Cogüilera	Ft	A
Laurelia sempervirens (R. et P.) Tul.	Monimiaceae	Laurel	Fa	A
Lithrea caustica (Mol.) H. et A.	Anacardiaceae	Litre	Fa	A
Lomatia dentata (R. et P.) R. br.	Proteaceae	Piñol	Fa	A
Lomatia hirsuta (Lam.) Diels ex Macbr.	Proteaceae	Radal	Fa	A
Luma apiculata (DC) Burret	Myrtaceae	Arrayán	Fa	A
Luma chequen (Mol.) A. Gray	Myrtaceae	Chequén	Fa	A
Lythrum album H.B.K.	Lythraceae	Romerillo	T	I
Maytenus boaria Mol.	Celastraceae	Maitén	Fa	A
Maytenus chubutensis (Speg.) Lourt., O. Don et Sleum.	Celastraceae	Maitén del Chubut	Far	A
Mimulus glabratus H.B.K.	Scrophulariaceae	Berro	H	A
Muehlenbeckia hastulata (J.E.Sm.) Johnst.	Polygonaceae	Voqui quilo	Ft	A
Myrceugenia exsucca (DC) Berg.	Myrtaceae	Petra	Fa	A
Myrceugenia obtusa (DC) Berg.	Myrtaceae	Arrayán	Far	A
Myrceugenia ovata (H. et A.) Berg.	Myrtaceae	Huillipeta	Far	A
Nothofagus glauca (Phil.) Krasser	Fagaceae	Hualo	Fa	A
Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst.	Fagaceae	Roble	Fa	A
Nothofagus macrocarpa (DC) F.M. Vázquez & R. A. Rodr.	Fagaceae	Roble de Santiago	Fa	A
Osmorhiza chilensis H. et A.	Apiaceae	Apio del monte	H	A
Oxalis rosea Jacq.	Oxalidaceae	Vinagrillo	T	A
Perezia carthamoides H. et A.	Cichoriaceae	Estrella de cordillera	H	A
Peumus boldus Mol.	Monimiaceae	Boldo	Fa	A
Plantago lanceolata L.	Plantaginaceae	Siete venas	H	I
Plantago major L.	Plantaginaceae	Llantén	H	I
Prunella vulgaris L.	Lamiaceae	Hierba mora	C	I
Proustia pyrifolia DC	Asteraceae	Tola blanca	Ft	A
Quillaja saponaria Mol.	Rosaceae	Quillay	Fa	A
Ranunculus muricatus L.	Ranunculaceae	Hierba del guante	T	I
Retanilla ephedra (Vent.) Brongn.	Rhamnaceae	Retamilla	Far	A
Rhaphithamnus spinosus (A. L. Juss.) Mold.	Verbenaceae	Espino negro	Far	A
Ribes punctatum R. et P.	Saxifragaceae	Zarzaparrilla	Far	A
Rubus ulmifolius Schott.	Rosaceae	Zarzamora	Ft	I
Rumex acetosella L.	Polygonaceae	Romacilla	H	I
Rumex conglomeratus Murray	Polygonaceae	Romaza	H	I
Sanicula crassicaulis Poepp. ex DC.	Apiaceae	Huanaca	H	A

Folio009755

Especie	Familia	Nombre común	F	O
Schinus latifolia (Gill. ex Lindl.) Engler	Anacardiaceae	Huingán	Fa	A
Schinus patagonica (Phil.) Johnst.	Anacardiaceae	Huingán	Far	A
Senecio sp.	Asteraceae		Far	A
Senna candolleana (Vogel) Irw. Et Barneby	Caesalpiniaceae	Quebracho	Far	A
Sicyos bryoniifolius Moris	Cucurbitaceae	Calabacillo	T	I
Silybum marianum (L.) Gaertn.	Asteraceae	Cardo Mariano	T	I
Solanum maglia Schlecht.	Solanaceae	Papa silvestre	Cr	A
Solanum nigrum L.	Solanaceae	Tomatillo	T	I
Sonchus asper (L.) J. Hill.	Asteraceae	Ñilhue	T	I
Sophora macrocarpa J. E. Sm.	Fabaceae	Mayú	Far	A
Stachys grandidentata Lindl.	Lamiaceae	Menta	C	A
Stellaria media (L.) Vill.	Caryophyllaceae	Quilloi-Quilloi	T	I
Taraxacum officinale Weber	Asteraceae	Diente de león	H	I
Torilis nodosa (L.) Gaertn.	Apiaceae	No conocido	T	I
Tristerix tetrandrus (R. et P.) Mart.	Loranthaceae	Quintral	Fp	A
Trevoa trinervis Miers.	Rhamnaceae	Tebo	Far	A
Urtica dioica L.	Urticaceae	Ortiga	T	I
Verbascum virgatum Stockes	Scrophulariaceae	Hierba del paño	T	I
Veronica anagallis-aquatica L.	Scrophulariacae	No me olvides del campo	Cre	I
Viviania marifolia Cav.	Vivianiaceae	Oreganillo	C	A
LILIOPSIDA (Monocotiledóneas)				
Aira caryophyllea L.	Poaceae	Aira	T	I
Alstroemeria haemantha R. et P.	Amaryllidaceae	Amancay rojo	Crg	A
Bomarea salsilla (L.) Herb.	Amaryllidaceae	Copihuillo	Crt	A
Carex sp.	Cyperaceae	Cortadera	H	A
Chusquea culeou Desv.	Poaceae	Colihue	F	A
Chusquea cumingii Nees.	Poaceae	Colihuito	Far	A
Chloraea chrysantha Lindl.	Orchidaceae	Orquídea	Crg	A
Cynosurus echinatus L.	Poaceae	Cola de ratón	T	I
Cyperus eragrostis Lam.	Cyperaceae	Cortadera	Hp	A
Dioscorea bryoniifolia Poepp.	Dioscoreaceae	Papa cimarrona	Crt	A
Dioscorea reticulata Gay	Dioscoreaceae	Papa cimarrona	Crt	A
Gilliesia graminea Lindl.	Liliaceae	No conocido	Crg	A
Holcus lanatus L.	Poaceae	Pasto miel	H	I
Lemna minor L.	Lemnaceae	Lenteja de agua	Crf	A
Libertia sessiliflora (Poepp.) Skottsb.	Iridaceae	Calle-Calle azul	H	A
Nothoscordum striatellum (Lindl.) Kunth.	Liliaceae	Huilli de perro	Crg	A
Paspalum distichum L.	Poaceae	Chépica rastrera	H	I
Poa annua L.	Poaceae	Pasto piojillo	T	I
Puya chilensis Mol.	Bromeliaceae	Chagual	H	A
Scirpus cernuus Vahl.	Cyperaceae	Can-Can	Hp	A

Formas de vida: Fa = fanerófito arbóreo, Far = fanerófito arbustivo, Fp = fanerófito parásito, Ft = fanerófito trepador, C = caméfito (subarbusto), H = hemicriptófito (hierba perenne), Hp = hemicriptófito palustre, Cr = criptófito, Crg = criptófito geófito, Crf = criptófito acuático flotante, Crn = criptófito acuático natante, Cre = criptófito helofítico, Crt = criptófito trepador, T = terófito (hierba anual),
Origen fitogeográfico: A = autóctono, I = Alóctono.

View publication stats

Folio009756

UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza

Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ÁRBOLES EN LOS BOSQUES DE BELLOTO DEL NORTE (*Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm.) EN EL CORDÓN DE CANTILLANA, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

HAROLDO NICOLÁS SILVA IMAS

Ingeniero Forestal

SANTIAGO – CHILE.

2014

Folio009757

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

Profesor Guía

Nombre Álvaro Promis Baeza

Nota 7,0

Firma

Profesor Consejero

Nombre Jaime Hernández Palma

Nota 6,4

Firma

Profesor Consejero

Nombre Gabriel Mancilla Escobar

Nota 7,0

Firma

DEDICATORIA

A Elsi Brusquetti,
por su amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que colaboraron en el desarrollo de este estudio, en especial:

A la Agencia de Cooperación Internacional de Chile (AGCI), por haberme brindado la oportunidad de estudiar en Chile y conocer más de este bello país.

Al proyecto del Fondo de Investigación de Bosque Nativo 033/2012 “Permanencia de Bosques de *Beilschmiedia miersii*. Regeneración según contenido hídrico del suelo y presencia de hojarasca. Propuestas” por el financiamiento de las salidas a terreno y la impresión de documentos relacionados a este estudio.

A Don Helios Murialdo y Fernanda Romero, por permitir el levantamiento de los datos en la Reserva Privada Altos de Cantillana.

A mi Profesor Guía, Alvaro Promis, por su apoyo constante en el desarrollo de esta tesis y por los múltiples conocimientos compartidos. Su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable para mi formación académica.

A los Profesores Consejeros, Gabriel Mancilla y Jaime Hernández, por sus sugerencias que enriquecieron este trabajo.

A compañeros y amigos que ayudaron en el levantamiento de datos como Christian Barra, Klaus Kremer, Claudio Sanchez, Carla Jara y Carolina Fuentes.

A mi querida familia chilena Delgado – Mora, que me abrió la puerta de su casa haciéndome sentir parte de ellos

Folio009760

Índice

Índice 1

Lista de Figuras 3

Lista de Tablas 4

Resumen 6

Summary 7

1. Introducción 8

2. Material y método 11

2.1 Área de estudio 11

2.2 Colecta de datos 12

2.3 Análisis de datos 13

2.3.1 Distribución diamétrica 13

2.3.2 Distribución espacial 14

3. Resultados 18

3.1 Caracterización y composición 18

3.1.1 Bosque adulto 18

3.1.2 Renoval 19

3.2 Distribución diamétrica 20

3.2.1 Bosque adulto 20

3.2.2 Renoval 20

3.3 Distribuciones espaciales univariadas 23

3.3.1 Bosque adulto 23

3.3.2 Renoval 25

3.4 Distribuciones espaciales bivariadas 27

3.4.1 Bosque adulto 27

3.4.2 Renoval 28

Folio009761

4. Discusión 29

4.1 Caracterización y composición 29

4.2 Distribución diamétrica 31

4.3 Distribuciones espaciales univariadas 33

4.4 Distribuciones espaciales bivariadas 35

4.5 Implicancias en la conservación de Beilschmiedia miersii 36

5. Conclusiones y recomendaciones 40

6. Bibliografía 42

Anexos 50

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro del Sitio Prioritario para la Conservación Altos de Cantillana. 12

Figura 2. Distribución diamétrica de las especies de hábito arbóreo en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 21

Figura 3. Distribución diamétrica de las especies de hábito arbóreo en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 22

Figura 4. Mapa de localización espacial de los árboles (a) en un bosque adulto y (b) en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicados en Altos de Cantillana. 24

Figura 5. Mapa de localización espacial de la población de *Beilschmiedia miersii* (a) en un bosque adulto y (b) en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicados en Altos de Cantillana. 24

Lista de Tablas

Tabla 1. Características del terreno y del dosel arbóreo de los bosques de *Beilschmiedia miersii* analizados dentro del Sitio Prioritario para la Conservación Altos de Cantillana 13

Tabla 2. Caracterización en composición de especies de hábito arbóreo, densidad y diámetro a la altura del pecho (DAP) de un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 18

Tabla 3. Caracterización etaria de una población de *Beilschmiedia miersii* en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 19

Tabla 4. Caracterización en composición de especies de hábito arbóreo, densidad y diámetro a la altura del pecho (DAP) de un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 19

Tabla 5. Caracterización etaria de una población de *Beilschmiedia miersii* en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 20

Tabla 6. Patrones espaciales de especies de hábito arbóreo en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 23

Tabla 7. Patrones espaciales de la población de *Beilschmiedia miersii* en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 25

Tabla 8. Patrones espaciales de especies de hábito arbóreo en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 26

Tabla 9. Patrones espaciales de la población de *Beilschmiedia miersii* en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 26

Tabla 10. Asociaciones espaciales de los árboles de *Beilschmiedia miersii* con las principales especies arbóreas en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 27

Tabla 11. Asociaciones espaciales entre árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración de *Beilschmiedia miersii* en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 27

Tabla 12. Asociaciones espaciales de los árboles de *Belschmiedia miersii* con las principales especies arbóreas en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 28

Tabla 13. Asociaciones espaciales entre árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración de *Belschmiedia miersii* en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. 28

Resumen

Los patrones espaciales de los árboles son indicadores importantes de la historia y dinámica de los bosques. Proporcionan informaciones útiles que pueden ser empleados en el desarrollo de planes de restauración de bosques degradados. En este estudio se analizó la distribución espacial de los árboles en bosques de *Beilschmiedia miersii*, una especie sensible a problemas de conservación debido a la reducción y degradación de su hábitat natural por actividades antrópicas. Específicamente se caracterizó la distribución diamétrica y espacial de *B. miersii* y de las especies arbóreas acompañantes; se identificaron asociaciones espaciales entre *B. miersii* y las especies arbóreas acompañantes; se describieron asociaciones espaciales entre árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración de *B. miersii*; y se evaluó las implicancias de los resultados para la conservación de *B. miersii*. La toma de datos se realizó en un bosque adulto y en un bosque renoval en Altos de Cantillana, en la Cordillera de la Costa en la región Metropolitana de Chile. En cada bosque se estableció una parcela de 4.000 m^2 donde fueron localizados espacialmente los árboles de las especies arbóreas dominantes y las plantas juveniles y de regeneración de *B. miersii*. La distribución diamétrica fue descrita por medio de la función de densidad de probabilidad de Weibull. La función K de Ripley en su forma univariada fue empleada para evaluar las distribuciones espaciales y en su forma bivariada para evaluar las asociaciones espaciales. La estrategia reproductiva predominante de los árboles de *B. miersii* fue por semillas en el bosque adulto y por rebrote en el renoval. En el bosque adulto la distribución espacial fue aleatoria para especies que componen el dosel superior como *B. miersii*, *Crinodendron patagua* y *Persea* lingue; y agrupada para *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*. En el renoval todas las especies presentaron una distribución en agregados hasta distancias intermedias y una distribución regular a distancias mayores. En ambos bosques las plantas de regeneración de *B. miersii* se distribuyeron en forma agrupada a distancias cortas indicando el requerimiento de micrositios para su germinación y establecimiento. Los árboles de *B. miersii* presentaron mayoritariamente una interacción espacial indiferente con los árboles de otras especies en el bosque adulto y una asociación espacial negativa en el renoval. Se comprobó que los micrositios, la capacidad de rebrote y las perturbaciones juegan un rol importante en la distribución espacial de los árboles y en las asociaciones inter e intraespecífcas en los bosques de *B. miersii*. De esta manera se recomienda considerar estos aspectos en el desarrollo de lineamientos estratégicos para la conservación de la especie amenazada *B. miersii.*

Palabras clave: *Beilschmiedia miersii*, patrones espaciales de árboles, dinámica de bosque, rebrote

Summary

Spatial patterns of trees are important indicators of the forest history and dynamics. They provide useful information that can be used in the development of plans to restore degraded forests. In this study was analyzed the spatial distribution of trees in *Beilschmiedia miersii* forest, a species with conservation problems due to the reduction and degradation of its natural habitat by human activities. Specifically diameter and spatial distribution of *B. miersii* and accompanying tree species were characterized; spatial associations between *B. miersii* and accompanying tree species were identified; spatial associations between trees, saplings and seedlings of *B. miersii* were described, and implications of results for the conservation of *B. miersii* were evaluated. Data collection was carried out in an a mature and in a second-growth forest localized in Altos de Cantillana in the Cordillera de la Costa at the Metropolitan Region of Chile. In each forest a plot of 4.000 m^2 was established. In the plots trees of dominant tree species, saplings and seedlings of *B. miersii* were spatially located. Diameter distribution was described by the probability density function of Weibull. Ripley 's K function in its univariate form was used to assess the spatial distributions and in its bivariate form to assess spatial associations. It was found that the predominant reproductive strategy of *B. miersii* trees was by seeds in the mature forest and by resprouting in the second-growth forest. In the mature forest the spatial distribution was random for species that are in the upper layer of the canopy as *B. miersii*, *Crinodendron patagua* and *Persea lingue*; and clustered for *Cryptocarya alba* and *Peumus boldus.* In the second-growth forest all species showed a clustered distribution to intermediate distances and a regular distribution at greater distances. Seedlings of *B. miersii* were distributed in clusters at short distances, indicating the requirement of microsites for germination and establishment in both forests. *B. miersii* trees had mostly indifferent spatial interaction with trees of other species in the mature forest and a negative spatial association in the second-growth forest. It was found that microsites, resprouting and disturbances plays an important role in determining the spatial distribution of trees and inter-intra especific associations in the forests of *B. miersii*. In this way it is recommended to consider these aspects in the development of strategic guidelines for the conservation of this threatened species.

Key words: *Beilschmiedia miersii*, spatial patterns of trees, stand dynamics, resprouting.

1. Introducción

Beilschmiedia miersii (Gay) Kostermans (Belloto del Norte) es un árbol esclerófilo endémico de la cordillera de La Costa de la zona central de Chile (Donoso, 2006). Es considerada descendiente de una flora tropical muy antigua y con una amplia distribución en períodos geológicos pasados, motivo por el cual los bosques con dominancia de *B. miersii* son considerados comunidades relictuales de otro clima y tiempo de la historia florística de Chile (Villagrán y Hinojosa, 1997).

B. miersii es una especie amenazada catalogada como Vulnerable por el Listado Nacional Oficial de Especies Amenazadas (Chile, 2008) y como Vulnerable (VA4c) bajo los criterios de clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en su versión 3.1 del 2001 (Hechenleiter *et al.,* 2005). Junto a otras especies arbóreas fue declarada Monumento Natural por el Decreto Supremo Nº 13 de 1995 del Ministerio de Agricultura (Chile, 1995).

El área de distribución de *B. miersii* comprende casi en su totalidad los límites administrativos de la región de Valparaíso (V región) aunque también se han registrado poblaciones en la región Metropolitana (RM), en las comunas de Paine, Melipilla y Alhué; y en la región de Libertador General Bernardo O´Higgins (VI región), en Loncha, en el cerro Poqui y Doñihue (Novoa, 2004).

B. miersii presenta una distribución fragmentada, restringida a posiciones específicas con condiciones ambientales favorables (Gajardo *et al.,* 1987; Ramírez *et al.,* 2004). Crece preferentemente en fondos de quebradas con cursos de agua, en laderas de exposición sur con alta humedad y pequeños valles creados por el ensanchamiento de pequeñas cuencas (Serra *et al.,* 1986; Gajardo *et al.,* 1987; Hechenleitner *et al.,* 2005). En estos sitios frecuentemente es la especie dominante formando bosques de galerías conocidos como bosques de Belloto del Norte (Serra *et al.,* 1986; Novoa, 2004). Sin embargo, también es posible que crezca en lugares abiertos siempre que cuente con humedad suficiente (Gajardo *et al.,* 1987; Donoso, 2006)

Se estima que existen 180.000 individuos de *B. miersii* que crecen en 162 localidades, con una cobertura total aproximada de 5.000 ha (Novoa, 2004). Estas localidades representan situaciones muy heterogéneas de subpoblaciones debido a que algunas de ellas se encuentran representadas por unidades muy reducidas o constituidas por individuos adultos aislados o senescentes (Muñoz y Serra, 2006). Se considera que la distribución fragmentada y

heterogeneidad poblacional responden a un cambio de las condiciones climáticas del pasado, la reducción del hábitat por la agricultura intensiva, la tala para la obtención de madera, la extracción de leña y los incendios forestales (Serra *et al.,* 1986; Novoa 2004).

Las poblaciones de *B. miersii* son sensibles a problemas de conservación debido a la reducción del hábitat natural por actividades antrópicas (Muñoz y Serra, 2006). Las amenazas actuales para la especie son las habilitaciones agrícolas para cultivos frutales y parcelas de agrado, proyectos de desarrollo minero, ramoneo y pisoteo permanente de ganado, consumo de las semillas por cerdos y la extracción de hojarasca para jardines y actividades hortícolas (Henríquez y Simonetti, 2001; Becerra *et al.,* 2004; Novoa, 2004; Donoso, 2006). Estas amenazas provocan el reemplazo total o disminución del número de individuos, la transformación de poblaciones generadas por semillas por poblaciones productos de rebrote genéticamente menos diversos, la alteración de las condiciones ambientales y microambientales que permiten su desarrollo y establecimiento, la competencia con especies exóticas u otras especies nativas, la fragmentación del hábitat y la ruptura o modificación de los ciclos reproductivos (Serra *et al.,* 1986; Hechenleitner *et al.* 2005; Muñoz y Serra, 2006). Ante esta situación, Ramirez *et al.* (2004) señalan que la especie presenta serio peligro de conservación y recomiendan realizar estudios que sirvan de base para una futura restauración ecológica. Por otra parte, la mayor proporción de los bosques de *B. miersii* se encuentran en propiedades privadas siendo los únicos lugares donde están protegidos el Parque Nacional La Campana y los Sitios Prioritarios Bosques de Zapallar-Cachagua, Cordillera del Melón y Altos de Cantillana (Novoa, 2004; Flores, 2008).

Son pocos los estudios realizados sobre la dinámica de los bosques y poblaciones de *B. miersii* que pueden contribuir a iniciativas de restauración ecológica. Becerra *et al.* (2001) evaluaron los efectos de la precipitación y hojarasca sobre la germinación y supervivencia de plántulas; Henríquez y Simonetti (2001) evaluaron los efectos de la herbivoría sobre el reclutamiento; Ramírez *et al.* (2004) realizaron una descripción fitosociológica de los bosques de *B. miersii*; mientras que Flores (2008) y Brito (2009) caracterizaron la flora vascular junto a la dinámica de la regeneración. Por otro lado, todos los estudios mencionados fueron realizados en el extremo norte y centro del área de distribución de la especie, faltando descripciones puntuales de las poblaciones presentes al sur de su distribución.

El análisis de patrones espaciales de árboles en comunidades boscosas proporciona informaciones útiles que pueden ser empleados en la planificación de manejos silviculturales (Moeur, 1993; Salas *et al.,* 2006) y en el desarrollo de planes restauración (Arévalo y Fernández-Palacios, 2003; Zhang *et al.,* 2010).

Los patrones espaciales de los árboles son indicadores de la historia, dinámica y de las interacciones entre especies en los bosques (Perry *et al.,* 2006; Law *et al.,* 2009) debido a que responden a diversos factores morfológicos, ambientales y fitosociológicos que afectan su configuración (Dale, 1999). Estos patrones son utilizados para inferir sobre los mecanismos y procesos que afectan a la coexistencia de especies (Rejmaneck y Leps, 1996; Getzin *et al.,* 2006), a asociaciones interespecíficas en poblaciones (Hamill y Wright, 1986; Murrell, 2009; Martínez *et al.,* 2013), al establecimiento de plantas de regeneración (Norton, 1991; Paluch, 2005), a la dispersión de semillas (Nathan y Muller-Landau, 2000; Vázquez, 2011) y su respuesta a perturbaciones (Neeman *et al.,* 1992).

Un análisis de los patrones espaciales de árboles puede proporcionar informaciones sobre los procesos que afectan a la dinámica poblacional de una especie con problemas de conservación como *B. miersii*. Específicamente, se puede inferir sobre los factores que afectan a su regeneración, coexistencia con otras especies, dispersión y las relaciones adultos-juveniles. Estas informaciones se consideran prioritarias en el desarrollo de lineamientos para la implementación de planes de restauración que contribuyan a la conservación de la especie.

El propósito de este estudio de carácter descriptivo consistió en analizar la distribución espacial de los árboles en bosques de *Beilschmiedia miersii* en el Cordón de Cantillana, Región Metropolitana, Chile. Los objetivos específicos fueron (1) caracterizar la distribución diamétrica y espacial de *B. miersii* y de las especies arbóreas acompañantes; (2) identificar asociaciones espaciales entre *B. miersii* y las especies arbóreas acompañantes; (3) describir asociaciones espaciales entre árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración de *B. miersii* y (4) evaluar las implicancias de los resultados obtenidos para la conservación de *B. miersii*.

2. Material y método

2.1 Área de estudio

El estudio fue llevado a cabo en el sector conocido como Altos de Cantillana, en la Cordillera de la Costa en la región Metropolitana (Figura 1). Este sector es considerado un sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad en Chile (Muñoz *et al.,* 1997; CONAMA, 2005). Se sitúa en un sistema montañoso perteneciente a la cordillera de la Costa que alberga una serie de microcuencas que drenan sus aguas a la laguna de Aculeo (Sepúlveda, 2004).

El clima de la zona es templado-cálido, con una estación seca que se prolonga entre 6 a 8 meses y con una precipitación media anual de 611,5 mm que se concentra en el otoño, entre marzo y julio (Sepúlveda, 2004). La temperatura media anual es de 13,8 ºC registrándose las temperaturas más bajas en julio y las más altas en el mes de enero (Sepúlveda, 2004).

La geomorfología del lugar está dominada por contrafuertes y sectores de alta pendiente, representando el 60% de la superficie (Sepúlveda, 2004). Los suelos están compuestos en gran parte por materiales granitoídeos que presentan una alta susceptibilidad a la erosión (Centro EULA –Chile, 2004; Sepúlveda, 2004).

En cuanto a la vegetación de la zona, las variaciones altitudinales y de exposición hacen posible encontrar diferentes comunidades vegetacionales como son el bosque caducifolio de Roble de Santiago, el bosque mixto caducifolio y esclerófilo, el bosque esclerófilo, el bosque esclerófilo con Palma chilena, matorral esclerófilo arborescente, matorral esclerófilo con suculentas, matorral esclerófilo subandino y la estepa alto andina (Sepúlveda, 2004; Romero y Tellier, 2009).

Entre finales del siglo XIX y mediados del siglo XX se ha registrado un pastoreo intensivo en la zona (Romero y Tellier, 2009). Además, el matorral y el bosque esclerófilo servían como proveedores de leña a los pobladores (GEF-CONAMA, 2003). En la actualidad la intensificación de las actividades agroindustriales y ganaderas en las partes bajas ha disminuido la presión sobre las partes altas, reduciéndose en éstas últimas las intervenciones antrópicas en actividades de recreación (GEF-CONAMA, 2003; Romero y Tellier 2009).

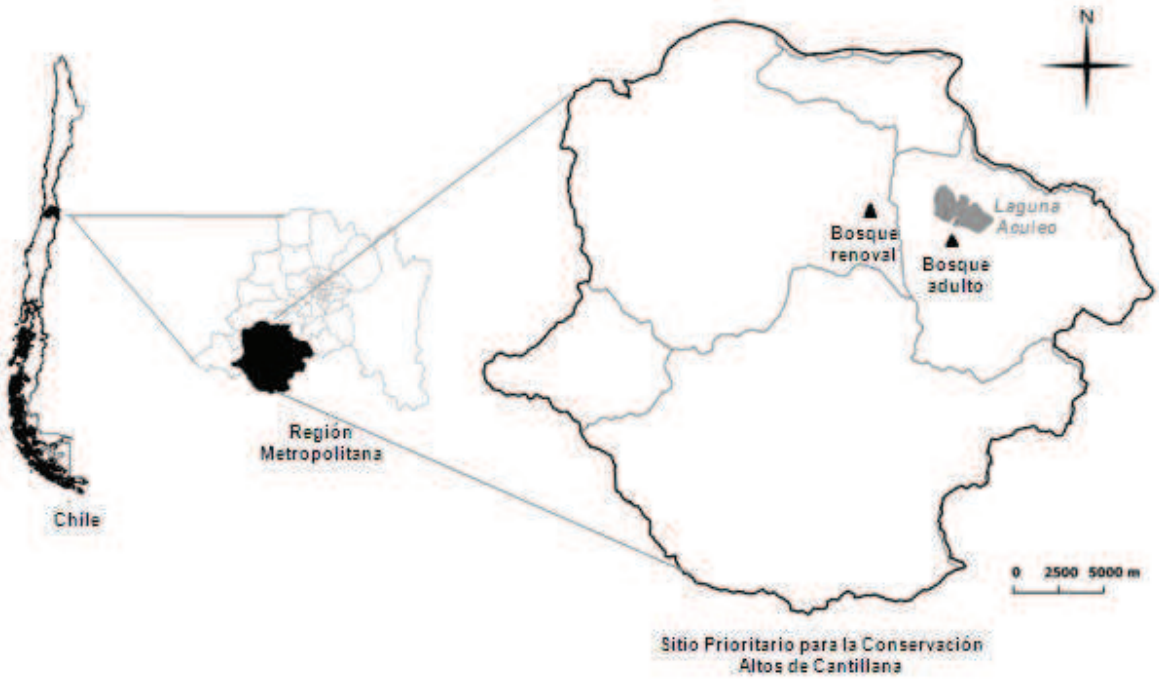


Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro del Sitio Prioritario para la Conservación Altos de Cantillana.

2.2 Colecta de datos

La toma de datos fue llevada a cabo en un bosque adulto y en un bosque renoval de *B. miersii* (Figura 1). El bosque adulto se encuentra en el sitio conocido como "Bosque Patagual" al pie de una ladera con exposición SE. La topografía es homogénea, con escasos afloramientos rocosos y hojarasca en el suelo. La cobertura del dosel es muy variable, con coberturas de entre el 20 y 80%. Así también, presenta claros debido a la caída de árboles de gran tamaño. La altura promedio del dosel es de 21 m (Tabla 1). El renoval se encuentra en un ensanchamiento de quebrada con exposición SO en el sitio conocido como "Quebrada del árbol". En este sitio la topografía es irregular, sobresalen los afloramientos rocosos y la hojarasca es abundante. La cobertura del dosel abarca entre el 80 y 100% en gran parte del bosque y tiene una altura promedio de 18 m (Tabla 1).

Tabla 1. Características del terreno y del dosel arbóreo de los bosques de *Beilschmiedia miersii* analizados dentro del Sitio Prioritario para la Conservación Altos de Cantillana

Bosque	Latitud/Longitud	Altitud (m.s.n.m.)	Pendiente (°)	Exposición	Altura promedio (m)	Cobertura dosel (%)
Adulto	33°52´23,1´´S; 70°55´47,7´´W	425	0-10	SE	21	20-80
Renoval	33°51´2,03´´S; 71°0´30,35´´W	560	15-40	SO	18	80-100

En cada bosque se instaló una parcela de 4.000 m^2 (80 x 50 m). Los árboles y las plantas juveniles de todas las especies arbóreas fueron localizados espacialmente con coordenadas cartesianas mediante 40 cuadrículas de 10 x 10 m. También fueron localizadas espacialmente las plantas de regeneración de *B. miersii*. Las distancias en pendientes fueron convertidas en distancias horizontales.

De acuerdo al número de fustes los individuos fueron clasificados en monofustales y multifustales. Los individuos monofustales fueron aquellos que presentaron un solo fuste principal mientras que los individuos multifustales fueron aquellos que presentaron más de uno.

Los fustes con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor a 5 cm fueron definidos como árboles. Las plantas juveniles fueron definidas como aquellos individuos con un DAP menor a 5 cm y una altura igual o mayor a 50 cm, independientemente si eran de origen sexual o asexual. Se consideró planta de regeneración a aquel individuo de origen sexual menores a 50 cm de altura. Plantas de regeneración menores a 5 cm de altura fueron consideradas efímeras y no fueron contabilizados.

2.3 Análisis de datos

2.3.1 Distribución diamétrica

La estructura diamétrica fue analizada mediante un ajuste de la función de densidad de probabilidad de Weibull a los datos de diámetro para la comunidad y para las especies arbóreas que presentaron una densidad mayor a 10 individuos en la parcela.

La función de Weibull es ampliamente utilizada en el ajuste a distribuciones diamétricas debido a que permite representar distribuciones simétricas y asimétricas de diversas formas que pueden ser adaptados a rodales multietáneos como coetáneos (Bailey y Dell, 1973; Pretzch, 2009). La forma funcional de la distribución de Weibull puede ser expresada como en la ecuación 1:

(1)

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} exp\left[-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right]$$

$$x > \gamma, \beta > 0, \alpha > 0.$$

Los parámetros γ, β y α corresponden a parámetros de locación, escala y forma respectivamente. Valores de α menores a 1 describen una curva monotónica y descendente (J invertida), valores entre 1 y 3,6 describen una curva unimodal con asimetría positiva, valores iguales a 3,6 representan una función aproximadamente normal y valores mayores a 3,6 describen una curva normal con asimetría negativa (Bailey y Dell, 1973).

El ajuste de la función de Weibull fue realizado por el método de máxima verosimilitud. Para la evaluación de los ajustes se utilizó el test Kolmogorov-Smirnov a 5% de significancia. Todos los cálculos se llevaron a cabo en el programa estadístico R (R Development CoreTeam, 2013).

2.3.2 Distribución espacial

El análisis de los patrones espaciales fue realizado a través de la función K (t) de Ripley (Ripley, 1977). La función k (t) de Ripley consiste en un método de segundo orden basado en las distancias entre todos los pares de puntos (Moeur, 1993). Contabiliza el número medio de puntos en un radio t alrededor de cualquier punto (De La Cruz, 2006). Es utilizado para analizar patrones de puntos a diferentes escalas de manera de determinar en cuales se observa una distribución agrupada, regular o aleatoria (Diggle, 1983). También puede ser empleado para describir las relaciones entre dos o más tipos de puntos presentes en un patrón de puntos (Diggle, 1983; De La Cruz, 2006)

La función K (t) de Ripley es frecuentemente empleada en el análisis de patrones espaciales en ecología forestal (Liebhold y Gurevitch, 2002; Rozas y Camarero, 2005; De La Cruz, 2006; Law *et al.,* 2009). Su aplicación en los bosques permite determinar los patrones de distribución de árboles de forma más clara y precisa que otros índices obtenidos a partir de la distancia entre

árboles o los índices basados en el número de árboles en cuadrantes (Rozas y Camarero, 2005; Pretzsch, 2009). Es particularmente muy útil en bosques con gran variabilidad espacial debido a su capacidad de detectar patrones espaciales a diferentes escalas (Moeur, 1993; De La Cruz, 2006)

Se calculó la función K (t) de Ripley en su forma univariante y bivariante para las especies con más de 10 árboles a nivel de parcela con el objeto de obtener una mejor consistencia de los resultados (Arévalo y Fernández, 2003; Salas *et al.,* 2006). Se consideró la ausencia de homogeneidad de los patrones de puntos en los cálculos de la función K (t) (Baddeley, 2008). Todos los análisis fueron realizados mediante el paquete estadístico de R para el análisis de patrones espaciales de puntos *Spatstat* (Baddeley y Turner, 2005).

a. Distribución espacial univariada

Los patrones espaciales para el bosque y para cada una de las especies fueron determinados usando la función univariante $\widehat{K}$ (t) de Ripley (1977) que es calculada como en la ecuación 2:

(2)

$$\widehat{K}(t) = \frac{A}{n^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{W_{ij}}I_t(u_{ij})$$

donde *n* es el número de puntos en la unidad muestreo o parcela, *A* es el área de la unidad de muestreo en m^2, u_{ij} es la distancia entre el *i*-ésimo árbol sujeto y el *j*-ésimo árbol expresada en m, W_{ij} es el factor de corrección de efectos de borde para los punto *ij* e *I* es un indicador de si el árbol está en el radio de búsqueda *t*.

En base a la recomendaciones de Yamada y Rogerson (2003) la corrección de los efectos de borde fue hecho mediante el método de circunferencia de Ripley (1977), el cual asigna un peso a cada par de punto de acuerdo a su localización relativa dentro del área de estudio. El factor de corrección fue calculado a partir de la ecuación 3, propuesta por Haase (1995):

(3)

$$w_{ij} = 1 - \frac{2\cos^{-1}(e_1/u_{ij}) + 2\cos^{-1}(e_2/u_{ij})}{2\pi}.$$

Debido a que los métodos que corrigen el efecto de borde no son perfectos se recomienda calcular la función $\widehat{K}$ (t) utilizando un valor t máximo que no sea mayor a un tercio del lado más corto de la parcela (Baddeley y Turner, 2005). Con el objeto de disminuir los efectos del borde en los resultados se utilizó un valor de t máximo de 12 m y uno mínimo de 1 m, con intervalos de 1 m.

La ecuación 4 (Besag, 1977) fue empleada a manera de facilitar la interpretación de los datos,

(4)

$$\hat{L}(t) = \sqrt{\frac{K(t)}{\pi}} - t.$$

El estimador $\hat{L}$ (t) transforma la función $\widehat{K}$ (t) cuando la distribución es enteramente irregular y estabiliza la varianza (Pretzsch, 2009). Si el valor es igual a cero se dice que el patrón de puntos observados presenta una distribución de Poisson o aleatoria (Besag, 1977). En un bosque y bajo una hipótesis de distribución aleatoria, el estimador $\hat{L}$ (t) presenta valores negativos si los árboles están relativamente lejos uno de otros, indicando regularidad en su distribución. Si los árboles se encuentran relativamente cercanos uno de otros, los valores de L (t) son positivos y sugieren agrupamiento (Moeur, 1993). Para probar la hipótesis nula de aleatoriedad se realizaron 99 simulaciones de Monte Carlo a un nivel de confianza de 95%.

b. Distribución espacial bivariada

La versión bivariante de la función $\widehat{K}$ (t) de Ripley permite determinar asociaciones espaciales entre distintos grupos de análisis (Ripley, 1977). Se empleó esta versión para determinar las asociaciones espaciales (1) entre los árboles de *B. miersii* y sus especies acompañantes y (2) entre los árboles, las plantas juveniles y las plantas de regeneración de *B. miersii.*

La determinación de la asociación espacial entre dos grupos de análisis requiere de dos pasos previos. Primeramente se calculó el patrón espacial del grupo 1 respecto al grupo 2 (ecuación 5):

(5)

$$\widehat{K}_{12}^{*}(t) = \frac{A}{n_1 n_2} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} \frac{1}{W_{ij}} I_t(u_{ij}),$$

donde n_1 y n_2 son los números de árboles para los grupos 1 y 2 respectivamente y u_{ij} es la distancia entre el *i*-ésimo árbol del grupo 1 y el *j*-ésimo árbol del grupo 2.

Posteriormente se calculó el patrón espacial del grupo 2 respecto al grupo 1 (ecuación 6):

(6)

$$\widehat{K}_{21}^{*}(t) = \frac{A}{n_1 n_2} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} \frac{1}{W_{ij}} I_t(u_{ij}),$$

para luego obtener el estimador bivariante de la función $\widehat{K}$ (t) de Ripley mediante la ecuación 7:

(7)

$$\widehat{K}_{12}(t) = \frac{n_2 \,.\, \widehat{K}_{12}^{*}(t) + n_1 \,.\, \widehat{K}_{21}^{*}(t)}{n_1 + n_2}.$$

Finalmente, al igual que la versión univariada, el estimador $\widehat{K}_{12}$ (t) fue transformado a $\hat{L}_{12}$ (t) mediante la ecuación 8:

(8)

$$\hat{L}_{12}(t) = \sqrt{\frac{\widehat{K}_{12}(t)}{\pi}} - t.$$

Se realizaron 99 simulaciones de Monte Carlo para probar la hipótesis de distribución aleatoria a un nivel de confianza de 95%. Valores de $\hat{L}$ (t) dentro de los niveles de confianza fueron interpretados como ausencia de interacción o indiferencia entre los dos grupos, valores por encima del nivel de confianza fueron interpretados como una asociación positiva o atracción entre los dos grupos y valores por debajo de los límites del nivel de confianza se interpretaron como asociación negativa o repulsión entre los dos grupos (Salas *et al.,* 2006).

3. Resultados

3.1 Caracterización y composición

3.1.1 Bosque adulto

En el bosque adulto se determinaron 7 especies arbóreas siendo *Cryptocarya alba* la más importante en cuanto a densidad de individuos (50,2% de la densidad total). *Crinodendron patagua*, *Persea lingue* y *B. miersii* fueron las especies dominantes en DAP. *Peumus boldus* y *Lithraea caustica* fueron especies comunes presentes por debajo del dosel arbóreo mientras que la presencia de *Quillaja saponaria* fue ocasional (2,5 árboles/ha) (Tabla 2).

El 65,3% de los individuos fueron monofustales mientras que el 34,7% fueron individuos multifustales. Las especies con una mayor cantidad de individuos monofustales fueron *C. alba* y *L. caustica* mientras que las especies que presentaron una mayor cantidad de individuos multifustales fueron *P. lingue* y *P. boldus* (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización en composición de especies de hábito arbóreo, densidad y diámetro a la altura del pecho (DAP) de un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana.

Especie	Densidad (Árboles/ha)	Mono fustales (%)	Multi fustales (%)	DAP Promedio (cm)	DAP Máximo (cm)
Beilschmiedia miersii	52,5	52,4	47,6	18,4	54,5
Crinodendron patagua	27,5	54.5	45,5	24,9	70,9
Cryptocarya alba	315,0	82,5	17,5	18,0	41,1
Lithraea caustica	22,5	77,8	22,2	13,0	45,0
Persea lingue	50,0	40,0	60,0	31,4	64,0
Peumus boldus	157,5	42,9	57,1	7,9	33,8
Quillaja saponaria	2,5	100,0	0,0	15,3	15,3
Total	627,5	65,3	34,7	18,4	70,9

La población de *B. miersii* en este bosque estuvo compuesta por 52,5 individuos/ha de árboles, 45 individuos/ha de plantas juveniles y 252,5 individuos/ha de plantas de regeneración (Tabla 3). Así también, se observó que el 47,6% de los árboles de *B. miersii* presentaron más de un fuste (Tabla 2).

Tabla 3. Caracterización etaria de una población de *Beilschmiedia miersii* en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. Árboles corresponden a individuos con DAP ≥ 5 cm, plantas juveniles a individuos con DAP < 5 cm y altura ≥ 50 cm y plantas de regeneración a individuos con altura < 50 cm.

Categoría	Bosque adulto	
	Individuos/1.000 m^2	Individuos/ha
Árboles	5,3	52,5
Plantas juveniles	4,5	45,0
Plantas de regeneración	25,3	252,5

3.1.2 Renoval

En el renoval fueron registradas 11 especies arbóreas de las cuales *C. alba* y *B. miersii* fueron las especies dominantes en densidad (46,9% y 42,8% respectivamente de la densidad total) (Tabla 4). *P. boldus* también fue una especie común pero por debajo del dosel superior del bosque. En menor número fueron encontradas *L. caustica*, *P. lingue*, *Azara serrata*, *Q. saponaria*, *C. patagua*, *Citronella mucronata*, *Schinus latifolius* y *Acacia caven* (Tabla 4).

El 32,9% de los individuos fueron monofustales mientras que el 67,1% restante fueron multifustales. Las especies que presentaron una mayor cantidad de individuos multifustales fueron *B. miersii, C. alba* y *P. boldus* (Tabla 4).

Tabla 4. Caracterización en composición de especies de hábito arbóreo, densidad y diámetro a la altura del pecho (DAP) de un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana.

Especie	Densidad (Árboles/ha)	Mono fustales (%)	Multi fustales (%)	DAP Promedio (cm)	DAP Máximo (cm)
Acacia caven	2,5	100,0	0,0	6,0	6,0
Azara serrata	7,5	66,7	33,3	12,7	16,2
Beilschmiedia miersii	657,5	28,5	71,5	12,7	37,8
Citronella mucronata	2,5	100,0	0,0	5,4	5,4
Crinodendron patagua	5,0	50,0	50,0	8,3	8,8
Cryptocarya alba	720,0	36,1	63,9	9,3	23,5
Lithraea caustica	17,5	85,7	14,3	10,5	14,5
Persea lingue	10,0	0,0	100,0	41,5	69,0
Peumus boldus	105,0	28,6	71,4	9,4	23,8
Quillaja saponaria	5,0	0,0	100,0	13,3	23,3
Schinus latifolius	2,5	0,0	100,0	14,9	17,5
Total	1.535,0	32,9	67,1	13,1	69,0

La población de *B. miersii* en este bosque estuvo compuesta por 632,5 individuos/ha de árboles, 155 individuos/ha de plantas juveniles y 3.320 individuos/ha de plantas de regeneración (Tabla 5). Así también, se observó que el 71,5% de los árboles de *B. miersii* presentaron más de un fuste (Tabla 4).

Tabla 5. Caracterización etaria de una población de *Beilschmiedia miersii* en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. Árboles corresponden a individuos con DAP $\geq$ 5 cm, plantas juveniles a individuos con DAP < 5 y altura $\geq$ 50 cm y plantas de regeneración a individuos con altura < 50 cm.

Categoría	Renoval	
	Individuos/1.000 m^2	Individuos/ha
Árboles	63,3	632,5
Plantas juveniles	15,5	155,0
Plantas de regeneración	332,0	3.320,0

3.2 Distribución diamétrica

3.2.1 Bosque adulto

El ajuste de los diámetros a la función de densidad de probabilidad de Weibull fue significativo para el bosque y para cada una de las especies (P < 0,05) (Figura 2). El valor de forma $\hat{\alpha}$ fue menor a 1 para el bosque y para las especies *B. miersii, P. lingue* y *C. patagua*, asumiendo la curva de la función una forma de J invertida. En tanto que *C. alba* y *P. boldus* presentaron una curva unimodal con asimetría positiva con valor de forma $\hat{\alpha}$ mayor a 1 (Figura 2). En cuanto a la población de *B. miersii*, ésta estuvo representada en la mayoría de las clases diamétricas, principalmente por debajo de los 5 cm de DAP.

3.2.2 Renoval

El ajuste de los diámetros a la función de densidad de probabilidad de Weibull fue significativo (P < 0,05) para todos los casos (Figura 3). El valor de forma α para el bosque y para cada una de las especies fue mayor a 1 y menor a 3,6, describiendo en cada una de ellas una curva unimodal con asimetría positiva. En el caso de la población de *B. miersii* casi la totalidad de individuos registraron un DAP inferior a 30 cm, siendo la clase diamétrica más frecuente aquella que se encuentra entre 5 y 10 cm (Figura 3).

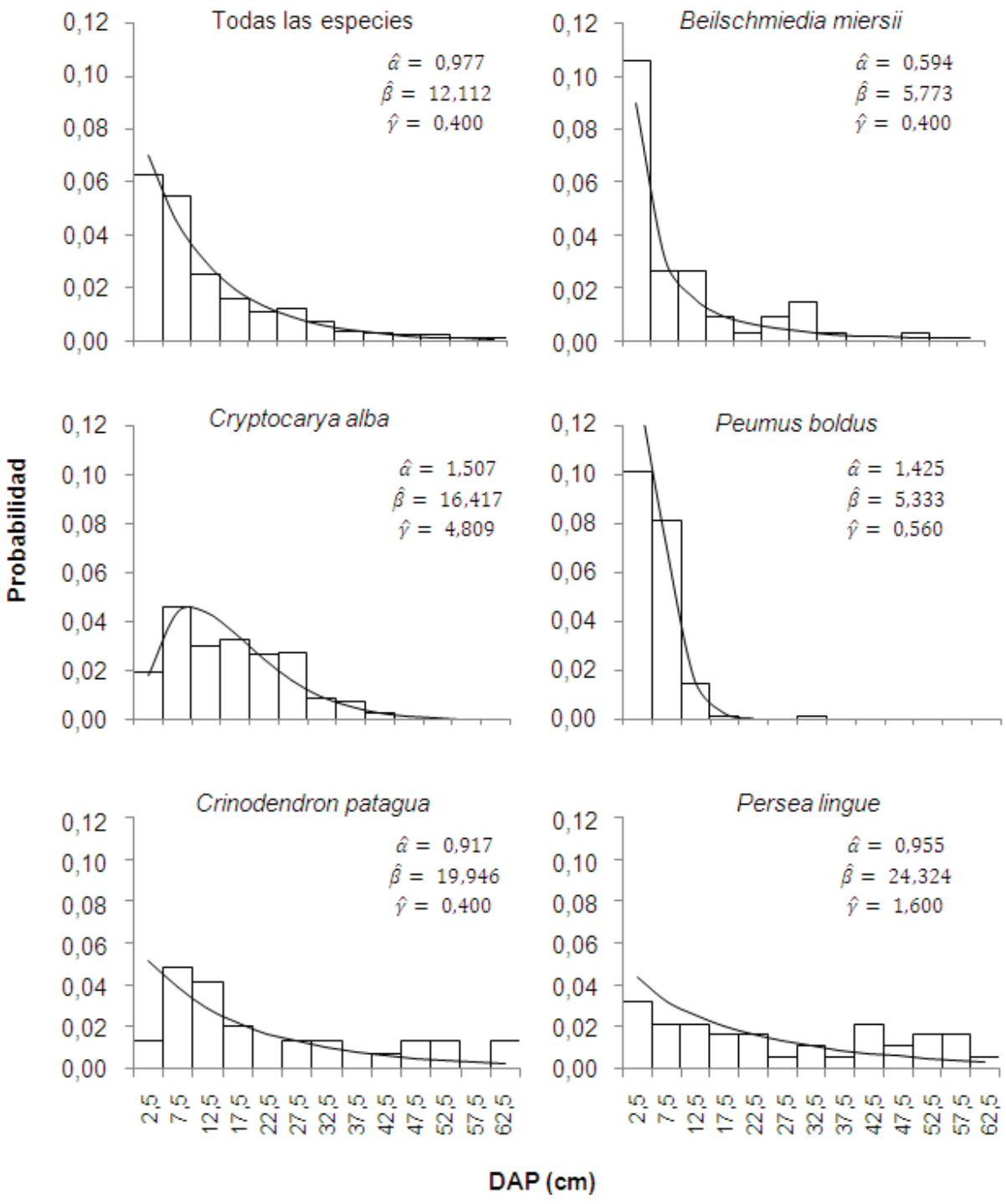


Figura 2. Distribución diamétrica de las especies de hábito arbóreo en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. Se analizaron especies con densidad > 10 individuos a nivel de parcela. La curva representa el ajuste de la función de Weibull siendo = parámetro de forma, = parámetro de escala y = parámetro de locación. Todos los ajustes fueron significativos (P < 0,05).

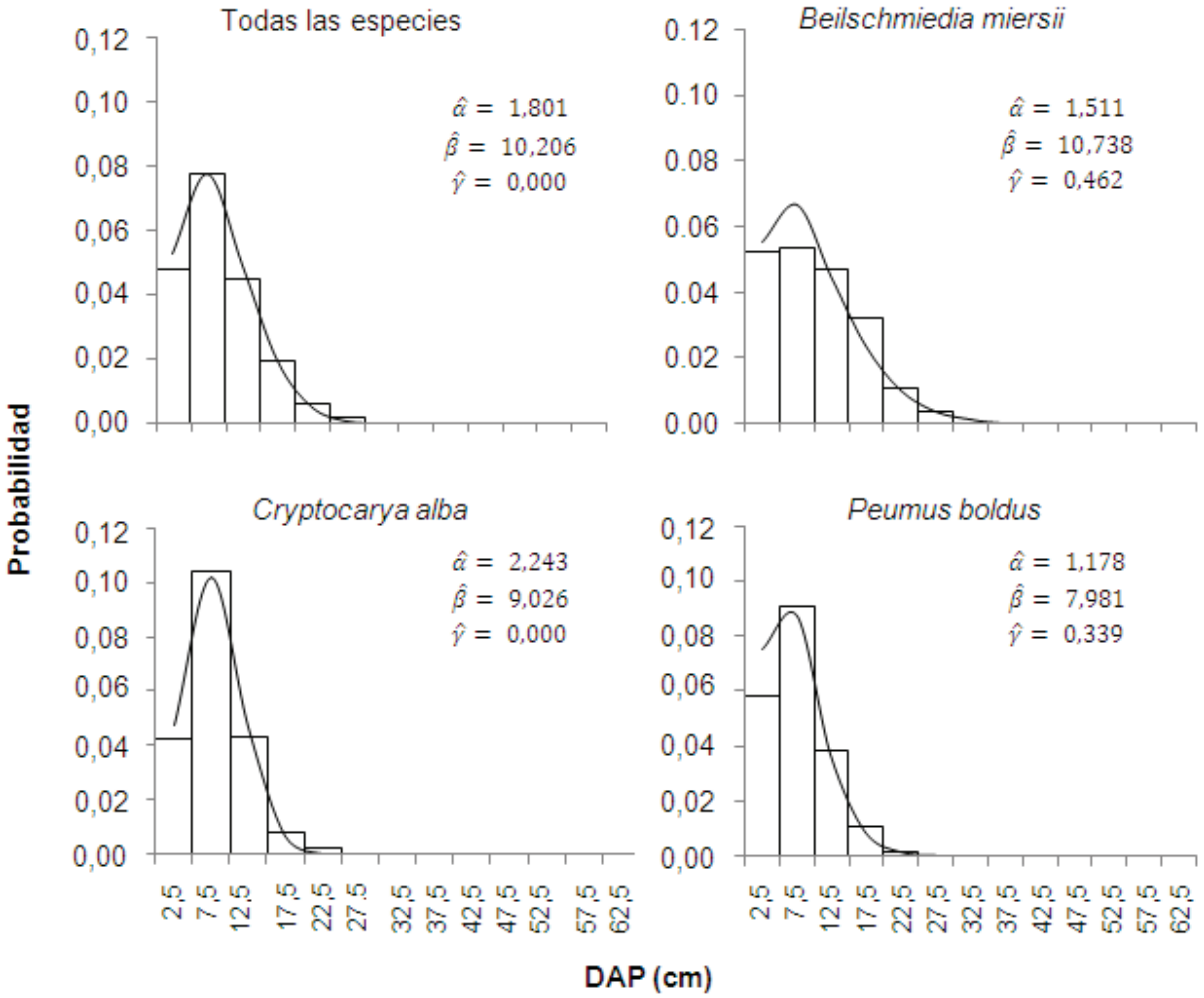


Figura 3. Distribución diamétrica de las especies de hábito arbóreo en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. Se analizaron especies con densidad > 10 individuos a nivel de parcela. La curva representa el ajuste de la función de Weibull siendo = parámetro de forma, = parámetro de escala y = parámetro de locación. Todos los ajustes fueron significativos (P < 0,05).

3.3 Distribuciones espaciales univariadas

3.3.1 Bosque adulto

a. Análisis interespecífico

El mapa de localización espacial de los árboles del bosque adulto se presenta en la Figura 4a. El bosque adulto presentó una distribución agrupada de los árboles hasta las 5 m, una distribución aleatoria hasta las 7 m y una distribución regular a distancias mayores. *B. miersii* y *P. lingue* presentaron una distribución aleatoria en todas las distancias. El mismo comportamiento presentó *C. patagua*, excepto a distancias de 12 m donde se observó una distribución regular. *C. alba* y *P. boldus* exhibieron una distribución agrupada hasta los 6 m y 3 m respectivamente; por encima de estas distancias mostraron predominantemente una distribución aleatoria. La distancia donde se registró el valor de agrupamiento más elevado entre árboles fue a los 1 m para el bosque y a los 2 m para *C. alba* y *P. boldus* (Tabla 6).

Tabla 6. Patrones espaciales de especies de hábito arbóreo en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. Se analizaron especies con densidad > 10 individuos a nivel de parcela mediante la función univariada de Ripley $\widehat{K}(t)$. Los signos representan el tipo de distribución especial significativos a un nivel de confianza del 95% siendo + = distribución agrupada, a = distribución aleatoria y - = distribución regular. El símbolo * señala la distancia donde se registró el valor más elevado de agrupamiento.

Especies	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Todas las especies	+*	+	+	+	+	a	a	-	-	-	-	-
Beilschmiedia miersii	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Cryptocarya alba	+	+*	+	+	+	+	a	a	a	a	-	-
Peumus boldus	+	+*	+	a	a	a	a	a	-	a	-	-
Crinodendron patagua	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	-
Persea lingue	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

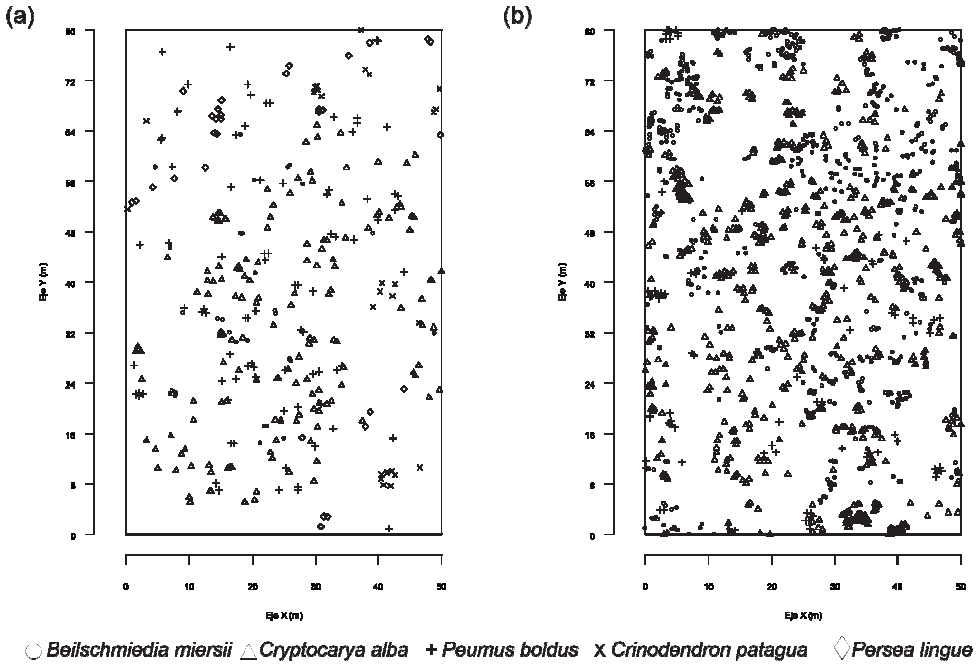


Figura 4. Mapa de localización espacial de los árboles (a) en un bosque adulto y (b) en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicados en Altos de Cantillana. Se presentan especies con densidad > 10 individuos a nivel de parcela.

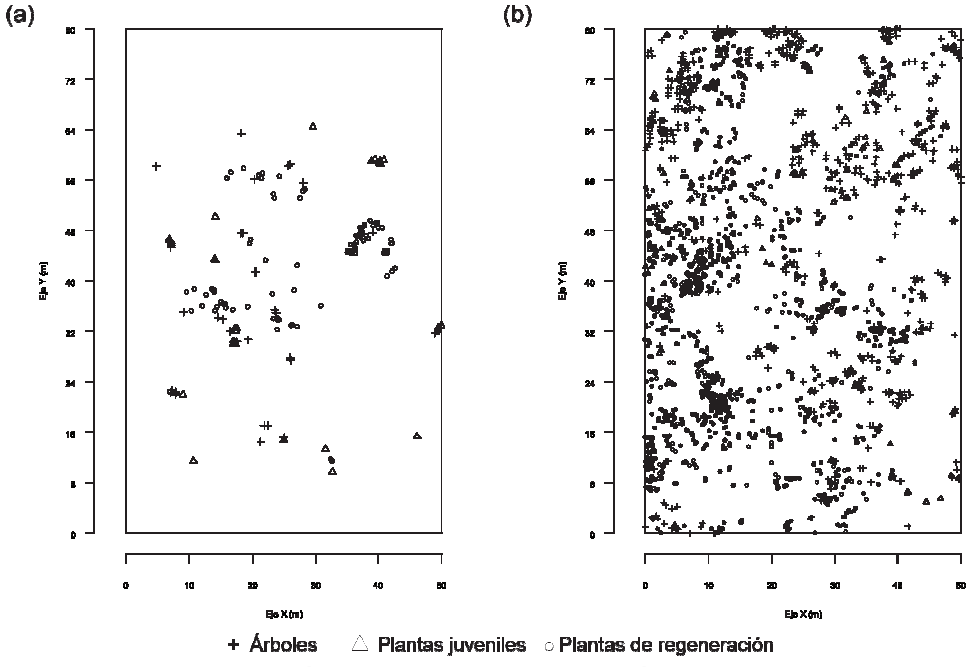


Figura 5. Mapa de localización espacial de la población de *Beilschmiedia miersii* (a) en un bosque adulto y (b) en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicados en Altos de Cantillana.

b. Análisis intraespecífico

Los árboles y las plantas juveniles de *B. miersii* mostraron en el bosque adulto una distribución aleatoria en todas las distancias analizadas, mientras que las plantas de regeneración presentaron una distribución agrupada hasta distancias de 4 m (Tabla 7). El mapa de localización espacial de las distintas categorías analizadas de la población de *B. miersii* se presenta en la Figura 5a.

Tabla 7. Patrones espaciales de la población de *Beilschmiedia miersii* en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. La distribución espacial de los árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración fue analizada mediante la función univariada de Ripley $\widehat{K}(t)$. Árboles corresponden a individuos con DAP $\geq$ 5 cm, plantas juveniles a individuos con DAP < 5 y altura $\geq$ 50 cm y plantas de regeneración a individuos con altura < 50 cm. Los signos representan el tipo de distribución especial significativos a un nivel de confianza del 95% siendo + = distribución agrupada, a = distribución aleatoria y - = distribución regular. El símbolo * señala la distancia donde se registró el valor más elevado de agrupamiento.

Categoría	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Árboles	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Plantas juveniles	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Plantas de regeneración	+*	+	+	+	a	-	-	-	-	-	-	-

3.3.2 Renoval

a. Análisis interespecífico

El mapa de localización espacial de los árboles del renoval se presenta en la Figura 4b. Este bosque mostró una distribución agrupada de los árboles hasta los 6 m de distancia entre ellos, a los 7 m adquirió una distribución aleatoria y por encima de los 7 m exhibió una distribución regular. Un comportamiento idéntico presentó la distribución espacial de *B. miersii* y *C. alba*. *P. boldus* también mostró una distribución agrupada hasta los 6 m, aunque con una distribución predominantemente aleatoria a distancias mayores. Por otra parte, el valor de agrupamiento más elevado entre árboles fue a los 1 m para el bosque, *B. miersii* y *C. alba*; y a los 2 m para *P. boldus* (Tabla 8).

Tabla 8. Patrones espaciales de especies de hábito arbóreo en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. Se analizaron especies con densidad > 10 individuos a nivel de parcela mediante la función univariada de Ripley $\widehat{K}(t)$. Los signos representan el tipo de distribución especial significativos a un nivel de confianza del 95% siendo + = distribución agrupada, a = distribución aleatoria y - = distribución regular. El símbolo * señala la distancia donde se registró el valor más elevado de agrupamiento.

Especies	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Todas las especies	+*	+	+	+	+	+	a	-	-	-	-	-
Beilschmiedia miersii	+*	+	+	+	+	+	a	-	-	-	-	-
Cryptocarya alba	+*	+	+	+	+	+	a	-	-	-	-	-
Peumus boldus	+	+*	+	+	+	+	a	a	a	-	-	a

b. Análisis intraespecífico

En este bosque las distintas categorías de individuos de la población de *B. miersii* presentaron una distribución similar en todas las distancias. Se observó una distribución agrupada a distancias de 6 m y una distribución regular a partir de los 8 m para todas las categorías (Tabla 9). El mapa de localización espacial de la población de *B. miersii* se presenta en la Figura 5b.

Tabla 9. Patrones espaciales de la población de *Beilschmiedia miersii* en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. La distribución espacial de los árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración fue analizada mediante la función univariada de Ripley $\widehat{K}(t)$. Árboles corresponden a individuos con DAP $\geq$ 5 cm, plantas juveniles a individuos con DAP < 5 y altura $\geq$ 50 cm y plantas de regeneración a individuos con altura < 50 cm. Los signos representan el tipo de distribución especial significativos a un nivel de confianza del 95% siendo + = distribución agrupada, a = distribución aleatoria y - = distribución regular. El símbolo * señala la distancia donde se registró el valor más elevado de agrupamiento.

Categoría	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Arboles	+*	+	+	+	+	+	a	-	-	-	-	-
Plantas juveniles	+*	+	+	+	+	+	a	-	-	-	-	-
Plantas de regeneración	+*	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

3.4 Distribuciones espaciales bivariadas

3.4.1 Bosque adulto

a. Análisis interespecífico

B. miersii no presentó asociación espacial alguna con *C. alba* y *P. boldus,* y solo exhibió asociaciones espaciales negativas con *C. patagua* a distancias de 3 m y con *P. lingue* a distancias intermedias de 5 a 9 m (Tabla 10).

Tabla 10. Asociaciones espaciales de los árboles de *Beilschmiedia miersii* con las principales especies arbóreas en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. Se analizaron especies con densidad > 10 individuos a nivel de parcela mediante la función bivariada de Ripley $\widehat{\boldsymbol{K}}_{\boldsymbol{12}}(\boldsymbol{t})$. Los signos indican el tipo de asociación espacial a un nivel de confianza del 95% siendo + = atracción, i = indiferencia y - = repulsión.

Asociación	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B. miersii - C. alba	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
B. miersii - P. boldus	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
B. miersii - C. patagua	i	i	-	i	i	i	i	i	i	i	i	i
B. miersii - P. lingue	i	i	i	i	-	-	-	-	-	i	i	i

b. Análisis intraespecífico

La asociación espacial entre las distintas categorías de la población de *B. miersii* fue mayoritariamente indiferente, sin embargo, las plantas de regeneración presentaron atracción hacia los árboles a distancias de 1 m y repulsión hacia las plantas juveniles a partir de los 5 m (Tabla 11).

Tabla 11. Asociaciones espaciales entre árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración de *Beilschmiedia miersii* en un bosque adulto de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. La asociación espacial entre árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración fue analizada mediante la función bivariada de Ripley $\widehat{\boldsymbol{K}}_{\boldsymbol{12}}(\boldsymbol{t})$. Árboles corresponden a individuos con DAP $\geq$ 5 cm, plantas juveniles a individuos con DAP < 5 y altura $\geq$ 50 cm y plantas de regeneración a individuos con altura < 50 cm. Los signos indican el tipo de asociación espacial a un nivel de confianza del 95% siendo + = atracción, i = indiferencia y - = repulsión.

Asociación	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Árboles – Plantas juveniles	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
Árboles – Plantas de regeneración	+	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
Plantas juveniles – Plantas de regeneración	i	i	i	i	-	-	-	-	-	-	-	-

3.4.2 Renoval

a. Análisis interespecífico

B. miersii mostró una asociación espacial negativa con *C. alba* y *P. boldus* en casi todas las distancias señalando repulsión con estas especies (Tabla 12).

Tabla 12. Asociaciones espaciales de los árboles de *Belschmiedia miersii* con las principales especies arbóreas en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. Se analizaron especies con densidad > 10 individuos a nivel de parcela mediante la función bivariada de Ripley $\widehat{\boldsymbol{K}}_{\boldsymbol{12}}(\boldsymbol{t})$. Los signos indican el tipo de asociación espacial siendo + = atracción, i = indiferencia y - = repulsión.

Asociación	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B. miersii - C. alba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B. miersii - P. boldus	i	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

b. Análisis intraespecífico

En la población de *B. miersii* las plantas juveniles exhibieron una asociación espacial positiva con los árboles hasta los 2 m de distancia y una asociación negativa a partir de los 6 m. Las plantas de regeneración presentaron una asociación espacial negativa con los árboles y con las plantas juveniles en todas las distancias indicando repulsión con estas categorías (Tabla 13).

Tabla 13. Asociaciones espaciales entre árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración de *Belschmiedia miersii* en un renoval de *Beilschmiedia miersii* ubicado en Altos de Cantillana. La asociación espacial entre árboles, plantas juveniles y plantas de regeneración fue analizada mediante la función bivariada de Ripley $\widehat{\boldsymbol{K}}_{\boldsymbol{12}}(\boldsymbol{t})$. Árboles corresponden a individuos con DAP $\geq$ 5 cm, plantas juveniles a individuos con DAP < 5 y altura $\geq$ 50 cm y plantas de regeneración a individuos con altura < 50 cm.Los signos indican el tipo de asociación espacial siendo + = atracción, i = indiferencia y - = repulsión.

Asociación	Distancia (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Árboles – Plantas juveniles	+	+	i	i	i	-	-	-	-	-	-	-
Árboles – Plantas de regeneración	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plantas juveniles – Plantas de regeneración	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4. Discusión

4.1 Caracterización y composición

Las diferencias fisonómicas entre los dos bosques analizados señalan que tienen historias de intervenciones distintas (Tabla 2 y 4). La presencia de árboles maduros y de gran tamaño de especies como *B. miersii*, *C. patagua* y *P. lingue* en el bosque adulto es indicadora de que no ha estado sometido a perturbaciones de gran severidad. El mismo ha sido empleado en décadas pasadas como lugar de descanso de los pobladores de la zona que trabajaban en la agricultura y ganadería lo que pudo haber incidido en su baja intervención (F. Romero, Comunicación personal)[1]. En cuanto al renoval, la presencia de antiguos hornos para la elaboración de carbón en sus inmediaciones sugiere la fuerte presión antrópica a la que pudo haber estado sometido para la extracción de leña. La arquitectura de la mayoría de los árboles sugiere que también pudo verse afectado por otras perturbaciones de gran severidad como deslizamientos de tierra o incendios, siendo este último una perturbación recurrente en la zona central de Chile (Donoso, 2006; Armesto *et al.,* 2009). Así también, se ha observado que el suelo del renoval presenta un perfil con una alta pedregosidad y rocas que indican una estructuración pobre y carente de un perfil definido, siendo probable que se haya originado a partir de derrumbes (G. Mancilla, Comunicación personal)[2]

En ambos bosques, *C. alba* y *B. miersii* son las especies dominantes mientras que *P. boldus* es la especie acompañante principal. Esta composición de especies coincide con las diferentes descripciones realizadas para los bosques de *B. miersii* que no se encuentran asociados con *Aextoxicon punctatum*, donde *B. miersii* es la especie representativa junto con *C. alba* y *C. patagua* (Schmithüsen, 1956; Oberdorfer, 1960; Hueck y Brun, 1978; Donoso, 1982; Gajardo, 1994; Ramírez *et al*., 2004; Luebert y Pliscoff, 2006).

Muñoz y Serra (2006) señalan que existe una gran variabilidad en el tamaño poblacional de *B. miersii* a lo largo de su área de distribución, lo cual es respaldado al comparar los resultados obtenidos en este estudio y los registrados para otros sitios. Así pues, el número de individuos de *B. miersii* contabilizado en el renoval (657,5 individuos/ha) es muy superior al registrado por Casanova & Nuñez (2001) en los bosques de Zapallar (24,6 a 91,8 individuos/ha), al encontrado por Montecinos (2002) en el Parque Nacional La Campana (81 a 174,7 individuos/ha), y al

[1] Fernanda Romero - Ecológo Paisajista y Coordinadora de la Reserva Altos de Cantillana
[2] Gabriel Mancilla – Doctor en Conservación de Suelos y Profesor de Conservación de Suelo y Agua MASCN

registrado por Brito (2009) en el Sitio Prioritario Cordillera El Melón (123 a 151 individuos/ha). Teniendo en cuenta a estos mismo autores se puede decir que la densidad poblacional observada en el bosque adulto corresponde a una densidad intermedia a baja (52,5 individuos/ha).

En cuanto a las plantas de regeneración de *B. miersii*, la densidad encontrada en el renoval (33,2 individuos/100 m^2) fue superior a los registrados por Montecinos (2002) en el Parque Nacional La Campana (11 individuos/100 m^2) y por Brito (2009) en el Sitio Prioritario Cordillera El Melón (10 a 19 individuos/100 m^2); e inferior al observado por Henríquez y Simonetti (2001) en la población El Tranque fuera del Parque Nacional La Campana (120 individuos/100 m^2). Por el contrario, la densidad de las plantas de regeneración registrada en el bosque adulto (2,5 individuos/100 m^2) fue inferior a los valores observados por Montecinos (2002) y por Brito (2009), y similar a los obtenidos por Henríquez y Simonetti (2001) en la población Cajón Grande dentro del Parque Nacional La Campana (2,6 individuos/100 m^2).

Se encontró diferencias en la estrategia reproductiva predominante de los árboles de *B. miersii* (Tabla 2 y 4). En el bosque adulto la mayoría de los árboles fueron monofustales mientras que en el renoval los árboles provenían mayoritariamente de rebrotes, presentando más de un fuste por individuo. El rebrote como estrategia reproductiva también ha sido señalado para otras especies arbóreas del género *Beilschmiedia* como *B. bertorana* en Chile (Serra *et al.*, 1986), *B. tarairi*, *B. tawa* y *B. tawaroa* en Nueva Zelanda (Wright, 1984) que producen brotes nuevos en respuesta a perturbaciones severas como talas, incendios y heladas. En base a esto se puede decir que el rebrote corresponde a un rasgo funcional en varias especies del género.

La capacidad de rebrote es un mecanismo importante para la persistencia de las especies, especialmente en sitios sometidos a perturbaciones periódicas (Clarke *et al.*, 2013). Se encuentra determinado por la severidad y frecuencia de las perturbaciones que afectan a la biomasa y a la arquitectura de las especies (Bellingham y Sparrow, 2000). Por lo tanto, la diferencia observada en la estrategia reproductiva predominante entre los dos bosques se debe a que estuvieron sujetos a perturbaciones de naturaleza y/o severidades distintas.

4.2 Distribución diamétrica

Las distintas comunidades vegetales del bosque esclerófilo son actualmente expresiones de diferentes estados sucesionales, progresivos o regresivos, que han sufrido de manera intensa el impacto del hombre (Donoso, 1982). Esta situación se encuentra reflejada por la estructura diamétrica de los dos bosques analizados, donde la presencia de árboles maduros de especies como *B. miersii*, *C. patagua* y *P. lingue* en el bosque adulto sugiere que se encuentra en una condición de madurez, mientras que, la alta concentración de árboles de clases diamétricas menores y la ausencia de árboles de gran tamaño en el renoval sugieren que ésta se encuentra en un estado sucesional temprano.

En el bosque adulto la distribución diamétrica de la población de *B. miersii* adquirió una forma de J invertida. Este tipo de distribución se encuentra asociada a una regeneración continua, donde la densidad de individuos en las clases diamétricas pequeñas pueden considerarse como suficientes para reemplazar a las clases diamétricas mayores, por lo que suele emplearse como un indicador de sustentabilidad para diversos tipos de bosques (Rubin *et al*., 2006). En base a esto se sugiere que la población de *B. miersii* en el bosque adulto se está renovando, sin embargo, esta condición puede verse alterada por la presencia de ganado (Henriquez y Simonetti, 2001) y por la competencia con especies nativas o alóctonas de mayor rango ecológico (Serra *et al.,* 1986).

Las plantas juveniles y de regeneración de *B. miersii* presentaron daños mecánicos como consecuencia del pisoteo y ramoneo del ganado. Esto a su vez estimula la producción de brotes en las plantas juveniles (Silva, Observación personal). La herbivoría por ganado es considerado uno de los problemas de conservación más importante para *B. miersii* y ha sido señalado para las distintas poblaciones a lo largo de su área de distribución (Serra *et al.,* 1986; Henriquez y Simonetti, 2001; Novoa, 2004; Brito 2009).

Serra *et al.* (1986) señalan que las poblaciones de *B. miersii* pueden verse afectados por la competencia con especies nativas o alóctonas de mayor rango ecológico. En el bosque adulto, *C. alba* tiene una densidad de árboles muy superior a las otras especies y se ha observado que presenta plantas de regeneración de forma abundante (Silva, observación personal). Una situación similar fue señalada por Flores (2008) y Brito (2009) en el sitio Cordillera El Melón, donde *C. alba* es la especie que se está auto remplazando exitosamente bajo condiciones de intervención antrópica, pudiendo sustituir en un futuro a *B. miersii* como única especie dominante, transformando los bosques de *B. miersii* en bosques de *C. alba*.

La presencia de la especie invasora *Rubus ulmifolius* puede ser otro factor que dificulte la renovación de la población de *B. miersii* en el bosque adulto, debido a que es común encontrarlo en los claros generados por la caída de árboles de gran envergadura (Silva, Observación personal). Esta especie produce matorrales o parches muy densos en poco tiempo, que dificulta la germinación y el establecimiento de otras especies, afectando a la dinámica de la regeneración del bosque (Greimler *et al*., 2002; Quiroz *et al*., 2009).

La distribución diamétrica de la población de *B. miersii* en el renoval adquirió una condición unimodal con una alta representación en las clases diamétricas menores a intermedias. Este tipo de distribución es indicador de una regeneración en ciclos y es común observarlo en la sucesión de un bosque inmediatamente después de una perturbación (Melo y Vargas, 2002; Rouvinen y Kuuluvainen, 2005). Esto sugiere nuevamente la ocurrencia de una perturbación de gran severidad en este bosque, que además ha provocado la persistencia de los individuos presentes mediante el rebrote.

En sitios sometidos a perturbaciones frecuentes, como los ecosistemas mediterráneos, la estrategia reproductiva puede resultar en la limitante más importante para la permanencia de las especies (Bond y Midgley, 2001).La capacidad de rebrote de especies como *B. miersii* y *C. alba* permite que estas especies recuperen la biomasa perdida más rápido que por semillas luego de una perturbación. En el caso de *C. alba* se ha descrito que posee lignotubérculo, un órgano especializado de regeneración mediante la producción y almacenamiento de yemas latentes, que evolucionó en respuesta al fuego y que actúa como fuente de energía para la construcción de un nuevo dosel después de los incendios, a la vez que produce raíces adventicias que aumentan la estabilidad y el vigor (Montenegro *et al*., 1983; Gómez, 2003). Sin embargo, la capacidad de rebrote también reduce las oportunidades de reclutamiento de nuevos individuos tanto en espacio como en tiempo lo que altera la dinámica del bosque y disminuye potencialmente su diversidad (Bond y Midgley, 2001).

Por último, el tamaño de la población de *B. miersii* en ambos bosques puede estar respondiendo también a la desecación por sequías severas. Este factor es recurrente en climas mediterráneos como la zona central de Chile donde existe estaciones secas largas y estaciones lluviosas cortas y esporádicas (Henríquez y Simonetti, 2001). Debido al carácter recalcitrante de su semilla, al igual que otras lauráceas, *B. miersii* puede producir plántulas de forma abundante en años con altas precipitaciones pudiéndose secar casi en su totalidad en la temporada estival (Henríquez y Simonetti, 2001; Novoa, 2004).

4.3 Distribuciones espaciales univariadas

4.3.1 Análisis interespecífico

Un supuesto común en la teoría de la dinámica forestal es que los patrones espaciales de los árboles son agrupados para los individuos juveniles y/o subordinados y aleatorios para los individuos maduros y/o dominantes (Szwagrzyk y Czerwczak, 1993; Rozas y Camarero, 2005). Esto responde a la mortalidad asociada a la competencia por recursos, ocasionando también que el patrón inicial agrupado de bosques jóvenes cambie en el tiempo a un patrón aleatorio, característico de los bosques maduros (Kenkel, 1988; Szwagrzyk y Czerwczak, 1993; Aldrich *et al.,* 2003). Los resultados obtenidos en este estudio sugieren el cumplimiento de estos supuestos señalando estados sucesionales distintos de los dos bosques analizados.

En el bosque adulto la distribución espacial de las especies evidencia dos grupos divergentes. El primer grupo presenta una distribución aleatoria compuesta por especies con árboles de grandes diámetros como *B. miersii*, *C. patagua* y *P. lingue* que componen el dosel superior. El segundo grupo presenta una distribución agrupada a escalas menores y se encuentra constituida por especies con árboles de menor tamaño como *C. alba* y especies subordinadas como *P. boldus*. Es posible inferir que con la muerte de árboles del dosel superior se propician condiciones como la generación de claros para la regeneración de forma agrupada de las especies no dominantes. El comportamiento espacial diferenciado entre grupos de especies dominantes y subordinadas también fue señalado para bosques maduros de climas templados en Estados Unidos por Moeur (1993) y Aldrich *et al.* (2003); y en bosques maduros de *Nothofagus* en Chile por Salas *et al.* (2006) y Soto *et al.* (2010).

En el renoval todas las especies presentaron una distribución en agregados hasta distancias intermedias y una distribución regular a distancias mayores. Tomando en consideración la teoría clásica de desarrollo de rodales (Oliver y Larson, 1996), este tipo de comportamiento espacial se podría esperar en un bosque que se encuentre en un estado sucesional similar al de exclusión de fustes. En este estado los árboles ocupan todo el espacio de crecimiento y excluyen a nuevos individuos que pretenden establecerse (Oliver y Larson, 1996). El alto porcentaje de rebrote en el renoval condiciona la distribución agrupada de los árboles a distancias cortas mientras que la alta densidad de individuos, con la competencia subyacente, genera un patrón regular a distancias mayores. El agrupamiento de los árboles a cortas distancias como consecuencia de la buena capacidad de rebrote de las especies también ha

sido reportado en los bosques siempre-verdes de laurel en Tenerife, España (Arévalo y Fernández-Palacios, 2004).

4.3.2 Análisis intraespecífico

En el bosque adulto los árboles de *B. miersii* exhibieron un patrón aleatorio en todas las distancias analizadas. Este es un patrón esperado para los árboles dominantes como consecuencia del proceso de mortalidad dependiente de la densidad (Rozas y Camarero, 2005). Las plantas juveniles presentaron una tendencia a establecerse en claros pequeños sugiriendo condiciones favorables en estos lugares, sin embargo, el agrupamiento en esta categoría no fue significativo.

En el renoval los árboles y las plantas juveniles de *B. miersii* presentaron una distribución en agregados hasta distancias intermedias y una distribución regular a distancias mayores. Nuevamente, la gran capacidad de rebrote que presenta *B. miersii* puede explicar la distribución agrupada a distancias cortas para ambas categorías mientras que la competencia generada por la alta densidad de individuos permite entender el patrón regular a distancias mayores.

En ambos bosques las plantas de regeneración de *B. miersii* se distribuyeron en forma agrupada a distancias cortas. Esto sugiere que las plantas de regeneración de *B. miersii* se establecen en sitios con condiciones específicas que favorecen a su germinación. Estos sitios favorables, también conocidos como sitios seguros, poseen las condiciones ambientales y ecológicas adecuadas que permiten la germinación de la semilla y el posterior establecimiento de las plantas de regeneración (Harper *et al*., 1965).

Tanto en el bosque adulto como en el renoval se ha observado que las plantas de regeneración se concentraban en aquellos sitios donde la hojarasca era abundante, principalmente en superficies relativamente planas, en pequeñas depresiones o entre rocas que facilitaban además la acumulación de semillas y el mantenimiento de la humedad. Esto respalda los resultados de Becerra *et al.* (2004), quienes han comprobado que la presencia de hojarasca facilita la germinación de semillas y el reclutamiento de *B. miersii* especialmente en años secos.

La hojarasca también ha sido señalada como un factor que afecta a la germinación de la otra especie de *Beilschmiedia* en Chile, *B. bertorana*. Serra *et al.* (1986) mencionan que la germinación de esta especie en condiciones naturales requiere de la caída de suficientes hojas que posibiliten el recubrimiento del fruto en el suelo de manera a asegurar un cierto control microclimático.

Las características de los micrositios también han sido reportadas como factores relevantes en la determinación de la distribución espacial de plantas de regeneración por Manabe y Yamamoto (1997), quienes encontraron que la distribución espacial de las plántulas de *Eurya japonica* respondía a los claros del dosel y a las variaciones de la microtopografía en un bosque maduro de hojas anchas siempreverde, en el suroeste de Japón; y por Arévalo y Fernández-Palacios (2004), quienes indicaron que áreas con baja cobertura de dosel y relativamente planas constituyen micrositios favorables para el establecimiento de plantas de regeneración de *Laurus azorica* en los bosques siempreverdes de laurel en Tenerife, España.

4.4 Distribuciones espaciales bivariadas

4.4.1 Análisis interespecífico

Los árboles de *B. miersii* presentaron mayoritariamente una interacción espacial indiferente con los árboles de otras especies en el bosque adulto. Esto permite inferir que la distribución espacial de *B. miersii* se encuentra determinada solamente por la mortalidad intraespecífica de sus individuos. Este comportamiento espacial ha sido señalado también para especies dominantes que ocupan el dosel superior por Chen y Bradshaw (1999) en un bosques maduro de abetos en China; por Aldrich *et al.* (2003) en un bosque maduro templado en Estados Unidos; y por Soto *et al.* (2010) en un bosque maduro dominado por *Nothofagus dombeyi*.

La repulsión es la interacción espacial predominante entre los árboles de *B. miersii* y las demás especies en el renoval. Esto sugiere competencia entre las mismas respaldando, lo encontrado en los patrones espaciales univariantes de cada especie. A su vez este resultado apoya que este bosque se encuentra en un estado similar al de exclusión de fustes donde el espacio de crecimiento ha sido ocupado en su totalidad.

4.4.2 Análisis intraespecífico

En el bosque adulto se encontró una asociación espacial significativa a distancia corta entre árboles y las plantas de regeneración de *B. miersii*. Esto permite inferir que la mayor densidad de plantas de regeneración de *B. miersii* en el bosque adulto se presenta debajo de los árboles padres lo que responde al gran tamaño y peso de sus frutos que hacen que queden bajo la proyección de la copa al caer (Donoso, 2006).

La disminución de la densidad de las plantas de regeneración con el aumento de la distancia a los árboles padres constituye uno de los supuestos de la hipótesis de Janzen-Connell (Bagchi *et al.*, 2010). Esta hipótesis sugiere que existe una distancia óptima de reclutamiento para muchas

especies, debido a que una alta densidad de semillas o plántulas cercana a los padres es más susceptible al ataque de enemigos naturales que a distancias intermedias (Bagchi *et al.*, 2010). *B. miersii* cuenta con numerosos predadores, entre ellos el ganado y diversos roedores (Serra *etal.*, 1986; Donoso, 2006), lo que hace suponer que la hipótesis de Janzen-Connell podría cumplirse en esta especie. Sin embargo, la ausencia de interacción espacial registrada en el bosque adulto entre árboles y las plantas juveniles no ha permitido comprobar la existencia de distancias óptimas para el reclutamiento de individuos de *B. miersii*. Un número insuficiente de individuos de plantas de regeneración pudo haber influido en el resultado obtenido. La ausencia de interacción entre los árboles y las plantas de regeneración no es común y puede ocurrir en poblaciones pequeñas insuficientes para capturar interacciones espaciales (Hamill y Wright, 1987).

En el renoval, las plantas de regeneración de *B. miersii* mostraron una asociación espacial negativa con los árboles y con las plantas juveniles indicando repulsión hacia estas categorías. Gran parte del alto número de plantas de regeneración que se registró en el renoval se concentró en superficies relativamente planas mientras que los árboles y las plantas juveniles se encontraron, en su gran mayoría, en superficies con pendientes suaves a pronunciadas. Esto puede explicar la repulsión de las plantas de regeneración hacia los árboles e individuos juveniles en todas las distancias analizadas y la atracción a cortas distancias entre las plantas juveniles y los árboles. La variación de la topografía a distintas escalas ha sido señalada como un factor importante que afecta a los patrones espaciales (Dale, 1999) y es probable que haya impedido a otros factores manifestarse en el análisis de patrones bivariantes en la población de *B. miersii*.

4.5 Implicancias en la conservación de *Beilschmiedia miersii*

Para que la conservación y la gestión de la naturaleza puedan ser llevadas a cabo se requiere conocer los procesos ecológicos y los mecanismos implicados en los mismos. Estos constituyen el tipo de informaciones que puede servir al gestor para decidir las medidas más adecuadas en distintos casos, como por ejemplo, cuando se requiera regular la carga ganadera en un lugar determinado, manejar poblaciones de especies en peligro de extinción, determinar y controlar el impacto de una especie invasora o predecir la dinámica de los procesos ecológicos a mediano y largo plazo (Zavala *et al.*, 2008).

Los resultados obtenidos en este estudio han permitido inferir sobre los procesos ecológicos que participan en la dinámica poblacional de *B. miersii* y analizar algunos mecanismos subyacentes. De esta manera se ha encontrado que el requerimiento de micrositios para las plantas de regeneración, la capacidad de rebrote y las perturbaciones de distintas severidades afectan de forma considerable a la composición, estructura y dinámica de *B. miersii*, teniendo consecuentemente implicancias en su conservación y manejo.

La presencia de micrositios con condiciones específicas de iluminación y humedad es necesaria para la germinación y el establecimiento de las plantas de regeneración de *B. miersii.* La presencia de hojarasca es considerada importante para la germinación, especialmente en épocas de menor precipitación, por lo que su reducción debido a la extracción para jardines y huertas puede impedir su regeneración (Becerra *et al.,* 2004). En este estudio también se ha señalado que las plantas de regeneración de *B. miersii* tienden a concentrarse en las depresiones del terreno, entre rocas y en las bases de rocas de gran tamaño, que generan las condiciones microclimáticas requeridas para la germinación. Por lo tanto, mantener o promover la irregularidad del terreno de modo a facilitar la acumulación de hojarasca y la creación de condiciones de humedad puede ser considerada como una opción de manejo en iniciativas de restauración de bosques de *B. miersii*.

La capacidad de rebrote es una habilidad poco considerada pero importante para el manejo y la conservación de especies de plantas (Bond y Midgley, 2001). Las especies que presentan esta habilidad son resistentes a perturbaciones severas; pueden tolerar períodos extensos de bajo o nulo reclutamiento; son afectados en menor medida por la pérdida de polinizadores y de dispersores al corto y mediano plazo; y tienden a preservar la diversidad genética debido a su persistencia en el tiempo, incluido en poblaciones pequeñas (Bond y Midgley, 2001; Clarke *et al.*, 2013). No obstante, existen también desventajas como la reducción potencial de la reproducción sexual, el menor reclutamiento de nuevos individuos y la reducción del flujo de genes entre generaciones (Bond y Midgley, 2001; Clarke *et al.*, 2013). Los resultados obtenidos en el renoval demuestran que la capacidad de rebrote de *B. miersii* ha permitido que resista a perturbaciones muy severas y persista en este sitio. Su establecimiento luego de una perturbación hubiera sido poco probable si dependiese solamente de la reproducción sexual debido al carácter recalcitrante de sus semillas.

Otro aspecto a considerar es la existencia potencial de fustes fusionados provenientes de individuos diferentes. La alta densidad de árboles y el elevado porcentaje de individuos multifustales registradas en el renoval hacen probable su ocurrencia. Esto podría implicar que la diversidad genética en estas poblaciones no sea tan baja como las esperadas en poblaciones provenientes enteramente de reproducción vegetativa. Este comportamiento ha sido observado en bosques secundarios de *Nothofagus* en Chile (Fajardo y McIntire, 2010), sin embargo, se necesitaría de estudios genéticos de la población para poder comprobarlo. Esto sugiere la necesidad de implementar bancos de germoplasma y programas de investigación para la conservación de la diversidad genética de *B. miersii*.

Las perturbaciones tienen una gran impacto en la dinámica de las poblaciones de *B. miersii*. Perturbaciones severas como la tala, incendios o deslizamientos afectan de forma considerable a la estructura y estrategia reproductiva dominante de *B. miersii* tal como lo ha demostrado este estudio. Perturbaciones de menor severidad pero frecuentes como la herbivoría por ganado afectan seriamente a la germinación y al reclutamiento de nuevos individuos (Serra *et al.,* 1986; Henríquez y Simonetti, 2001; Becerra *et al.,* 2004). En este contexto, acciones relacionadas a la prevención de incendios y a la regulación de zonas de pastoreo deben ser consideradas para su conservación.

Le Quesne *et al*. (2006), señalan la probabilidad de que los eventos de sequía se hayan incrementado considerablemente en los siglos XIX y XX en la zona central de Chile. Henríquez y Simonetti (2001) y Novoa (2004), mencionan a la desecación como una de las principales causantes de la disminución en el crecimiento de las poblaciones de *B. miersii* debido a sus altos requerimientos de agua que no pueden ser satisfechos por las precipitaciones. A largo plazo las sequías intensas podrían provocar el reemplazo de especies menos resistentes o eliminar poblaciones que se encuentren en su límite de distribución al igual como ha ocurrido en los ecosistemas mediterráneos de España (Lloret y Siscart, 1995; Peñuelas *et al.*, 2001). Pliscoff y Fuentes-Castillo (2011), realizaron una proyección del espacio climático de la distribución de *B. miersii* bajo un escenario de cambio climático para el año 2050 y encontraron que la distribución futura se reduce a la zona del valle del Aconcagua y hacia las zonas de mayor altitud en los Altos de Cantillana.

Los resultados obtenidos en este estudio y los obtenidos por Flores (2008) y Brito (2009) en el sitio Cordillera El Melón pueden ser indicios de un desplazamiento de *B. miersii* por *C. alba* en los bosques de Belloto del Norte. En base a esto es posible decir que el cambio climático supone un serio peligro de conservación para distintas poblaciones de *B. miersii*, por lo que sería necesario la identificación de sitios prioritarios para su preservación y recuperación. Así también, esto implicaría colocar una mayor cantidad de poblaciones de *B. miersii* bajo protección permanente en terrenos públicos y privados ya que las únicas poblaciones protegidas actualmente son las que se encuentran presentes en el Parque Nacional La Campana y en los Sitios Prioritarios Bosques de Zapallar - Cachagua, Cordillera del Melón y Altos de Cantillana (Novoa, 2004; Flores, 2008).

5. Conclusiones y recomendaciones

El análisis de los patrones espaciales de árboles en bosques con diferentes estados sucesionales permitió capturar los efectos de distintos procesos en la dinámica poblacional de una especie con problemas de conservación como *B. miersii*. Procesos endógenos relacionados al establecimiento de plantas de regeneración, dispersión y a interacciones inter e intra específicas; además de procesos exógenos asociados a perturbaciones antrópicas como tala, incendios y daños por ganado; fueron descritos como conductores de la distribución y asociación espacial de los árboles en los bosques de *B. miersii.* Específicamente, los principales aspectos de consideración aportados por este estudio fueron:

- Las distribuciones y las asociaciones espaciales de los árboles en los bosques de *B. miersii* se encuentran determinadas por el comportamiento diferencial de las especies y el grado de alteración en que se encuentran. En bosques con baja intervención las especies dominantes presentan distribuciones aleatorias y las especies subordinadas distribuciones agrupadas. En cuanto a las asociaciones espaciales, en estos bosques existe mayoritariamente una indiferencia espacial entre las especies. En bosques que han sido expuestos a perturbaciones severas predomina la distribución agrupada en todas las especies y una asociación espacial negativa o repulsión entre ellas.

- Las perturbaciones, naturales y antropogénicas, afectan a la composición y fisonomía de los bosques de *B. miersii*. Individuos multifustales predominan en bosques sometidos a perturbaciones severas ocupando todo el espacio de crecimiento e impidiendo el reclutamiento de nuevos individuos a corto y mediano plazo.

- La capacidad de rebrote es un rasgo funcional de *B. miersii* que permitiría su persistencia en bosques que han sido sometidos a perturbaciones severas. Esta habilidad le permite recuperar biomasa aérea luego de una perturbación más rápidamente que por semillas.

- La característica del micrositio es el aspecto más relevante para el establecimiento de plantas de regeneración de *B. miersii* en los bosques de *B. miersii*. Depresiones e irregularidades del terreno, que favorezcan la acumulación de hojarasca, representan condiciones adecuadas para su establecimiento.

Teniendo en cuenta que *B. miersii* es una especie sensible a problemas de conservación, cada uno de los aspectos mencionados en este estudio pueden ser considerados para el desarrollo de lineamientos estratégicos para su conservación, principalmente en planes de restauración de bosques de *B. miersii*. Sin embargo, se reconoce la necesidad de estudios específicos y a largo plazo que ayuden a una mejor comprensión de la dinámica de la especie. Por último, se recomienda profundizar aspectos como:

- Persistencia de poblaciones de *B. miersii* mediante la capacidad de rebrote: ¿Cuál es la diversidad genética en estas poblaciones? ¿Cómo afectaría al reclutamiento de nuevos individuos en el tiempo? ¿Qué importancia tiene la productividad del sitio en la producción de brotes de *B. miersii*? ¿Los árboles multifustales provienen de un solo individuo o de individuos diferentes?

- Variación microclimática en los bosques de *B. miersii*: ¿Cuál es la importancia de la humedad atmosférica y de la radiación solar en el interior de los bosques para establecimiento de *B. miersii*? ¿Cómo afecta la presencia de aberturas del dosel? ¿Qué consecuencias tendría la disminución de neblina en estos bosques?

- Suelo y agua subterránea: ¿Qué características del suelo facilitan el establecimiento y el reclutamiento de nuevos individuos? ¿Cuál es la importancia del nivel freático en las poblaciones de *B. miersii*? ¿Cómo impactaría la extracción indiscriminada de agua en los alrededores?

- Disminución de las precipitaciones en la zona central de Chile: ¿En qué poblaciones son mayores los efectos de sequías severas? ¿Cómo afectaría a la distribución de *B. miersii*? ¿Está ocurriendo la sustitución de *B. miersii* por especies más resistentes a sequías?

- Presencia de especies invasoras: ¿La presencia de especies invasoras como *R. ulmifolius* afecta al reclutamiento de nuevos individuos de *B. miersii*?

- Efectos sinérgicos de los problemas de conservación: ¿Los problemas de conservación de *B. miersii* como la desecación, la extracción de hojarasca y herbivoría presentan efectos aditivos o sinérgicos en el establecimiento y reclutamiento de nuevos individuos? ¿Cuáles serían las poblaciones prioritarias para su preservación y recuperación?

6. Bibliografía

ALDRICH, P. R; PARKER, G. R.; WARD, J. S. y MICHLER, C. H. 2003. Spatial dispersion of trees in an old-growth temperate hardwood forests over 60 years of succession. Forest Ecology and Management 180:475-491.

ARÉVALO, J. R. y FERNÁNDEZ-PALACIOS, J. M. 2003. Spatial patterns of trees and juveniles in a laurel forest of Tenerife, Canary Islands. Plant Ecology 165(1):1-10.

ARMESTO, J. J.; BUSTAMANTE-SANCHEZ, M. A.; DIAZ, M. F.; GONZALEZ, M. E.; HOLZ, A.; NUÑEZ-AVILA, M. y SMITH-RAMIREZ, C. 2009. Fire disturbance regimes, ecosystem recovery and restoration strategies in mediterranean and temperate regions of Chile. En: CERDA, A. y ROBICHAUD, T. (Eds.). Fire effects on soils and restoration strategies. Land reconstruction and management series vol. 5.pp. 537-567.

BADDELEY, A. y TURNER, R. 2005.Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. Journal of statistical software 12(6):1-42.

BADDELEY, A. 2008. Analysing spatial point patterns in R. [en línea]. CSIRO. <http:// www. csiro. au/resources/pf16h. html> [consulta: 05 agosto 2013]

BAGCHI, R., SWINFIELD, T., GALLERY, R., LEWIS, O., GRIPENBERG, S., NARAYAN, L., y FRECKLETON, R. 2010. Testing the Janzen-Connell mechanism: pathogens cause overcompensating density dependence in a tropical tree. Ecology letters 13(10):1262-1269.

BAILEY, R. L. y DELL, T. 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. Forest science 19(2):97-104.

BECERRA, P. I., CELIS-DIEZ, J. L., y BUSTAMANTE, R. O. 2004. Effects of leaf litter and precipitation on germination and seedling survival of the endangered tree *Beilschmiedia miersii* Applied Vegetation Science 7(2):253-257.

BELLINGHAM, P.J. y SPARROW, A.D. 2000. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. Oikos 89:409–416.

BESAG, J. 1977. Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper.Journal of the Royal Statistical Society Series B (methodological) 39(2):193-195.

BRITO R., E. 2009. Estructura y dinámica de los Bosques de Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) del Sitio Prioritario Cordillera El Melón, Comuna de Nogales, Región de Valparaíso. Memoria de Biología. Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Instituto de Biología. 48p.

BOND, W.J. y MIDGLEY, J.J. 2001. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. Trends in Ecology and Evolution 16:45–51.

CASANOVA, G. y P. NUÑEZ. 2001. Estudio fitogeográfico del bosque de Zapallar-Cachagua. La importancia de su protección y conservación. Memoria de Geógrafo. Valparaíso, Universidad de Playa Ancha, Facultad de Humanidades. Valparaíso, Chile. 118 pp.

CENTRO EULA – CHILE. 2004. Establecimiento de un Ordenamiento Territorial Orientado a la Protección y Uso Sustentable del Área del Cordón de Cantillana - Informe Final. Universidad de Concepción. 213p.

CHEN, J., y BRADSHAW, G. A. 1999. Forest structure in space: a case study of an old growth spruce-fir forest in Changbaishan Natural Reserve, PR China. Forest Ecology and Management 120(1):219-233.

CHILE. Ministerio de Agricultura. 1995. Decreto Supremo Nº 13: Declara Monumento Natural las especies forestales Queule, Pitao, Belloto del Sur, Belloto del Norte y Ruil, 14 marzo 1995. 2p

CHILE. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2008. Diario oficial de la República de Chile Nº 50: Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación, 24 abril 2008. 2p.

CLARKE, P., LAWES, M., MIDGLEY, J., LAMONT, B., OJEDA, F., BURROWS, G., y KNOX, K. 2013. Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. New Phytologist 197(1):19-35.

CONAMA. 2005. Estrategia para Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago. [en línea] <http://www.mma.gob.cl/biodiversidad/1313/articles-48844_EstrategiaRegionalBiodiversidadPDA_13.pdf> [consulta: 13 abril 2013]

DALE, M. R. 1999. Spatial pattern analysis in plant ecology. Cambridge, Cambridge University Press. 326p.

DE LA CRUZ, M. 2006. Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas. Revista Ecosistemas 15(3):19-39

DIGGLE, P. J. 1983. Statistical analysis of spatial point patterns.London, AcademicPress. 148p.

DONOSO, C. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. Bosque 4(2):117-146.

DONOSO, C. (Ed.). 2006. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina, autoecología. Valdivia, María Cuneo Ediciones. 679p.

FAJARDO, A. y MCINTIRE, E. J. 2010. Merged trees in second-growth, fire-origin forests in Patagonia, Chile: positive spatial association patterns and their ecological implications. American journal of botany 97(9):1424-1430.

FLORES, L. 2008. Aspectos florísticos y dinámica de regeneración de los bosques de Belloto del norte, presentes en el Sitio Prioritario, Cordillera El Melón, Comuna de Nogales, Provincia de Quillota. Informe final. Corporación Laguna Verde. 39p.

GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile: clasificación y distribución geográfica: Santiago, Editorial Universitaria. 165p.

GAJARDO, R., SERRA, M. y GREZ, I. 1987. Fichas técnicas de lugares específicos con presencia de especies leñosas amenazadas de extinción. Programa de Protección y Recuperación de la Flora Nativa de Chile. Santiago de Chile, Corporación Nacional Forestal. 628p.

GEF – CONAMA. 2003. Proyecto Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantilla, Chile: Resumen ejecutivo.[en línea] <http://www.sinia.cl/1292/articles-39973_recurso_1.pdf> [consulta: 13 abril 2013]

GETZIN, S., DEAN, C., HE, F., A TROFYMOW, J., WIEGAND, K. y WIEGAND, T. 2006. Spatial patterns and competition of tree species in a Douglas-fir chronosequenceon Vancouver Island.Ecography 29(5):671-682.

GREIMLER, J., STUESSY, T., SWENSON, U., BAEZA, C. y MATTHEI, O. 2002. Plant invasions on an oceanic archipelago. Biological Invasions 4: 73-85.

GÓMEZ, M. 2003. Contenido de carbohidratos en el lignotuber de Cryptocarya alba (Mol.) Losser y respuestas morfológicas de los rebrotes producidos a partir de él, durante la regeneración post-fuego, en el matorral de Chile central. Tesis de Magíster en Ciencias Biológicas con mención en Botánica. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. 60p.

HAASE, P. 1995. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K□function: Introduction and methods of edge correction. Journal of Vegetation Science 6(4):575-582.

HAMILL, D. N. y WRIGHT, S. J. 1986.Testing the dispersion of juveniles relative to adults: a new analytic method. Ecology:952-957.

HARPER, J., WILLIAMS, J. y SAGAR, G. 1965 The behaviour of seeds in soil. I. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishment of plants from seed. Journal of Ecology 53: 273–286.

HECHENLEITNER V., P., M. F. GARDNER, P. I. THOMAS, C. ECHEVERRÍA, B. ESCOBAR, P. BROWNLESS y C. MARTÍNEZ A. 2005. Plantas amenazadas del centro-sur de Chile: distribución, conservación y propagación. Valparaíso,Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo.188p.

HENRÍQUEZ, C. A. y SIMONETTI, J. A. 2001. The effect of introduced herbivores upon an endangered tree (*Beilschmiedia miersii*, Lauraceae).Biological conservation 98(1):69-76.

HUECK, K. y BRUN, R. 1978. Los bosques de Sudamérica: ecología, composición e importancia económica. Sociedad Alemania de Cooperacion Técnica (GTZ). 476p.

KENKEL, N. 1988. Patterns in self-thinning in Jack pine: Testing the random mortality hypothesis. Ecology 69:1017-1024.

LAW, R., ILLIAN, J., BURSLEM, D. F., GRATZER, G., GUNATILLEKE, C. y GUNATILLEKE, I. 2009. Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory. Journal of Ecology 97(4):616-628.

LIEBHOLD, A. y GUREVITCH, J. 2002. Integrating the statistical analysis of spatial data in ecology. Ecography 25(5):553-557.

LLORET, F. y D. SISCART, D. 1995. Los efectos demográficos de la sequía en poblaciones de encina. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 2: 77-81.

LUEBERT, F. y PLISCOFF, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago de Chile, Editorial Universitaria. 316p.

LE QUESNE, C., STAHLE, D., CLEAVELAND, M., THERRELL, M., ARAVENA, J. y BARICHIVICH, J. 2006. Ancient Austrocedrus tree-ring chronologies used to reconstruct central Chile precipitation variability from ad 1200 to 2000. Journal of Climate 19(22).

MANABE, T. y YAMAMOTO S. 1997. Spatial distribution of Eurya japonica in an old growth evergreen broad-leaved forest, SW Japan. Journal of Vegetation Science 8: 761–772.

MARTÍNEZ, I., GONZÁLEZ TABOADA, F., WIEGAND, T. y OBESO, J. R. 2013. Spatial patterns of seedling-adult associations in a temperate forest community. Forest Ecology and Management 296:74-80.

MELO, O. A. y VARGAS, R. 2002. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Tolima, Universidad de Tolima. 253p.

MOEUR,M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data.Forestscience 39(4):756-775.

MONTECINOS, C. 2002. Ecología de formaciones boscosas de Beilschmiediamiersii (Gay) Kosterm. en Chile Mediterráneo: Fisonomía y Regeneración. Memoria de Biólogo. Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ciencias Básicas y Matemáticas.32p.

MONTENEGRO, G., AVILA, G. y SCHATTE, P. 1983. Presence and development of lignotubers in shrubs of the Chilean matorral. Canadian Journal of Botany. 61(6): 1804-1808.

MUÑOZ, M., NÚÑEZ, H. y YÁÑEZ, J. 1997. Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en Chile. Ambiente y Desarrollo 13(2):90-99.

MUÑOZ, M. y SERRA M. 2006. Documento de trabajo. Estado de conservación de las plantas de Chile. Museo Nacional de Historia Natural y Comisión Nacional de Medio Ambiente (MNHN-CONAMA), Ficha de antecedentes de especies (Chile) Nº 121.

MURRELL, D. J. 2009. On the emergent spatial structure of size-structured populations: when does self-thinning lead to a reduction in clustering?. Journal of Ecology 97(2):256-266.

NATHAN, R. y MULLER-LANDAU, H. C. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. Trends in ecology & evolution 15(7):278-285.

NEEMAN, G., LAHAV, H., IZHAKI, I. 1992. Spatial pattern of seedlings 1 year after fire in a Mediterranean pine forest.Oecologia 91(3):365-370.

NORTON, D. A. 1991. Seedling and sapling distribution patterns in a coastal podocarp forest, Hokitika Ecological District, New Zealand. New ZealandJournal of Botany 29(4):463-466.

NOVOA, P. 2004. Determinación del grado de amenaza del belloto del norte (*Beilschmiedia miersii*Kosterm., Lauraceae), mediante el uso de la metodología UICN 2001 (versión 3.1). [en línea] Chlorischilensis. Vol.7, Nº2 <http://www.chlorischile.cl/bellotonovoa/bellotopaper.htm> [consulta: 2 febrero 2013]

OBERDORFER, E.1960. Pflanzensoziologische Studien in Chile, ein Vergleichmit Europa. Flora et Vegetatio Mundi 2. 208p

OLIVER, C. D. y LARSON, B. C. 1996. Forest stand dynamics. McGraw-Hill, New York, NY. 520p.

PALUCH, J. G. 2005. The influence of the spatial pattern of trees on forest floor vegetation and silver fir (*Abies alba* Mill.) regeneration in uneven-aged forests. Forest Ecology and Management 205(1):283-298.

PEÑUELAS, J., LLORET, F., y MONTOYA, R. 2001. Severe drought effects on Mediterranean woody flora in Spain. Forest Science. 47(2):214-218.

PERRY, G. L., MILLER, B. P. y ENRIGHT, N. J. 2006. A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. Plant Ecology 87(1):59-82.

PLISCOFF, P. y FUENTES-CASTILLO, T. 2011. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. Revista de Geografía Norte Grande 1:61-79.

PRETZSCH, H. 2009. Forest dynamics, growth and yield: from measurement to model. Berlin, Springer. 664p.

QUIROZ, C., PAUCHARD, A., MARTICORENA, A. y CAVIERES, L. 2009. Manual de plantas invasoras del centro-sur de Chile. Laboratorio de Invasiones Biológicas. Concepción, Chile. 45p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2013. R: A language and environmental for statistical computing, Viena, Austria. Disponible en http://www.R-project.org/.

RAMIREZ, C., SAN MARTIN, C., SAN MARTIN, J. y VILLASEÑOR, R. 2004. Comparación fitosociológica de los bosques de Belloto (*Beilschmiedia*, Lauraceae) en Chile central. Bosque 25(1):69-85.

REJMÁNEK, M. y LEPS, J. 1996. Negative associations can reveal interspecific competition and reversal of competitive hierarchies during succession. Oikos 76:161-168

RIPLEY, B. D. 1977. Modelling spatial patterns. Journal of the Royal Statistical Society Series B (methodological) 39(2):172-212.

ROMERO, F. y TEILLIER, S. 2009. Caracterización de las comunidades vegetales subandinas y andinas en los Altos de Cantillana. Cordillera de la Costa, Región Metropolitana. [en línea] Chlorischilensis. Vol.12, Nº1 <http://www.chlorischile.cl/Cantillana/cantillana%20vegetacion.htm> [consulta: 5 marzo 2013]

ROUVINEN, S. y KUULUVAINEN, T. 2005. Tree diameter distributions in natural and managed old Pinus sylvestris dominated forests. Forest Ecology and Management 208(1): 45-61.

ROZAS, V. y CAMARERO, J. J. 2005. Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal. Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales 14(1):79-97.

RUBIN, B. D., MANION, P. D., y FABER-LANGENDOEN, D. 2006. Diameter distributions and structural sustainability in forests. Forest Ecology and Management 222(1):427-438.

SALAS, C., LEMAY, V., NÚÑEZ, P., PACHECO, P. y ESPINOSA, A. 2006. Spatial patterns in an old-growth *Nothofagus obliqua* forest in south-central Chile. Forest Ecology and Management 231(1):38-46.

SCHMITHUSEN, J. 1956. Die Gränzen der Chilenischen Vegetation. Universität Bonn. 87p.

SEPULVEDA, M. 2004. Estrategias para el uso sostenible de los recursos naturales utilizando el enfoque de cuencas: estudio de caso. [en línea] Revista electrónica de la Red Latinoamericana de Cuencas Hidrográficas.1, Nº1:19-26. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/sepulvedam.pdf> [consulta: 14 abril 2013]

SERRA, M., GAJARDO, R.y CABELLO, A. 1986. Ficha técnica de especies amenazadas. Programa de protección y recuperación de la flora nativa de Chile. Santiago de Chile, Corporación Nacional Forestal, Santiago. 23p.

SOTO, D., SALAS, C., DONOSO, P., y UTEAU, D. 2010. Heterogeneidad estructural y espacial de un bosque mixto dominado por *Nothofagus dombeyi* después de un disturbio parcial. Revista chilena de historia natural. 83(3):335-347.

SZWAGRZYK, J. y CZERWCZAK, M. 1993. Spatial patterns of trees in natural forests of east-central Europe. Journal of Vegetation Science 4:469-476.

VÁZQUEZ F., I. A. 2011. Patrones espaciales de reclutamiento y dispersión de semillas del árbol *Persea lingue* (Miers ex Bertero) Ness en el bosque del Valle del Sur de Chile, efectos del hábitat y un corredor. Memoria de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 47p.

VILLAGRÁN, C. y HINOJOSA, L. F. 1997. Historia de los bosques del sur de Sudamérica, II: Análisis fitogeográfico. Revista Chilena de Historia Natural 70(2):1-267.

WRIGHT, A. E. 1984. *Beilschmiedia* Nees (Lauraceae) in New Zealand. New Zealand Journal of Botany 22(1): 109-125.

YAMADA, I. y ROGERSON, P. A. 2003. An Empirical Comparison of Edge Effect Correction Methods Applied to K-function Analysis. Geographical Analysis 35(2):97-109.

ZAVALA, M., ZAMORA, R., PULIDO, F. J., BLANCO, J. A., IMBERT RODRÍGUEZ, J. B., MARAÑÓN, T. y VALLADARES, F. 2008. Nuevas perspectivas en la conservación, restauración y gestión sostenible del bosque mediterráneo. En: VALLADARES, F. (Ed.). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Organismo Autónomo de Parques Naturales, Madrid, Ministerio de Medio Ambiente. pp. 163-190.

ZHANG, Z. H., HU, G., ZHU, J. D., LUO, D. H., y NI, J. 2010. Spatial patterns and interspecific associations of dominant tree species in two old-growth karst forests, SW China. Ecologicalresearch 25(6): 1151-1160.

Anexos

Anexo 1. Ajuste de la función K de Ripley en patrones de puntos espaciales inhomogeneos (Baddeley, 2008)

El análisis espacial debe considerar la inhomogeneidad si se conoce o sospecha que un patrón de puntos es espacialmente inhomogeneo. Para el caso de la función K de Ripley esto implicaría una modificación. Si es la función de la verdadera intensidad de un proceso de puntos X, luego la idea es que cada punto sea compensado por .

La función K inhomogénea es definida como

$$K_{\text{inhom}}(r) = \mathbb{E}\left[\sum_{x_j \in \mathbf{X}} \frac{1}{\lambda(x_j)} \mathbf{1}\{0 < ||u - x_j|| \leq r\} \;\middle|\; u \in \mathbf{X}\right]$$

asumiendo que no depende de la ubicación . Así, es el "peso" esperado total para la totalidad de los puntos aleatorios dentro de una distancia del punto , donde el "peso" de un punto es .

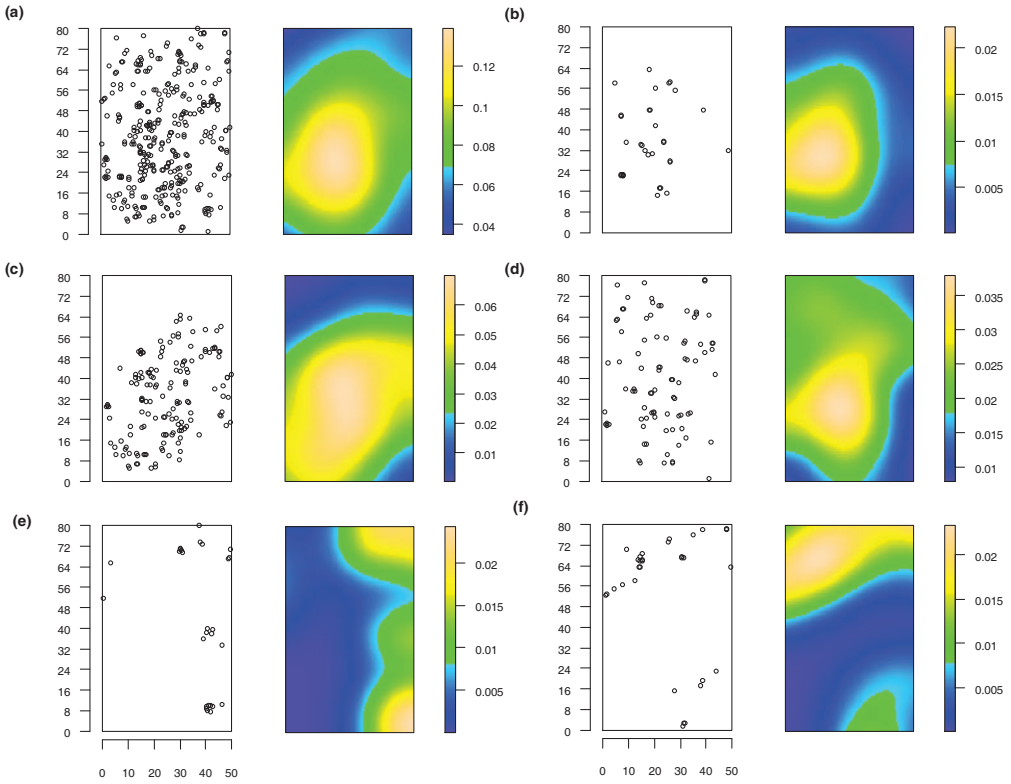
Si el proceso es en realidad homogéneo, será constante y la función se reducirá a la función usual de .

El estadígrafo estándar de puede ser obtenido a partir de la función :

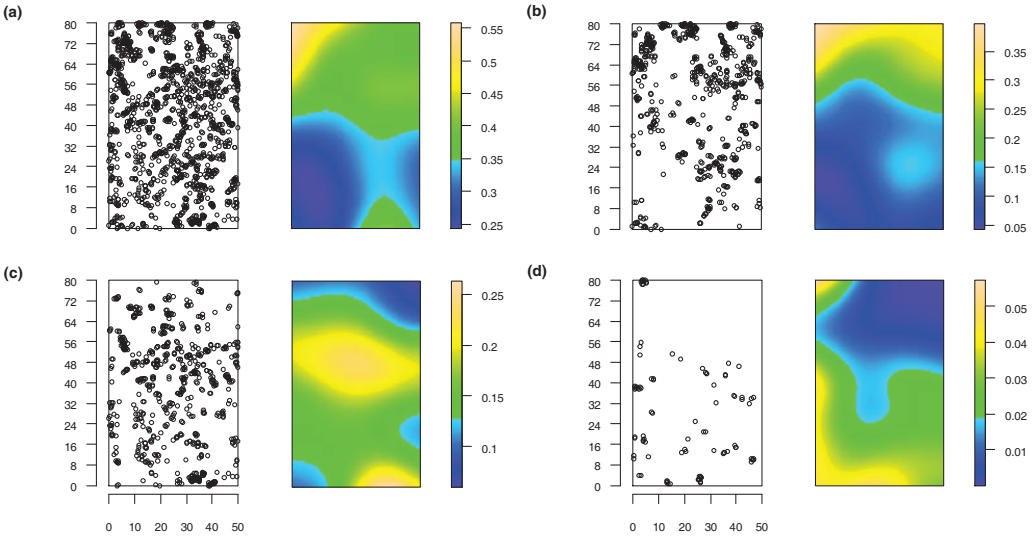
$$\widehat{K}_{\text{inhom}}(r) = \frac{1}{D} \sum_i \sum_{j \neq i} \frac{\mathbf{1}\{||x_i - x_j|| \leq r\}}{\widehat{\lambda}(x_i)\widehat{\lambda}(x_j)} e(x_i, x_j; r)$$

donde es la corrección del efecto borde y es un estimador de la función de intensidad

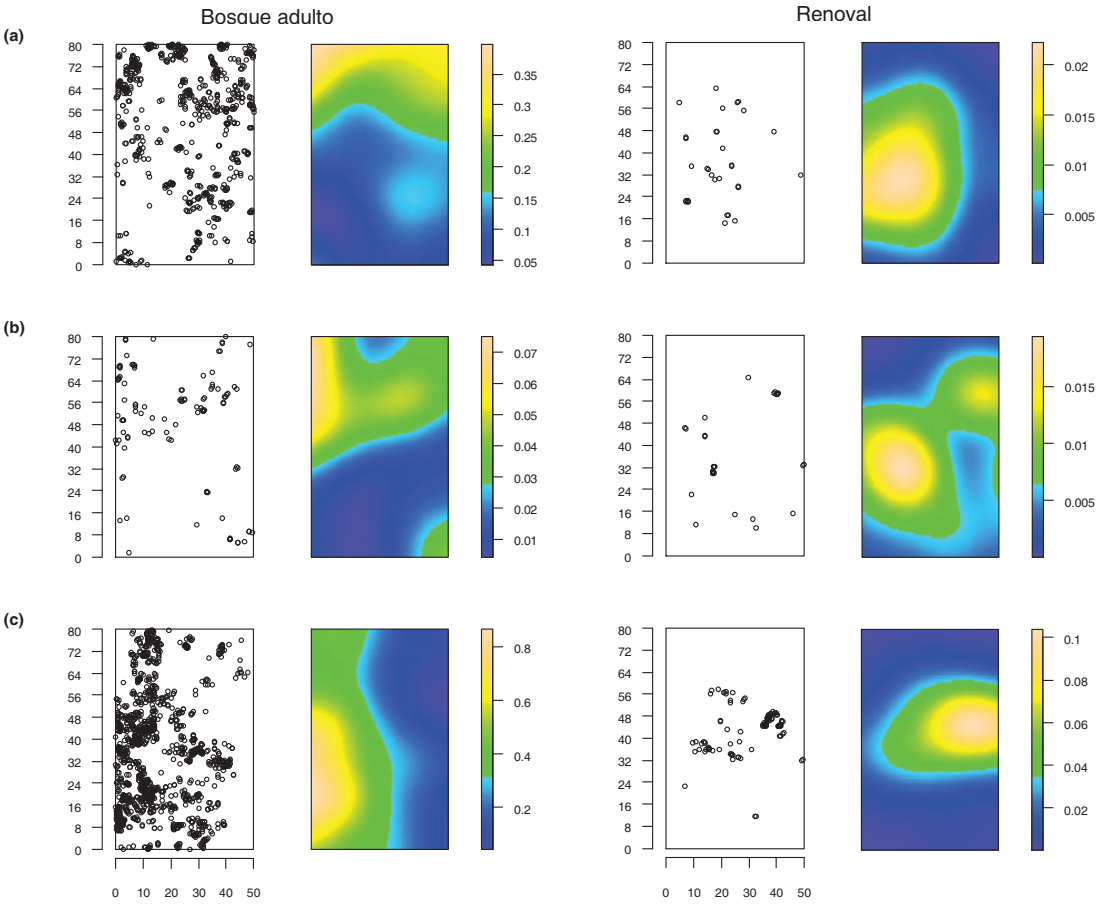
Anexo 2. Localización espacial y estimación de la densidad de Kernel (sd = 10 m) de los árboles en el bosque adulto de (a) todas las especies, (b) *Beilschmiedia miersii*, (c) *Cryptocarya alba*, (d) *Peumus boldus*, (e) *Crinodendron patagua* y (f) *Persea lingue*.



Anexo 3. Localización espacial y estimación de la densidad de Kernel (sd = 10 m) de los árboles en el renoval de (a) todas las especies, (b) *Beilschmiedia miersii*, (c) *Cryptocarya alba*, y (d) *Peumus boldus*.



Anexo 4. Localización espacial y estimación de la densidad de Kernel (sd = 10 m) de (a) árboles, (b) plantas juveniles y (c) plantas de regeneración de *Beilschmiedia miersii.*



Folio009812

UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza

Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

INFLUENCIA DE LOS GRADIENTES DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO EN LA GERMINACIÓN Y EL DESARROLLO INICIAL DE LA REGENERACIÓN DE *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kostermans, ESPECIE AMENAZADA, EN UNA POBLACIÓN LOCALIZADA EN LA RESERVA ALTOS DE CANTILLANA

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

CLAUDIO FERNANDO SÁNCHEZ FLOR

Ingeniero Agrónomo

SANTIAGO - CHILE

2015

Folio009813

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

Profesor Guía Nombre Gabriel Mancilla Escobar

_____

Nota

_____

Firma

_____

Profesor Consejero Nombre Álvaro Promis Baeza

_____

Nota

_____

Firma

_____

Profesor Consejero Nombre Juan Pablo Fuentes Espoz

_____

Nota

_____

Firma

_____

DEDICATORIA

A mi madre Ana

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, a mis padres, mis abuelos y hermana por estar siempre presentes y apoyarme en todo sentido para la culminación de este proceso lleno de adversidades y desconciertos.

Agradezco también a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación del Ecuador (SENESCYT) y al Instituto Ecuatoriano de Crédito Educativo y Becas (IECE) por financiar mis estudios de posgrado.

Mi agradecimiento a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) que, por medio del Fondo de Investigación de Bosque Nativo, financió el proyecto "Permanencia de Bosques de *Beilschmiedia miersii*. Regeneración según contenido de humedad del suelo y presencia de hojarasca. Propuestas", del que este trabajo forma parte. Asimismo, quiero agradecer al señor al señor Helios Murialdo por las facilidades prestadas en el predio de su propiedad.

Mi gratitud al Profesor Gabriel Mancilla por permitirme incursionar en esta investigación.

Un agradecimiento especial a todos esos rostros amables que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo, en especial a Christian Barra, Klaus Kremer, Claudia Espinoza, Fernanda Mondaca y Sergio Durán.

Mi gratitud enorme a Patricia Navarro y familia, Nicole De Gregorio, Carolina Fuentes, Haroldo Silva, Alejandro Huertas, Matías Castillo y a la familia Delgado-Mora, quienes con su amistad sincera, bondad y hospitalidad hicieron que me sienta menos extranjero en este país.

Folio009816

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS **4**

ÍNDICE DE TABLAS **5**

RESUMEN **6**

ABSTRACT **7**

1. INTRODUCCIÓN **8**

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA **11**

2.1 Aspectos generales de la especie 11

2.2 Problemas de conservación del Belloto del Norte 11

2.3 Contenido de agua del suelo y su influencia sobre la germinación y regeneración 12

2.4 Temperatura del suelo y su influencia sobre la germinación y regeneración 13

2.5 Influencia de la hojarasca en la germinación y regeneración 14

3. MATERIALES Y MÉTODOS **16**

3.1 Material 16

3.1.1 Aspectos generales del sitio de estudio 16

3.1.1.1 Geología y geomorfología 16

3.1.1.2 Características climáticas y meteorológicas 16

3.1.1.3 Suelos 17

3.1.1.4 Vegetación y Clasificación Ecológica 18

3.1.2 Características del sitio experimental 18

3.1.2.1 Localización Geográfica 18

3.2 Método 22

3.2.1 Procedimiento 22

3.2.1.1 Caracterización de la dinámica hídrica y térmica del suelo bajo bosques de belloto del Norte y en sus ecotonos. 22

3.2.1.2 Relación de los gradientes de temperatura y contenido de agua del suelo con la proporción de semillas germinadas 24

3.2.1.2.1 Cálculo de los días-grado acumulados en el período de germinación 25

3.2.1.3 Relación de los gradientes de temperatura y humedad del suelo con el desarrollo inicial de la regeneración 25

3.2.2 Variables y análisis de datos 26

3.2.2.1 Determinación de la dinámica hídrica y térmica del suelo bajo bosques de belloto del Norte y en sus ecotonos. 26

3.2.2.2 Relación de los gradientes de temperatura y contenido de agua del suelo con la proporción de semillas germinadas 27

3.2.2.3 Relación de los gradientes de temperatura y contenido de agua del suelo con el desarrollo inicial de la regeneración 27

4. RESULTADOS Y DISCUSION 28

4.1 Caracterización de la dinámica hídrica del suelo bajo bosques de belloto del Norte y en sus ecotonos 28

4.1.1 Temporada de “Recarga” 28

4.1.1.1 Sitio 1 28

4.1.1.2 Sitio 2 29

4.1.1.3 Sitio 3 29

4.1.2 Temporada de “Pérdida” 30

4.1.2.1 Sitio 1 30

4.1.2.2 Sitio 2 30

4.1.2.3 Sitio 3 31

4.1.3 Oscilación del contenido promedio mensual de agua del suelo en los Sitios de estudio 33

4.2 Caracterización de la dinámica térmica del suelo bajo bosques de belloto del Norte y en sus ecotonos 35

Folio009818

4.2.1 Temporada de “Recarga” 35

4.2.2 Temporada de “Pérdida” 36

4.2.3 Oscilación de la temperatura promedio mensual del suelo en los Sitios de estudio 38

4.3 Relación de los gradientes de humedad y temperatura del suelo con la proporción de semillas germinadas 40

4.3.1 Relación de la proporción de semillas germinadas con el contenido promedio de agua del suelo en el período de germinación 40

4.3.2 Relación de la proporción de semillas germinadas con los días-grado acumulados en el período de germinación 41

4.4 Relación de los gradientes de temperatura y contenido de agua del suelo con el desarrollo inicial de la regeneración 43

4.4.1 Relación entre el contenido promedio de agua del suelo en la temporada de “Pérdida” y la proporción media de plántulas sobrevivientes 43

4.4.2 Relación entre la temperatura promedio del suelo en la temporada de “Pérdida” y la proporción media de plántulas sobrevivientes 44

4.5 Medidas para favorecer la germinación y el desarrollo inicial de la regeneración de belloto del Norte para fines de conservación 45

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46

6. BIBLIOGRAFÍA 48

ANEXOS 63

Folio009819

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sector denominado “Quebrada del árbol”, ubicado en el Sitio Prioritario para la Conservación Altos de Cantillana, Región Metropolitana, Chile. 19

Figura 2. Fotografías digitales correspondientes a cada uno de los Sitios de estudio: Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte), Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo) y Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo). 20

Figura 3. Precipitación promedio mensual y temperatura atmosférica promedio mensual registradas en la Estación meteorológica Isla de Maipo durante las temporadas de “Recarga” y “Pérdida”. 24

Figura 4. Precipitación promedio mensual registrada en la Estación meteorológica Isla de Maipo entre abril 2013 y marzo 2014 y contenido promedio mensual de agua del suelo de acuerdo a la profundidad, en los tres Sitios de estudio, en las temporadas de "Recarga" y "Pérdida"..... 32

Figura 5. Temperatura atmosférica promedio mensual en la Estación meteorológica Isla de Maipo entre abril 2013 y marzo 2014 y temperatura promedio mensual del suelo en función de la profundidad en los tres Sitios, en las temporadas de "Recarga" y "Pérdida"... 37

Figura 6. Correlación entre el contenido promedio de agua del suelo a 10 cm en el período de germinación (mayo-agosto 2013) y la proporción media de semillas germinadas en cada Sitio 41

Figura 7. Correlación entre los días-grado acumulados a 10 cm en el período de germinación (mayo-agosto 2013) y la proporción media de semillas germinadas en cada Sitio 42

Figura 8. Correlación entre el contenido promedio de agua del suelo a 10 cm en la temporada de “Pérdida” y la proporción media de plántulas sobrevivientes en cada Sitio. 43

Fugura 9. Correlación entre la temperatura promedio del suelo a 10 cm en la temporada de “Pérdida” y la proporción media de plántulas sobrevivientes en cada Sitio.. 44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características meteorológicas para la zona de Altos de Cantillana. 17

Tabla 2. Caracterización de los Sitios de estudio considerando un área de muestreo de 250 m^2 para cada uno. 21

Tabla 3. Variables independientes y dependientes consideradas en este estudio 27

Tabla 4. Valores máximos, mínimos y oscilación del contenido promedio mensual de agua del suelo (m^3/m^3) en los tres Sitios de estudio a tres profundidades (10, 20 y 30 cm), en dos temporadas: “Recarga” y “Pérdida”. 34

Tabla 5. Valores máximos, mínimos y oscilación de la temperatura promedio mensual del suelo en los tres Sitios de estudio a tres profundidades (10, 20 y 30 cm), en dos temporadas: “Recarga” y “Pérdida”. 39

Folio009821

RESUMEN

El belloto del norte, *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kostermans, es un árbol endémico de Chile central, el cual ha sido incluido en categoría de conservación vulnerable. Uno de los principales problemas que posee es la baja tasa de regeneración, la cual se relaciona con las condiciones de sequía que prevalecen en la zona, pues sus semillas y plántulas son sensibles a la desecación. En tal sentido, este estudio evaluó los efectos de la temperatura y el contenido de agua del suelo sobre la germinación y el desarrollo inicial de la regeneración de esta especie. Para esto se caracterizaron los cambios del contenido promedio mensual de agua del suelo (m^3/m^3) y la temperatura promedio mensual del suelo (°C) en función del Mes y la profundidad (10, 20 y 30 cm) en tres Sitios: Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte), Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo) y Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo), durante dos temporadas: "Recarga" (abril-agosto 2013) y "Pérdida" (septiembre 2013-marzo 2014).

En ambas temporadas el contenido promedio mensual de agua del suelo en los tres Sitios presentó diferencias estadísticas significativas de acuerdo al Mes, la profundidad o por la interacción entre ambos factores. La temperatura promedio mensual del suelo presentó diferencias estadísticas significativas dependiendo del Mes en los tres Sitios. Estas variaciones pueden atribuirse a los cambios temporales en las precipitaciones y las temperaturas atmosféricas, así como al porcentaje de cobertura arbórea, el espesor de la hojarasca y las características físicas del suelo. La proporción media de semillas germinadas de Belloto del Norte presentó una relación positiva estadísticamente significativa con los días-grado a 10 cm en el período de germinación (mayo-agosto 2013), no así con el contenido promedio de agua del suelo a 10 cm en dicho período. Por otro lado, la proporción media de plántulas sobrevivientes registró una relación positiva estadísticamente significativa con el contenido promedio de agua del suelo a 10 cm en la temporada de "Perdida", así como una relación negativa estadísticamente significativa con la temperatura promedio del suelo a 10 cm en la misma temporada, lo cual evidenció el efecto protector del dosel sobre las plántulas. Adicionalmente, se recomiendan prácticas para la conservación de esta especie con base en los resultados obtenidos.

Palabras clave: *Beilschmiedia miersii*, contenido de agua del suelo, temperatura del suelo, germinación, desarrollo inicial de la regeneración.

ABSTRACT

Beilschmiedia miersii (Gay) Kostermans is an endemic tree from central Chile, which has been included in the "vulnerable" conservation status. One of the main constraints for this species is its low regeneration rate, which is related to the drought conditions that distinguish this region, which affect the seeds and seedlings of *B. miersii* due to its sensitivity to drought. This research aimed at evaluating the influence of soil temperature and water content on *B. miersii* germination and regeneration processes. In this sense, we did a characterization of the changes presented by monthly mean of water content (m^3/m^3) and monthly mean of soil temperature (°C), depending on the Month and the depth (10, 20 and 30 cm) in three Sites: Site 1 (*B. miersii* forest), Site 2 (Ecotone of *B. miersii* forest with sclerophyll forest) and Site 3 (Ecotone of sclerophyll forest with sclerophyll shrubland), in two periods: "Recharge" (april-august 2013) and "Wastage" (september 2013-march 2014).

In both periods and in the three Sites, the monthly mean of water content showed statistically significant differences according to the Month, the depth or the interaction of both factors. The monthly mean of soil temperature also showed statistically significant differences according to the Month in the three Sites. These variations could be explained taking into account the temporal changes in precipitations and atmospheric temperatures, as well as forest cover percentage, litter cover mean thick and soil physical properties. The mean of the proportion of germinated seeds of *B. miersii* showed a statistically significant positive relation with 10 cm degree-days in the germination period (may-august 2013), whilst the proportion of germinated seeds of *B. miersii* had not a statistically significant positive relation with the mean of soil water content at 10 cm in the same period. The proportion of survivor seedlings showed a statistically significant positive relation with the mean of soil water content at 10 cm in the "Wastage" period, as well as a statistically significant negative relation with the mean of soil temperature at 10 cm during the same period, proving that the canopy protects the seedlings. In addition, taking into account these results, some conservation practices are recommended.

Keywords: *Beilschmiedia miersii*, soil water content, soil temperature, germination, initial regeneration development.

1. INTRODUCCIÓN

La zona mediterránea de Chile central ha estado históricamente sometida a fuertes presiones por acciones antrópicas, amenazando su alto grado de riqueza y singularidad florística, por lo que está considerada dentro de los 35 sitios prioritarios para la conservación a nivel mundial (Arroyo y Cavieres, 1997; Myers *et al*., 2000; Mittermeier *et al.*, 2011). Entre las especies endémicas de esta zona se encuentra el belloto del Norte*, Beilschmiedia miersii* (Gay) Kostermans, una especie arbórea siempreverde, que se halla en condiciones relictuales dentro de los límites administrativos de las Regiones V, VI y Metropolitana (Serra *et al.*, 1986; Novoa, 2004) y cuya madera fue ampliamente utilizada para la construcción (Bustamante y Simonetti, 2000).

En los últimos años se ha observado un descenso importante en la regeneración natural de esta especie, lo cual podría estar asociado a las sequías que caracterizan a Chile central, así como a la reducción del hábitat debido a actividades como agricultura, ganadería, proyectos inmobiliarios y minería; situaciones que representan un serio problema para su conservación (Henríquez y Simonetti, 2001; Novoa, 2004), más aun si se considera la incertidumbre que plantea el Cambio Climático, que según CONAMA (2006), hacia finales de este siglo podría presentar escenarios con un aumento de 2 a 4 °C en las temperaturas superficiales de Chile continental y una disminución de hasta un 40% en las precipitaciones que afectan Chile central. Tomando en cuenta que un aumento en las temperaturas superficiales representaría un incremento en la temperatura de los suelos (Bai *et al.,* 2014) y que las precipitaciones determinan en parte importante el contenido hídrico de los mismos (Forte Lay *et al.*, 2008), estas circunstancias podrían afectar negativamente los procesos de germinación y desarrollo inicial de la regeneración de belloto del Norte, por tratarse de una especie altamente dependiente del agua edáfica (Amigo y Flores-Toro, 2012), que posee semillas recalcitrantes (Bustamante y Simonetti, 2000), caracterizadas por su sensibilidad a la desecación y a cambios de temperatura (Pammenter y Berjak, 2000; Wen y Cai, 2014).

Las primeras etapas del desarrollo en las plantas son las más vulnerables a cambios climáticos (Lloret *et al.,* 2004), por lo que el entendimiento de la dinámica de los procesos de germinación y desarrollo de plántulas es importante para descifrar la respuesta de las especies arbóreas a distintos niveles de factores abióticos, como el contenido de agua y temperatura del suelo (Borja, 2014).

La necesidad de realizar estudios que sirvan como base para efectuar programas de restauración ecológica en los bosques que albergan esta especie (Ramírez *et al*., 2004) amerita investigar la manera en que las características del micrositio, específicamente el contenido de agua y la temperatura del suelo, afectan la germinación y desarrollo inicial de la regeneración. En este sentido, se requiere determinar las condiciones edáficas que favorecen estos procesos (Rey Benayas *et al.,* 2008; Borja, 2014) y relacionarlas con prácticas de manejo concretas que permitan desarrollar planes de recuperación para belloto del Norte.

Adicionalmente, varios autores sostienen que para determinar las respuestas de alguna especie ante nuevas condiciones climáticas es importante enfocarse en las poblaciones localizadas en los límites latitudinales de su distribución (Travis y Ditham, 2004; Sexton *et al*., 2009), por tratarse de zonas más sensibles a cambios de índole ambiental (Fisichelli *et al.,* 2014), más aún en el caso de plantas, pues su naturaleza sedentaria permite detectar cambios espaciales y temporales con mayor facilidad (Crawford, 2008).

El belloto del Norte se encuentra entre las localidades de Hualqúen (32°S) y Altos de Cantillana (34°S) (Ramírez *et al*., 2004), sin embargo, la mayoría de los estudios sobre esta especie se han realizado en zonas más cercanas al extremo norte de su distribución latitudinal, tal es el caso de los trabajos efectuados por Henríquez y Simonetti (2001), quienes evaluaron los efectos de la herbivoría sobre la regeneración y reclutamiento en el Parque Nacional La Campana (32°57′S; 71°05′O), así como Brito y Flores-Toro (2014), cuyo estudio consistió en una descripción de la estructura y dinámica de los bosques de esta especie en la Cordillera El Melón (32º46’S; 71º13’O). Por esto se hace necesario llevar a cabo investigaciones sobre belloto del Norte en el límite meridional de su distribución, lo cual permitirá realizar un diagnóstico más amplio acerca de las medidas que podrían emplearse para la conservación de esta especie.

Con base en estos criterios, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar los efectos de temperatura y contenido de agua del suelo sobre la germinación y el desarrollo inicial de la regeneración de belloto del Norte, *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kostermans, especie amenazada, en una población localizada en la Reserva Altos de Cantillana para proponer parámetros de manejo para la conservación de la especie.

Objetivos específicos

a) Caracterizar la dinámica hídrica del suelo bajo bosques de belloto del Norte y en sus ecotonos.

b) Caracterizar la dinámica térmica del suelo bajo bosques de belloto del Norte y en sus ecotonos.

c) Relacionar los gradientes de temperatura y contenido de agua del suelo con la proporción de semillas germinadas.

d) Relacionar los gradientes de temperatura y contenido de agua del suelo con el desarrollo inicial de la regeneración.

e) Proponer medidas que favorezcan la germinación y el desarrollo inicial de la regeneración de belloto del Norte para fines de conservación de la especie.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos generales de la especie

El belloto del Norte pertenece a la familia de las Lauráceas (Henríquez y Simonetti, 2001). Este árbol es tolerante a la sombra (Donoso, 2008) y su gran tamaño lo convierte en una especie dominante, asociándose con peumo (*Cryptocarya alba*), canelo (*Drimys winteri*), lingue (*Persea lingue*) y lun (*Escallonia* spp.) (Novoa, 2004). Se encuentra por lo general en quebradas, cursos de ríos y laderas protegidas de exposición sur (Gajardo y Serra, 1987), ocupando lugares húmedos por influencia del agua edáfica y la neblina costera (Ramírez *et al*., 2004). Habita ambientes encerrados en microcuencas y quebradas de la Cordillera de la Costa de Chile central, por lo que su sobrevivencia depende de factores geomorfológicos que dan lugar al anegamiento del suelo (San Martín *et al*., 1990). Esta especie florece entre los meses de diciembre y febrero (Cabello, 2007), produciendo frutos con forma de nuez elíptica (Rodríguez *et al*., 2005), los cuales maduran entre febrero y abril (Cabello, 2007). La germinación de las semillas es hipógea (Quiroz *et al*., 2009) y se da en forma abundante, sin embargo el reclutamiento de plantas es mínimo (Cabello, 2007).

Las semillas de belloto del Norte son recalcitrantes (Bustamante y Simonetti, 2000), un tipo de semillas que se distingue por mantener su metabolismo activo y poseer contenidos altos de humedad, que fluctúan entre 0,4 a 4,0 gramos de agua por gramo de materia seca (g/g) cuando son diseminadas (Pammenter y Berjak, 2000); lo que determina su sensibilidad a la deshidratación y una rápida pérdida de viabilidad luego de la diseminación (Magnitskiy y Plaza, 2007), por lo cual deben germinar rápidamente luego de caer o mantenerse en suelos húmedos, de otra forma es poco probable que sobrevivan (Bewley *et al.*, 2006).

2.2 Problemas de conservación del Belloto del Norte

La regeneración del belloto del Norte se ha visto seriamente afectada por la explotación maderera, fragmentación, pérdida de hábitat (Serra *et al.,* 1986), extracción de hojarasca (Becerra *et al*., 2004) y pastoreo, pues las plántulas y semillas son muy apetecidas por el

ganado (Henríquez y Simonetti, 2001). Además de esto, la sequía presente en Chile central implica que las precipitaciones no sean suficientes para abastecer los requerimientos hídricos de esta especie, ya que las plántulas mueren en muchos casos por escasez de humedad (Henríquez y Simonetti, 2001; Novoa, 2004). Los bosques de belloto del Norte presentan un aumento en su xerofitismo por la presencia de malezas anuales alóctonas, evidenciando la apertura del dosel por actividades antrópicas (Ramírez *et al*., 2004). Gajardo y Serra (1987) mencionan que hasta 1987 existían entre 20 y 30 poblaciones de esta especie, pero en la actualidad, según Brito y Flores-Toro (2014), únicamente una está contenida dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), específicamente en el Parque Nacional La Campana (Henríquez y Simonetti, 2001). Estas situaciones han ocasionado que el belloto del Norte sea declarado Monumento Natural, mediante D.S. N°13/1995 (MINAGRI, 1995), e incluido en la Categoría de Vulnerable, según D.S. N°50/2008 (MINSEGPRES, 2008).

2.3 Contenido de agua del suelo y su influencia sobre la germinación y regeneración

El éxito en la regeneración de las especies arbóreas está dado por varias circunstancias como la producción de semillas, germinación y emergencia de plántulas (Barik *et al*., 1996). El éxito de la germinación depende de las precipitaciones y de la naturaleza del lugar donde se deposita la semilla, siendo la humedad el aspecto más crítico y fluctuante. De hecho, si el lugar que alberga la semilla posee un exceso de humedad, las semillas emitirán raíces sin germinar o se verán afectadas por deficiencia de oxígeno (Smith, 1997). Por otro lado, un déficit hídrico puede ocasionar una reducción en la germinación, emergencia y crecimiento de plántulas (Osman, 2013).

Los árboles pertenecientes a la familia Lauraceae se caracterizan por poseer semillas de gran tamaño (Cuevas *et al*., 2008). En Chile, esto se evidencia en el género *Beilschmiedia*, pues las semillas de *Beilschmiedia miersii* presentan dimensiones de 4 cm de largo por 3 cm de ancho, mientras que en el caso de *Beilschmiedia berteroana* pueden llegar a tener 2 cm de diámetro (Castillo y Moreno, 2002). Este tipo de semillas requieren altos contenidos de agua en el suelo para su germinación (Cuevas *et al*., 2008), debido a que su baja relación superficie/volumen amerita un mayor tiempo de imbibición en comparación con otras de menor tamaño (Kikuzawa y Koyama, 1999).

Muchas especies arbóreas experimentan problemas de regeneración debido a que la falta de humedad causa mortalidad en las plántulas que producen (Grau, 2004; Fenner y Thompson, 2005), siendo vulnerables a la desecación especialmente en el primer año de crecimiento, pues en este período su tamaño es reducido y su sistema radicular no tiene la capacidad de acceder hacia capas de suelo más profundas, cuyo potencial hídrico, en muchos casos, es mayor al que se registra en capas superficiales (Engelbrecht *et al*., 2005).

Las especies arbóreas de la familia Lauraceae se caracterizan por producir gran cantidad de plántulas con una alta mortalidad denso-dependiente, de las cuales muy pocas alcanzan el estado adulto (Martínez, 1985). La forma en que la disponibilidad hídrica del medio afecta la regeneración puede variar dependiendo de la especie (Urbieta *et al*., 2008), por ejemplo, en un estudio realizado por Parada y Lusk (2011) con dos especies de lauráceas en un bosque de la transición templado-mediterránea de Chile se demostró que *Cryptocarya alba* registró una menor mortalidad en relación a *Persea lingue*, debido a que las plántulas producidas por esta última fueron más sensibles a la desecación en épocas de verano.

2.4 Temperatura del suelo y su influencia sobre la germinación y regeneración

La temperatura del suelo influye en varios procesos fisiológicos de la semilla (Coperland y MacDonald, 2001; Probert, 2000). Cuando bajo el dosel forestal la temperatura no alcanza los niveles requeridos por las semillas, la germinación es imposibilitada o retardada, ocurriendo lo mismo en fondos de quebradas o exposiciones sur (Donoso, 2008).

Las semillas de los árboles difieren en cuanto a la temperatura requerida para su germinación dependiendo de la especie (Donoso, 2008; Watson, 2013). En Chile central este hecho puede comprobarse al comparar ciertas especies de la familia Lauraceae, tal es el caso de *Persea lingue* y *Cryptocarya alba*, cuyos rangos de germinación corresponden a 15-30 °C y 10-25 °C, respectivamente (Figueroa, 1999), sin embargo el belloto del Norte es capaz de germinar entre 5 y 25 ºC, con temperaturas óptimas entre 10 y 15ºC, en tanto que temperaturas superiores a 30 °C resultan letales para esta especie (Cabello y Anselmo, 1999).

La temperatura del suelo influye en la emergencia y supervivencia de las plántulas de regeneración, pues éstas necesitan una temperatura adecuada para elongarse, emitir brotes, raíces, absorber agua y captar nutrientes (Hillel, 2003; Binkley y Fisher, 2013; Osman, 2013). En climas fríos, un dosel denso puede mantener las temperaturas del suelo tan bajas, que el desarrollo de las plántulas se retrasa (Binkley y Fisher, 2013). Por otro lado, la remoción del dosel puede ocasionar que el suelo absorba radiación solar de forma directa, aumentando su temperatura e incrementando la evapotranspiración a niveles que podrían ser perjudiciales para las plántulas (Binkley y Fisher, 2013). En tal sentido, aunque un aumento de temperatura podría acrecentar el porcentaje de semillas germinadas en algunas especies arbóreas, esta misma condición puede ocasionar una mayor mortalidad de plántulas por desecación (Donoso, 2008), más aun en climas mediterráneos, donde las sequías de verano constituyen un factor limitante para la regeneración (Borja, 2014).

2.5 Influencia de la hojarasca en la germinación y regeneración

El bosque permite la formación de capas de hojarasca (Donoso, 2008) que modifican las condiciones de la superficie mediante intercepción de luz, disminución de la amplitud térmica y reducción de la evaporación (Fenner y Thompson, 2005). Varios estudios han reflejado que la hojarasca podría presentar un efecto negativo en el reclutamiento mediante el impedimento de la germinación o la supresión del crecimiento y establecimiento de plántulas (Xiong y Nilsson, 1999; Fenner y Thompson, 2005), constituyendo una barrera física para la emergencia de brotes (Sayer, 2006), sin embargo esto depende del tamaño de la semilla, pues se ha comprobado que especies de semillas pequeñas no disponen de reservas necesarias para atravesar la capa de hojarasca y alcanzar niveles de luz que les permitan continuar su proceso de crecimiento, a diferencia de semillas de mayor tamaño que poseen la habilidad de germinar y emerger a través de la hojarasca (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1992; Sayer, 2006).

En los bosques húmedos la hojarasca protege a semillas de especies siempreverdes, debido a que son tolerantes a la sombra, pero sensibles a la radiación intensa y la sequía (Molofsky y Augspurger, 1992; Wadsworth, 2000). Este es el caso del belloto del Norte, pues se comprobó que la hojarasca facilita el acceso a la humedad, aumentando la proporción de semillas germinadas en época de escasez hídrica (Becerra *et al.*, 2004). Asimismo, al favorecer la retención de agua en los primeros centímetros de suelo

(Donoso, 2008), puede propiciar la supervivencia de plántulas de especies tolerantes a la sombra, protegiéndolas de la desecación (Guzmán-Grajales y Walker, 1991; Sayer, 2006), aunque este no sería el caso de belloto del Norte, pues según Becerra *et al.* (2004), la hojarasca tendría un efecto neutro en cuanto a la supervivencia de plántulas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Aspectos generales del sitio de estudio

3.1.1.1 Geología y geomorfología

Localizada en el dominio oriental de la Cordillera de la Costa (Sabaj, 2008), el área de Altos de Cantillana corresponde a un relieve de predominio montañoso costero, disectado por valles encajonados de fuertes pendientes, cuyas cumbres no superan los 2.000 m.s.n.m. (Centro EULA-Chile, 2004).

De acuerdo a la cartografía geológica realizada por Padilla (2007), la Reserva Altos de Cantillana corresponde a la formación Veta Negra, la cual, según el Centro EULA-Chile (2004), se localiza al oeste de la Laguna de Aculeo y está dispuesta sobre la formación Lo Prado, subyaciendo a los estratos de Horcón de Piedra. Esta zona corresponde a una unidad volcánica y, en parte, subvolcánica, incluyendo andesitas con grandes fenocristales de plagioclasa, lavas andesíticas porfídicas y afaníticas e intercalaciones sedimentarias subordinadas (Centro EULA-Chile, 2004).

3.1.1.2 Características climáticas y meteorológicas

El clima de la macrozona sur de la Región Metropolitana se clasifica como templado-cálido (Köppen, 1948; Fuenzalida, 1971), con una estación seca prolongada que dura entre 6 y 8 meses (Centro EULA-Chile, 2004).

La zona de la Reserva de Altos de Cantillana, según Santibáñez y Uribe (1990), corresponde al Distrito Agroclimático 65.3, de tipo templado mesotermal estenotérmico mediterráneo semiárido. La descripción de sus características meteorológicas se resume en la Tabla 1.

Tabla 1. Características meteorológicas para la zona de Altos de Cantillana.

Variable meteorológica	Valor
Temperatura promedio del aire en el mes más cálido	27,7 °C (enero)
Temperatura promedio del aire en el mes más frio	4,7 °C (julio)
Precipitación promedio anual	457 mm
Días-grado anuales	1.650
Humedad relativa del aire promedio anual	77%

Fuente: Santibáñez y Uribe (1990)

3.1.1.3 Suelos

En la Región Metropolitana los suelos que se hallan en lomajes y cerros de la Cordillera de la Costa se diferencian entre sí por su posición, pendiente, grado de diferenciación de horizontes, profundidad del perfil y pedregosidad (Luzio, 2010). En las laderas de los cerros se localizan suelos delgados con escaso desarrollo sobre roca, presentando pedregosidad y frecuentes afloramientos rocosos que ocupan todas las posiciones del relieve (Luzio, 2010). En sectores montañosos con pendientes fuertes los horizontes superiores tienen escasa profundidad, son permeables y poseen texturas gruesas (Quintanilla *et al*., 2012). En los sectores de lomas con pendientes moderadas los horizontes son más arcillosos, densos y compactos, de colores pardos rojizos, intensamente meteorizados y susceptibles de erosión en manto y zanjas (Centro EULA-Chile, 2004).

De acuerdo a la cartografía edafológica realizada por Padilla (2007), los suelos de la zona norte de la Reserva Altos de Cantillana corresponden a la Asociación Mansel (familia de los Inceptisoles), extendiéndose hasta el Cajón de Aculeo, en el Camino de Rangue a Cholqui. Poseen un buen grado de desarrollo, con horizonte B definido y, eventualmente, horizontes superficiales de color negro, alto contenido de materia orgánica y texturas franco-arcillosas (Centro EULA-Chile, 2004). En estos suelos se encuentran rocas con un alto grado de meteorización, fracturándose con gran facilidad, situación que se limita únicamente por la presencia abundante de vegetación boscosa nativa (Centro EULA-Chile, 2004). Dadas sus características, la capacidad de uso de esta Asociación es muy limitada, con clases que varían de VI a VII y profundidades efectivas entre 20 y 80 cm, dependiendo de la pendiente (Centro EULA-Chile, 2004).

3.1.1.4 Vegetación y Clasificación Ecológica

El bosque esclerófilo presente en quebradas de exposición sur en la zona de Cantillana corresponde a renovales dominados por especies arbóreas de hoja dura y coriáceas, tales como *Cryptocarya alba* (peumo), *Peumus boldus* (boldo), *Quillaja saponaria* (quillay), *Lithraea caustica* (litre), *Beilschmiedia miersii* (belloto del Norte) y *Persea lingue* (lingue), entre otras (Centro EULA-Chile, 2004).

Según Keeley *et al*. (2012), el belloto del Norte forma parte del bosque esclerófilo mésico, el cual se expande a lo largo de valles y laderas de la Cordillera de la Costa. Dentro del bosque esclerófilo existe un subtipo forestal higrófilo localizado en fondos de quebradas, dominado por *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kostermans (Donoso, 1981). Schmithüsen (1956) denominó a estos bosques como asociación *Beilschmiedietum miersii;* mientras que Gajardo (1994) los llamó asociación *Beilschmiedia miersii-Crinodendretum pataguae*.

3.1.2 Características del sitio experimental

3.1.2.1 Localización Geográfica

El estudio se realizó en el sector denominado “Quebrada del árbol”, Comuna de Melipilla, Provincia del mismo nombre, Región Metropolitana, Chile. Este predio se inserta en el Sitio Prioritario para la Conservación Altos de Cantillana (Figura 1). Dentro del sector antes mencionado se seleccionaron tres Sitios:

1. Un rodal dominado por *Beilschmiedia miersii* de crecimiento secundario (Figura 2a). En esta situación se verifica una considerable regeneración por semillas.
2. Un sitio de ecotono[1] de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo (Figura 2b), en el cual existió regeneración más restringida.
3. Un sitio de ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo (Figura 2c), con presencia muy escasa de belloto del Norte y casi nula regeneración de la especie.

Las características de cada Sitio se resumen en la Tabla 2.

[1]Según Monguillo y Zierdt-Warshaw (2000), “Ecotono es una zona ecológica o límite formado en un área donde confluyen dos o más ecosistemas. Un ecotono sirve como una zona de transición entre dos hábitats distintos, que generalmente tienen sus propias características en cuanto a flora y fauna. Un ecotono puede tener las características de cada uno de sus ecosistemas adyacentes o sus propias y únicas características”.

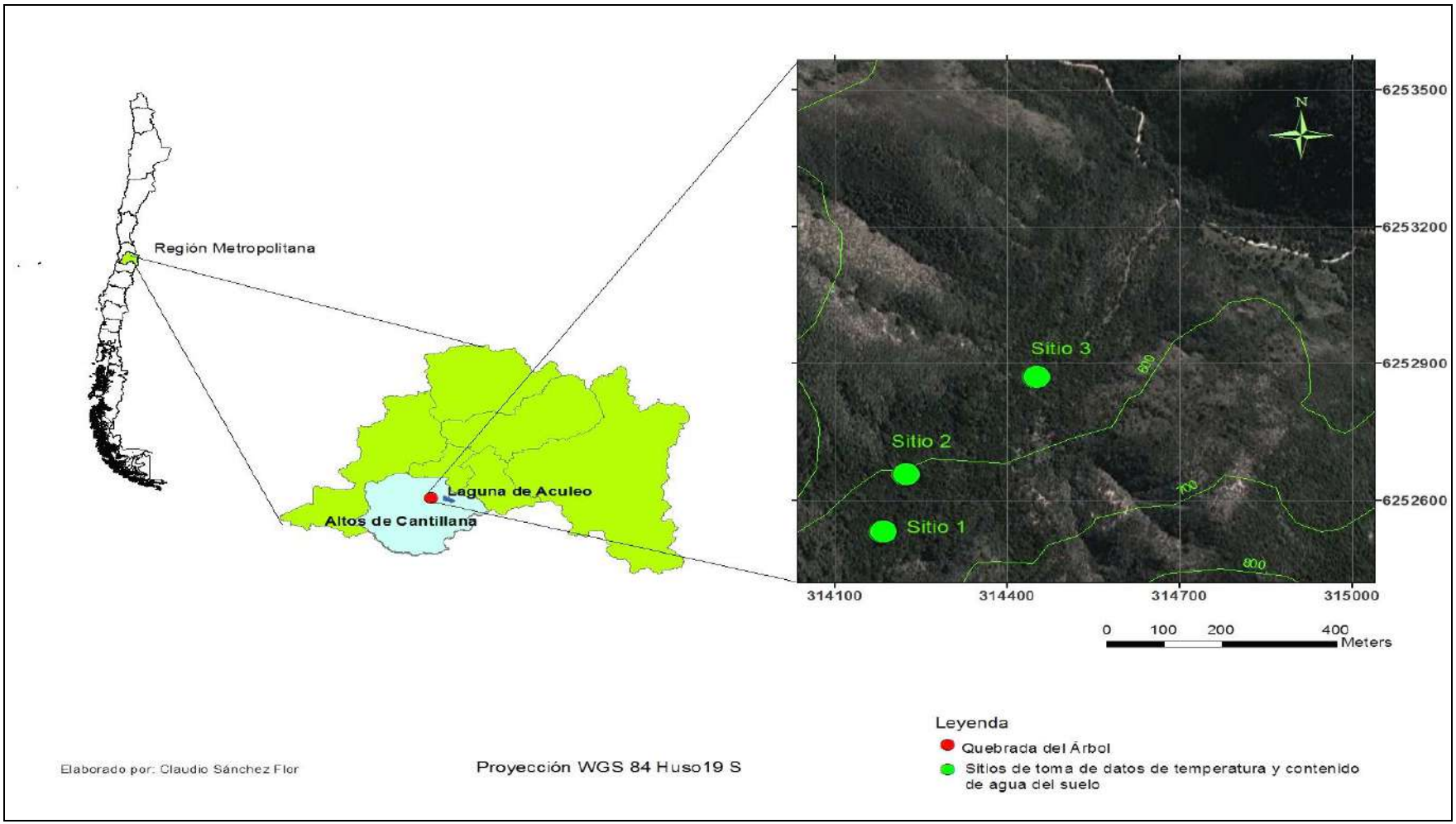


Figura 1. Sector denominado "Quebrada del árbol", ubicado en el Sitio Prioritario para la Conservación Altos de Cantillana, Región Metropolitana, Chile**.** La toma de datos de temperatura y contenido de agua del suelo se realizó en tres Sitios: Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte), Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo) y Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo).

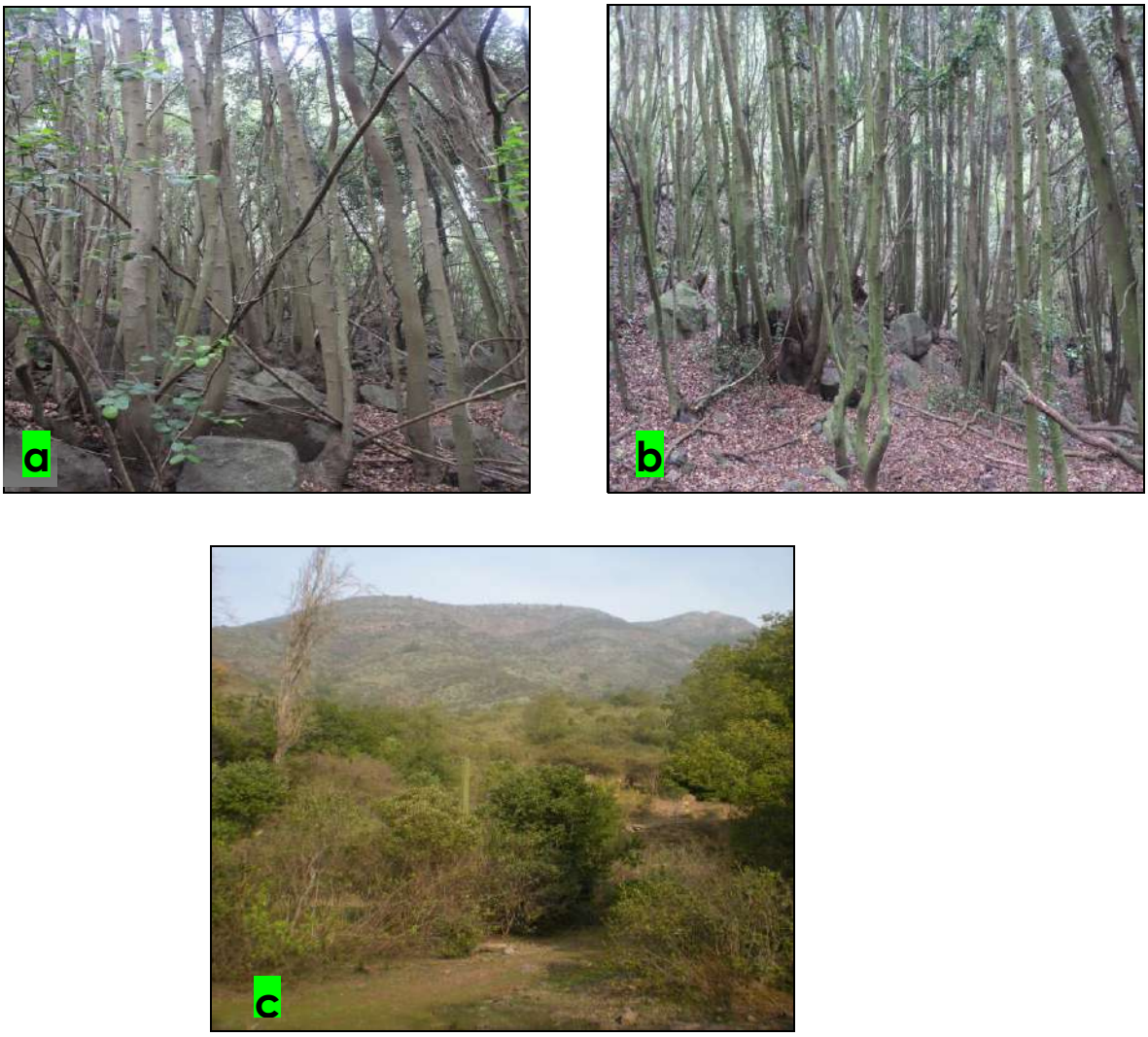


Figura 2. Fotografías digitales correspondientes a cada uno de los Sitios de estudio: Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte) (**a**), Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo) (**b**) y Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo) (**c**).

Tabla 2. Caracterización de los Sitios de estudio considerando un área de muestreo de 250 m^2 para cada uno.

Sitios	Pendiente aproximada (%)	Altitud (m.s.n.m.)	Especies arbóreas	Árboles por hectárea	DAP promedio (cm)	Rango de alturas (m)	Árboles multifustales por hectárea	[2]Cobertura arbórea (%)	Espesor promedio de la hojarasca (cm)
1 (Bosque de belloto del Norte)	5	563-570	*Beilschmiedia miersii*	800	15,5	6-25	520	88	12
			Cryptocarya alba	900	10,5	4-20	280		
			Persea lingue	40	12,6	18-21	40		
2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo)	3,5	528-532	*Beilschmiedia miersii*	600	11,1	4-16	320	67	5
			Cryptocarya alba	1.500	8,7	3-12	480		
			Lithraea caustica	80	10,3	2-6	80		
			Quillaja saponaria	80	9,8	3-6	40		
			Persea lingue	40	34,0	12	0		
3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo)	2	486-487	*Cryptocarya alba*	600	8,8	2-5	120	52	0
			Peumus boldus	80	9,0	4-5	40		
			Lithraea caustica	200	7,6	2-4	120		
			Quillaja saponaria	80	8,5	2-5	1		

[2] La cobertura arbórea se estimó mediante fotografías digitales hemisféricas tomadas a 1,3 m del suelo con una cámara digital Sigma y un lente ojo de pez Sigma EX DG 8 mm. El procesamiento de las imágenes se realizó con el software HemiView versión 2.1 (Delta-T Devices, 1999). En cada Sitio se tomaron fotografías en nueve puntos distribuidos sistemáticamente para obtener un valor promedio de cobertura, siguiendo un método similar al de Aguirre-Salado *et al.* (2011).

3.2 Método

3.2.1 Procedimiento

3.2.1.1 Caracterización de la dinámica hídrica y térmica del suelo bajo bosques de belloto del Norte y en sus ecotonos.

La estimación del contenido de agua del suelo (m^3/m^3) se realizó mediante el empleo de sensores Decagon® 5TE. Estos fueron ubicados a tres profundidades (10, 20 y 30 cm), teniendo para cada caso tres repeticiones (tres sensores separados entre 6 y 9 m entre sí). Por consiguiente, se utilizó nueve sensores por cada uno de los tres Sitios de estudio, sumando un total de 27. Estos dispositivos estuvieron conectados a cajas electrónicas dataloggers Decagon® EM50 para la recepción, almacenamiento y manejo de datos, fijándose una periodicidad de una hora para las mediciones, a través del software ECH2O.

Para la calibración de los sensores de medición del contenido de agua del suelo se siguió el proceso recomendado por Decagon Services (2013). En tal sentido, en cuatro ocasiones se obtuvo muestras de suelo con un cilindro metálico en zonas aledañas a cada uno de los sensores distribuidos en los tres Sitios. Posteriormente, se calculó el contenido volumétrico de agua del suelo mediante el procedimiento señalado por Osman (2013), utilizando la ecuación 1:

$$\mathbf{\Theta v = (Wh - Ws) / (Pa * Vc)} \qquad (\mathbf{1})$$

Donde:
Θv = Contenido volumétrico de agua del suelo (m^3/m^3)
Wh = Peso de la muestra en húmedo (kg)
Ws = Peso de la muestra luego de haber sido secada a 105 °C por 24 horas (kg)
Pa = Densidad del agua (1.000 kg/m^3 a 20 °C)
Vc = Volumen del cilindro metálico utilizado para tomar la muestra (m^3)

Para construir las curvas de calibración de cada sensor, los datos obtenidos por el procedimiento antes descrito se ubicaron en el eje de las abscisas y los generados por los sensores, en el eje de las ordenadas.

Adicionalmente, se estimó la densidad aparente a cada profundidad mediante la ecuación 2, sugerida por Osman (2013):

Pb = Ws / Vc (**2**)

Donde:
Pb = Densidad aparente del suelo en kg/m^3
Ws = Peso de la muestra luego de haber sido secada a 105 °C por 24 horas (kg)
Vc = Volumen del cilindro metálico utilizado para tomar la muestra (m^3)

Tomando en cuenta que en cada Sitio se calcularon tres valores de densidad aparente por cada profundidad, estos se promediaron para obtener un solo valor a 10, 20 y 30 cm. Los resultados se presentan en el Anexo 5.

Para estimar la temperatura del suelo (°C) se utilizaron los mismos sensores Decagon® 5TE que funcionan mediante un termistor (sensor que mide temperatura) (Decagon Services, 2013). El procedimiento de obtención y almacenamiento de datos de esta variable fue similar al del contenido de agua del suelo.

Considerando el contenido de agua del suelo se determinaron dos temporadas para la obtención y análisis de datos: una de “Recarga” (abril-agosto 2013) y otra de “Pérdida” (septiembre 2013-marzo 2014), como se observa en la Figura 3. La información referente a precipitación promedio mensual y temperatura atmosférica promedio mensual fue proporcionada por la Estación meteorológica Isla de Maipo, situada a 14 km del lugar del ensayo (coordenadas UTM: Huso 19H, Norte: 6262411, Este: 325268) (Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC, 2014).

Folio009839

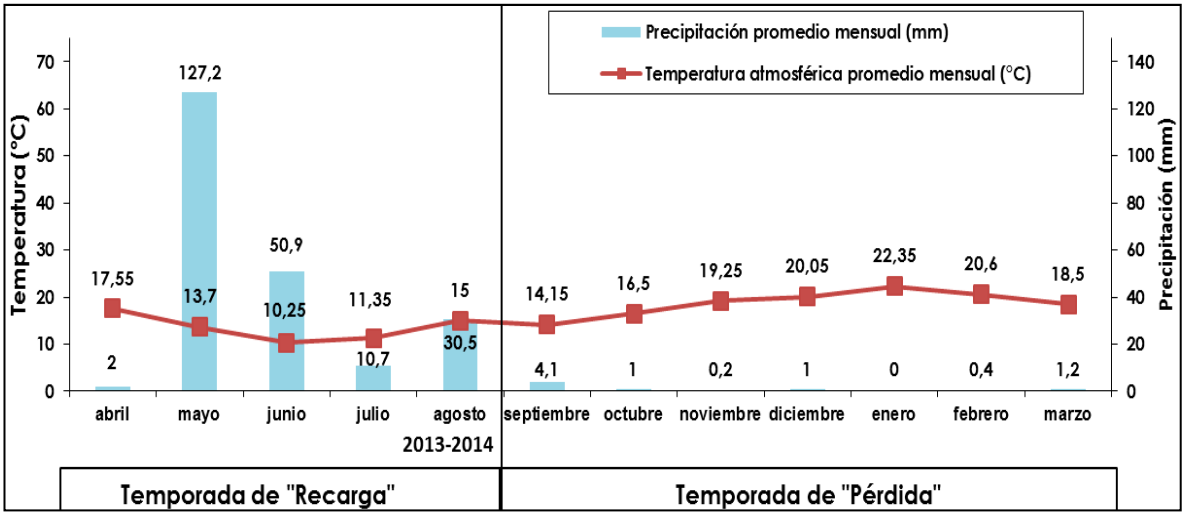


Figura 3. Precipitación promedio mensual y temperatura atmosférica promedio mensual registradas en la Estación meteorológica Isla de Maipo (Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC, 2014) durante las temporadas de "Recarga" y "Pérdida".

3.2.1.2 Relación de los gradientes de temperatura y contenido de agua del suelo con la proporción de semillas germinadas

Esta sección se sustenta en los datos de proporción de semillas germinadas[3] generados en los tres Sitios de estudio por Kremer (2015), quien utilizó dos tratamientos en cuanto a disponibilidad hídrica ("alta" y "baja") y tres tratamientos de profundidad de hojarasca ("0 cm", "5 cm" y "12 cm"). Para esta investigación se utilizaron únicamente los datos de proporción de semillas germinadas que coinciden con la profundidad de hojarasca registrada originalmente en cada Sitio, es decir, "0 cm" en el Sitio 3, "5 cm" en el Sitio 2 y "12 cm" en el Sitio 1 (Tabla 2), todos correspondientes al tratamiento de disponibilidad hídrica "baja".

Para determinar el efecto de la temperatura y el contenido de agua del suelo sobre la germinación, se correlacionó la proporción de semillas germinadas obtenida en agosto del 2013 en los tres Sitios con el valor del contenido promedio de agua de suelo a 10 cm de todo el período de germinación (mayo-agosto 2013), así como con los días-grado acumulados durante dicho período.

[3] En el ensayo realizado por Kremer (2015) se consideró a una semilla como germinada una vez que la radícula emergió de ella, luego de fracturarse la testa (Becerra *et al.*, 2004; Fenner y Thompson, 2005).

3.2.1.2.1 Cálculo de los días-grado acumulados en el período de germinación

Considerando que la germinación de las especies arbóreas depende mayormente de la temperatura registrada en los primeros centímetros de suelo (Zasada *et al*., 1992), se estimó la cantidad de grados de temperatura acumulados diariamente (días-grado) a 10 cm en los tres Sitios desde mayo hasta agosto del 2013.

Para esto se consideró el procedimiento señalado por Martin y Sauerborn (2013), el cual comprende las ecuaciones 3 y 4:

$$T_n = \Sigma T' \quad (3)$$

$$T' = [(T_{max} + T_{min})/2 - T_{base}] \quad (4)$$

Donde:

T_n = Días-grado

T' = Suma de temperatura en un día

T_{min} = Temperatura mínima diaria

T_{max}= Temperatura máxima diaria

T_b = Temperatura base

En este caso se utilizó como Temperatura base la temperatura mínima de germinación para belloto del Norte (5 °C), formulada por Cabello y Anselmo (1999).

3.2.1.3 Relación de los gradientes de temperatura y humedad del suelo con el desarrollo inicial de la regeneración

Con el objetivo de evaluar el desarrollo inicial de la regeneración, se dispuso de los datos obtenidos por Kremer (2015), quien dio seguimiento a las plántulas[4] producidas a partir de las semillas germinadas en los tratamientos con “0 cm” en el Sitio 3, “5 cm” en el Sitio 2 y “12 cm” en el Sitio 1, desde el mes posterior a la finalización del período de germinación (septiembre 2013) hasta una vez terminada la temporada de “Pérdida” (marzo del 2014), donde se contabilizó la proporción media de plántulas sobrevivientes en cada Sitio. Adicionalmente, tomando en cuenta que la temperatura y la disponibilidad de agua del suelo son decisivas para la regeneración de especies arbóreas en zonas mediterráneas

[4] Entiéndase por “plántula” un estado comprendido entre el momento en que la semilla germina, hasta previo a su establecimiento definitivo (Fenner y Thompson, 2005).

(Borja, 2014), se correlacionó los datos de proporción media de plántulas sobrevivientes con los valores de temperatura promedio y contenido promedio de agua del suelo a 10 cm de toda la temporada de "Pérdida".

3.2.2 Variables y análisis de datos

Los análisis estadísticos se realizaron con el software SPSS Statistics 19.0 (SPSS IBM, 2011).

3.2.2.1 Determinación de la dinámica hídrica y térmica del suelo bajo bosques de belloto del Norte y en sus ecotonos.

Para cada Sitio se realizaron dos ANDEVA bifactoriales de Medidas Repetidas, uno para la temporada de "Recarga" y otro para la temporada de "Pérdida". Dichos análisis consideraron como primer factor a la profundidad, la cual constó de tres niveles (10, 20 y 30 cm), mientras que el segundo factor o medida repetida fue el mes, con cinco niveles en la temporada de "Recarga" y siete en la de "Pérdida" (Figura 3). Esto se hizo con ambas variables, es decir, tanto para el contenido promedio mensual de agua del suelo como para la temperatura promedio mensual del suelo. En el análisis *post-hoc* se utilizó la Prueba de Tukey al 5% (Field, 2009) con el fin de determinar las diferencias de las variables entre meses y entre profundidades.

Los datos de temperatura promedio mensual del suelo y contenido promedio mensual de agua del suelo cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Esto se comprobó utilizando la Prueba de Shapiro-Wilk y la Prueba de Levene, respectivamente, como recomienda Field (2009).

Adicionalmente, por tratarse de un ANDEVA de Medidas Repetidas, se aplicó la Prueba de Maulchy para comprobar que los datos de estas variables cumplan con el supuesto de esfericidad. En vista de que esto no ocurrió, se aplicó la corrección de grados de libertad de Greenhouse-Geisser, como aconseja Field (2009).

Tanto en la temporada de "Recarga como en la de "Pérdida" se determinaron los valores máximos y mínimos de temperatura promedio mensual y contenido promedio mensual de agua del suelo a las tres profundidades estudiadas para calcular la oscilación de estas variables.

Para la densidad aparente promedio se realizó un ANDEVA unifactorial en cada Sitio con la Prueba de Tukey al 5% para determinar las diferencias entre profundidades (Anexo 5).

3.2.2.2 Relación de los gradientes de temperatura y contenido de agua del suelo con la proporción de semillas germinadas

Con el fin de determinar la relación entre la proporción de semillas germinadas y el contenido promedio de agua del suelo, así como con los días-grado acumulados a 10 cm en el período de germinación, se utilizó el Coeficiente de Correlación de Spearman (5%), pues los valores de estas dos últimas variables no cumplieron con el supuesto de normalidad (Field, 2009).

3.2.2.3 Relación de los gradientes de temperatura y contenido de agua del suelo con el desarrollo inicial de la regeneración

Mediante el Coeficiente de Correlación de Spearman (5%) se determinó la relación entre la proporción media de plántulas sobrevivientes en cada Sitio y el contenido promedio de agua del suelo a 10 cm en la temporada de "Pérdida" (septiembre 2013-marzo 2014), haciendo lo mismo entre la proporción media de plántulas sobrevivientes y el valor de temperatura promedio del suelo a 10 cm para el mismo período.

Las variables dependientes e independientes se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Variables dependientes e independientes consideradas en este estudio

Variables independientes	Variables dependientes
• Temperatura promedio mensual del suelo (°C) a 10, 20 y 30 cm • Contenido promedio mensual de agua del suelo (m^3/m^3) a 10, 20 y 30 cm	
• Días-grado acumulados a 10 cm en el período de germinación (mayo-agosto 2013) • Contenido promedio de agua del suelo (m^3/m^3) a 10 cm en el período de germinación	• Proporción media de semillas germinadas (%)
• Temperatura promedio (°C) del suelo a 10 cm en la temporada de "Pérdida" • Contenido promedio de agua del suelo (m^3/m^3) a 10 cm en la temporada de "Pérdida"	• Proporción media de plántulas sobrevivientes (%)

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Caracterización de la dinámica hídrica del suelo bajo bosques de belloto del Norte y en sus ecotonos

4.1.1 Temporada de “Recarga”

4.1.1.1 Sitio 1

La interacción Mes x profundidad fue estadísticamente significativa (p =0,002). En la Figura 4b se observa que esto dio lugar a que los valores del contenido promedio mensual de agua del suelo a 10 cm en junio y julio hayan sido significativamente mayores a los registrados en abril y mayo. Por otro lado, los valores de esta variable a 20 cm en mayo, junio, julio y agosto fueron significativamente mayores al que se registró en abril; en tanto que los valores del contenido promedio mensual de agua del suelo a 30 cm en junio, julio y agosto fueron significativamente mayores al registrado en abril (Figura 4b).

Estos resultados se deben al régimen climático que caracteriza a la región mediterránea de Chile central, pues, según Garreaud (1994), la mayor parte de la precipitación anual en esta zona se concentra entre mayo y agosto (Figura 4a), ocasionando un incremento en el contenido de agua del suelo (Miller y Hajek, 1981), como se observa en la Figura 4b.

Adicionalmente, la interacción Mes x profundidad originó que únicamente en mayo, junio y julio el contenido promedio mensual de agua del suelo a 20 y 30 cm haya sido significativamente mayor al registrado a 10 cm (Figura 4b), coincidiendo con un aumento en las precipitaciones en los meses antes mencionados (Figura 4a).

Esto podría atribuirse a que en el Sitio 1 predominaron árboles adultos (88% de cobertura), lo que favorece la formación de macroporos (Wang *et al*., 2013), así como la acumulación de materia orgánica en los primeros centímetros de suelo (Chaturvedi *et al*., 2014), ocasionando un aumento en la porosidad y, por consiguiente, una disminución en la densidad aparente (Osman, 2013), como se observa en el Anexo 5, donde el valor más bajo para esta variable se registró a los 10 cm. Lo anterior pudo haber permitido que el agua que alcanzó la superficie haya permeado con facilidad a través de esta y se concentre en capas subyacentes del perfil edáfico (Breshears y Barnes, 1999; James *et*

al., 2003), específicamente a 20 y 30 cm, donde el suelo presentó los valores más altos de densidad aparente.

4.1.1.2 Sitio 2

En el Sitio 2 el valor del contenido promedio mensual de agua del suelo a 10 cm fue significativamente mayor al registrado a 20 y 30 cm durante la temporada de "Recarga" (Figura 4d). Esto se debe a que, al tratarse de un renoval con un 67% de cobertura arbórea (Tabla 2), los claros en el dosel pudieron haber permitido la translocación de agua proveniente de las precipitaciones (Dalsgaard, 2007), sin embargo, la presencia de estratos rocosos continuos (observación personal) pudo haber limitado el movimiento vertical del agua en el perfil (Ward y Trimble, 2004), ocasionando que esta se concentre en primeros 10 cm de suelo (Figura 4d).

Por otra parte, el contenido promedio mensual de agua del suelo en el Sitio 2 presentó diferencias significativas dependiendo del Mes ($p < 0{,}001$). En la Figura 4d se observa que los valores de esta variable en junio, julio y agosto fueron significativamente mayores a los registrados en abril y mayo, debido a que en estos últimos hubo una menor incidencia de precipitaciones (Figura 4a).

4.1.1.3 Sitio 3

En la Figura 4f se observa que el contenido promedio mensual de agua del suelo presentó diferencias significativas de acuerdo al Mes ($p < 0{,}001$). En este sentido, los valores de esta variable en junio, julio y agosto fueron significativamente mayores a los registrados en abril y mayo en respuesta a que en los tres primeros hubo una mayor influencia de las precipitaciones (Figura 4a).

Cabe señalar que en el Sitio 3 la interacción Mes x profundidad no fue estadísticamente significativa. Asimismo, el contenido promedio mensual de agua del suelo no registró diferencias estadísticas significativas con respecto a la profundidad (Anexo 3a).

Tomando en cuenta que el principal recurso para la formación de materia orgánica en el suelo proviene de la hojarasca y esta, a su vez, depende de la vegetación existente (Wood, 1988), el hecho de que el Sitio 3 haya presentado una cobertura arbórea discontinua (52%) puede haber restringido la presencia de hojarasca (Tabla 2) y, por ende, la acumulación de materia orgánica en la superficie del suelo. En consecuencia, la densidad aparente en los primeros 10 cm del suelo no difirió significativamente de la

registrada a 20 y 30 cm (Anexo 5), pues, de acuerdo a Donoso (2008), una mayor acumulación de materia orgánica tiende a disminuir los valores de esta variable. Lo anterior, sumado a la textura franco-arenosa del suelo (Anexo 2), caracterizada por una capacidad de retención hídrica moderada y una alta permeabilidad (Cogger, 2010), pudieron haber propiciado una distribución uniforme del flujo hídrico en los 30 primeros centímetros del perfil, sin que el contenido de agua del suelo haya diferido significativamente entre las tres profundidades estudiadas (Figura 4f).

4.1.2 Temporada de "Pérdida"

4.1.2.1 Sitio 1

En el Sitio 1 el contenido promedio mensual de agua del suelo no presentó diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la profundidad y la interacción Mes x profundidad no tuvo un efecto significativo (Anexo 3b). Sin embargo, esta variable presentó diferencias estadísticas significativas dependiendo del Mes ($p < 0{,}001$), por lo que el contenido promedio mensual de agua del suelo en septiembre fue superior al registrado en los meses posteriores (Figura 4c) debido a que a partir de octubre existió una disminución drástica en las precipitaciones (Figura 4a), lo que, según Bolle (2003), ocasiona una reducción en el contenido de agua del suelo.

4.1.2.2 Sitio 2

En el Sitio 2 el contenido promedio mensual de agua del suelo presentó diferencias estadísticas significativas respecto al Mes ($p < 0{,}001$), pero no de acuerdo a la profundidad (Anexo 3b). La interacción Mes x profundidad tuvo un efecto significativo sobre esta variable ($p < 0{,}001$), dando lugar a que únicamente entre septiembre y noviembre el contenido promedio mensual de agua del suelo a 10 cm haya sido significativamente mayor al registrado a 20 y 30 cm (Figura 4e), pues en estos meses la cobertura arbórea (67%) y la capa de hojarasca (5 cm de espesor) pudieron haber contribuido a minimizar las pérdidas de humedad por evaporación en la parte más superficial del suelo (Donoso, 2008), pero a medida que se manifestaron los efectos del verano, caracterizados por un incremento en la evaporación y una reducción en las precipitaciones (Holden, 2011), los valores del contenido promedio mensual de agua del suelo disminuyeron en la parte superficial (10 cm) hasta que no se diferenciaron estadísticamente de los registrados en

capas más profundas (20 y 30 cm), como se aprecia en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (Figura 4e).

Adicionalmente, la interacción Mes x profundidad ocasionó que el contenido promedio mensual de agua del suelo a 10 cm en el mes de septiembre haya sido significativamente mayor al que se registró en los meses subsiguientes. Sin embargo, a 20 y 30 cm no hubo diferencias estadísticas significativas entre meses con respecto a esta variable (Figura 4e). Esto ocurrió posiblemente porque la parte más superficial del suelo es la más influida por las condiciones atmosféricas (Minet *et al.,* 2012), que en este caso implicaron una disminución notable de las precipitaciones a partir del mes de septiembre (Figura 4a), con una consecuente reducción en el contenido de agua del suelo.

4.1.2.3 Sitio 3

En la Figura 4g se observa que en esta temporada el contenido promedio mensual de agua del suelo en el Sitio 3 presentó diferencias significativas con respecto al Mes ($p < 0{,}001$), registrando los valores más altos de esta variable en septiembre por la influencia de las precipitaciones ocurridas en los meses previos (Figura 4a); mientras que los valores más bajos para esta variable correspondieron a febrero y marzo, como consecuencia de la sequía meteorológica que se registró en dichos meses (Figura 4a). Cabe mencionar que en el Sitio 3 el contenido promedio mensual de agua del suelo no presentó diferencias estadísticas significativas entre profundidades en ninguno de los meses de la temporada de "Pérdida" (Figura 4g). Esto podría atribuirse a que el bajo porcentaje de cobertura arbórea (52%) pudo haber permitido que la radiación solar penetre en el suelo con mayor facilidad, aumentando la evaporación (Riedl y Zachar, 1984; Lal y Shukla, 2004) y haciendo que el contenido de agua del suelo presente una tendencia similar en las tres profundidades estudiadas.

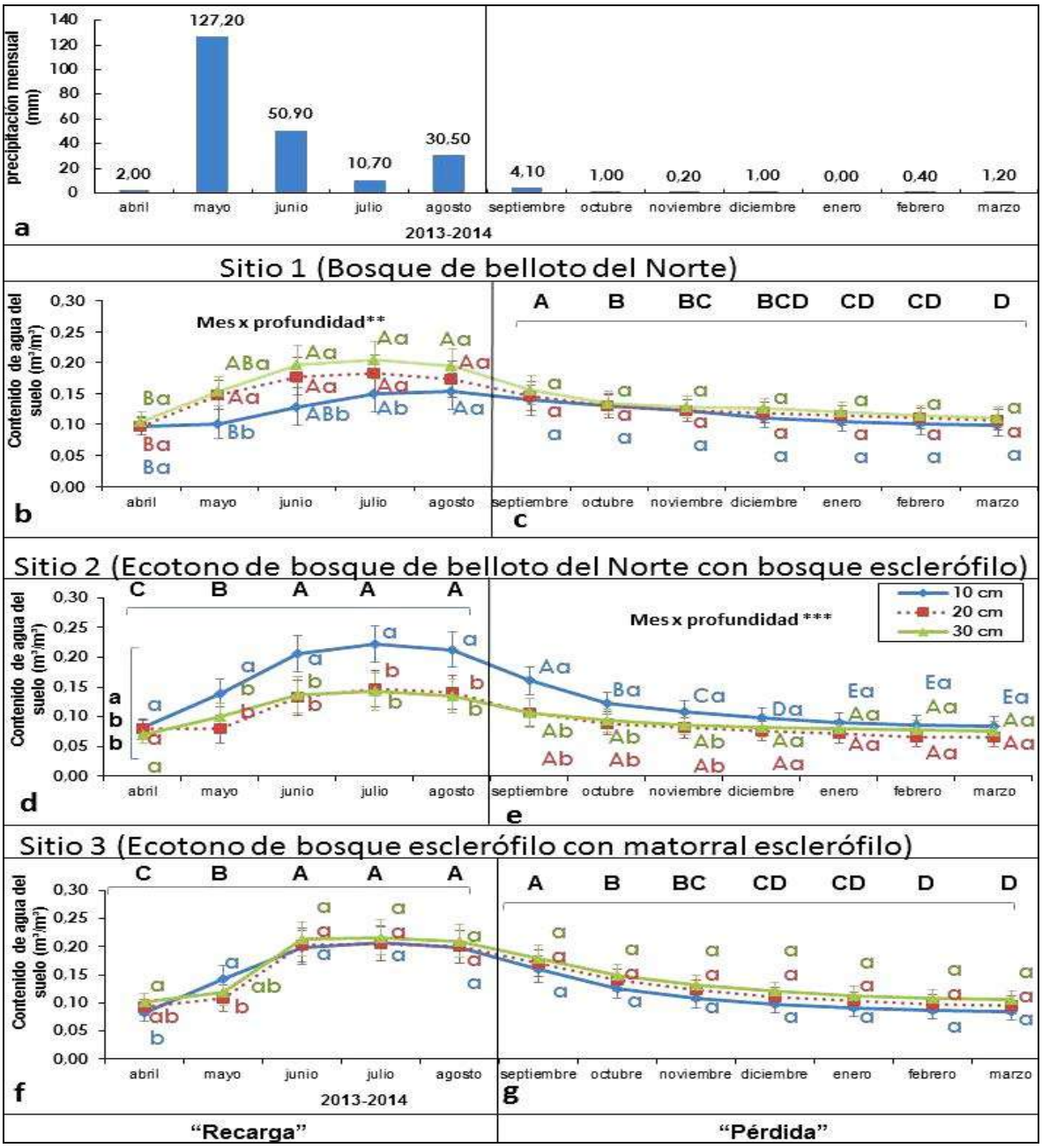


Figura 4. Precipitación promedio mensual registrada en la Estación meteorológica Isla de Maipo entre abril 2013 y marzo 2014 (**a**) (Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC, 2014). Contenido promedio mensual de agua del suelo de acuerdo a la profundidad en los tres Sitios de estudio en las temporadas de "Recarga" (**b, d** y **f**) y "Pérdida" (**c, e** y **g**). Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas significativas en función de la profundidad en cada mes. Letras mayúsculas distintas dan cuenta de las diferencias estadísticas entre meses. La significancia estadística de la interacción Mes x profundidad está dada por: *= p <0,05; **= p <0,01 y ***= p <0,001. Las barras indican +/- una desviación estándar (n=3).

4.1.3 Oscilación del contenido promedio mensual de agua del suelo en los Sitios de estudio

En la Tabla 4 se observa que, tanto en la temporada de "Recarga" como en la de "Pérdida", los Sitios 2 y 3 presentaron una mayor amplitud en la oscilación del contenido promedio mensual de agua del suelo a 10 cm, en relación al Sitio 1; lo que puede asociarse a que este último presentó el porcentaje de cobertura arbórea más alto (88%), así como la capa de hojarasca de mayor espesor (12 cm), en relación a los Sitios 2 y 3 (Tabla 2). Consecuentemente, una mayor cobertura arbórea contribuye a reducir pérdidas por evaporación e interceptar por medio del dosel una mayor cantidad de agua proveniente de las precipitaciones (Asbjornsen *et al*., 2004). Asimismo, la hojarasca protege al suelo de las fluctuaciones microclimáticas del medio (Sayer, 2006), pues intercepta el agua proveniente de las precipitaciones (Tsiko *et al*., 2012), evitando el impacto directo de las gotas de agua en la superficie edáfica (Thomas y Packham, 2007). Por otra parte, la hojarasca regula la pérdida de agua desde el suelo, impidiendo la difusión de vapor (Facelli y Pickett, 1991).

Asimismo, el Sitio 3 presentó la mayor amplitud de la oscilación del contenido promedio mensual de agua del suelo a 20 y 30 cm, en relación a los Sitios 1 y 2 en ambas temporadas (Tabla 4). Esto podría atribuirse a que el Sitio 3 estuvo situado en la parte más baja de la pendiente (Tabla 2), lo que, según Hairston y Grigal (1994) y Meixia *et al*. (2013), permite generar una mayor acumulación de flujos hídricos, especialmente cuando existen precipitaciones (temporada de "Recarga"). Asimismo, el hecho de que el Sitio 3 haya presentado el porcentaje de cobertura arbórea más bajo (52%) pudo haber permitido que el agua procedente de las precipitaciones alcance la superficie e ingrese a través del suelo con mayor facilidad (Collins *et al*., 1985; Donoso, 2008). Sin embargo, la falta de cobertura arbórea también favorece la penetración de la radiación solar en el perfil edáfico (Lal y Shukla, 2004), más aun tratándose, como en este caso, de un suelo de textura gruesa (Anexo 2) (Geiger *et al*., 1995), generando mayores pérdidas por evaporación (Donoso, 2008) y aumentando así la amplitud de la oscilación del contenido de agua del suelo (Potts *et al*., 2010; Berg, 2012).

Tabla 4. Valores máximos, mínimos y oscilación del contenido promedio mensual de agua del suelo (m³/m³) en los tres Sitios de estudio a tres profundidades (10, 20 y 30 cm), en dos temporadas: “Recarga” y “Pérdida”.

Sitio	Profundidad (cm)	**“Recarga”** (abril-agosto 2013)			**“Pérdida”** (septiembre 2013-marzo 2014)		
		Máx. (m³/m³)	Mín. (m³/m³)	Oscilación (m³/m³)	Máx. (m³/m³)	Mín. (m³/m³)	Oscilación (m³/m³)
1 (Bosque de belloto del Norte)	10	0,15	0,10	**0,05**	0,14	0,10	**0,04**
	20	0,18	0,10	**0,08**	0,14	0,11	**0,03**
	30	0,20	0,11	**0,09**	0,16	0,11	**0,05**
2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo)	10	0,22	0,08	**0,14**	0,16	0,08	**0,08**
	20	0,15	0,08	**0,07**	0,11	0,07	**0,04**
	30	0,14	0,07	**0,07**	0,11	0,08	**0,03**
3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo)	10	0,21	0,08	**0,13**	0,16	0,08	**0,08**
	20	0,21	0,09	**0,12**	0,17	0,10	**0,07**
	30	0,22	0,10	**0,12**	0,18	0,11	**0,07**

4.2 Caracterización de la dinámica térmica del suelo bajo bosques de belloto del Norte y en sus ecotonos

4.2.1 Temporada de “Recarga”

En el Anexo 4a se observa que en los tres Sitios de estudio la temperatura promedio mensual del suelo no presentó diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la profundidad y la interacción Mes x profundidad no tuvo un efecto significativo. Sin embargo, esta variable presentó diferencias significativas de acuerdo al Mes ($p < 0{,}001$) en los tres Sitios, exhibiendo los valores más altos en abril y los más bajos en junio, julio y agosto (Figuras 5b, 5d y 5f).

La temperatura atmosférica está relacionada con el calor que es proporcionado a través de la radiación solar de onda corta (Denecke y Carr, 2007; Donoso, 2008). En este sentido, durante períodos de invierno (junio, julio y agosto), donde existe una menor incidencia de este tipo de radiación, la temperatura atmosférica disminuye (Denecke y Carr, 2007) (Figura 5a), ocasionando que la superficie del suelo sea más fría en relación al subsuelo, lo cual da lugar a un gradiente térmico que permite la transferencia de calor en forma vertical desde el interior del suelo hacia la superficie (Horton y Tyson, 2012; Pramanik y Aggarwal, 2013). Esto ocurre debido a que el calor se mueve verticalmente desde zonas de mayor energía cinética (mayor temperatura) hasta otras de menor energía cinética (menor temperatura) (Horton y Tyson, 2012).

Asimismo, el hecho de que durante junio, julio y agosto se hayan registrado los valores de temperatura promedio mensual más bajos en la temporada de “Recarga” en los tres Sitios puede asociarse a que en dichos meses se presentaron los valores más altos de contenido promedio mensual de agua del suelo (Figuras 4b, 4d y 4f), pues, según Donoso (2008) y Osman (2013), cuando las partículas de suelo están mojadas es más difícil que su temperatura se eleve, debido a que el agua tiene un alto calor específico (calor necesario para elevar en un grado centígrado la temperatura de un gramo de una substancia), el cual es cinco veces mayor al que presentan las partículas de suelo.

Adicionalmente, en la Figura 5f se observa que únicamente en los meses de mayo y junio, los valores de temperatura promedio mensual del suelo registrados en el Sitio 3 a 20 y 30 cm fueron significativamente mayores a los presentados a 10 cm. Esto se atribuye a que, debido a la escasa cobertura arbórea (52%) y la falta de hojarasca (espesor promedio de

0 cm), los primeros centímetros de suelo en el Sitio 3 estuvieron más propensos a la disminución en las temperaturas atmosféricas que hubo en mayo y junio (Figura 5a), en relación a las capas de suelo subyacentes (20 y 30 cm), pues, según Hadas (2008) y Donoso (2008), la vegetación y la hojarasca poseen un efecto aislante que evita las pérdidas de calor por reirradiación desde el suelo durante los meses de invierno.

4.2.2 Temporada de "Pérdida"

Durante esta temporada en ninguno de los tres Sitios la temperatura promedio mensual del suelo presentó diferencias estadísticas significativas con respecto a la profundidad y la interacción Mes x profundidad no tuvo significancia estadística sobre dicha variable (Anexo 4b). Sin embargo, en los tres Sitios la temperatura promedio mensual del suelo presentó diferencias significativas de acuerdo al Mes ($p < 0{,}001$), registrando los valores más altos en enero y febrero, mientras que el valor más bajo se presentó en septiembre (Figuras 5c, 5e y 5g), coincidiendo con el comportamiento de la temperatura atmosférica promedio mensual (Figura 5a).

Estos resultados demuestran que los cambios que se producen en la interfase suelo-atmósfera afectan la temperatura del suelo, como señalan Syltie (2002) y Hillel (2003). En este sentido, a medida que se presentan los efectos del verano, caracterizados por una mayor radiación de onda corta proveniente del sol, las temperaturas del aire circundante a la superficie aumentan (Donoso, 2008). Esto ocasiona que la temperatura en los primeros centímetros del suelo sea mayor a la que se registra en capas subyacentes, creando un gradiente térmico que permite que el flujo de calor se dirija verticalmente desde las capas más cercanas a la superficie hacia capas situadas a mayor profundidad (Horton y Tyson, 2012; Pramanik y Aggarwal, 2013).

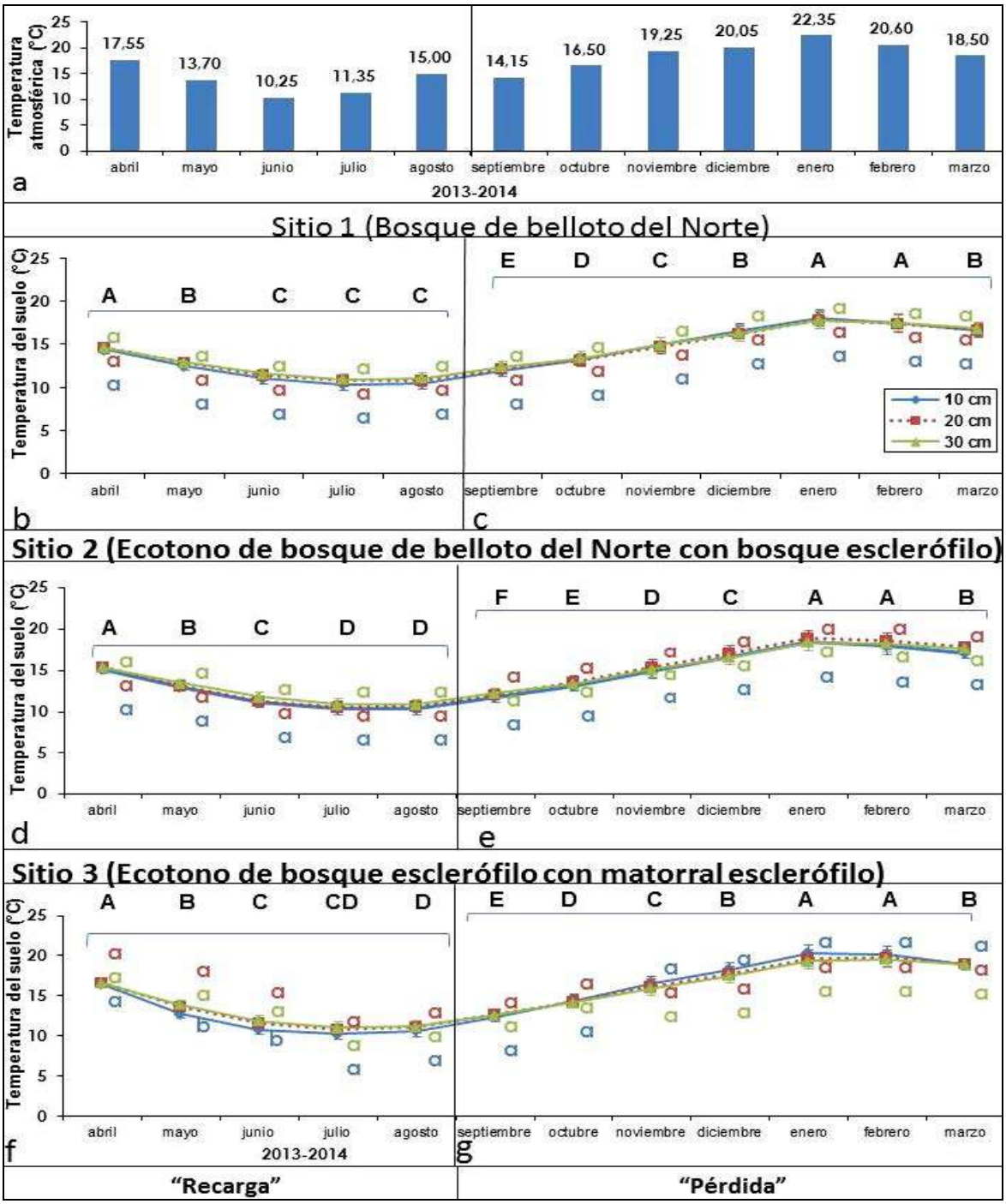


Figura 5. Temperatura atmosférica promedio mensual en la Estación meteorológica Isla de Maipo entre abril 2013 y marzo 2014 (**a**) (Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC, 2014). Temperatura promedio mensual del suelo en función de la profundidad en los tres Sitios en las temporadas de "Recarga" (**b, d** y **f**) y "Pérdida" (**c, e** y **g**). Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas significativas en función de la profundidad en cada mes. Letras mayúsculas distintas dan cuenta de las diferencias estadísticas entre meses. Las barras indican +/- una desviación estándar (n = 3).

4.2.3 Oscilación de la temperatura promedio mensual del suelo en los Sitios de estudio

En la Tabla 5 se observa que, tanto en la temporada de “Recarga” como en la temporada de “Perdida”, el Sitio 3 presentó la mayor amplitud en la oscilación de la temperatura promedio mensual del suelo a las tres profundidades analizadas.

Dichos resultados se atribuyen a que los lugares con menos cobertura arbórea (Sitio 3), están más propensos a las condiciones atmosféricas, presentando mayores oscilaciones en relación a zonas con más cobertura arbórea (Sitios 1 y 2) (Osman, 2013). Esto se debe a que el dosel afecta el intercambio de energía en la superficie, generando sombra y reduciendo la radiación solar directa (Miller, 1983). Asimismo, la vegetación arbórea emite radiación de onda larga hacia la superficie y recibe desde ella radiación solar reflejada y radiación de onda larga (Miller, 1983). En consecuencia, el dosel limita el aumento de la temperatura en verano (Breshears *et al*., 1998; Donoso, 2008), mientras que en invierno impide el enfriamiento, disminuyendo la pérdida de calor desde el suelo y, por consiguiente, el descenso de la temperatura (Stanton y Chilton, 1972; Donoso, 2008).

Adicionalmente, el que la menor amplitud en la oscilación de la temperatura promedio del suelo a las tres profundidades se haya registrado en los Sitios 1 y 2 puede atribuirse a que estos presentaron los valores más bajos de densidad aparente a 10, 20 y 30 cm, en relación al Sitio 3 (Anexo 5). Esto puede asociarse a que las zonas con un mayor porcentaje de cobertura arbórea y hojarasca (Sitios 1 y 2) generalmente tienen una mayor acumulación de materia orgánica (Wood, 1988), la cual tiene menor conductividad térmica en comparación a las partículas minerales del suelo, debido a que posee mayor porosidad y, por ende, menor área de contacto entre partículas (Osman, 2013).

Es importante resaltar el rol de la hojarasca, la cual tuvo un mayor espesor promedio en el Sitio 1 (12 cm), seguido por el Sitio 2 (5 cm) y el Sitio 3 (0 cm). Este factor pudo haber ayudado a aminorar las oscilaciones térmicas del suelo en los Sitios 1 y 2, pues según Ponte (2004) y Stanton y Chilton (1972), las variaciones de temperatura del suelo no son muy severas cuando existen capas gruesas de hojarasca, debido a que esta posee una baja conductividad térmica.

Adicionalmente, se observa que en ambas temporadas la oscilación de la temperatura promedio mensual del suelo disminuyó con la profundidad en los tres Sitios (Tabla 5). Esto se atribuye a que el flujo de calor se conduce lentamente a través del suelo y en la superficie la temperatura fluctúa con mayor facilidad en comparación con el subsuelo, porque está más propensa a los cambios atmosféricos (Osman, 2013).

Por otro lado, en la Tabla 5 se aprecia que las oscilaciones en la temporada de "Recarga" tuvieron una mayor amplitud, en comparación a las registradas en la temporada de "Pérdida" en los tres Sitios y a las tres profundidades estudiadas. Esto se debe a que en la temporada de "Recarga" se registraron valores más altos de contenido promedio mensual de agua del suelo (Figuras 4b, 4d y 4f), pues, según Schaetzl y Thompson (2015), el agua posee un alto calor específico que le permite absorber o perder grandes cantidades de energía con cambios mínimos en su temperatura, por lo cual los suelos húmedos se calientan y enfrían con menos rapidez que los suelos secos.

Tabla 5. Valores máximos, mínimos y oscilación de la temperatura promedio mensual del suelo en los tres Sitios de estudio a tres profundidades (10, 20 y 30 cm), en dos temporadas: "Recarga" y "Pérdida".

Sitio	Profundidad	**"Recarga"** (abril-agosto 2013)			**"Pérdida"** (septiembre 2013-marzo 2014)		
		Máx. (°C)	Mín. (°C)	Oscilación (°C)	Máx. (°C)	Mín. (°C)	Oscilación (°C)
1 (Bosque de belloto del Norte)	10	14,38	10,36	**4,02**	18,07	11,88	**7,58**
	20	14,59	10,79	**3,80**	17,79	12,13	**7,00**
	30	14,61	10,97	**3,64**	17,82	12,43	**6,76**
2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo)	10	15,12	10,32	**4,80**	18,40	11,77	**6,67**
	20	15,37	10,56	**4,81**	18,93	12,14	**6,79**
	30	15,36	10,84	**4,52**	18,43	12,23	**6,20**
3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo)	10	16,44	10,18	**6,26**	20,31	12,32	**7,99**
	20	16,64	10,82	**5,82**	19,72	12,63	**7,09**
	30	16,60	11,01	**5,59**	19,53	12,60	**6,93**

4.3 Relación de los gradientes de humedad y temperatura del suelo con la proporción de semillas germinadas

4.3.1 Relación de la proporción de semillas germinadas con el contenido promedio de agua del suelo en el período de germinación

En la Figura 6 se observa que no hubo una correlación positiva estadísticamente significativa entre el contenido promedio de agua del suelo a 10 cm en el período de germinación y la proporción media de semillas germinadas en cada Sitio.

A pesar de que se esperaría una relación positiva entre ambas variables, debido a que las semillas de belloto del Norte son recalcitrantes y poseen altos requerimientos hídricos para germinar (Bustamante y Simonetti, 2000; Becerra *et al*., 2004), estos resultados indican que, en este caso, un mayor contenido de agua en el suelo no representó necesariamente un aumento en la proporción media de semillas germinadas en los tres Sitios de estudio, lo cual permite inferir que hay otras variables que influyen en dicha relación. Este podría ser el caso de la hojarasca, la cual ha demostrado favorecer la germinación de belloto del Norte en situaciones de déficit hídrico (Becerra *et al*., 2004), facilitando la retención de humedad (Eckstein y Donath, 2005; Sotes *et al*., 2013) y, por consiguiente, la imbibición de las semillas (Facelli *et al*., 1999). Por lo anterior, en la Figura 6 se observa que, independientemente del contenido de agua del suelo, los Sitios 1 y 2, cuya capa de hojarasca tuvo un espesor promedio de 12 y 5 cm, respectivamente, presentaron una mayor proporción de semillas germinadas, en relación al Sitio 3, donde la capa de hojarasca registró un espesor promedio de 0 cm.

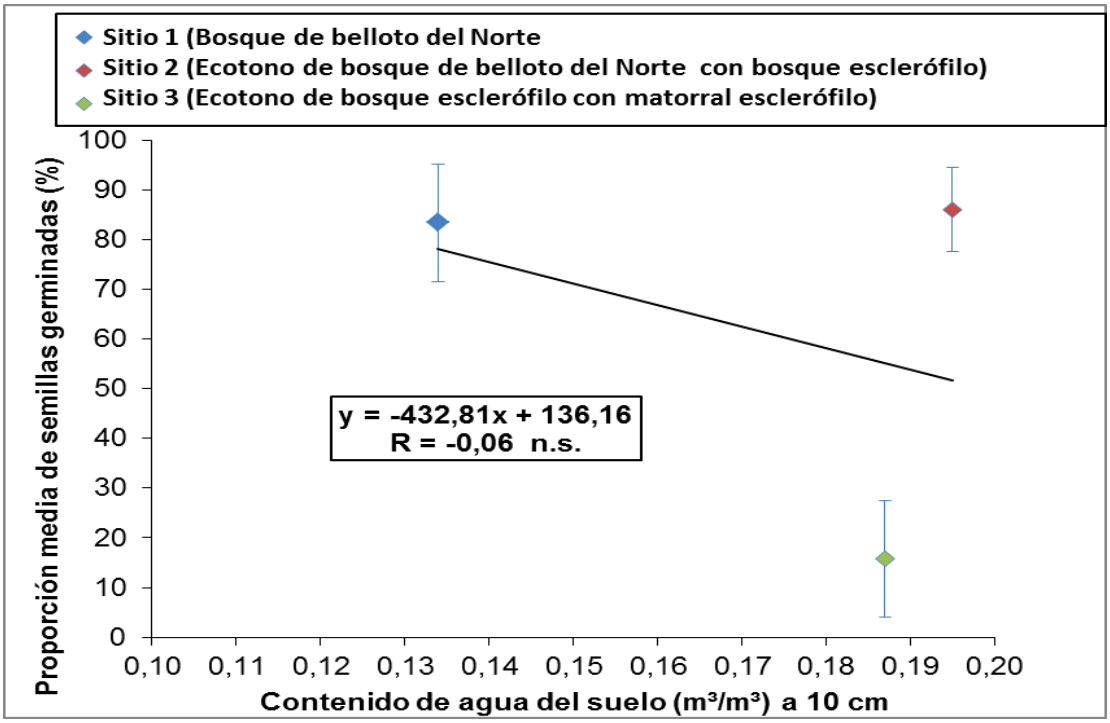


Figura 6. Correlación entre el contenido promedio de agua del suelo a 10 cm en el período de germinación (mayo-agosto 2013) y la proporción media de semillas germinadas en cada Sitio. Las barras indican +/- una desviación estándar (n=4).

4.3.2 Relación de la proporción de semillas germinadas con los días-grado acumulados en el período de germinación

En la Figura 7 se observa que hubo una correlación positiva estadísticamente significativa entre la proporción de semillas germinadas en cada Sitio y los días-grado acumulados a 10 cm en este período.

Considerando que el rango óptimo de germinación para belloto del Norte es de 10-15 °C (Cabello y Anselmo, 1999), cabe señalar que durante el período de germinación no se registraron temperaturas diarias máximas que superen el límite superior de este rango (>15 °C). Sin embargo, si hubo temperaturas mínimas subóptimas (<10 °C), las cuales en ningún caso fueron menores a la temperatura base para la germinación de esta especie (5 °C), propuesta por Cabello y Anselmo (1999). Por lo anterior, se infiere que una mayor cantidad de días-grado habría permitido alcanzar el rango óptimo de germinación con más facilidad, pues a pesar de que el belloto del Norte requiere temperaturas bajas para

romper la latencia fisiológica[5] de las semillas (Cabello y Anselmo, 1999; Figueroa y Jaksic, 2004), un aumento de temperatura hacia el rango óptimo puede estimular la germinación (Fenner y Thompson, 2005), facilitando la producción de enzimas para la elongación del embrión y el aparecimiento de la radícula por sobre la cubierta seminal (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006).

Asimismo, estos resultados indican que el rango óptimo de germinación determinado por Cabello y Anselmo (1999) en condiciones de laboratorio concuerda con el rango óptimo de germinación de esta especie en estado natural, lo cual confirma lo sostenido por Vázquez-Yanes (1976), quien asevera que el rango óptimo de germinación corresponde a un mecanismo de adaptación de las especies a su hábitat.

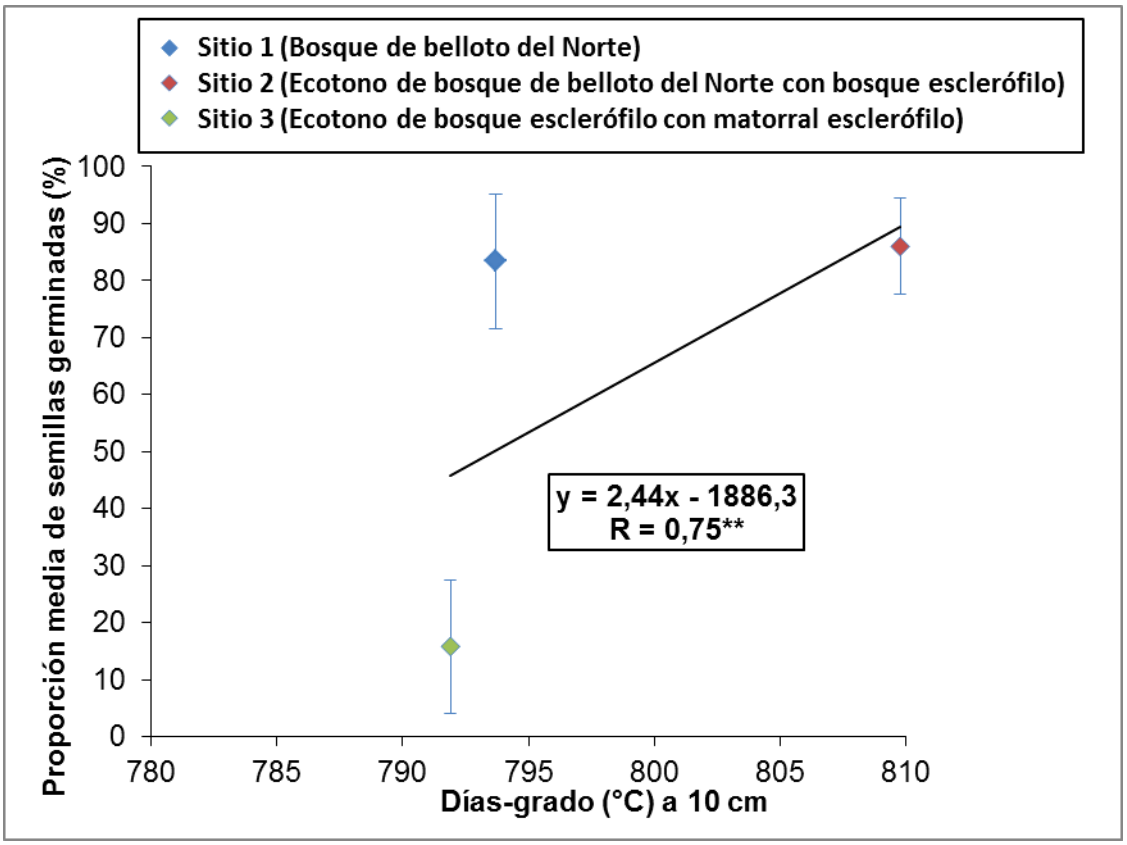


Figura 7. Correlación entre los días-grado acumulados a 10 cm en el período de germinación (mayo-agosto 2013) y la proporción media de semillas germinadas en cada Sitio. Las barras indican +/- una desviación estándar (n=4).

[5] La latencia endógena de tipo fisiológico se da cuando las semillas, a pesar de estar maduras anatómicamente, no pueden germinar hasta que ocurran complejos cambios fisiológicos en el embrión, los cotiledones o el endosperma. La latencia se asocia con la incapacidad del embrión para movilizar y utilizar las reservas del endosperma y los cotiledones (Arnáez y Moreira, 1996).

4.4 Relación de los gradientes de temperatura y contenido de agua del suelo con el desarrollo inicial de la regeneración

4.4.1 Relación entre el contenido promedio de agua del suelo en la temporada de "Pérdida" y la proporción media de plántulas sobrevivientes

En la Figura 8 se observa que existió una correlación positiva estadísticamente significativa entre el contenido promedio de agua del suelo registrado a 10 cm durante la temporada de "Pérdida" y la proporción media de plántulas sobrevivientes.

Esto se explica por el hecho de que el belloto del Norte es una especie altamente sensible a la escasez hídrica (Novoa, 2004), de manera que las plántulas de especies con esta característica tienen mayores posibilidades de resistir los efectos de la sequía en lugares con mayor cobertura arbórea (Sitio 1), en comparación a zonas con mayor cantidad de claros (Sitios 2 y 3) (Monnier *et al*., 2013; von Arx *et al.,* 2013), pues el dosel (Marañón *et al*., 2004; Donoso, 2008) y la hojarasca (Sayer, 2006) evitan la difusión de vapor y permiten una mayor retención de humedad en el suelo (Facelli y Pickett, 1991).

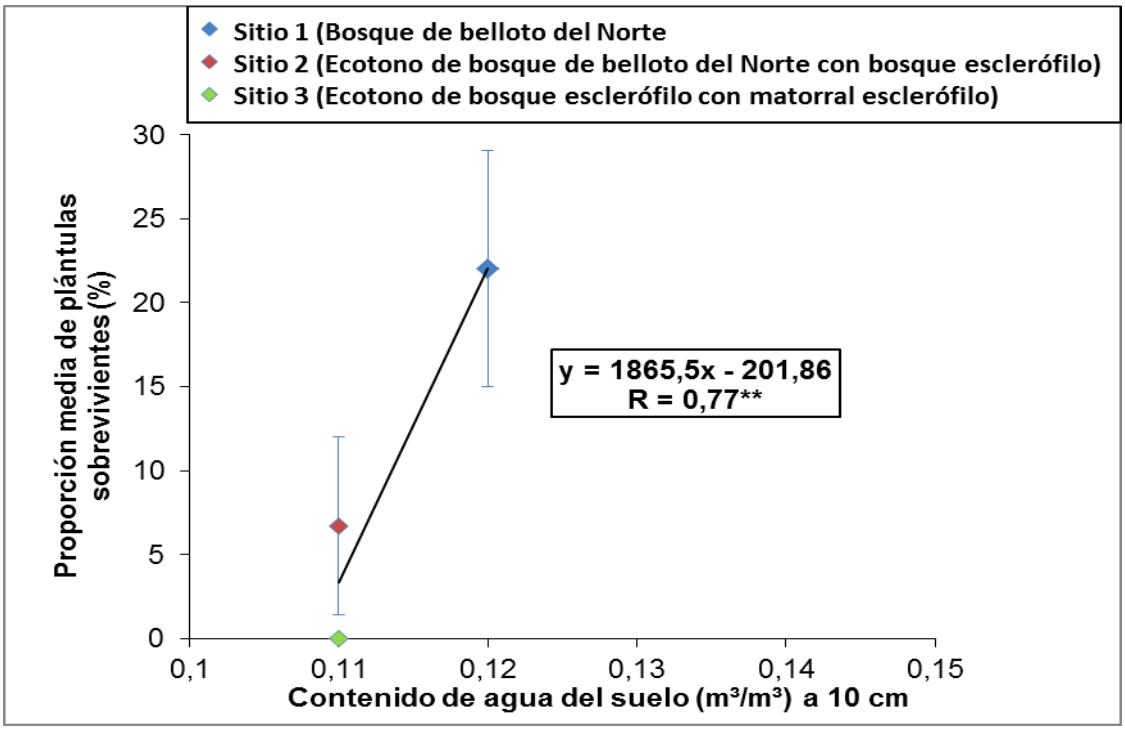


Figura 8. Correlación entre el contenido promedio de agua del suelo a 10 cm en la temporada de "Pérdida" y la proporción media de plántulas sobrevivientes en cada Sitio**.** Las barras indican +/- una desviación estándar (n=4).

4.4.2 Relación entre la temperatura promedio del suelo en la temporada de “Pérdida” y la proporción media de plántulas sobrevivientes

En la Figura 9 se observa que existió una correlación negativa estadísticamente significativa entre los valores promedio de temperatura del suelo a 10 cm en la temporada de “Pérdida” y la proporción media de plántulas sobrevivientes.

El que la proporción media de plántulas sobrevivientes haya aumentado en lugares con menos temperatura del suelo puede atribuirse al efecto de la vegetación sobre el microclima. En este sentido, cabe mencionar que el Sitio 1 presentó un mayor porcentaje de cobertura arbórea en comparación a los Sitios 2 y 3 (Tabla 2), lo que pudo haber limitado el ingreso de radiación solar, disminuyendo el déficit de presión de vapor, la temperatura del aire, la temperatura del suelo y, por consiguiente, la pérdida de agua por evaporación y transpiración (Gómez-Aparicio *et al.,* 2004; Donoso, 2008), favoreciendo la supervivencia de las plántulas de esta especie. Adicionalmente, cabe señalar que en el Sitio 1 hubo más árboles adultos de belloto del Norte (Tabla 2), así como una mayor proporción de plántulas de regeneración (Figura 9), lo cual podría ser un indicio de algún tipo de facilitación o lo que Sotes *et al*. (2013) denominan “efecto nodriza”.

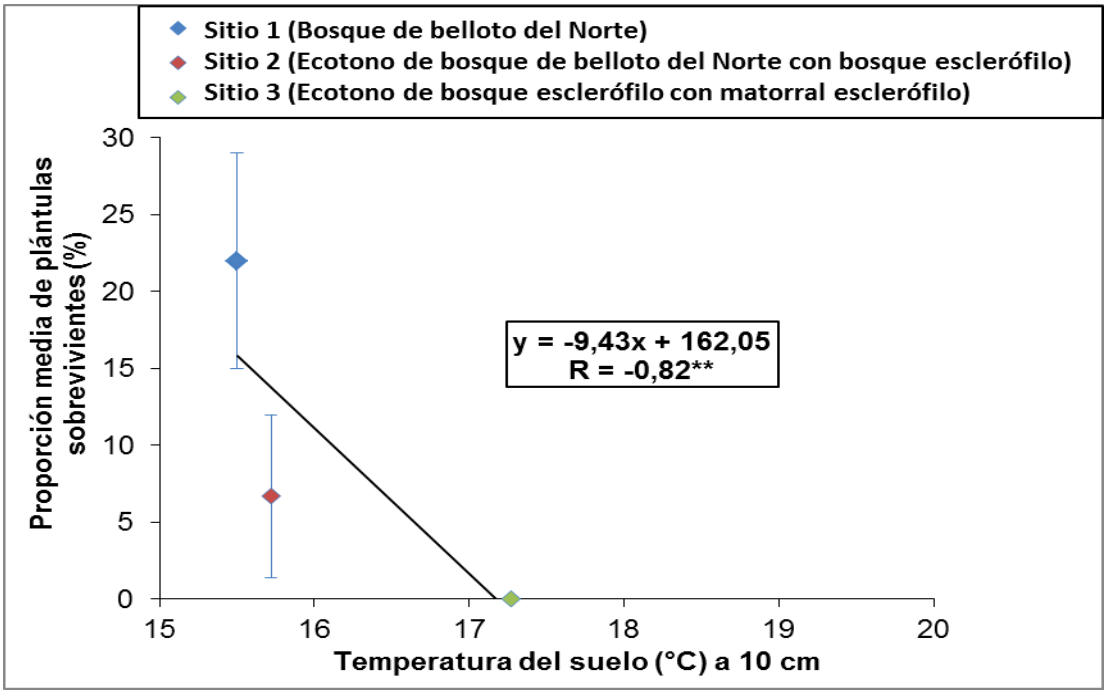


Figura 9. Correlación entre la temperatura promedio del suelo a 10 cm en la temporada de “Pérdida” (septiembre 2013-marzo 2014) y la proporción media de plántulas sobrevivientes en cada Sitio**.** Las barras indican +/- una desviación estándar (n=4).

Folio009860

4.5 Medidas para favorecer la germinación y el desarrollo inicial de la regeneración de belloto del Norte para fines de conservación

Con base en los resultados expuestos anteriormente se recomiendan las siguientes prácticas para favorecer la germinación y el desarrollo inicial de la regeneración de belloto del Norte en la zona de estudio:

- La mayor proporción media de semillas germinadas se registró en presencia de hojarasca, específicamente en los Sitios 1 y 2, con un espesor promedio de 12 y 5 cm, respectivamente. Por tal motivo, se sugiere mantener una capa de hojarasca con un espesor promedio de al menos 5 cm y controlar el aprovechamiento de este recurso en zonas de regeneración de esta especie, pues en el sector de Altos de Cantillana y en toda la Región Metropolitana la extracción de tierra de hoja es una actividad que se realiza hasta el momento sin ninguna restricción de tipo legal (CONAMA, 2007; Ramírez *et al*., 2007; SINIA, 2014).

- Para la germinación de semillas de belloto del Norte, considerando una capa de hojarasca con un espesor de al menos 5 cm, se recomienda mantener a 10 cm de profundidad valores de contenido promedio mensual de agua del suelo mayores a 0,14 m^3/m^3, así como valores de temperatura promedio diaria del suelo entre 10 y 15°C.

- Tomando en cuenta que la mayor proporción media de plántulas sobrevivientes se registró en el Sitio 1, se recomienda mantener a 10 cm de profundidad una temperatura promedio mensual de 12 a 18°C, así como un contenido promedio mensual de agua del suelo no menor a 0,10 m^3/m^3.

- Asimismo, se hace fundamental preservar el mayor porcentaje posible de cobertura arbórea sobre zonas de regeneración, pues los árboles adultos de belloto del Norte, a más de constituir una fuente de semillas, facilitan la supervivencia de plántulas (“efecto nodriza”), proveyendo hojarasca, sombra y resguardándolas de la desecación, especialmente en épocas de déficit hídrico.

Folio009861

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación demostró que, tanto en la temporada de “Recarga” (abril-agosto 2013) como en la de “Pérdida” (septiembre 2013-marzo 2014), el contenido promedio mensual de agua del suelo en cada uno de los tres Sitios varió de acuerdo al Mes, la profundidad, o bien, debido a la interacción entre ambos factores. Estas variaciones pudieron estar influenciadas principalmente por la distribución temporal de las precipitaciones, el porcentaje de cobertura arbórea, el espesor promedio de la hojarasca y las características físicas del suelo (densidad aparente y textura). En tal sentido, es posible que los Sitios con menos hojarasca y cobertura arbórea (Sitios 2 y 3) hayan tenido más aportación de agua por parte de las precipitaciones y mayores pérdidas por evaporación, registrando una mayor amplitud en la oscilación del contenido promedio mensual del agua del suelo a 10 cm en ambas temporadas, en relación al Sitio 1. En tanto que a 20 y 30 cm de profundidad, el Sitio 3 presentó la mayor amplitud de la oscilación de esta variable, en comparación a los Sitios 1 y 2.

Tanto en la temporada de “Recarga” como en la de “Pérdida” la temperatura promedio mensual del suelo presentó diferencias estadísticas significativas de acuerdo al Mes en los tres Sitios, lo cual se puede atribuir a los cambios temporales en las temperaturas atmosféricas. Por otro lado, a medida que aumentó el porcentaje de cobertura arbórea y el espesor de la capa de hojarasca, la amplitud de la oscilación de la temperatura promedio mensual del suelo disminuyó a las tres profundidades en el siguiente orden: Sitio 3>Sitio 2>Sitio 1, demostrando que las zonas con más cobertura arbórea y hojarasca estuvieron menos propensas a los cambios atmosféricos.

Según estos resultados, la proporción media de semillas germinadas de esta especie no tuvo una relación estadísticamente significativa con el contenido promedio de agua del suelo a 10 cm en el período de germinación, lo que podría atribuirse a que hay otras variables que influencian dicha relación, tal es el caso de la hojarasca, la cual, según Becerra *et al*. (2004) y Kremer (2015), protege a la semilla de la desecación. Por otro lado, hubo una relación positiva estadísticamente significativa entre la proporción media de semillas germinadas y los días-grado a 10 cm, pues considerando que durante el período de germinación las temperaturas promedio diarias del suelo a esta profundidad estuvieron entre el límite mínimo (5° C) y el rango óptimo (10-15 °C) recomendado por

Cabello y Anselmo (1999) para esta especie, es posible que una mayor cantidad de días-grado haya permitido alcanzar el rango óptimo con más facilidad, aumentando así la tasa de germinación.

La proporción de plántulas sobrevivientes de esta especie presentó una relación positiva estadísticamente significativa con el contenido promedio de agua del suelo a 10 cm y una relación negativa estadísticamente significativa con la temperatura promedio del suelo a 10 cm en la temporada de “Pérdida”. Esto se atribuye a que, según Novoa (2004), se trata de una especie sensible a la desecación. En este sentido, el desarrollo inicial de la regeneración fue favorecido en zonas con un mayor porcentaje de cobertura arbórea y mayor cantidad de hojarasca, como el Sitio 1, donde la vegetación, al parecer, ejerció un efecto nodriza sobre las plántulas, brindándoles sombra y resguardándolas de la deshidratación que ocasiona el aumento de la temperatura ambiental en períodos de sequía meteorológica.

Cabe señalar que los valores de temperatura y contenido de agua del suelo recomendados en este estudio no pueden ser necesariamente extrapolados a toda situación, ya que un rango más amplio de decisión ameritaría realizar estudios en otras localidades de distribución de belloto del Norte, considerando un período más prolongado de mediciones.

Asimismo, vale mencionar que las acciones para la conservación de esta especie no solo deberían tomar en cuenta los aspectos mencionados en este estudio, sino muchos otros, como por ejemplo el control de la pérdida y fragmentación del hábitat, pues, según Wen y Cai (2014), las plantas de semillas recalcitrantes son altamente dependientes de la continuidad de los bosques para su germinación y establecimiento. Asimismo, Guerrero y Bustamante (2009) sostienen que en la zona mediterránea de Chile central las plantas intolerantes a la sequía son más propensas a disminuir su regeneración en bosques fragmentados. Adicionalmente, se recomienda realizar estudios que involucren otras variables como la depredación de semillas y plántulas de belloto del Norte, pues, de acuerdo a Fenner y Thompson (2005), son aspectos que pueden influir de manera determinante en la regeneración de las especies arbóreas.

6. BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE-SALADO, C. A., VALDEZ-LAZALDE, J. R., ÁNGELES-PÉREZ, G., DE LOS SANTOS-POSADAS, H. M., y AGUIRRE-SALADO, A. I. 2011. Mapeo del índice de área foliar y cobertura arbórea mediante fotografía hemisférica y datos SPOT 5 HRG: regresión y k-nn. Agrociencia 45(1): 105-119.

AMIGO, J. y FLORES-TORO, L. 2012. Syntaxonomical revision of the sclerophyllous woodlands in Central Chile: the Cryptocaryon albae alliance. Lazaroa 33: 171-196.

ARNÁEZ, E y MOREIRA, I. 1996. La Semilla: elemento primordial en la Conservación. En: CURSO REGIONAL de Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales: mayo 27 a junio 7 de 1996. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. pp. 8-14.

ARROYO, M. T. K. y CAVIERES, L. 1997. The Mediterranean-type climate flora of central Chile-What do we know and how can we assure its protection. Noticiero de Biología 5: 48-56.

von ARX, G., GRAF PANNATIER, E., THIMONIER, A. y REBETEZ, M. 2013. Microclimate in forests with varying leaf area index and soil moisture: potential implications for seedling establishment in a changing climate. Journal of Ecology 101 (5): 1201–1213.

ASBJORNSEN, H., ASHTON, P. M. S., VOGT, D. y PALACIOS, S. 2004. Effects of habitat fragmentation on the buffering capacity of edge environments in a seasonally-dry tropical oak forest ecosystem in Oaxaca, Mexico. Agriculture Ecosystems & Environment 103(3):481–95.

BAI, Y., SCOTT, T. y Q. MIN. 2014. Climate change implications of soil temperature in the Mojave Desert, USA. Frontiers of Earth Science 8(2): 302-308.

BARIK, S., TRIPATRI, S., PANDEY, H. y RAO, P. 1996. Tree Regeneration in a Subtropical Humid Forest: Effect of Cultural Disturbance on Seed Production, Dispersal and Germination. Journal of Applied Ecology 33 (6): 1551-1560.

BECERRA, P., J. CELIZ-DEZ y R. O. BUSTAMANTE. 2004. Effects of leaf litter and precipitation on germination and seedling survival of the endangered tree *Beilschmiedia miersii*. Applied Vegetation Science 7: 253-257.

BERG, M. P. 2012. Patterns of biodiversity at fine and small spatial scales. En: WALL, D. H. (Ed.) Soil Ecology and Ecosystem Services. Oxford University Press, Oxford. pp. 136-149.

BEWLEY, J. D. BLACK, M. y HALMER, P. 2006. The Encyclopedia of Seeds, Science Technology & Uses. CABI international, Londres. 844 p.

BINKLEY, D. y FISHER, R. 2013. Ecology and management of forest soils. 4ª ed. Wiley, Sussex, Reino Unido. 347 p.

BOLLE, H. J. 2003. Climate, climate variability, and impacts in the Mediterranean area: an overview. En: BOLLE, H. J. (ed.) Mediterranean Climate. Springer-Verlag, Berlín. pp. 5-86.

BORJA, M. E. L. 2014. Climate Change and Forest Natural Regeneration in Mediterranean Mountain Areas. Forest Research 3: e108.

BRESHEARS, D., J. NYHAN, C. HEIL y B. WILCOX. 1998. Effects of Woody Plants on Microclimate in a Semiarid Woodland: Soil Temperature and Evaporation in Canopy and Intercanopy Patches. International Journal of Plant Sciences 159 (6):1010-1017.

BRESHEARS, D. y BARNES, F. 1999. Interrelationships between plant functional types and soil moisture heterogeneity for semiarid landscapes within the grassland/forest continuum: a unified conceptual model. Landscape Ecology 14(5): 465-478.

BRITO, E. y FLORES-TORO, L. 2014. Estructura y dinámica de los bosques de belloto el Norte (*Beilschmiedia miersii*) de la Cordillera El Melón, Comuna de Nogales, Región de Valparaíso, Chile. Bosque (Valdivia) 35(1): 13-21.

BUSTAMANTE, R. y J. SIMONETTI. 2000. Seed predation and seedling recruitment in plants: the effect of the distance between parents. Plant Ecology 147: 173-183.

CABELLO, A., 2007. *Beilschmiedia miersii*. En: DONOSO, C. (Ed.). Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Marisa Cuneo Ediciones, Valdivia. pp. 180-185.

CABELLO, A. y ANSELMO, M. 1999. Algunos factores que inciden en la germinación y producción de plantas de *Beilschmiedia miersii* (Belloto del Norte). Centro de Estudios de Semillas de Árboles Forestales (Chile) N° 9. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura. [en línea] <http://uchile.cl/facultades/cs_forestales/cesaf> [consulta: 30 mayo 2013]

CASTILLO, J. C. y MORENO, G. 2002. Semillas forestales del bosque nativo chileno. Editorial Universitaria, Santiago Chile. 241 p.

CENTRO EULA-CHILE, 2004. Establecimiento de un Ordenamiento Territorial orientado a la protección y uso sustentable del área de Cordón de Cantillana. Concepción, Chile, Universidad de Concepción. [En línea] <http://www.sinia.cl/1292/articles-37027_eula.pdf> [consulta: 10 julio 2013]

CHATURVEDI, O. P., KAUSHAL, R., TOMAR, J. M. S., PRANDIYAL, A. K. y PANWAR, P. 2014. Agroforestry for Wasteland Rehabilitation: Mined, Ravine, and Degraded Watershed Areas. In Agroforestry Systems in India: Livelihood Security & Ecosystem Services. En: DAGAR, J. C., SINGH, A. K., y ARUNACHALAM, A. (Eds.). Agroforestry Systems in India: Livelihood Security & Ecosystem Services. Springer, India. pp. 233-271.

COGGER, C. 2010. Soil Science. En: WASHINGTON STATE UNIVERSITY EXTENTION. Master Gardener Manual. Washington State University, Pullman, WA. pp. 30-52.

COLLINS, B. S., DUNE, K. P. y PICKETT, S. T. A. 1985. Responses of forest herbs to canopy gaps. En: PICKETT, S. T. A. y WHITE, P. S. (Eds.). The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, Orlando, FL. pp. 217-234.

CONAMA (COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE). 2006. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Informe Final Texto Realizado por Departamento de Geofísica Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Comisión

Nacional del Medio Ambiente. [en línea] <http://www.dgf.uchile.cl/PRECIS/articles-39442_pdf_Estudio_texto.pdf.Accessed 24 February 2011>. [consulta: 15 julio 2013]

CONAMA (COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE). 2007. Profundización de la línea de base ambiental y ecológica del sector de mayor valor ecológico del Cordón de Cantillana. Comisión Nacional de Medio Ambiente. [En línea] <https://www.google.cl/interstitial?url=http://www.librorojo.cl/wpcontent/uploads/sitiosprioritarios/Linea_base_ambiental_y_ecologica_Cantillana.pdf> [consulta: 25 julio 2013]

COPERLAND L. y MCDONALD, M. 2001. Principles of seed science and technology. 4ª ed. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts. 467 p.

CRAWFORD, R. M. M. 2008. Plants at the margin. Ecological limits and climate change. Cambridge University Press, Cambridge. 478 p.

CUEVAS, G. R., GARCÌA, M. E., ANTONIO, V. G. J. y NÙÑEZ, L. N. M. 2008. Estructura poblacional y relaciones ambientales del árbol tropical *Nectandra rudis* (Lauraceae), una especie rara en el occidente de México. Revista de Biología Tropical 56(1): 247-256.

DALSGAARD, L. 2007. Above and below ground gaps: the effects of a small canopy opening on throughfall, soil moisture and tree transpiration in Suserup Skov, Denmark. Ecological Bulletins 52: 81-102.

DECAGON DEVICES 2013. [en línea] <http://www.decagon.com/products/sensors/soil-moisture-sensors/5te-soil-moisture-temperature-and-ec/> [consulta: 26 mayo 2013]. Decagon Devices, Inc. 2365 NE Hopkins Court Pullman, WA 99163 USA.

DELTA-T DEVICES. 1999. HemiView User Manual Versión 2.1. Delta-T Devices, Ltd. Cambridge, UK.

DENECKE, E. J. y CARR, W. H. 2007. Let's Review: Earth science-the physical setting. 3ª ed. Barron's Educational series, Hauppauge, NY. 775p.

DONOSO, C. 1981. Tipos Forestales de los bosques nativos de Chile. Investigación y desarrollo forestal. Santiago, Chile. CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL)-FAO (Food and Agriculture Organization, UN). 70 p. (Documento de trabajo N°38).

DONOSO, C. 2008. Ecología Forestal El bosque y su medio ambiente. 6ª ed. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 369 p.

ECKSTEIN R. L. y DONATH T. W. 2005. Interactions between litter and water availability affect seedling emergence in four familial pairs of floodplain species. Journal of Ecology 93: 807–816.

ENGELBRECHT, B. M., KURSAR, T. A., y TYREE, M. T. 2005. Drought effects on seedling survival in a tropical moist forest. Trees 19(3): 312-321.

FACELLI, J. M. y PICKETT, S. T. A. 1991. Plant litter: its effect on plant community structure. Botanical Review 57(1): 1-32.

FACELLI, J. M., WILLIAMS, R., FRICKER, S. y LADD, B. 1999. Establishment and growth of seedlings of *Eucalyptus obliqua*: interactive effects of litter, water and pathogens. Australian Journal of Ecology 24: 484–494.

FENNER, M., y THOMPSON, K. 2005. The ecology of seeds. Cambridge University Press, Cambridge. 250 p.

FIELD, A. 2009. Discovering statistics using SPSS. Sage publications, Londres. 857 p.

FIGUEROA, P. 1999. Germinación de semillas de *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser y *Persea lingue* Ness bajo distintas condiciones de temperatura. Tesis de Ingeniero Forestal. Concepción, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura. 45 p.

FIGUEROA, J. A. y JAKSIC, F. M. 2004. Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. Revista chilena de historia natural 77(1): 201-215.

FINCH-SAVAGE, W.E. y LEUBNER-METZGER, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. New Phytologist, 171: 501-523.

FISICHELLI, N., FRELICH, L., y REICH, P. 2014. Temperate tree expansion into adjacent boreal forest patches facilitated by warmer temperatures. Ecography 37(2): 152-161.

FORTE LAY, J., SCARPATI, O. y CAPRIOLO, A. 2008. Precipitation variability and soil water content in Pampean Flatlands (Argentina). Geofísica Internacional 47: 341-354.

FUENZALIDA, H. 1971. Climatología de Chile, Depto. de Geofísica y Geodesia, publicación interna. Santiago, Chile.

GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 165 p.

GAJARDO, R. y SERRA, M. T. 1987. Fichas técnicas de lugares específicos con presencia de especies leñosas amenazadas de extinción, V Región. Programa de Protección y recuperación de la Flora Nativa de Chile. Santiago, Universidad de Chile, Corporación Nacional Forestal. 110 p.

GARREAUD, R. 1994. Configuraciones atmosféricas regionales durante grandes tormentas pluviales en Chile central. Meteorológica 19:73-81.

GEIGER, R., ARON, R. y TODHUNTER, P. 1995. The Climate Near The Ground. Harvard University Press, Cambridge, MA. 528 p.

GÓMEZ-APARICIO, L., ZAMORA, R., GÓMEZ, J. M., HÓDAR, J. A., CASTRO, J. y BARAZA, E. 2004. Applying plant facilitation to forest restoration: A meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. Ecological Applications 14: 1128-1138.

GRAU, H. 2004. Landscape context and local-scale environment influence regeneration of pioneer tree species in treefall gaps. Biotropica 36(1): 52-59.

GUERRERO, P. C. y BUSTAMANTE, R. O. 2009. Abiotic alterations caused by forest fragmentation affect tree regeneration: a shade and drought tolerance gradient in the remnants of Coastal Maulino Forest. Revista Chilena De Historia Natural 82(3): 413-424.

GUZMAN-GRAJALES, S.M. y WALKER, L. R. 1991. Differential seedling response to litter after Hurricane Hugo in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 23: 407–413.

HADAS, A. 2008. Thermal Regime. En: CHESWORTH, W. (Ed.). Encyclopedia of Soil Science. Springer, Dordrecht, Países Bajos. pp. 767-772.

HAIRSTON, A. B. y GRIGAL, D. F. 1994. Topographic variation in soil water and nitrogen for two forested landforms in Minnesota, U.S.A. Geoderma 64:125-138.

HENRÍQUEZ, C. y SIMONETTI, J. 2001. The effect of introduced herbivores upon an endangered tree (*Beilschmiedia miersii*, Lauraceae). Biological Conservation 98: 69-76.

HILLEL, D. 2003. Introduction to Environmental Soil Physics. Elsevier Academic Press, Londres. 494 p.

HOLDEN, J. 2011. Physical geography: the basics. Routledge. Abingdon, Reino Unido. 167 p.

HORTON, R. y TYSON, O. 2012. Soil Thermal Regime. En: HUANG, P. M., LI, Y. y SUMMER, M. (Eds.). Handbook of Soil Sciences: Properties and Processes. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 9.1-9.18.

JAMES, S. E., PARTEL, M., WILSON, S. D., y PELTZER, D. A. 2003. Temporal heterogeneity of soil moisture in grassland and forest. Journal of Ecology 91(2): 234-239.

KEELEY, J. E., BOND, W., BRADSTOCK, R., PAUSAS, J. y RUNDEL, P. 2012. Fire in Mediterranean Ecosystems Ecology Evolution and Management. Cambridge University Press, Cambridge. 528 p.

KIKUZAWA, K. y KOYAMA, H. 1999. Scaling of soil water absorption by seeds: an experiment using seed analogues. Seed Science Research 9:171-178.

KÖPPEN, W. 1948. Climatología. Con un estudio de los climas de la tierra. Versión directa de HENDRICHS. México, Fondo de Cultura Económica.

KREMER, K. 2015. Efecto de la disponibilidad hídrica y profundidad de hojarasca sobre la germinación de semillas y supervivencia y crecimiento inicial de plantas de regeneración de *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kostermans en la Quebrada del Árbol, Región Metropolitana. Tesis de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 52 p.

LAL, R. y SHUKLA, M. K. 2004. Principles of soil physics. CRC Press, Nueva York. 716 p.

LLORET, F., PEÑUELAS, J. y ESTIARTE, M. 2004. Experimental evidence of reduced diversity of seedlings due to climate modification in a Mediterranean-type community. Global Change Biology 10(2): 248-258.

LUZIO, W. 2010. Suelos de Chile. Maval Ediciones, Santiago de Chile. 364 p.

MAGNITSKIY, S. y PLAZA, G. 2007. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. Agronomía Colombiana 25(1): 96-103.

MARAÑÓN, T., CAMARERO, J.J., CASTRO, J., DÍAZ, M., ESPELTA, J.M., HAMPE, A. y ZAMORA, R. 2004. Heterogeneidad ambiental y nichos de regeneración. En: VALLADARES, F. (Ed.). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 69-101.

MARTIN, K. y SAUERBORN, J. 2013. Agroecology. Springer, Dordrecht. 112 p.

MARTÍNEZ, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. En: GÓMEZ, A. y DEL AMO, S. (Eds.). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Editorial Alhambra Mexicana, Xalapa, Veracruz, México. pp. 191-240.

MEIXIA, L., H. ZHENCHUN, L. ZHEN y ZHONGBO, Y. 2013. Conditions for lateral downslope unsaturated flow and effects of slope angle on soil moisture movement, Journal of Hydrology 486: 321-333.

MILLER, P. C. y HAJEK, E. 1981. Resource availability and environmental characteristics of Mediterranean type ecosystems. En: MILLER, P.C. (Ed.). Resource Use by Chaparral and Matorral. Springer-Verlag, New York. pp. 17-41.

MILLER, P. C. 1983. Canopy Structure of Mediterranean-Type Shrubs in Relation to Heat and Moisture. En: KRUGER, F. J., MITCHEL, D. T. y JARVIS, J. U. M. (Eds.) Mediterranean-Type Ecosystems. Springer-Verlag, New York. pp. 121-133.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura de Chile). 1995. Decreto Supremo N°13/1995. Chile. Declara monumento natural las especies forestales queule, pitao, belloto del sur, belloto del norte y ruil. Santiago, Chile. Decreto N° 13. Declara monumento natural las especies forestales queule, pitao, belloto del sur, belloto del norte y ruil. [En línea]. 14 de marzo de 1995. Santiago, Chile: 03 de abril de 1995. Recuperado en: <http://www.conaf.cl/cms/editorweb/transparencia/potestades/Dto-13_queule-pitao-belloto-ruil.pdf>. Consultado el: 12 de mayo de 2014.

MINET J., JADOON K.Z., JONARD F., MAHMOUDZADE M.R., TRAN P.A. y LAMBOT S. 2012. Advanced Ground Penetrating Radar for Soil Moisture Retrieval. En: CHANG, N. y YANG, H. (Eds.). Multiscale Hydrologic Remote Sensing for Monitoring Global Changes. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 9-27.

MINISEGPRES (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, CL). 2008. Decreto Supremo Nº 50/2008. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile.

MITTERMEIER, R., TURNER, W., LARSEN, F., BROOKS, T. y GASCON, C. 2011. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. En: ZACHOS, F. y J. HABEL (Eds.). Biodiversity hotspots. Springer-Verlag, Berlín. pp. 3-22.

MOLOFSKY, J. y AUGSPURGER, C. K. 1992. The effect of leaf litter on early seedling establishment in a tropical forest. Ecology 73(1): 68-77.

MONGUILLO, J. F. y ZIERDT-WARSHAW, L. 2000. Encyclopedia of environmental science. University Rochester Press, Rochester, Nueva York. 453 p.

MONNIER, Y., B. PREVOSTO, C. RIPERT, A. CORBANI y C. FERNANDEZ. 2013. Forest Microhabitats Differentially Influence Seedling Phenology of Two Co-existing Mediterranean Oak Species. Journal of Vegetation Science 23(2): 260-270.

MYERS, N., MITTERMEJER, R., MITTERMEIER, C., DA FONSECA, G. y KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403 (6772): 853-858.

NOVOA, P. 2004. Determinación del grado de amenaza del belloto del norte (*Beilschmiedia miersii* Kosterm., Lauraceae), mediante el uso de la metodología UICN 2001 (versión 3.1). [en línea] Chlorischilensis. Vol.7, Nº2 http://www.chlorischile.cl/bellotonovoa/bellotopaper.htm [consulta: 12 mayo 2013]

OSMAN, K. T. 2013. Forest Soils Properties and Management. Springer International Publishing. Suiza. 271 p.

PADILLA, R. 2007. Dinámica geomorfológica actual del paisaje de montaña, correspondiente al bloque sur-oeste de la Región Metropolitana. Tesis de Geógrafo. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 151 p.

PAMMENTER, N.W. y BERJAK, P. 2000. Aspects of Recalcitrant seed Phisiology. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 12 (Edición Especial):56-69.

PARADA, T. y LUSK, C. H. 2011. Patterns of tree seedling mortality in a temperate-mediterranean transition zone forest in Chile. Gayana. Botánica 68(2): 236-243.

PONTE, K. J. 2004. Retaining Soil Moisture in the American Southwest. Sunstone Press, Nuevo México. 112 p.

POTTS, D. L., SCOTT, R. L., BAYRAM, S., y CARBONARA, J. 2010. Woody plants modulate the temporal dynamics of soil moisture in a semi-arid mesquite savanna. Ecohydrology 3(1): 20-27.

PRAMANIK, P. y AGGARWAL, P. 2013. Comparison of thermal properties of three texturally different soils under two compaction levels. African Journal of Agricultural Research 8(28): 3679-3687.

PROBERT, R. J. 2000. The Role of Temperature in the Regulation of Seed Dormancy and Germination. En: FENNER, M. (Ed.). The Ecology of Regeneration in Plant Communities. 2ª ed. CABI Publishing, Wallingford. pp. 261-292.

QUINTANILLA, V., CADIÑANOS, J., LATASA, I. y LOZANO, P. 2012. Aproximación Biogeográfica a los Bosques de la Zona Mediterránea de Chile: Caracterización e Inventario. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 60: 91-114.

QUIROZ, I., GARCÍA, E., CHUNG, P. y SOTO, H. 2009. Vivero Forestal Producción de Plantas Nativas a Raíz cubierta. Concepción. Centro Tecnológico de la Planta Forestal-INFOR Sede Bio-Bio. 128 p.

RAMÍREZ, C., SAN MARTÍN, C., SAN MARTÍN, J. y VILLASEÑOR, R. 2004. Comparación Fitosociológica de los bosques de Belloto (*Beilschmedia*, Lauraceae) en Chile Central. Bosque 25(1): 69-85.

RAMÍREZ, J., ESCOBAR, A., FARÍAS, R., GIRARDI, G., LOBOS, J., NÚÑEZ, M.A. *et al*. 2007. Sobre extracción y protección de tierra de hoja. (Documento Técnico N° 5570-12). Congreso de Chile. [en línea] <http://beta.congresoabierto.cl/proyectos/5570-12> [consulta: 23 de marzo 2014].

REY BENAYAS, J. M., BULLOCK, J. M. y NEWTON, A. C. 2008. Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. Frontiers in Ecology and the Environment 6(6): 329-336.

RIEDL, O. y ZACHAR, D. 1984. Forest Amelioration. Elsevier, Amsterdam. 623 p.

RODRÍGUEZ, R., RUIZ, E. y ELISSETCHE, J. 2005. Árboles en Chile. Editorial Universidad de Concepción, Chile. 183 p.

SABAJ, R. 2008. Identificación y Caracterización de Estructuras Potencialmente Activas en la Cordillera de la Costa entre los 33° y 33° 45´ s. Tesis de Geólogo. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 92 p.

SAN MARTÍN, J., TRONCOSO, A., SAN MARTÍN., C. y DUARTE, A. 1990. Estudio florístico de los bosques pantanosos nativos de la Cordillera de la Costa entre los ríos Rapel y Mataquito en Chile central. Revista de geografía de Chile Terra Australis 33: 103-128.

SANTIBÁÑEZ, F. y URIBE, J. M. 1990. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Laboratorio de Agroclimatología. Santiago, Chile. 66 p.

SAYER, E. J. 2006. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. Biological reviews 81(1): 1-31.

SCHAETZL, R. J. y THOMPSON, S. 2015. Soils: Genesis and geomorphology. 2ª ed. Cambridge University Press, Nueva York. 821 p.

SCHMITHÜSEN, J. 1956. Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. Bonner Geographische Abhandlungen. 17:1-89.

SERRA, M., GAJARDO, R. y CABELLO, A. 1986. *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm. 'Belloto' (Lauraceae). Ficha técnica de especies amenazadas. Programa de protección y recuperación de la flora nativa de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile.

SEXTON, J., MCINTYRE, P., ANGERT, A., y RICE, K. 2009. Evolution and ecology of species range limits. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics 40:415–36.

SINIA (SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL). 2014. Política Ambiental para la Región Metropolitana. Gobierno de Chile. [en línea] <http://www.sinia.cl/1292/w3-article-48354.html> [consulta: 26 Marzo 2014]

SISTEMA AGROCLIMÁTICO FDF-INIA-DMC (Fundación para el Desarrollo Frutícola-Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-Dirección Meteorológica de Chile). 2014. Información general Estación Meteorológica Isla de Maipo. [en línea] <http://www.agroclima.cl/InfoEstacionv2.aspx?IdEst=131&Ubi =13> [consulta: 6 Abril 2014]

SMITH, D. 1997. The Practice of Silviculture: Applied Forest Ecology. 9ª ed. Wiley, Nueva York, 168 p.

SOTES, G., R. BUSTAMANTE y C. HENRIQUEZ. 2013. Distribución de plántulas y germinación de semillas del lúcumo chileno (*Pouteria splendens*) en Los Molles, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 86(3): 337-344. [en línea] <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716078X2013000300010&lng=es&nrm=iso> [consulta: 25 enero 2014].

SPSS IBM. 2011. SPSS Statistics 19.0. Chicago, Illinois, USA.

STANTON, T. y R. CHILTON. 1972. Patterns of maximum and minimum air and soil temperatures near a forest edge. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie 20(3-4): 285-298.

SYLTIE, P. 2002. How Soils Work. Xulon Press, Fairfax VA. 159 p.

THOMAS, P. y PACKHAM, J. 2007. Ecology of woodlands and forests: description, dynamics and diversity. Cambridge University Press, Cambridge. 528 p.

TRAVIS, J. y DYTHAM, C. 2004. A method for simulating patterns of habitat availability at static and dynamic range margins. Oikos 410-416.

TSIKO, C.T., MAKURIRA, H., GERRITS, A.M.J., SAVENJIE H.H.G. 2012. Measuring forest floor and canopy interception in a savannah ecosystem. Physics and Chemistry of the Earth 47–48: 122–127.

URBIETA, I. R., PEREZ-RAMOS, I. M., ZAVALA, M. A., MARANON, T., y KOBE, R. K. 2008. Soil water content and emergence time control seedling establishment in three co-occurring Mediterranean oak species. Canadian Journal of Forest Research 38(9): 2382-2393.

VÁZQUEZ-YANES, C., 1976. Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México. En: GOMEZ-POMPA, A., GÓMEZ-POMPA, A., VÁZQUEZ-YANES, C., DEL AMO, S. y BUTANDA, A. Regeneración de Selvas. Compañía Editorial Continental, México. pp. 279-387.

VÁZQUEZ-YANES, C. y OROZCO-SEGOVIA, A. 1992. Effects of litter from a tropical rainforest on tree seed germination and establishment under controlled conditions. Tree Physiology 11(4): 391-400.

WADSWORTH, F. 2000. Producción Forestal para América Tropical. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook #710 Washington, DC. 563 p.

WANG, C., ZHAO, C., XU, Z., WANG, Y. y PENG, H. 2013. Effect of vegetation on soil water retention and storage in a semi-arid alpine forest catchment. Journal of Arid Land 5(2): 207-219.

WARD, A. D. y TRIMBLE, S. W. 2004. Environmental hydrology. CRC Press, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 472 p.

WATSON, B. 2013. Trees: Their Use, Management, Cultivation and Biology-A Comprehensive Guide. Crowood Press, Wiltshire, Reino Unido. 384 p.

WEN, B. y CAI, Y. 2014. Seed viability as a function of moisture and temperature in the recalcitrant rainforest species *Baccaurea ramiflora* (Euphorbiaceae). Annals of Forest Science 1-9.

WOOD, K. 1988. Rangeland vegetation - hydrologic interactions. En: TUELLER (Ed.) Vegetation science applications for rangeland analysis and management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Países Bajos. pp. 469-492.

XIONG, S. y NILSSON, C. 1999. The effects of plant litter on vegetation: a meta-analysis. Journal of Ecology 87: 984–994.

ZASADA, J. C., SHARIK, T. R. y NYGREN, M. 1992. The reproductive process in boreal forest trees. En: SHUGART, H. H., LEEMANS, R. y BONAN, G. B (Eds.). A systems analysis of the global boreal forest. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 85-125.

Folio009878

ANEXOS

Anexo 1

a. Contenido promedio mensual de agua del suelo (m^3/m^3) y desviación estándar a tres distintas profundidades (10, 20 y 30 cm), en los tres Sitios de estudio entre abril del 2013 y marzo del 2014.

Mes 2013-2014	Profundidad	Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte)	Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo)	Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo)
abril	10 cm	0,10±0,00	0,08±0,00	0,08±0,01
	20 cm	0,10±0,00	0,08±0,01	0,09±0,02
	30 cm	0,11±0,00	0,07±0,00	0,10±0,03
mayo	10 cm	0,10±0,01	0,14±0,05	0,14±0,05
	20 cm	0,15±0,03	0,08±0,03	0,11±0,05
	30 cm	0,15±0,04	0,10±0,03	0,12±0,06
junio	10 cm	0,13±0,01	0,21±0,03	0,20±0,02
	20 cm	0,18±0,02	0,13±0,02	0,20±0,01
	30 cm	0,20±0,02	0,14±0,02	0,21±0,02
julio	10 cm	0,15±0,00	0,22±0,02	0,21±0,01
	20 cm	0,18±0,01	0,15±0,01	0,21±0,01
	30 cm	0,20±0,02	0,14±0,01	0,22±0,01
agosto	10 cm	0,15±0,01	0,21±0,02	0,20±0,02
	20 cm	0,17±0,01	0,14±0,02	0,20±0,01
	30 cm	0,19±0,02	0,13±0,01	0,21±0,01
septiembre	10 cm	0,14±0,01	0,16±0,01	0,16±0,01
	20 cm	0,15±0,01	0,11±0,01	0,17±0,01
	30 cm	0,16±0,01	0,11±0,01	0,18±0,01
octubre	10 cm	0,13±0,00	0,12±0,01	0,13±0,01
	20 cm	0,13±0,00	0,09±0,00	0,14±0,01
	30 cm	0,14±0,00	0,09±0,00	0,15±0,01
noviembre	10 cm	0,12±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00
	20 cm	0,12±0,00	0,08±0,00	0,12±0,00
	30 cm	0,13±0,00	0,09±0,00	0,13±0,00
diciembre	10 cm	0,11±0,00	0,10±0,00	0,10±0,00
	20 cm	0,12±0,00	0,08±0,00	0,11±0,00
	30 cm	0,13±0,00	0,08±0,00	0,12±0,00
enero	10 cm	0,10±0,00	0,09±0,00	0,09±0,00
	20 cm	0,12±0,00	0,07±0,00	0,10±0,00
	30 cm	0,12±0,00	0,08±0,00	0,11±0,00
febrero	10 cm	0,10±0,00	0,09±0,00	0,09±0,00
	20 cm	0,11±0,00	0,07±0,00	0,10±0,00
	30 cm	0,11±0,00	0,08±0,00	0,11±0,00
marzo	10 cm	0,10±0,00	0,08±0,00	0,09±0,00
	20 cm	0,11±0,00	0,07±0,00	0,10±0,00
	30 cm	0,11±0,00	0,08±0,00	0,11±0,00

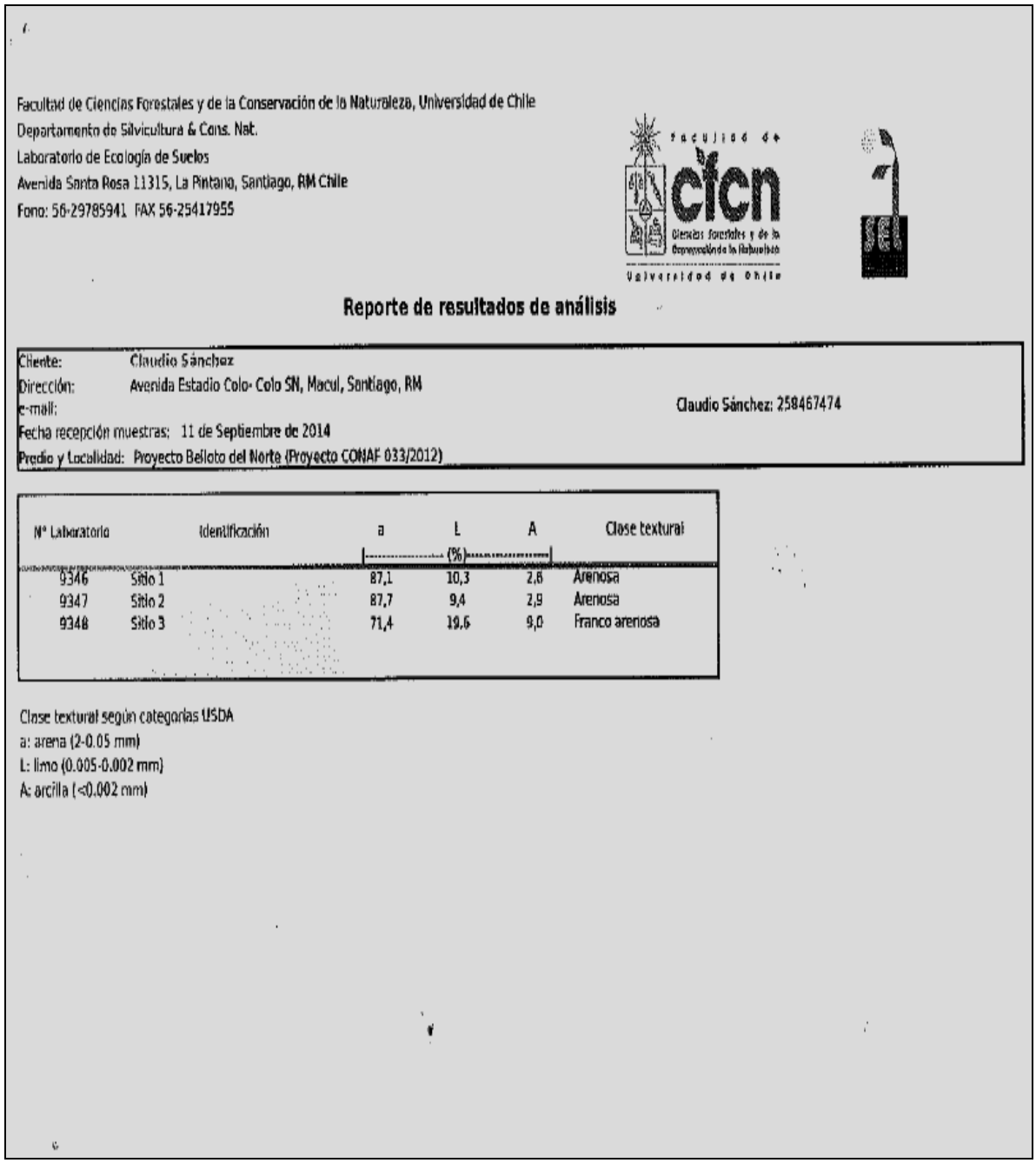
Folio009879

b. Temperatura promedio mensual del suelo (°C) y desviación estándar a tres distintas profundidades (10, 20 y 30 cm) en los tres Sitios de estudio entre abril del 2013 y marzo del 2014.

Mes 2013-2014	Profundidad	Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte)	Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo)	Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo)
abril	10 cm	14,38±0,62	15,12±0,92	16,44±1,15
	20 cm	14,59±0,58	15,37±0,76	16,64±0,72
	30 cm	14,61±0,39	15,36±0,54	16,59±0,64
mayo	10 cm	12,50±1,03	13,03±1,20	12,72±1,36
	20 cm	12,88±0,87	13,10±1,11	13,62±1,19
	30 cm	12,93±0,89	13,46±0,97	13,91±1,09
junio	10 cm	11,02±1,02	11,18±0,97	10,78±1,09
	20 cm	11,49±0,76	11,32±0,90	11,61±0,84
	30 cm	11,57±0,72	11,79±0,70	11,87±0,75
julio	10 cm	10,36±0,69	10,32±0,64	10,18±0,75
	20 cm	10,79±0,47	10,56±0,60	10,82±0,50
	30 cm	10,97±0,43	10,89±0,42	11,01±0,41
agosto	10 cm	10,48±0,79	10,35±0,71	10,60±0,91
	20 cm	10,79±0,56	10,65±0,67	11,04±0,65
	30 cm	11,06±0,53	10,84±0,48	11,15±0,55
septiembre	10 cm	11,88±1,25	11,77±1,10	12,32±1,16
	20 cm	12,13±0,85	12,13±0,97	12,63±0,77
	30 cm	12,43±0,76	12,23±0,71	12,59±0,79
octubre	10 cm	13,19±0,87	13,17±0,86	14,40±0,99
	20 cm	13,19±0,78	13,58±0,85	14,27±0,86
	30 cm	13,40±0,72	13,42±0,77	14,16±0,80
noviembre	10 cm	14,92±0,75	14,94±0,73	16,54±0,78
	20 cm	14,83±0,61	15,40±0,72	16,17±0,64
	30 cm	14,92±0,56	15,12±0,62	15,96±0,61
diciembre	10 cm	16,53±0,68	16,63±0,67	18,28±0,75
	20 cm	16,27±0,52	17,05±0,65	17,75±0,57
	30 cm	16,31±0,50	16,64±0,51	17,49±0,52
enero	10 cm	18,06±0,39	18,37±0,33	20,31±0,36
	20 cm	17,79±0,25	18,91±0,30	19,64±0,28
	30 cm	17,82±0,23	18,42±0,26	19,34±0,28
febrero	10 cm	17,39±0,44	18,00±0,40	20,18±0,57
	20 cm	17,37±0,29	18,60±0,38	19,72±0,31
	30 cm	17,51±0,25	18,30±0,25	19,53±0,23
marzo	10 cm	16,53±0,56	17,17±0,51	18,88±0,72
	20 cm	16,62±0,31	17,79±0,49	18,91±0,37
	30 cm	16,86±0,28	17,63±0,29	18,90±0,29

Anexo 2

Análisis de textura del suelo para cada uno de los tres Sitios de estudio: Sitio 1 (bosque de belloto del Norte), Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo) y Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo).



Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile
Departamento de Silvicultura & Cons. Nat.
Laboratorio de Ecología de Suelos
Avenida Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, RM Chile
Fono: 56-29785941 FAX 56-25417955

Reporte de resultados de análisis

Cliente: Claudio Sánchez
Dirección: Avenida Estadio Colo- Colo SN, Macul, Santiago, RM
e-mail: Claudio Sánchez: 258467474
Fecha recepción muestras: 11 de Septiembre de 2014
Predio y Localidad: Proyecto Belloto del Norte (Proyecto CONAF 033/2012)

N° Laboratorio	Identificación	a	L	A	Clase textural
		(%)			
9346	Sitio 1	87,1	10,3	2,6	Arenosa
9347	Sitio 2	87,7	9,4	2,9	Arenosa
9348	Sitio 3	71,4	19,6	9,0	Franco arenosa

Clase textural según categorías USDA
a: arena (2-0.05 mm)
L: limo (0.005-0.002 mm)
A: arcilla (<0.002 mm)

Anexo 3. Resultados del ANDEVA de Medidas Repetidas del contenido promedio mensual de agua del suelo en los tres Sitios a tres profundidades (10, 20 y 30 cm) durante las temporadas de "Recarga" (abril-agosto 2013) (**a**) y "Pérdida" (septiembre 2013-marzo 2014) (**b**). La significancia estadística está dada por: n.s. = p no significativo; * = p<0,05; ** = p<0,01 y *** = p<0,001. Valores en negrita indican que se realizó la corrección de Greenhouse-Geisser.

a)

Variables	**"Recarga"**								
	Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte)			**Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo)**			**Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo)**		
	gl	F	p	gl	F	p	gl	F	p
Mes	4	94,74	0,000***	**1,24**	66,44	0,000***	**1,45**	208.75	0,000***
Mes x profundidad	8	4,62	0,002**	**2,49**	4,27	0,053 n.s.	**2,89**	2,34	0,145 n.s.
Error	24			**7,46**			**8,69**		
profundidad	2	5,75	0,040*	2	6,25	0,034*	2	0,34	0,725 n.s.
Error	6			6			6		

b)

Variables	**"Pérdida"**								
	Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte)			**Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo)**			**Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo)**		
	gl	F	p	gl	F	p	gl	F	p
Mes	**1,71**	60,56	0,000***	**1,26**	212,6	0,000***	**1,07**	250,417	0,000***
Mes x profundidad	**3,42**	0,660	0,613 n.s.	**2,51**	16,99	0,000***	**2,14**	0,061	0,950 n.s.
Error	**10,26**			**7,53**			**6,43**		
profundidad	2	1,03	0,412 n.s.	2	1,94	0,224 n.s.	2	2,17	0,195 n.s.
Error	6			6			6		

Anexo 4. Resultados del ANDEVA de Medidas Repetidas de la temperatura promedio mensual del suelo en los tres Sitios a tres profundidades (10, 20 y 30 cm) durante las temporadas de "Recarga" (abril-agosto 2013) (**a**) y "Pérdida" (septiembre 2013-marzo 2014) (**b**). La significancia estadística está dada por: n.s. = p no significativo; * = p<0,05; ** = p<0,01 y *** = p<0,001. Valores en negrita indican que se realizó la corrección de Greenhouse-Geisser.

a)

Variables	**"Recarga"**								
	Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte)			**Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo)**			**Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo)**		
	gl	F	p	gl	F	p	gl	F	p
Mes	1,06	319,74	0,000***	**1,54**	782,20	0,000***	**1,17**	1465,29	0,000***
Mes x profundidad	2,13	0,30	0,757 n.s.	**3,09**	0,67	0,594 n.s.	**2,34**	3,70	0,076 n.s.
Error	6,39			**9,26**			**7,00**		
profundidad	2	0,48	0,636 n.s.	2	2,25	0,187 n.s.	2	4,11	0,075 n.s.
Error	6			6			6		

b)

Variables	**"Pérdida"**								
	Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte)			**Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo)**			**Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo)**		
	gl	F	p	gl	F	p	gl	F	p
Mes	**1,41**	770,36	0,000***	**1,301**	936,55	0,000***	**1,14**	339,84	0,000***
Mes x profundidad	**2,82**	1,17	0,373 n.s.	**2,60**	0,54	0,667 n.s.	**2,27**	0,79	0,507 n.s.
Error	**8,46**			**7,80**			**6,81**		
profundidad	2	0,07	0,934 n.s.	2	0,57	0,596 n.s.	2	0,230	0,801 n.s.
Error	6			6			6		

Anexo 5

Densidad aparente promedio del suelo en los tres Sitios de estudio. Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas significativas entre profundidades.

Profundidad (cm)	**Sitio 1 (Bosque de belloto del Norte)** (kg/m^3)	**Sitio 2 (Ecotono de bosque de belloto del Norte con bosque esclerófilo)** (kg/m^3)	**Sitio 3 (Ecotono de bosque esclerófilo con matorral esclerófilo)** (kg/m^3)
10	1.200 **a**	1.230 **a**	1.404 **a**
20	1.360 **b**	1.367 **b**	1.409 **a**
30	1.381 **b**	1.392 **b**	1.411 **a**

Folio009884

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO DEL GANADO SOBRE LA VEGETACIÓN DE LA ROBLERÍA EN LA RESERVA NATURAL PRIVADA ALTOS DE CANTILLANA, RM

Informe Final Práctica Profesional para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal

ALONSO LORENZO NÚÑEZ ROJAS

Profesor Guía: Sr. Carlos Magni Díaz, Ingeniero Forestal.
Dr. en Cs Forestales mención en Biología

Santiago, Chile

2022

Folio009885

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO DEL GANADO SOBRE LA VEGETACIÓN DE LA ROBLERÍA EN LA RESERVA NATURAL PRIVADA ALTOS DE CANTILLANA, RM.

Informe Final Práctica Profesional para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal

ALONSO LORENZO NÚÑEZ ROJAS

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Dr. Carlos Magni Díaz	…6,5……	……
Prof. Consejero Dr. Cristián Estades M.	…5,5……	……
Prof. Consejero Dr. Benito González P.	…6,7……	……

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a todas las personas que me brindaron de su apoyo, animo, tiempo, solidaridad, serenidad, motivación y recursos, pues, personalmente, fueron importantes para mí y la elaboración del presente informe.

Folio009887

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a toda mi familia y amistades que brindaron de apoyo emocional, el cual fue fundamental para tener la entrega, perseverancia y motivación en la elaboración y finalización del informe.

En segundo lugar, agradecer a mi profesor guía, Carlos Magni, por la oportunidad de realizar esta práctica profesional, y al mismo tiempo por tener la disposición, paciencia, solidaridad y presencia en la elaboración del trabajo. Agradecer a los profesores Benito González y Cristián Estades por sus consejos en el comienzo de este trabajo. También agradecer a todo el grupo del CESAF, pues brindaron las herramientas necesarias para realizar el presente informe.

Por último, agradecer a todo el grupo corporativo de la Reserva Natural Privada de Altos de Cantillana, particularmente a Fernanda Romero por organizar todo lo necesario para llevar a cabo la práctica. También agradecer a Evelyn Flores (administradora), Coral Romero (administradora), Matías (guardabosque), Braulio (guardabosque) y a Pablo (guardabosque) que brindaron herramientas, apoyo y solidaridad en el desarrollo de la práctica.

Folio009888

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 1
1.1 Efecto del ganado en el ecosistema 2
1.2 Antecedentes generales de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana 3
1.2.1 Amenazas de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana 4
1.3 El ganado doméstico en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana 6
1.3.1 Sistema de "Prorratas" 7
1.3.2 El efecto del ganado en los ecosistemas de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana 7
1.4 Antecedentes generales de *Nothofagus macrocarpa* 9
2 OBJETIVOS 11
2.1 Objetivo general 11
2.2 Objetivos específicos 11
3 MATERIALES Y MÉTODOS 12
3.1 Materiales 12
3.1.1 Caracterización del área de trabajo 12
3.2 Método 14
3.2.1 Descripción de la masa ganadera presente en el sector "Roblería Altos de Cantillana" 14
3.2.2 Descripción de la vegetación del sector "Roblería Altos de Cantillana" 14
3.2.3 Descripción de la vegetación por el método "Point transects" 14
3.2.4 Comparación y análisis de la actividad ganadera entre zonas con y sin exclusión de ganado en el sector "Roblería Altos de Cantillana" 15
4 RESULTADOS ANÁLISIS Y DISCUSIÓN 18
4.1 Descripción de la masa ganadera presente en el sector "Roblería Altos de Cantillana" 18
4.1.1 Antecedentes de la masa ganadera 18
4.1.2 Análisis de prorratas 19
4.2 Descripción de la vegetación del sector "Roblería Altos de Cantillana" 21
4.2.1 Fotointerpretación del sector "Roblería Altos de Cantillana" 21
4.2.2 Descripción de la vegetación por el método "*Point transects*" 23
4.3 Comparación y análisis de la actividad ganadera entre zonas con y sin exclusión de ganado en el sector "Roblería Altos de Cantillana" 32

Folio009889

4.3.1 Observaciones de campo relacionadas con el ganado 36
5 SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES 38
6 CONCLUSIONES 39
7 BIBLIOGRAFÍA 40
8 ANEXO 46
9 APÉNDICE 49

Folio009890

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de la presencia de las variables "ramoneo", "huellas" y "especie exótica. 16
Cuadro 2. Clasificación abundancia de fecas. 16
Cuadro 5. Clasificación del ganado ingresado en la RNPAC 20
Cuadro 3. Superficies de las formaciones vegetales presentes en la zona de estudio. 22
Cuadro 4. Superficies de las coberturas vegetacionales presentes en la zona de estudio... 22
Cuadro 6. Ficha ingreso de vacas (RNPAC, 2018) 46
Cuadro 7. Variables ambientales más frecuentes en los puntos registrados, situación 1 “Zona de exclusión de ganado” 49
Cuadro 8. Variables ambientales más frecuentes en los puntos registrados, situación 2 “Las Hualtatas 1” 49
Cuadro 9. Variables ambientales más frecuentes en los puntos registrados, situación 3 “Hualtatas 2” (Bosque semi-abierto). 50
Cuadro 10. Tabla de rodal Situación 1 "Zona de exclusión de ganado”. 51
Cuadro 11. Tabla de rodal Situación 2 "Las Hualtatas 1". 51
Cuadro 12. Tabla de rodal Situación 3 "Las Hualtatas 2". 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Ubicación geográfica y límites de la Reserva. Los límites de la reserva están en color rojo. 13
Figura 2. Cantidad de ganado declarado en el sector Los Hornos (RNPAC), en los años 2018, 2019 y 2021 19
Figura 3. Registro del número de arrieros en el sector los Hornos, RNPAC. 20
Figura 4. Ubicación geográfica de la zona de interés (Roblería Altos de Cantillana) y límites de la Reserva. 21
Figura 5. Puntos y transectos realizados en la situación 1 “Zona de Exclusión de Ganado”. 23
Figura 6. Distribución de las clases diamétricas del estrato arbóreo perteneciente a la Situación 1. 24
Figura 7. Los puntos-transectos realizados en la situación 2 “Las Hualtatas 1”. 25
Figura 8. Distribución de las clases diamétricas del estrato arbóreo perteneciente a la Situación 2 “Las Hualtatas 1” 26
Figura 9. Puntos y transectos realizados en la situación 3 “Las Hualtatas 2”. 27
Figura 10. Distribución de las clases diamétricas del estrato arbóreo perteneciente a la Situación 3. 28
Figura 11. Ramoneo de ganado a individuos de *N. macrocarpa* (renovales). 29
Figura 12. Regeneración de *Nothofagus macrocarpa* ubicada en la Situación 2 “Las Hualtatas 1” 30
Figura 13. Regeneración de *N. macrocarpa* ubicada en la Situación 3 "Las Hualtatas 2". 31
Figura 14. Presencia de fecas de ganado en los puntos de las situaciones estudiadas. 32
Figura 15. Presencia de huellas de ganado en los puntos de las situaciones estudiadas. ... 33
Figura 16. Presencia de ramoneo de ganado en los puntos de las situaciones estudiadas.. 33
Figura 17. Densidad arbustiva de las situaciones descritas. 34
Figura 18. Presencia de la especie exótica *Cynoglosum creticum* en los puntos de registros de cada situación. 35
Figura 19. Código básico de información ecológica OIKOS 48
Figura 20. Formulario OIKOS 48

Folio009892

RESUMEN

La destrucción del hábitat por origen antrópico es una de las principales causas de la disminución de la biodiversidad. Un factor importante es la ganadería extensiva, pues altera funciones fundamentales en los ecosistemas, como son el ciclo y la sucesión de nutrientes, la estructura y composición de especies, y provoca intensos cambios en los microambientes de las plantas y el suelo. El ganado se considera una amenaza que influye drásticamente en diferentes ecosistemas y recursos de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana. Respecto a esto el presente informe de practica tendrá como principal objetivo caracterizar el efecto del ganado sobre la vegetación de las roblerías, ubicadas en la Reserva Privada Altos de Cantillana, RM, Chile, cuyo ecosistema dominado por *Nothofagus macrocarpa* es afectado por la ganadería estacional. El estudio se llevó a cabo en las roblerías de Altos de Cantillana, en donde se realizó una descripción vegetacional, mediante una fotointerpretación general y por el método "*Point transects"*, para registrar variables vegetacionales relevantes para el informe. Se realizó una descripción de la masa ganadera mediante análisis de antecedentes y fichas de prorratas. Y finalmente, se comparó y analizó la presencia de ganado entre zonas con y sin exclusión mediante variables de actividad ganadera, extraídas por el método "*Point transects"*. Respecto a los principales resultados, se destaca que en el 2021 solamente un 59% de los arrieros declararon su ganado. Por otra parte, en zonas sin exclusión se halló abundancia de fecas, huellas, ramoneo y una baja en la densidad arbustiva. En cuanto a las conclusiones destacadas, es difícil cuantificar las cabezas de ganado en la zona de estudio, ya que existen dos situaciones: (1) no todos los arrieros declaran su ganado y (2) existe ingreso de ganado no autorizado a la reserva. Por otra parte, el ganado tiene efecto en la vegetación de las roblerías mediante ramoneo en renovales de *N. macrocarpa*, esto impacta en su desarrollo, presentando deformaciones importantes. Por último, en cuanto a la reducción de la densidad arbustiva de las roblerías, condicionaría un sotobosque más simple, abierto y con dominancia de herbáceas en las situaciones afectadas.

Palabras clave: Ganadería extensiva, cerco de exclusión, densidad arbustiva, ramoneo, *Nothofagus macrocarpa*

ABSTRACT

Habitat destruction by anthropic origin is one of the main causes of biodiversity decline. An important factor is extensive livestock farming, as it alters fundamental functions in ecosystems, such as the cycle and succession of nutrients or the structure and composition of species, both cause intense changes in the microenvironments of plants and soil. Livestock is considered a threat that drastically influences different ecosystems and resources of the Altos de Cantillana Private Nature Reserve. Concerning this, the main objective of this practice report will be to characterize the effect of cattle on the vegetation of the oak groves, located in the Altos de Cantillana Private Reserve, RM, Chile, whose ecosystem is dominated by Nothofagus macrocarpa is affected by seasonal livestock. The study was carried out in the oak groves of Altos de Cantillana, where a vegetational description was made, through a general photo interpretation and by the "Point transects" method, to record vegetational variables relevant to the report. A description of the livestock mass was made through background analysis and proration records. And finally, the presence of cattle between areas with and without exclusion was compared and analyzed using livestock activity variables, extracted by the "Point transects" method. In respect of the main results, it is noteworthy that in 2021 only 59% of the muleteers declared their livestock. On the other hand, in areas without exclusion, an abundance of feces, footprints, browsing, and a low shrub density were found. As for the conclusions highlighted, it is difficult to quantify the heads of cattle in the study area, since there are two situations: (1) not all muleteers declare their cattle, and (2) there is an entry of unauthorized cattle to the reserve. Otherwise, the cattle influence the vegetation of the oak groves by browsing in N. macrocarpa saplings, this would impact their development, as they will present important deformations. Finally, regarding the reduction of the shrubby density of the oak groves, it would condition a simpler, more open, and herbaceously dominant understory in the affected situations.

Keywords: Extensive livestock, exclusion fence, shrub density, browsing, *Nothofagus macrocarpa*

Folio009894

1 INTRODUCCIÓN

La destrucción del hábitat por origen antrópico es una de las principales causas de la disminución de la biodiversidad. Tal destrucción se puede presentar de manera total o parcial (Primack *et al.*,2001; Arce, 2009). Respecto a las actividades humanas, el aumento demográfico, crecimiento económico y el desarrollo del sector industrial han sido factores cruciales en la transformación y destrucción de ecosistemas naturales (Challenger, 2001). Por otra parte, la fragmentación del hábitat ha sido catalogada como un problema clave al que se enfrenta la conservación de la diversidad biológica, pues actualmente es considerada uno de los principales agentes de amenazas para la viabilidad de los ecosistemas nativos. Este tipo de perturbación se considera un proceso dinámico que genera cambios observables en el patrón del hábitat, en un paisaje dado durante un determinado tiempo. Es necesario mencionar que la fragmentación del hábitat puede adicionarse con otros tipos de factores dañinos provocados por la actividad humana (Bennett, 1999; Kuussaari *et al*., 2009; Haila, 2002).

En Chile, el estado actual de conservación de los bosques nativos no es muy alentador. Durante el proceso de colonización, extensas superficies de bosques se perdieron al ser explotada o habilitadas para usos agropecuarios y una gran cantidad de los bosques remanentes han perdido su capacidad productiva. Algunos de los factores principales en provocar un intenso deterioro y el actual estado de conservación del bosque nativo son: la habilitación de suelos para la agricultura, incendios forestales, ganadería extensiva en bosques, el remplazo del bosque nativo por plantaciones (especies exóticas) y el uso maderero (Cruz y Schmidt, 2007). Cabe destacar que los ecosistemas mediterráneos de la zona central han sido los más afectados por la pérdida y fragmentación del hábitat (Blondel y Fernández, 2012).

La vegetación de la zona central mediterránea de Chile se caracteriza por presencia de matorrales y bosques de carácter esclerófilo (Garfias *et al.*, 2018). En las mayores elevaciones (1.400 y 1.950 m.s.n.m.) del límite superior de las situaciones más favorables del bosque esclerófilo es posible encontrar el Bosque Caducifolio de Santiago, perteneciente a la sub-región del Bosque Caducifolio Montano (Gajardo, 1994; GEF, 2005; Cáceres *et al*., s.a.). La sub-región representa un 1,7% del territorio nacional, y se ubica tanto en la Cordillera de la Costa como en la Cordillera de los Andes, son consideradas formaciones relictas de extensión reducida, pues han sido drásticamente intervenidas (Gajardo, 1994). La formación se caracteriza por la presencia de especies caducas del género *Nothofagus*, como por ejemplo *Nothofagus macrocarpa* (roble de Santiago), *Nothofagus glauca* (hualo), *Nothofagus obliqua* (roble) y *Nothofagus alpina* (raulí) (Trivelli, 2014). El Bosque caducifolio de Santiago se encuentra en pequeños bosquetes ubicados en exposiciones sur de altos de laderas y cumbres de la Cordillera de la Costa, en ocasiones se pueden observar cubriendo pequeñas mesetas. A nivel de flora, es dominado por *N. macrocarpa* y acompañado por especies esclerófilas y de las estepas alto-andinas mediterráneas, pues el

bosque se encuentra en una ocupación ambiental intermediaria a estas formaciones. Generalmente, tiene un aspecto de un bosque o renoval alto denso, acompañado por diversos matorrales que le dan un aspecto más heterogéneo, ya que se encuentra amenazado por varios factores, uno de ellos es la ganadería (Gajardo, 1994; Cáceres *et al*., s.a.; Teillier, 2003).

La ganadería extensiva, es un factor antrópico que presenta efectos negativos sobre la regeneración y el crecimiento de los árboles jóvenes de los bosques. El pastoreo actúa generalmente sobre la regeneración de las especies palatables y los brotes nuevos no lignificados de los árboles jóvenes. La acumulación excesiva de ganado origina problemas locales de compactación de suelos, aumentando el escurrimiento superficial y el desarrollo de especies siempreverdes tolerantes, muchas de ellas de menor valor maderero (Cruz y Schmidt, 2007). Si bien, en muchas ocasiones se ha indicado que el efecto del ganado doméstico en el ecosistema podría ser relativamente positivo, no sería correcto concluir que es una parte necesaria del régimen de perturbación, ya que han evolucionado en ausencia de ellos (Perevolotsky y Seligman, 1998; McIntyre *et al*, 2003).

La importancia de realizar el presente proyecto de práctica profesional radica en caracterizar qué efectos produce el ganado doméstico en bosques de roble de Santiago, en el sector Altos de Cantillana, en donde la ganadería extensiva (ganado vacuno, caballares u otras) ha sido un problema continuo en gran parte de la reserva (Magni *et al*., 2015).

1.1 Efecto del ganado en el ecosistema

A escala mundial, el efecto del pastoreo por grandes herbívoros es un tema ampliamente estudiado y cuestionado en las últimas décadas (Trigo, 2018). El ganado doméstico ha influido en el ecosistema de manera muy sistemática, presentando drásticos efectos negativos.

La influencia de la ganadería extensiva altera funciones fundamentales de los ecosistemas, como son el ciclo y la sucesión de nutrientes, estructura del ecosistema y la composición de especies, e intensos cambios en los microambientes de las plantas y suelo (Augustine y McNaughton, 1998; Fleischner, 1994; Perevolotsky y Seligman, 1998). Por otra parte, la acción del ganado doméstico si presenta una acumulación excesiva de animales en un ecosistema dado, e incluso si es repetido y frecuente, se podría denominar disturbio (De Villalobos, 2013).

Respecto a los efectos del pastoreo en la vegetación, los principales son: la pérdida de especies nativas (por ramoneo) y la invasión de especies exóticas, ya que, al perder riqueza y diversidad de especies nativas (sobrepastoreado), estas son reemplazadas por especies anuales exóticas (Fleischner, 1994; Pettit, *et al.*, 1995; De Villalobos, 2013; Perevolotsky y

Seligman, 1998). En cuanto a la biomasa vegetal, los animales mediante el ramoneo o pastoreo, pisoteo, deposición de fecas y orinas pueden modificar la productividad y biomasa vegetal (Frank *et al*., 1994; Augustine y McNaughton, 1998). También pueden cambiar la estructura y riqueza de especies leñosas, incluyendo su densidad (Trigo *et al*., 2017). Particularmente en bosques, la ganadería puede simplificar la estructura del sotobosque, disminuyendo la abundancia de arbustos, aumentando la dominancia de hierbas y favoreciendo así la creación de un sotobosque menos estratificado y más abierto (Tasker y Bradstock 2006). En ocasiones mediante el ramoneo de plantas nativas puede proporcionar una ventaja competitiva a las plantas no palatables de alto contenido de compuestos secundarios volátiles, provocando un aumentó en la inflamabilidad del ecosistema (Hobbs, 1996).

A nivel suelo, el pastoreo puede producir un cambio profundo en las propiedades mineralógicas, físicas y químicas, en donde no afecta solamente a la superficie del suelo, sino que se podría extender a casi 50 cm de profundidad, provocando compactación. El pisoteo estimula el aumento de la superficie desnuda del suelo, aumentando las probabilidades de canalización de agua y erosión eólica (Podwojewski *et al*., 2006; Oztas *et al*., 2003).

1.2 Antecedentes generales de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana

La Reserva Natural Privada "Altos de Cantillana", se ubica en la zona central de Chile, donde se extiende la región del Matorral y del Bosque Esclerófilo, la cual se encuentra sometida a condiciones climáticas del tipo mediterráneo (Gréz, 2020). El objetivo principal de la reserva es conservar los tres atributos de la biodiversidad: composición, estructura y función en todas sus magnitudes, y por otro lado resguarda y asegura los beneficios adquiridos de los servicios ecosistémicos que la biodiversidad entrega, para así estimular el desarrollo social y económico de las zonas aledañas (Cáceres *et al*., s.a.). De acuerdo con lo indicado por EULA (2004), los Altos de Cantillana y la laguna Aculeo han sido establecidos como lugares de prioridad 1 urgente, esto se debe a principalmente por la presencia de *Nothofagus macrocarpa* y por especies endémicas de lagartos. También señala que en estos lugares el 40% de la flora y el 15% de la fauna es endémica. Según Gajardo (1994) extraído de EULA (2004), la reserva se ubica en dos regiones vegetacionales, Bosque Caducifolio, Sub/Región del Bosque Caducifolio Montano en la zona del límite superior de la situación más favorables del bosque esclerófilo y, por otro lado, se encuentra la zona de Matorral y Bosque Esclerófilo, Sub-región del Bosque Esclerófilo Costero, caracterizada por un clima mediterráneo de inviernos fríos y lluviosos, y veranos secos.

En la reserva, los sitios con mayor valor en biodiversidad y los que actualmente se encuentran destinados a la conservación son los de mayor altitud (zonas altas). Cuyas áreas están capacitadas para la captación de cuencas, en donde se caracterizan por ser empinadas, con escasa vegetación, valor productivo limitado y bajos niveles de amenaza en comparación a las otras situaciones (GEF, 2005).

En la reserva es posible encontrar diferentes especies que se encuentran categoría de conservación, como son las siguientes: *Adiantum gertrudis* Espinosa (*Adiantaceae*), "palito negro" (en peligro), *Avellanita bustillosii* Phil. (*Euphorbiaceae*), "avellanita" (en peligro), *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm. (*Lauracaeae*), "belloto del norte" (vulnerable), *Jubaeae chilensis* (Molina) Baill. (*Arecaceae*) "palma chilena" (vulnerable), *Kageneckia angustifolia* D.Don (*Rosaceae*), "frangel" (vulnerable), *Laretia acaulis* (Cav.) Gillies ex Hook. (*Apiaceae*), "llaretilla" (vulnerable), *Neoporteria curvispina* (Bertero ex Colla) Donald et G.D.Rowley (*Cactaceae*) (vulnerable), *Neoporteria horrida* (Gay) D.Hunt (*Cactaceae*) (vulnerable), *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser (*Fagaceae*), "hualo" (vulnerable), *Nothofagus macrocarpa* (A.DC.) F.M.Vásquez et R.A.Rodr. *(Fagaceae*) "roble blanco" (vulnerable), *Porlieria chilensis* Gay (*Zygophyllaceae*) "guayacán" (vulnerable) (EULA 2004).

Respecto a la fauna presente en el cordón montañoso de Cantillana, habitan alrededor de ciento sesenta y tres especies de vertebrado, de las cuales veinticinco son consideradas endémicas de Chile y treinta y siete se encuentran amenazadas. De acuerdo con las especies de vertebrado endémicos, hay tres anfibios, once reptiles, siete aves y cuatro mamíferos. Tres especies de anfibios, cuatro de reptiles, veintitrés de aves y siete mamíferas se encuentran actualmente amenazadas. Además, se encuentran nueve especies en el sector, lo que representa 4,9% de las especies, con cinco mamíferos, tres aves y un anfibio, excluyendo las especies domesticadas (perros, gatos, vacas, caballos y caprinos) (GEF, 2005).

1.2.1 Amenazas de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana

En Altos de Cantillana la biodiversidad se encuentra en constante amenaza por la pérdida de especies (flora y fauna), y por la degradación del hábitat (Magni *et al*., 2015). Según Cáceres *et al*. (s.a.) las principales amenazas que se encuentran en la reserva son las siguientes:

Incendios. Una de las amenazas que atenta con la biodiversidad de Altos de Cantillana son los incendios, los cuales mayoritariamente son originados por la irresponsabilidad humana (factor antrópico). Se tiene registro de incendios en los años 2010 y 2012. Particularmente el riesgo de incendio en el sector de Rangue es mayor en comparación a los otros sectores, ya que esta zona recibe fuertes vientos desde la costa.

Perros Domésticos de Vida Libre (PDVL). Según lo expuesto por WHO (2007), los PDVL son perros que no tienen restricción permanente y/o dependen de algún humano. Por ende, es posible encontrar perros urbanos y rurales dentro de estas categorías. Los PDVL amenazan de manera directa a la fauna de altos de Cantillana, ya que, tiene consecuencias perjudiciales particularmente en los carnívoros nativos. Estos perros visitan la zona principalmente con sus dueños (arrieros), de los cuales no acostumbran a alimentar a sus animales, por lo tanto,

perturban el ecosistema cazando, compitiendo por presas con otros carnívoros y como vectores de enfermedades (OIE, 2015).

Extracción de tierra de hoja. Extraer esta parte importante del suelo complica la retención de humedad a nivel suelo, dificultando la absorción de agua en la vegetación existente, y provocando escurrimiento superficial, arrastrando sedimentos y erosionando el suelo. Esta amenaza afecta de mayor forma al bosque esclerófilo de la reserva, ya que se remueve el sustrato del suelo, dificultando la germinación de semillas de algunas especies y también la supervivencia de plántulas.

Caminos. El camino G-54, que une a Champa con Melipilla, intersecta a la reserva, lo cual esto amenaza la estabilidad ecológica, ya que, según lo expuesto por Arroyave *et al*. (2006), los caminos tienen múltiples impactos sobre la biodiversidad, en donde pueden provocar fragmentación, atropellamientos y cambios en los patrones reproductivos. Particularmente, Cáceres *et al*. (s.a.) menciona que la pavimentación de este camino estimularía un aumento en la cantidad de turistas, provocando un alto riesgo de incendio, una fauna más estresada y un borde de bosque más perturbado.

El turismo irresponsable. Este factor es considerado una amenaza para la reserva, pues gran cantidad de los visitantes no cumplen con las normativas y efectúan malas prácticas. El visitante irresponsable puede acceder de forma legal o ilegal al área protegida, sumado con malas prácticas hacia el medio ambiental. Las malas prácticas comunes de los visitantes son: la remoción de material biológico (ramas, hojas, insectos u otro), daños mecánicos en la corteza de árboles, uso de fogatas, fumar, depósito de basura y heces, uso de jabones u otros químicos en cuerpos de agua, llevar animales domésticos, principalmente perros, no seguir los senderos establecidos, entre otros.

La minería. En la comuna de Alhué se encuentra localizada la Minera Florida Limitada, cercana a los bosques de robles y comunidades andinas de la reserva, la cual afecta directamente en el sistema hídrico y al paisaje, ya que intervienen la cabecera de las cuencas y las comunidades vegetales presentes en la reserva.

Cambio de uso de suelo. Respecto a este factor, el ecosistema mayormente afectado en la reserva es el bosque esclerófilo, en donde empresas inmobiliarias han ocupado gran cantidad de su superficie en los últimos 20 años. Un ejemplo es el condominio “Piedra de Molino”, que se encuentra aledaño a la reserva. La instalación de este tipo de villas produce fragmentación y destrucción de hábitat en áreas aledañas.

La ganadería extensiva. Este factor es considerado una amenaza que influye drásticamente en diferentes ecosistemas y recursos presentes en la reserva, algunos de ellos son: bosque

esclerófilo, bosque caducifolio (roblerías), el Patagual, comunidades andinas y los cursos hídricos.

1.3 El ganado doméstico en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana

En la Reserva la crianza de ganado (bovino y equino), se desarrolla principalmente en los niveles medios y altos de las montañas, pues durante largas décadas los propietarios han implementado pastoreo en estas áreas y han permitido que miembros de las comunidades locales puedan pastar animales en sus tierras (GEF, 2005). Como se mencionó en el apartado anterior (1.2.1), la ganadería es una gran amenaza para los ecosistemas de la reserva, en donde contrarrestarla resulta complejo, pues la actividad se ha desarrollado antes del nacimiento de la reserva, incluso es considerada parte de la cultura local, específicamente en la hacienda Acúleo (Cáceres *et al*., s.a.). En época estival, las praderas y formaciones arbustivas de la meseta de Cantillana y sectores aledaños sustentan una masa ganadera de aproximadamente 200 animales (vacunos y caballares) (EULA, 2004).

Actualmente en la reserva se practica ganadería extensiva de manera autorizada e ilegal, pese a la disminución del número de cabezas de ganado ingresados en los últimos años, los efectos negativos siguen existiendo. Se estima que veinticuatro arrieros de la localidad de Hornos y veinte de la localidad de Rangue se encuentran con permiso de ingreso. Los arrieros generalmente tienen un ayudante y mencionan tener entre cero a cuatro caballos y entre cero y cinco vacas, aunque, se estima que el número de vacas que ingresan son mayores. Es necesario señalar que los arrieros y animales que ingresan a la reserva de forma ilegal no han sido cuantificados, esto se debe a la limitada vigilancia en algunos sectores de la reserva, principalmente en el sector de Pichi, en la comuna de Alhué, Juan Noe y La Huachera. Es importante mencionar que tanto los arrieros autorizados como los no autorizados van acompañados de grupos de perros, los cuales también amenazan la biodiversidad presente en la reserva (Cáceres *et al*., s.a.).

Respecto a la clasificación de uso de terreno de la zona gestionada por el proyecto GEF (2005), es posible encontrar cuatro actividades que están relacionadas con el ganado, estas son “Crianza de ganado”, “Crianza de ganado extensa”, “Crianza de ganado estacional” y “Silvicultura y ganadería”. La “Crianza de ganado”, se desarrolla en una zona que es regularmente de uso intensivo, en donde habita ganado durante la mayor parte del año. La zona se caracteriza por pendientes no mayores a un 30% y una considerable disponibilidad de forraje. La “Crianza de ganado extensa” es usada cuando la disponibilidad de alimento disminuye en las áreas más bajas. En este sector predominan los matorrales, matorrales arborescentes, bosque maduro y renovales. Las condiciones de acceso disminuyen con la presencia de pendientes abruptas (inclinación promedio de un 50%). La “Crianza de ganado estacional” se ubica en sectores altos de la cadena montañosa, entre los 1.600 y los 2.250 m.s.n.m, en donde es posible apreciar animales dispersados por toda la zona. De acuerdo a lo indicado por EULA (2004) esta última actividad se realiza entre los meses de octubre y

marzo. Cabe destacar que en estos sectores es posible observar formación vegetal de tipo estepa andina, en donde se pueden encontrar hierbas estacionales altamente apetecibles.

Es importante mencionar que la ganadería extensiva y estacional cubren aproximadamente 82.766,3 hectáreas del cordón de Cantillana, siendo el uso con mayor participación, en términos de superficie.

El otro uso de terreno es el denominado "Silvicultura y ganadería", consiste en la realización de las actividades de ganadería y silvicultura simultáneamente. La primera actividad se dedica principalmente a la crianza del ganado bovino, y la otra es destinada a la extracción de madera (GEF, 2005). El uso abarca una superficie total de 28.275,8 hectáreas y se desarrolla en los siguientes sectores: parte alta del Cordón de Cantillana y ribera norte de La Laguna Aculeo, en la comuna de Paine; Cajón de Aculeo, estero Carmen Alto, estero Cholqui, Cordón de Culipran, Cajón de Panáma, Loma El Rodeo y Loma El Divisadero, en la comuna de Melipilla y; Loma Perales, Cajón Hueque y Loma del Medio, en la comuna de Alhué (EULA, 2004).

1.3.1 Sistema de "Prorratas"

Según lo indicado por Magni *et al*. (2015), en el Fundo Los Hornos, localidad ubicada en la reserva, opera un sistema denominado "Prorratas", consistiendo en que cada persona registrada que posea animales de origen ganadero (vacuno, equino), realizará un pago de cuatro días de trabajo por animal al año. Los tipos de trabajos mencionados corresponden especialmente a construcción y mantención de cercos, con el fin de que el ganado no acceda a las propiedades aledañas. Por otra parte, Magni *et al*. (2015) estima que el número de cabezas de ganado registradas en las fichas "prorrateras" es bastante mayor, pues en general las personas no declaran su ganado. La información a través de fichas "prorrateras" serán utilizadas para describir la masa ganadera del sector.

1.3.2 El efecto del ganado en los ecosistemas de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana

En este apartado se especificarán los efectos del ganado doméstico en los diversos ecosistemas y formaciones vegetales presentes en la RNPAC, extraído del plan de manejo elaborado por Cáceres *et al*. (s.a.).

a) Recurso hídrico

La ganadería tiene impacto en los cursos de agua, como se mencionó anteriormente el pisoteo de los animales provoca erosión en los suelos, estimulando así la infiltración y la escorrentía superficial (Fanning, 1994). En la reserva, importantes vías fluviales han tenido un aumento

en la sedimentación por la acción ganadera, dificultando el abastecimiento de agua hacia la Laguna de Acúleo, inclusive provocando la disminución volumétrica de las aguas subterráneas. Por otro lado, los arrieros del sector suelen dejar basura en importantes cursos de agua, provocando contaminación del recurso hídrico.

b) Bosque esclerófilo

El bosque esclerófilo se caracteriza por dominancia de especies de hojas duras, las cuales se pueden presentar como formaciones arbustivas o arborescentes (Donoso, 1981). En la reserva, el bosque esclerofilo se desarrolla en valles y laderas menos expuestas, entre los 360 a 1.600 msnm. El estrato arbóreo alcanza hasta un 90% de cobertura, dominado por *Cryptocarya alba, Peumus boldus, Lithrea caustica* y *Quillaja saponaria*. El bosque se ha visto degradado por la influencia ganadera, en donde los animales consumen las plántulas de las diversas especies del sector, generando daño a nivel suelo y además abriendo nuevos senderos que posteriormente son utilizados por los visitantes, otra amenaza latente en la reserva.

c) Bosque de *Crinodendron patagua*

El Patagual, bosque dominado por *Crinodendron patagua*, contiene una superficie aproximadamente de 45 ha en la reserva, cuya área es impactada por la actividad ganadera. En el bosque se encuentra un corral de ganado, que es usado por las personas inscritas en el sistema de prorratas, indicando que existe un frecuente tránsito de animales en la zona. Los principales efectos del ganado en el sector son: la depredación de semillas, flores y tejido vegetativo de diversas especies, dispersión de especies exóticas e impactación en el suelo.

d) Formaciones de *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm.

Beilschmiedia miersii se ha declarado Monumento Natural, mediante D.S. N°13/1995 (MINAGRI, 1995), y clasificada en la Categoría de Vulnerable, según D.S. N°50/2008 (MINSEGPRES, 2008). La especie tiene ejemplares situados en la reserva, en donde son severamente impactados por el ganado doméstico. Los animales provocan en la especie la disminución en tamaño de los individuos, una baja en la sobrevivencia de las plántulas y dificultades en la germinación.

e) Bosque Caducifolio

En las zonas altas de la reserva se encuentra el Bosque Caducifolio de Santiago, dominado por *Nothofagus macrocarpa*, situación amenazada por la ganadería estacional. Los animales impactan en el ecosistema mediante el pisoteo, dispersión de especies de plantas exóticas y por ramoneo. Es importante mencionar que el ganado afecta principalmente a las especies acompañantes, ya que alimentarse de robles puede ser dañino para su organismo. Dentro de

las roblerías existen dormideros, en donde es posible encontrar una gran riqueza de especies exóticas y nula presencia de hojarasca.

f) Comunidades andinas

Las comunidades andinas de la reserva son indispensables para el ecosistema, ya que proveen de múltiples servicios ecosistémicos, y además al estar ubicadas en la cabecera de las cuencas, tiene un rol importante en la provisión de agua. El impacto provocado por el ganado es realizado mediante el desplazamiento, particularmente de bovino, en donde promueven la compactación y la erosión del suelo.

1.4 Antecedentes generales de *Nothofagus macrocarpa*

Nothofagus macrocarpa (A.DC.) F.M Vásquez & R.A. Rodríguez, también conocido como "roble de Santiago", "roble" y "roble Blanco", especie más septentrional del género en América, se distribuye desde la Región de Valparaíso hasta la del Libertador Bernardo O'Higgins, las formaciones se ubican específicamente en la Cordillera de la Costa (entre los 32° y 35° lat. Sur) y también en los Andes argentinos, alcanzando solamente los 36° 50' S (Chester, 2016; Saldías, 2011; Golowasch *et al*., 1982; Amigo y Rodríguez-Guitián, 2011). En la actualidad la especie se encuentra en pequeñas poblaciones aisladas, específicamente en las siguientes localidades: Los cerros El Roble y La Campana, en los Altos de Chicauma, en los Altos de Cantillana, Cerros de Hueque, Talamí, Loncha, Cerro Pangalillo y en Sierras de Bellavista.

El "roble blanco" se ubica en los pisos bioclimáticos mesomediterráneo superior subhúmedo inferior hiperoceánico y supramediterráneo inferior subhúmedo superior y húmedo inferior oceánico (Luebert y Pliscoff, 2006). En las situaciones más septentrionales los bosques de *N. macrocarpa* presentan un patrón de precipitaciones subhúmedas, mientras que en las formaciones más australes (con altitudes de hasta 1.600 m) los registros corresponden claramente a un patrón de lluvia húmedo (por ejemplo, en la Reserva Natural Altos de Lircay) (Amigo y Rodríguez-Guitián, 2011). Generalmente en las roblerías de Altos de Cantillana es posible apreciar nieve en la temporada invernal y puede mantenerse hasta la primavera dependiendo del nivel de precipitación ocurrida (Universidad de Chile, 2007).

El hábitat de la especie se encuentra entre los 800 y 2200 m.s.n.m, en exposición sur, condiciones de alta luminosidad y suelos húmedos, fértiles, pedregosos con buen drenaje y pH neutro (Riedemann y Aldunate, 2014; Gajardo, 2001; Ormazabal y Benoit, 1987). La especie se desarrolla acompañada de un estrato arbustivo, en donde destacan *Ribes punctatum, Berberis actinacantha, Calceolaria meyeniana, Azara petiolaris* y algunas especies esclerófilas, en el estrato herbáceo están *Adiantum sulphureum* y *Alstromeria zoellneri* (Luebert y Pliscoff, 2006). En los años donde se presentan otoños/inviernos

lluviosos y primaveras/veranos con temperatura media bajo el promedio, serían las condiciones más favorables para el crecimiento radial de *Nothofagus macrocarpa*, inclusive en temporadas muy húmedas estimularía mayormente el establecimiento de la especie (Venegas-González *et al*., 2018). Cabe destacar que la especie tiene una gran semejanza de crecimiento con *Nothofagus glauca*, esto se debe a la similitud que existe entre las condiciones ambientales que se desarrollan (Paratori, 2009). También es importante mencionar que la especie presenta tasas de crecimiento en diámetro y altura muy similares a *N. glauca*, *sin* embargo, la productividad media en volumen de *N. macrocarpa* es inferior (Delgado, 2008).

El estado de conservación de *Nothofagus macrocarpa* en la Región de Valparaíso se encuentra "En peligro" y "Vulnerable" en las regiones Metropolitanas y del Libertador Bernardo O'Higgins respectivamente (Riedemann y Aldunate, 2014; Saldías, 2011; Gajardo, 2001). El "roble blanco" tiene poblaciones con características genéticas únicas, así como una estructura geográfica histórica significativa. La especie contiene poblaciones que son consideradas como "relictas", este concepto se refiere principalmente a que el establecimiento sucedió bajo condiciones climáticas muy diferentes a las del presente, imposibilitando replicar este proceso en la actualidad. (Gajardo, 2001; Mathiasen *et al*., 2020)

Actualmente, el cambio climático, expresado por la disminución de las precipitaciones y al mismo tiempo por el aumento de las temperaturas, ha estimulado la degradación de los bosques caducifolios mediterráneos, afectando significativamente en el crecimiento de *N. macrocarpa*, cuya especie tiene como requisitos condiciones húmedas, situación totalmente contraria a la entregada por el fenómeno ambiental (Donoso *et al.*, 2010; Riedemann y Aldunate, 2014). Respecto a la sequía, según el estudio realizado por Venegas-González *et al*. (2018) en donde entrega una visión ecológica sobre la sensibilidad de las poblaciones de *N. macrocarpa* a lo largo de toda su distribución geográfica, concluye que la especie en temporadas de sequía, presenta un claro efecto negativo en el crecimiento radial, en el cual se ha acentuado desde 1980. También menciona que las poblaciones jóvenes y coetáneas (las ubicadas más al norte), son las más afectadas por la acción humana, y tienen una mayor sensibilidad a la variabilidad hídrica, en comparación a las poblaciones localizadas en la Cordillera de los Andes y a las de las zonas altas de la Cordillera de la Costa.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Caracterizar el efecto del ganado sobre la vegetación de la roblería en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana, RM.

2.2 Objetivos específicos

- Describir la masa ganadera presente en el sector “Roblería Altos de Cantillana”.
- Describir la vegetación del sector “Roblería Altos de Cantillana”.
- Comparar y analizar la presencia de ganado entre zonas con y sin exclusión en el sector “Roblería Altos de Cantillana”.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

La presente práctica titulada “Caracterización del efecto del ganado sobre la vegetación de la roblería en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana, RM”, se llevó a cabo durante los meses de septiembre a diciembre del año 2021.

3.1 Materiales

3.1.1 Caracterización del área de trabajo

La Reserva Natural Altos de Cantillana tiene una superficie aproximadamente de 12.000 ha, en donde abarca cierta sección del Cordón Cantillana, cuyo lugar ha sido clasificado y reconocido como sitio prioritario mediante la Resolución Exenta Nº 585/05 (GORE RMS y SEREMI MMA RMS, 2013).

Respecto a las condiciones climáticas, la zona de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana pertenece al Distrito Agroclimático 65.3, de tipo templado mesotermal estenotérmico mediterráneo semiárido que se caracteriza por presentar temperaturas promedio del aire en el mes más cálido y frio de 27,7 ºC (enero) y 4,7ºC (julio), respectivamente; precipitaciones promedio anuales de 457 mm y humedad relativa del aire promedio anual del 77% (Santibáñez y Uribe, 1990).

La caracterización se realizó en las roblerías ubicadas en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana (33º51’11” S, 71º0’28” O), ubicada en la Comuna de Paine, en el suroeste de la Región Metropolitana (Figura 1).

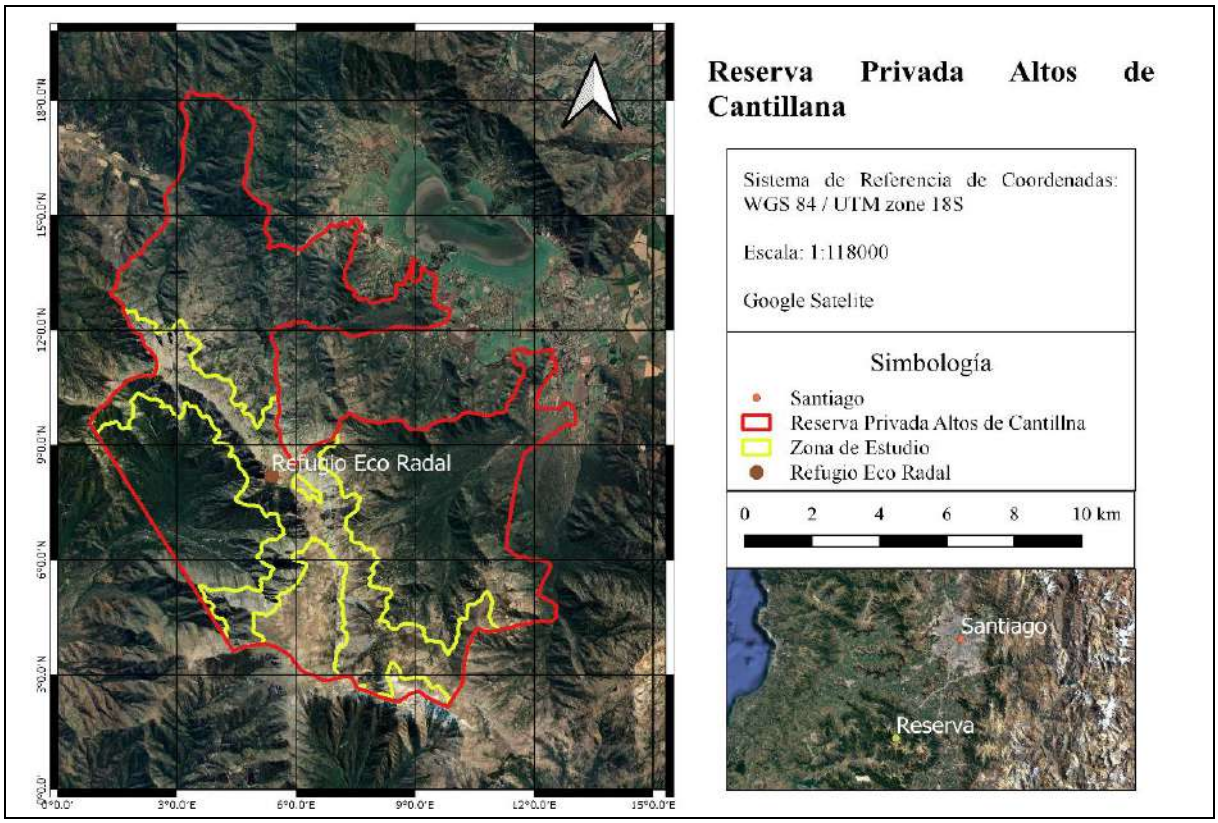


Figura 1.Ubicación geográfica y límites de la Reserva. Los límites de la reserva están en color rojo.

La roblería tiene una extensión de aproximadamente 848 hectáreas, cuya formación vegetal se caracteriza por ser un bosque monoespecífico de *Nothofagus macrocarpa*, y su desarrollo se establece en las cumbres del cordón Cantillana (1.550 a 2.050 msnm). Esta formación vegetal presenta una cobertura de 90% en su estrato arbóreo. El estrato arbustivo sobrepasa el 30% de cobertura en ciertas situaciones, en donde se presentan como especies dominantes *Berberis montana, Baccharis neaei y Senecio francisci*. También se presenta un sotobosque denso formado por ramas bajas y renuevos de *Nothofagus macrocarpa*. Presenta un estrato herbáceo diminuto que no supera el 25% de cobertura, cuya formación vegetal está dominado por *Quinchamalium chilense y Cynoglossum creticum* (Cáceres *et al*., s.a.). Respecto a la fauna es posible encontrar a *Spalacopus cyanus*, roedor endémico de cuerpo robusto catalogado como en peligro de extinción (GEF, 2005; Oltremari *et al*., 2009)

Dentro del área de trabajo se seleccionaron tres situaciones diferentes de muestreo: la situación 1 es un bosque de robles delimitado por un cerco de exclusión, instalado en abril del año 2019, presentando una superficie de 3 ha aproximadamente. La situación 2 se ubicó en el sector “las Hualtatas”, en un bosque de robles aledaño a matorrales de tipo esclerófilo sub-andino. La situación 3 se fijó de igual manera en el sector “las Hualtatas”, en un bosque de robles situado a cercanías de ladera.

3.2 Método

3.2.1 Descripción de la masa ganadera presente en el sector "Roblería Altos de Cantillana"

Para la descripción de la masa ganadera presente en el sector, se realizó un análisis de antecedentes del ganado en la reserva. La finalidad de realizar este análisis se centra en buscar las características del ganado presente (especies, hábitos alimenticios, entre otros) y consecuentemente descubrir algunos efectos que producen en la **"**roblería Altos de Cantillana**".** Los antecedentes se adquirieron mediante material bibliográfica.

Por otro lado, tambien se realizó un análisis de fichas "prorrateras" y de ingreso. La ficha de "prorratas" se explicó en el apartado 1.3.1 y la ficha de ingresos es el registro del tipo de animal ganadero ingresado a la reserva, la cual expone características generales del animal, como edad y sexo. Este análisis se llevó a cabo mediante las fichas "prorrateras" de los años 2018, 2019 y 2021, y la ficha de ingreso del 2018, elaboradas por la reserva. Se evaluó tanto la abundancia de arrieros como la de animales declarados. También se identificaron las especies de ganado registradas. Para ello se confeccionaron gráficos de barras y cuadros informativos.

3.2.2 Descripción de la vegetación del sector "Roblería Altos de Cantillana"

Se efectuó una fotointerpretación mediante imágenes satelitales extraídas del software "Google Earth", en donde se rodalizó el área de estudio en función a la cobertura y formaciones vegetales, a una escala 1:5.000. Posteriormente se generó una cartografía de la fotointerpretación y además se calcularon las superficies de los rodales generados para así realizar un análisis comparativo de las cifras obtenidas. Para ello se utilizó el software "QGIS3".

3.2.3 Descripción de la vegetación por el método "Point transects"

El método "*Point transects"* (punto-transecto) consiste principalmente en la observación y registro de seres vivos (principalmente fauna) en un punto fijo durante un determinado tiempo. Es importante mencionar que las distancias se pueden registrar en términos de zonas concéntricas alrededor del punto o se puede medir o estimar la distancia exacta de cada ser vivo objetivo (Sutherland, 2006).

El presente método se realizó en las tres situaciones de bosques, las cuales son: Situación 1: "Zona de exclusión de ganado"; Situación 2: "Las Hualtatas 1"; Situación 3: "Las Hualtatas 2" (estas dos últimas sin exclusión). Para el levantamiento de datos en terreno, se realizaron

transectos de 90 m de largo, en donde cada 10 m se establecieron puntos de registros (incorporando al punto 0), obteniendo así diez puntos. En cada punto se estableció una zona concéntrica de 5 m de radio, con el fin de registrar todas las variables necesarias para el trabajo. Es importante mencionar que la separación entre transectos fue de 11 metros, para así evitar el solapamiento o el sobre-registro.

En la situación 1 se realizaron 8 transectos paralelos entre sí, con rumbo hacia el sur, resultando una superficie muestral de 6.930 m^2. En la situación 2 se realizaron 5 transectos paralelos entre sí, con rumbo hacia el sur, resultando una superficie muestral de 3.960 m^2. Y finalmente, en la situación 3 se realizaron 5 transectos paralelos entre sí, con rumbo hacia el sureste, este cambio se debe a que las condiciones de pendientes fueron desfavorables hacia el sur, impidiendo el muestreo. La superficie muestral de la situación fue de 3.960 m^2.

a) Variables registradas

En cada punto de registro se efectuó una caracterización ecológica general y descripción de las principales variables que componen el ambiente, a través del método OIKOS (código básico de información ecológica), pues de acuerdo a Cubillos (1986), extraído de Medina (2010), se basa en la generación de categorías o rangos dentro de cada descriptor del medio.

Por otro lado, también se registraron variables de carácter vegetacional, como: especie, altura promedio de cada estrato vegetacional (arbóreo, arbustivo y herbáceo), DAP (diámetro a la altura del pecho) de cada individuo del estrato arbóreo y la cuantificación de todos los individuos arbustivos. Mediante esta recolección de datos se realizó un análisis de datos cualitativos (frecuencia relativa porcentual), análisis estadísticos y cartografías representativas para la obtención de una visión general de las tres situaciones en estudio.

b) Caracterización de puntos con presencia de regeneración por semillas

Por último, se realizó una caracterización ecológica general y descripción de las principales variables en los puntos en donde se encontró regeneración por semillas de la especie *N. macrocarpa*. Cabe destacar que esto se realizó a través del método OIKOS (código básico de información ecológica). Esto ayudará a conocer las situaciones favorables para el desarrollo de la regeneración de *N. macrocarpa*.

3.2.4 Comparación y análisis de la actividad ganadera entre zonas con y sin exclusión de ganado en el sector “Roblería Altos de Cantillana”

Para la realización del presente objetivo, se establecieron variables relacionadas con la actividad ganadera, para así conocer la influencia del ganado en cada situación muestral.

Luego se compararon entre situaciones con y sin exclusión para conocer el efecto del ganado en las roblerías.

a) Variables de actividad ganadera

En primer lugar, las variables relacionadas a la actividad ganadera se registraron mediante el mismo método de la sección 3.2.3, es decir por el método "*Point transects*", aplicado para las tres situaciones muestrales. Las variables designadas fueron: presencia de huellas de ganado, plantas vegetales ramoneadas, abundancia de fecas (ganado), especies invasores y densidad arbustiva.

En terreno, para el registro de las variables "ramoneo", "especie exótica" y "huellas", la presencia y ausencia se determinó como 1 y 0 respectivamente en cada punto. Es importante señalar que la variable presencia de especies invasoras se seleccionó de acuerdo a lo establecido por el Plan de manejo de la RNPAC elaborado por Cáceres *et al* (s.a), en donde expone que *Cynoglosum creticum* (especie exótica presente en el sector) es propagada por el ganado, por ende, en cada punto se tomó registro de la herbácea.

Cuadro 1. Clasificación de la presencia de las variables "ramoneo", "huellas" y "especie exótica.

Variables "ramoneo", "huellas" y "especie exótica"	
Clasificación Punto	Presencia
1	Si
0	No

Por otra parte, para la variable "abundancia de fecas", en cada punto se cuantificó el total de heces de ganado, para luego clasificarlos como: 0 (cero fecas), 1 (una a cuatro), 2 (cinco a siete) o 3 (igual o mayores a ocho).

Cuadro 2. Clasificación abundancia de fecas.

Abundancia de Fecas	
Clasificación Punto	Número de Fecas
0	0
1	[1-5[
2	[5-8[
3	≥8

En cuanto a la variable densidad arbustiva, se cuantificaron los individuos de características arbustivas en cada punto de registro, obteniendo así la abundancia de arbustos de cada

situación, luego se extrapoló a la hectárea, dando como resultado la densidad arbustiva. Esta última variable fue seleccionada según lo indicado por Tasker y Bradstock (2006), en donde afirma que el ganado puede simplificar la estructura del sotobosque, disminuyendo la abundancia de arbustos, aumentando la dominancia de hierbas y favoreciendo así la creación de un sotobosque menos estratificado y más abierto. Respecto a esto es que se consideró como una variable de la actividad ganadera.

b) Comparación de las variables de actividad ganadera por situación

Una vez registradas las variables de actividad ganadera de las tres situaciones, se realizaron los siguientes cálculos:

- Respecto a la variable abundancia de fecas, para cada situación muestral se calculó el porcentaje de puntos clasificados según la cantidad de fecas presentes (0, 1, 2 y 3). El porcentaje calculado es equivalente a frecuencia relativa porcentual. Con esto es posible conocer qué situación presentó la mayor abundancia de fecas.

- Para las variables “ramoneo”, “especie exótica” y “huellas”, en cada situación muestral se calculó el porcentaje de puntos en donde fueron observadas. Tal porcentaje es equivalente a frecuencia relativa porcentual. Mediante esto es posible conocer la situación que presentó una mayor presencia de “ramoneo”, “especie exótica” y/o “huellas”

- Para la variable densidad arbustiva, se obtuvo el dato para cada situación y posteriormente se comparó entre zonas con y sin exclusión, para así relacionar la vegetación arbustiva y la actividad ganadera del lugar.

Por último, se elaboraron gráficos de barras para las variables: presencia de huellas, ramoneo, especies exóticas, densidad arbustiva y abundancia de fecas. Los gráficos exponen una comparación entre situaciones con y sin exclusión, en función a la variable de actividad ganadera. Mediante estas comparaciones se analizarán los posibles efectos del ganado en “Las roblerías” del sector y se pondrán en discusión con trabajos relacionados.

4 RESULTADOS ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de la masa ganadera presente en el sector "Roblería Altos de Cantillana"

4.1.1 Antecedentes de la masa ganadera

Respecto a los estudios de EULA (2004), Magni *et al.* (2015), Cáceres *et al.* (s.a.) y GEF (2005) sobre la masa ganadera en el área de estudio, se explica lo siguiente:

En el sector "Roblería Altos de Cantillana" se desarrolla la crianza de ganado estacional, cuya actividad se realiza en sectores altos de la cadena montañosa entre los 1.600 y los 2.250 m.s.n.m., en donde es posible apreciar ganado dispersado por toda la zona, dependiendo de las condiciones de temperatura y precipitación. Cabe destacar que en esta situación predominan vacunos y caballares. Se estima que en época estival (octubre a marzo) se pueden encontrar aproximadamente 200 animales en el lugar. Respecto a los hábitos alimenticios, en estos sectores es posible encontrar formación vegetal ligada a la estepa andina, en donde crecen y se desarrollan hierbas estacionales altamente apetecibles.

Respecto al impacto del ganado en las roblerías, influye en la erosión de los suelos mediante el pisoteo, dispersión de especies de plantas exóticas, cuyas se aferran en su pelaje, y ramoneo, principalmente a especies acompañantes, ya que alimentarse de robles puede ser dañino para su organismo. Dentro de las roblerías existen dormideros, en donde es posible encontrar una gran riqueza de especies exóticas y nula presencia de hojarasca (Fanning, 1994; Cáceres *et al*., s.a.)

4.1.2 Análisis de prorratas

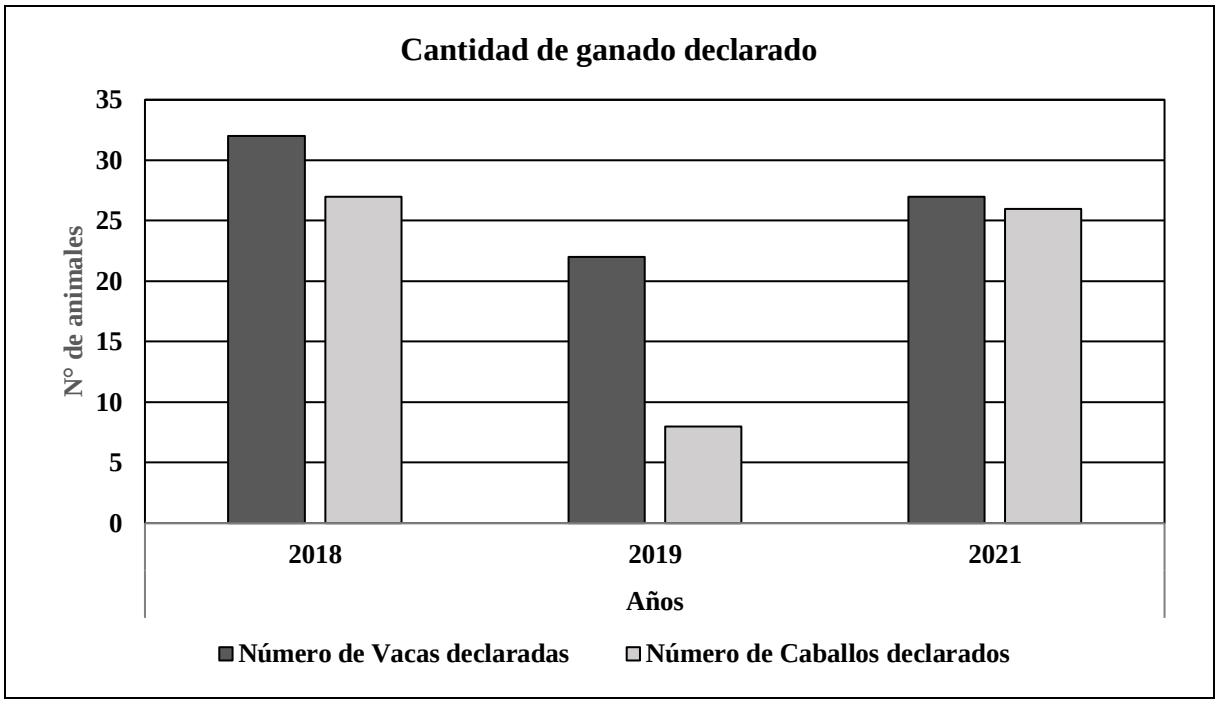


Figura 2. Cantidad de ganado declarado en el sector Los Hornos (RNPAC), en los años 2018, 2019 y 2021

Según la Figura 2 en el año 2018 se declararon un total de 59 cabezas de ganado, en donde un 54% pertenece a vacas y un 46% a caballos. En el año 2019 se declaró un total de 30 cabezas de ganado, en donde un 73% corresponde a vacas y un 27% a caballos. Por último, en el año 2021, se declararon un total de 53 cabezas de ganado, en donde un 51% corresponde a vacas y un 49% a caballos. Es importante mencionar que los arrieros declararon perros durante estos años, sin embargo, estos no fueron considerados por no ser datos relevantes para el informe de práctica.

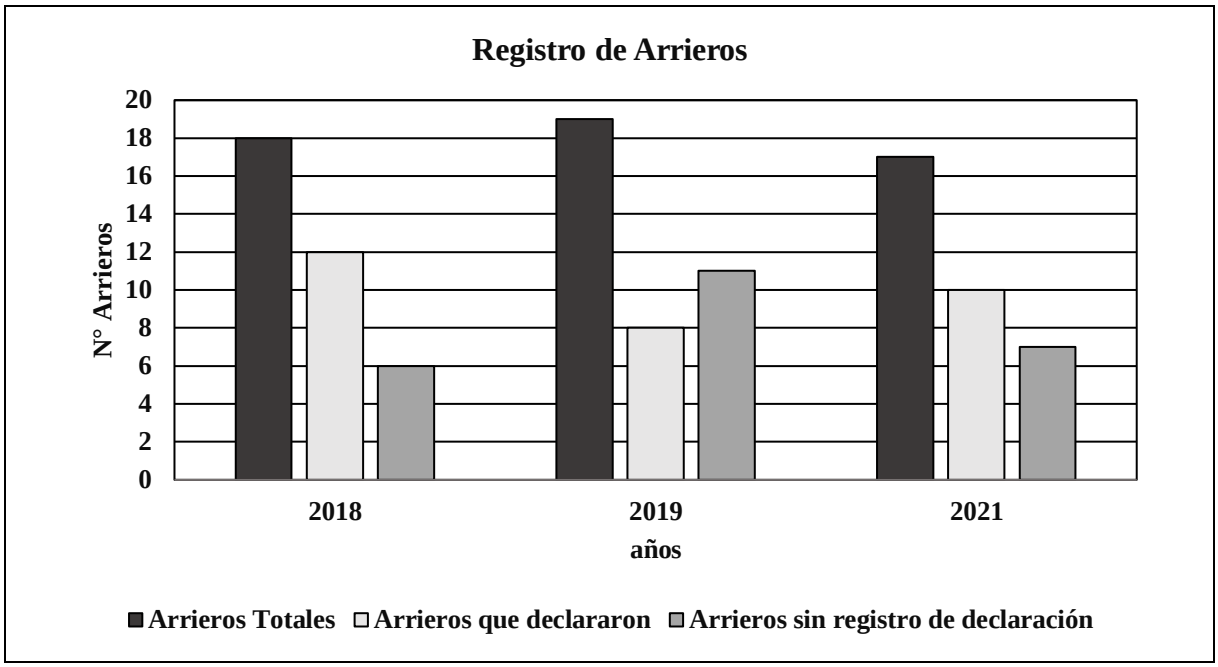


Figura 3. Registro del número de arrieros en el sector los Hornos, RNPAC.

Respecto a la Figura 3, indica los arrieros totales, los que no declararon su ganado y los que no presentaron registros de declaración. En el año 2018 aproximadamente un 66% declararon su ganado, en el 2019 un 42% y en el 2021 un 59%. Respecto al número de arrieros totales registrados, no ha variado significativamente los últimos años.

Cuadro 3. Clasificación del ganado ingresado en la RNPAC

Animal	Clasificación	Sexo	Rango de Edad
Bovino	Vaca	hembra	2 a 10 años
	Vaquilla	hembra	2 a 3 años
	Ternera	hembra	6 meses a 2 años
	Toro	macho	1,5 años a 3 años
	Ternero	hembra	5 meses a 1 año
Equino	Caballo	macho	sin registro
	Yegua	hembra	sin registro
	Potranca	hembra	sin registro

Fuente: (Fichas de ingresos de animales de la RNPAC, 2018).

En cuanto al Cuadro 1, expone el ganado bovino y equino ingresado en la reserva en el año 2018. El ganado bovino registrado se clasifica en “ternero”, “toro”, “vaca”, “ternera” y “vaquilla”, y presentan un rango de edad entre los 5 meses y 10 años. Respecto al ganado equino, se clasifican en “caballo”, “yegua” y “potranca”, y respecto al rango de edad no existen datos.

De acuerdo con los resultados arrojados por las fichas de prorratas, en 2021 expone una totalidad de 53 cabezas de ganado y solamente un 59% de los arrieros declararon. Esto indicaría que la cantidad de animales es mucho mayor, confirmando lo mencionado por Magni *et al.*, (2015), que en general las personas no declaran su ganado (Figura 3). Otra problemática que impide saber la cantidad de cabezas de ganado exacta es que, según Cáceres *et al*. (s.a.), muchos arrieros y sus animales ingresan a la reserva de forma ilegal, particularmente en lugares donde no hay vigilancia (sector de Pichi, en la comuna de Alhué).

4.2 Descripción de la vegetación del sector "Roblería Altos de Cantillana"

4.2.1 Fotointerpretación del sector "Roblería Altos de Cantillana"

A continuación, se presentará una figura que expresará un mapa con la zona de interés ya rodalizada en función a estructura y cobertura vegetacional. Posteriormente se presentarán tablas de superficies relacionadas a tal rodalización.

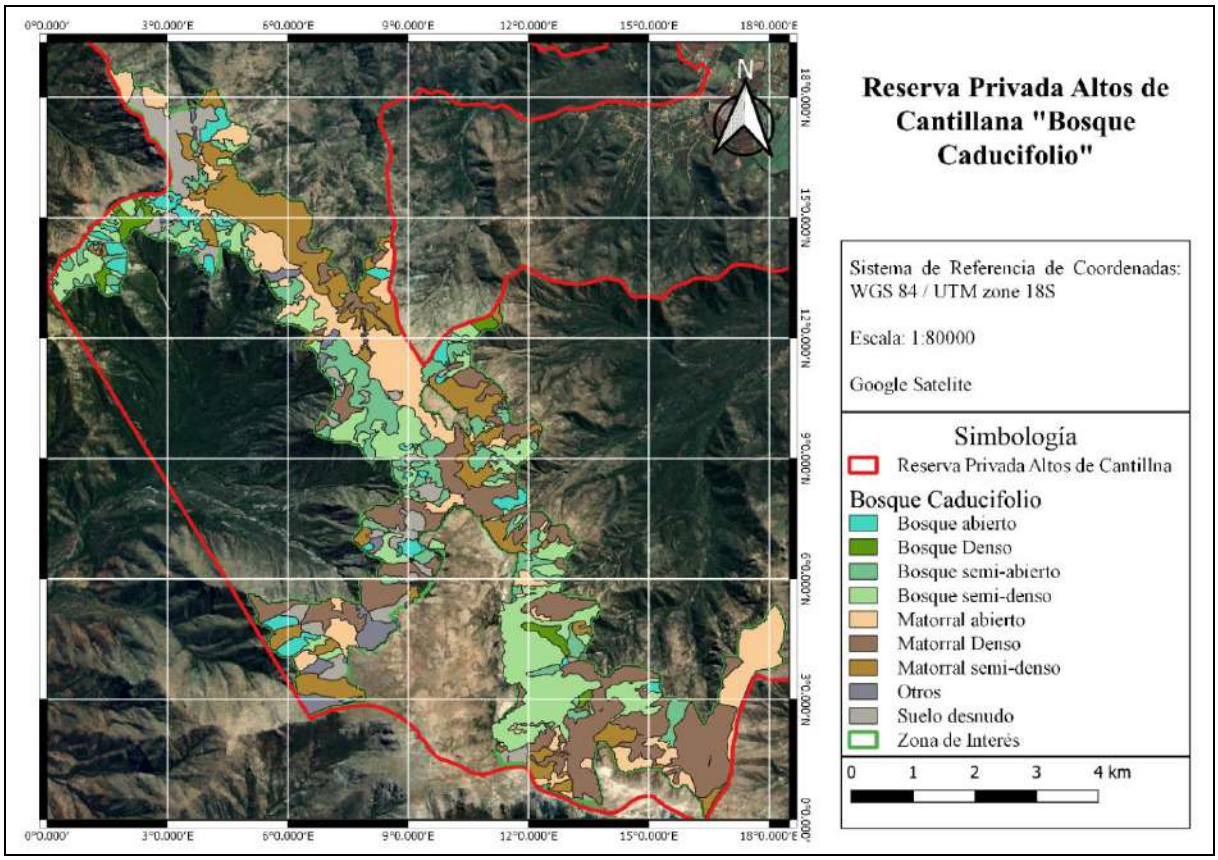


Figura 4. Ubicación geográfica de la zona de interés (Roblería Altos de Cantillana) y límites de la Reserva.

Cuadro 4. Superficies de las formaciones vegetales presentes en la zona de estudio.

Estructura	Superficie (ha)	Porcentaje del área de interés (%)
Matorral	2.283,05	60,82
Bosques	1.117,75	29,78
Otros	352,865	9,4
Total	3.753,66	100

Respecto al Cuadro 2, es posible apreciar las formaciones vegetales presentes en la zona de estudio y su respectiva superficie. Respecto a los matorrales, representan aproximadamente un 61% de todo el sector, mientras que los bosques alrededor de un 30% y el otro 9% corresponde a suelo desnudo, afloramiento rocoso, entre otros.

Cuadro 5. Superficies de las coberturas vegetacionales presentes en la zona de estudio.

Cobertura	Superficie (ha)	Porcentaje del área de interés (%)
Matorral semi-denso	683,43	18,21
Matorral Denso	1.001,44	26,68
Matorral abierto	598,18	15,94
Bosque Denso	52,69	1,4
Bosque semi-denso	567,22	15,11
Bosque abierto	151,05	4,02
Bosque semi-abierto	346,79	9,24
Suelo desnudo	272,07	7,25
Otros	80,79	2,15
Total	3.753,66	100

Respecto al Cuadro N°3, la zona de estudio tiene una superficie aproximadamente de 3.750 ha, en donde un 27% de esta área corresponde a “matorral denso”, la formación vegetal más extensa en comparación a las otras. Por otro lado, respecto a los bosques, el “bosque semi-denso” predomina en un 15%. Es importante señalar que en la zona de estudio solamente un 1,4% corresponde a “bosque denso”.

De acuerdo con el informe de ordenamiento territorial realizado en el Cordón de Cantillana por EULA (2004), es posible encontrar dos tipos de matorrales en esta situación, el matorral esclerófilo sub-andino, cuya formación se ubica en la parte este del cordón montañoso de Cantillana, las especies predominantes son *Kageneckia angustifolia, Colliguaja integerrima* y *Puya coerulea*. Por otro lado, está la Estepa alto andina, cuya formación se caracteriza por matorrales menores a 50 cm de altura, donde predominan especies como *Chuquiraga*

Folio009916

oppositifolia (“hierba blanca”), *Mulinum spinosum* (neneo), *Anarthrophyllum cumingii* (“pichi-romero falso”) y *Laretia acaulis* (“llareta de Santiago”). En relación con los bosques pertenecientes a esta zona corresponde principalmente a bosque Caducifolio, en donde predomina la especie *Nothofagus macrocarpa*.

4.2.2 Descripción de la vegetación por el método “*Point transects*”

En el presente apartado se describirá la vegetación e información ecológica relevante de los tres sectores estudiados.

a) Situación 1 “Zona de Exclusión de Ganado”

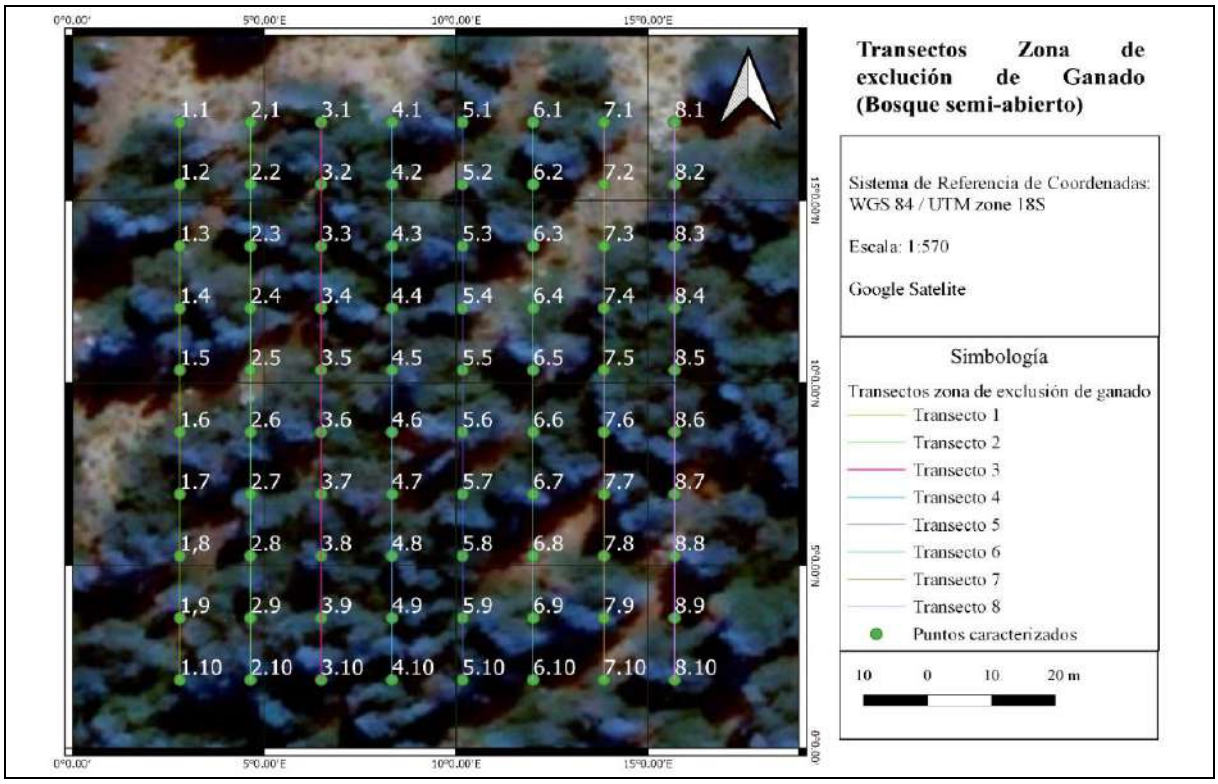


Figura 5. Puntos y transectos realizados en la situación 1 “Zona de Exclusión de Ganado”.

La situación 1 “Zona de exclusión de ganado” perteneciente a un “Bosque semi-abierto” con una cobertura vegetacional entre 5 a 25%, se encuentra en altos de ladera con una altitud entre los 2000 y 2500 m.s.n.m., en donde predomina la exposición sur. Presenta una pendiente irregular que va desde los 5 a 15% de inclinación, con una longitud de 20 a 50 m. A nivel suelo superficial, contiene características francas con una textura Franco Arenoso (Fa), y la pedregosidad superficial va desde 5 a 25 %. La erosión se caracteriza por ser ligera, en donde son muchos los factores que pueden incidir en ella (geológicos, antrópicos y fauna).

En esta situación se registró un estrato arbóreo cuya altura promedio es de 9,2 m, presentando un rango de alturas desde 1,7 m hasta 24,6 m y presenta un área basal de 22,54 m^2/ha. Respecto al estrato arbustivo y herbáceo, se obtuvieron alturas promedio de 2,27 m y 15,31 cm respectivamente.

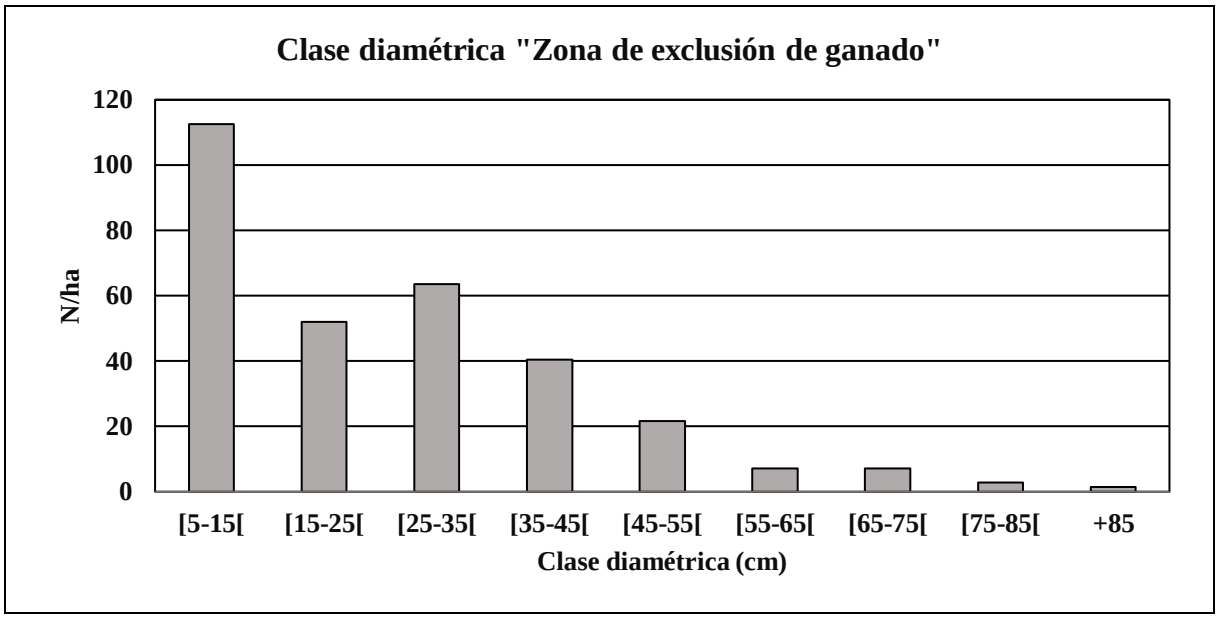


Figura 6. Distribución de las clases diamétricas del estrato arbóreo perteneciente a la Situación 1.

En la Figura 6 es posible mencionar que hay una concentración significativa de individuos en la clase diamétricas [5-15[(cm), representando un 36% aproximadamente de los individuos. Le sigue la clase diamétricas [25-35[(cm), con un 20%. Respecto a esto, es posible indicar que la situación 1 pertenece a un bosque con una gran concentración de individuos jóvenes, sin embargo, con presencian significativa de individuos muy maduros, cuyos DAP alcanzan hasta los 90 cm. Indicando un posible bosque maduro.

Respecto a las especies vegetales presentes en la situación 1. En el estrato arbóreo se observó una dominancia de la especie *Nothofagus macrocarpa* ("Roble blanco") y como acompañante en ciertas ocasiones *Schinus montanus* ("litrecillo"). Por otra parte, en el estrato arbustivo se observaron las siguientes especies: *Anarthrophyllum cummingi, Bereberis empetrifolia, Baccharis macraei, Berberis montana, Baccharis vernalis, Chuquiraga oppositifolia, Ribes trilobum, Solanum crispum, Senecio francisci y Schinus montanus*. Por último, en el estrato herbáceo se observaron especies como *Calceolaria cana, Cynoglosum creticum, Caiophora silvestris Microsteris gracilis, Olsynium junceum y Alstromeria sp.*

Folio009918

En cuanto a las observaciones registradas en la situación, en la gran cantidad de los puntos se observaron “cururerias”, madrigueras elaboradas por la especie *Spalacopus cyanus* “cururo”. Se encontraron rocas de gran magnitud, presencia de necromasa, gran cantidad de hojarasca y regeneración de *N. macrocarpa* solo por rebrote. Se observaron de fecas de ganado. Cabe destacar que se apreció una zona de enganche para caballos.

b) Situación 2 “Las Hualtatas 1”

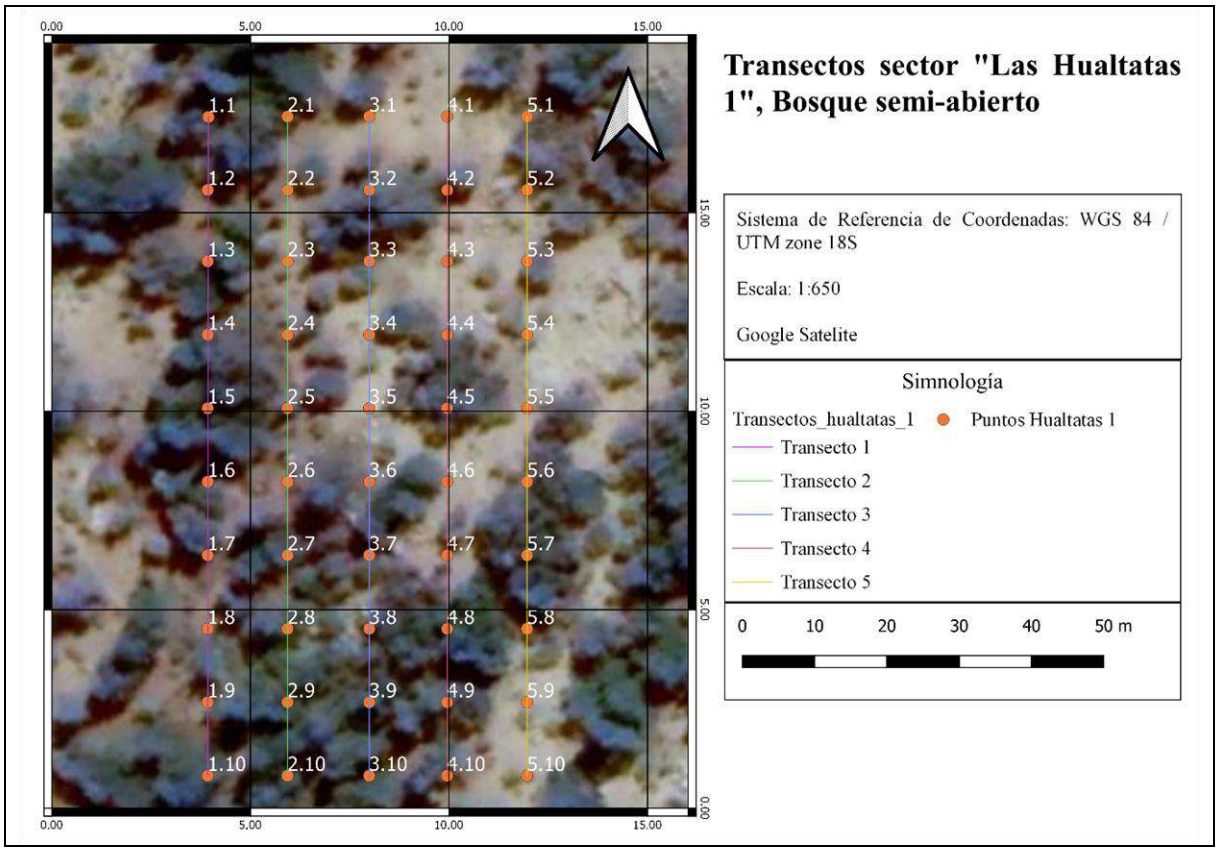


Figura 7. Los puntos-transectos realizados en la situación 2 “Las Hualtatas 1”.

La situación 2 “Las Hualtatas 1” perteneciente a un “Bosque semi-abierto”, con una cobertura vegetacional entre 1 a 5%, se encuentra en altos de ladera con una altitud entre los 2000 y 2500 m.s.n.m, en donde predomina la exposición suroeste. Presenta una pendiente de forma irregular que va desde los 5 a 15% de inclinación, con una longitud de 50 a 100 metros. A nivel de suelo superficial, contiene un suelo franco con una textura Franco Arenoso (Fa), y con una pedregosidad superficial que va desde 1 a 5 %. La erosión se caracteriza por ser moderada, en donde son muchos los factores que pueden incidir en ella (geológicos, antrópicos y fauna).

En la presente situación se registró un estrato arbóreo cuya altura promedio es de 3,9 m, con un rango de alturas que van desde los 1,78 m hasta los 11,2 m y presenta un área basal de

7,06 m^2/ha. Respecto al estrato arbustivo y herbáceo, se obtuvieron alturas promedio de 2,45 m y 11,31cm respectivamente.

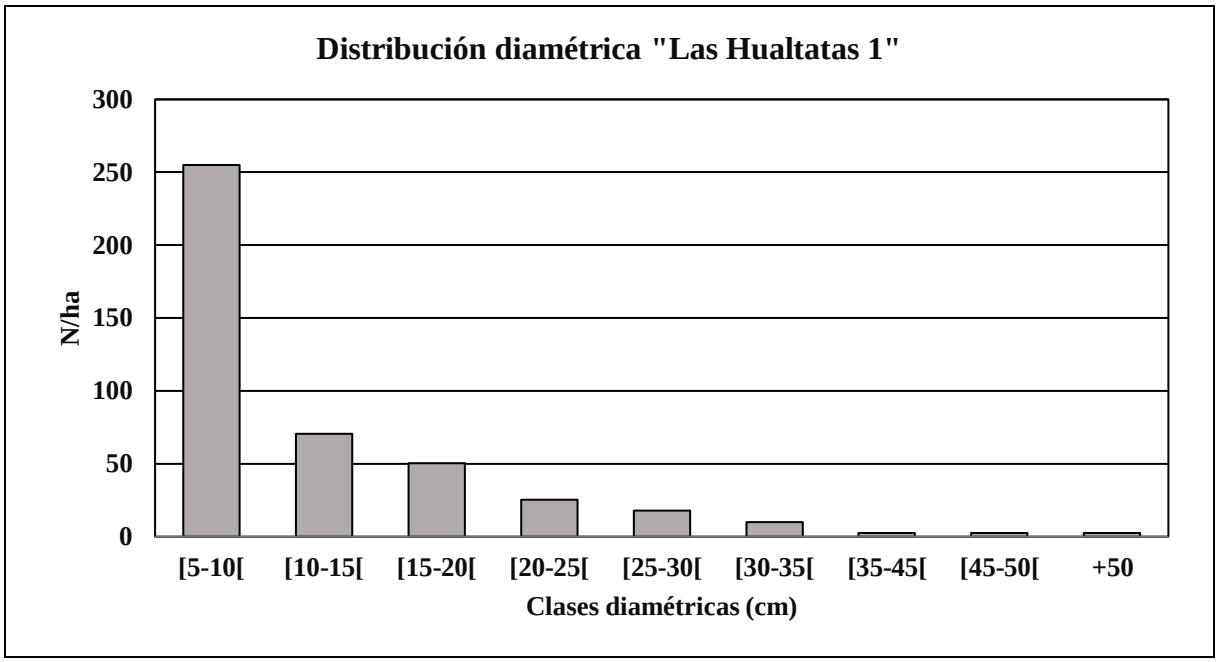


Figura 8. Distribución de las clases diamétricas del estrato arbóreo perteneciente a la Situación 2 "Las Hualtatas 1".

En la figura N°8 es posible mencionar que hay una concentración significativa de individuos en la clase diamétricas [5-10 cm [, representando un 58% aproximadamente. Le sigue la clase diamétricas [10-15 cm [, representando un 16% aproximadamente. Respecto a esto, es posible indicar que la situación 2 pertenece a un bosque con una gran concentración de individuos jóvenes, donde no hay individuos considerados como muy maduros. Se podría indicar que es una situación de renoval.

El sector "Las Hualtatas 1", presenta un estrato arbóreo en donde predomina la especie *Nothofagus macrocarpa* ("Roble blanco"), que se encuentra acompañado por un estrato arbustivo que contiene las siguientes especies: *Anarthrophyllum cummingi, Bereberis empetrifolia, Baccharis macraei, Berberis montana, Baccharis vernalis, Senecio francisci y Schinus montanus*. Por otro lado, en el estrato herbáceo se observaron las siguientes especies: *Calandrina affinis, Cynoglosum creticum, Caiophora silvestris Microsteris gracilis, Olsynium junceum y Alstromeria sp.*

En cuanto a las observaciones registradas en la situación, se presenció una cantidad considerable de individuos de *N. macrocarpa* que presentaron abundantes vástagos y regeneración por rebrote y semilla (Figura 11). Gran parte del suelo se encontraba desnudo. Se observaron tocones de *N. macrocarpa* quemados, esto se debe a que en la situación ocurrió

un evento incendiario. Se logró apreciar ramoneos en algunos individuos de *N. macrocarpa.* Se presenció fecas de ganado y ramoneo.

c) Situación 3 “Las Hualtatas 2”

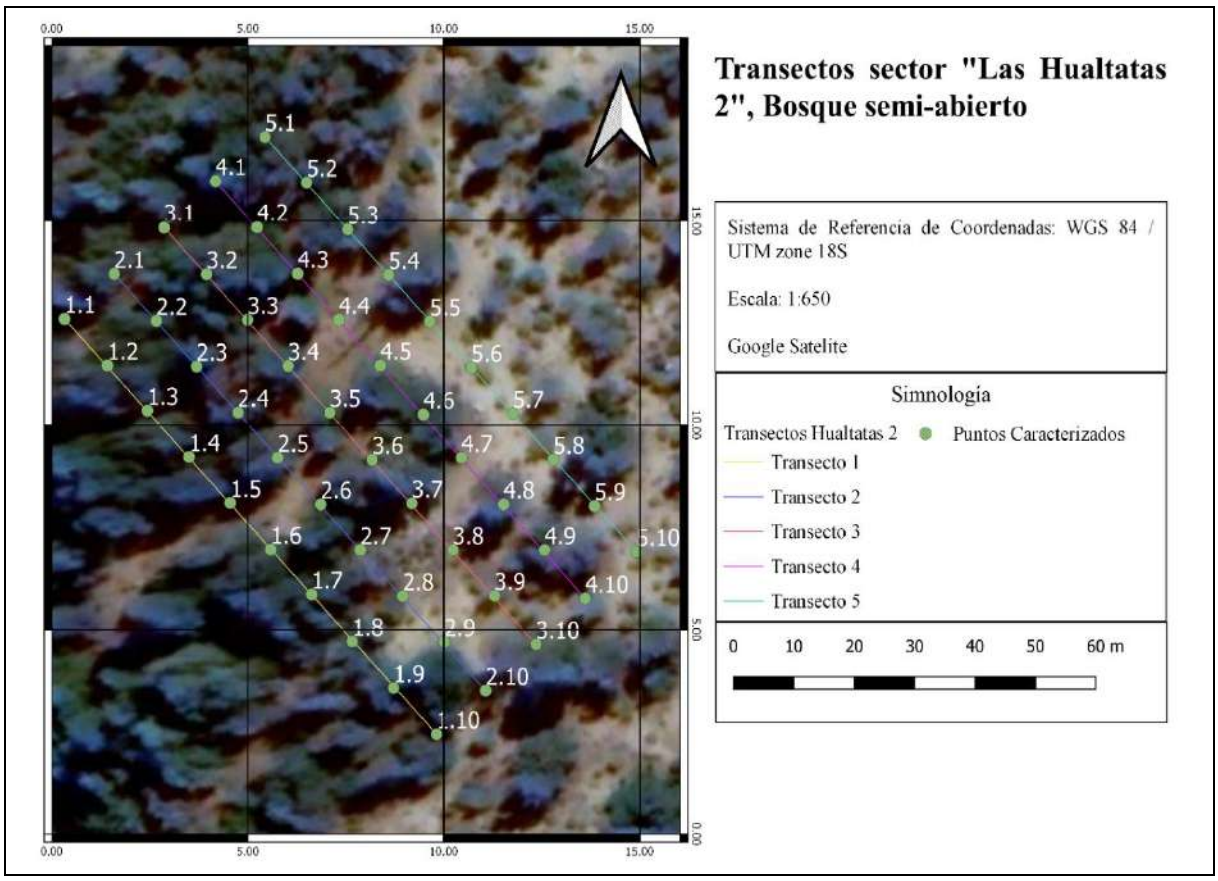


Figura 9. Puntos y transectos realizados en la situación 3 “Las Hualtatas 2”.

La situación 3 “Las Hualtatas 2” perteneciente a un “Bosque semi-abierto”, con una cobertura vegetacional entre 5 a 25%, se encuentra en altos de ladera en una altitud entre los 2000 y 2500 m.s.n.m., en donde predomina la exposición Suroeste. Presenta una pendiente que va desde los 5 a 15% de inclinación, con una longitud de 20 a 50 m de forma irregular. A nivel de suelo superficial, contiene un suelo franco con una textura Franco Arenoso (Fa), y la pedregosidad superficial va desde 1 a 5 %. La erosión se caracteriza por ser moderada, en donde son muchos los factores que pueden incidir en ella (geológicos, antrópicos y fauna).

En la presente situación se registró un estrato arbóreo cuya altura promedio fue de 3,9 m, en donde los individuos registraron alturas desde los 1,78 m hasta los 11,2 m. Contiene un área basal de 22,52 m^2/ha. Respecto al estrato arbustivo y herbáceo, se obtuvieron alturas promedio de 2,45 m y 11,31 cm respectivamente.

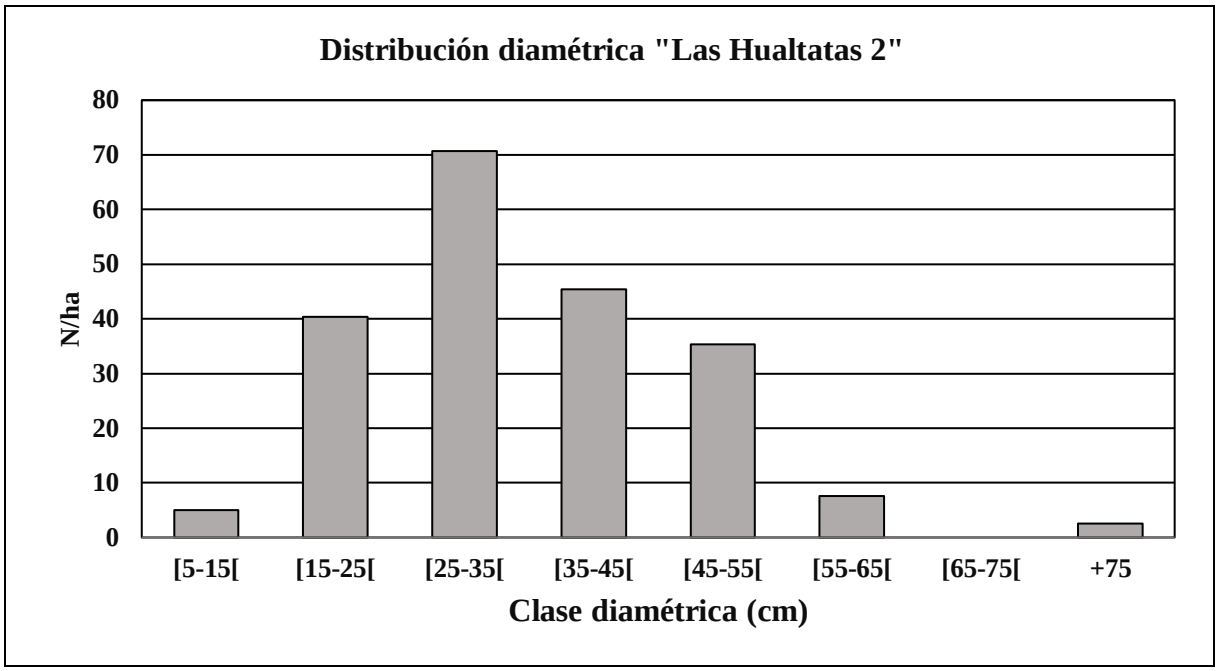


Figura 10. Distribución de las clases diamétricas del estrato arbóreo perteneciente a la Situación 3.

En la figura N°10 es posible mencionar que hay una concentración significativa de individuos en la clase diamétricas [25-35 cm [, la cual representa aproximadamente un 34% de los individuos registrados. Le sigue la clase diamétricas [35-45 cm [, representando un 22% aproximadamente. Respecto a esto, es posible indicar que la situación 3 pertenece a un bosque con una gran concentración de individuos de edad media, sin embargo, fue posible identificar un ejemplar maduro de aproximadamente 97 cm de DAP. Indicando un posible bosque maduro.

El sector "Las Hualtatas 2", presenta un estrato arbóreo en donde predomina la especie *Nothofagus macrocarpa* ("Roble blanco"), que se encuentra acompañado por un estrato arbustivo que contiene las siguientes especies: *Berberis montana, Baccharis vernalis, Chuquiraga oppositifolia, Solanum crispum, Senecio eruciformis, Senecio francisci, Schinus montanus*. Por otro lado, en el estrato herbáceo se observaron las siguientes especies: *Calandrinia affinis, Chenopodium sp, Cynoglosum creticum, Caiophora silvestris Microsteris gracilis, Zoellnerallium andinum, Olsynium junceum y Alstromeria sp.*

En cuanto a las observaciones registradas en la situación, se destaca una gran cantidad de regeneración por semilla de la especie *N. macrocarpa*. En cuanto a lo indicado por Cáceres *et al*. (s.a.), en donde comentaba que el ganado no consumía individuos de *N. macrocarpa*, pues podría ser toxico para su organismo, se observó una gran cantidad de fecas y ramoneo en individuos jóvenes de *N. macrocarpa* en la situación (Figura 11). Algunos individuos de *N. macrocarpa* se encontraban con la corteza dañada, indicando que pudo ser producto del

ganado o por arrieros. Se observaron individuos muertos en pie y algunas madrigueras de *S. cyanus.*

Figura 11. Ramoneo de ganado a individuos de *N. macrocarpa* (renovales).

d) Descripción general de las situaciones

Respeto a las tres situaciones caracterizadas en torno a su ecológica general y las principales variables que componen su ambiente, se puede indicar lo siguiente: Las situaciones corresponden al Bosque Caducifolio de Santiago (Gajardo, 1994), clasificado como "bosque semi-abierto", ubicado en altos de ladera con una altitud entre los 2000 y 2500 m.s.n.m. Presentan pendientes irregulares que van desde los 5 a 15% de inclinación. A nivel suelo superficial, contiene características francas con una textura Franco Arenoso (Fa).

Es posible apreciar formaciones boscosas maduras y algunos parches en formas de renovales. La comunidad general de las situaciones se caracteriza por una dominancia de *N. macrocarpa*, acompañado de un estrato arbustivo con presencia de *Berberis montana, Baccharis vernalis, Senecio francisci y Schinus montanus*. Un estrato herbáceo caracterizado por *Caiophora silvestris Microsteris gracilis, Olsynium junceum, Cynoglosum creticum* y *Alstromeria sp.* Respecto a las observaciones de campo, se destacó presencia de hojarasca, necromasa y presencia de actividad ganadera.

e) Regeneración de *Nothofagus macrocarpa* en el sector "Roblería Altos de Cantillana"

En este apartado se describe las condiciones ambientales de los puntos en donde se encontró regeneración perteneciente a la especie *N. macrocarpa*.

En primer lugar, es importante mencionar que en la situación 1 "Zona de exclusión de ganado" no se observó regeneración por semillas, solamente por tocón.

Respecto a la situación 2 "Hualtatas 1", solamente en el punto 5 del transecto 2 (Figura N°7) se pudo observar regeneración de semillas, en donde las plántulas crecían y se desarrollaban desde unas rocas (Figura N°12). Respecto a las variables ambientales del punto: pertenece a una condición de bosque que se encuentra en altos de ladera en una altitud entre los 2000 y 2500 m.s.n.m., en donde predomina la exposición Suroeste. Presenta una pendiente que va desde los 5 a 15% de inclinación, con una longitud de 20 a 50 m de forma irregular. A nivel de suelo superficial, contiene un suelo franco con una textura Franco Arenoso (Fa), y la pedregosidad superficial va desde 5 a 25 %. La erosión se caracteriza por ser ligera, en donde son muchos los factores que pueden incidir en ella (geológicos, antrópicos y fauna). Cabe destacar que este bosque presenta una cobertura vegetal que va desde un 5 a 25 %. Por último, algunas observaciones destacadas del punto son: tocones aparentemente quemados, abundante hojarasca e individuos vigorosos y maduros de *N. macrocarpa*.

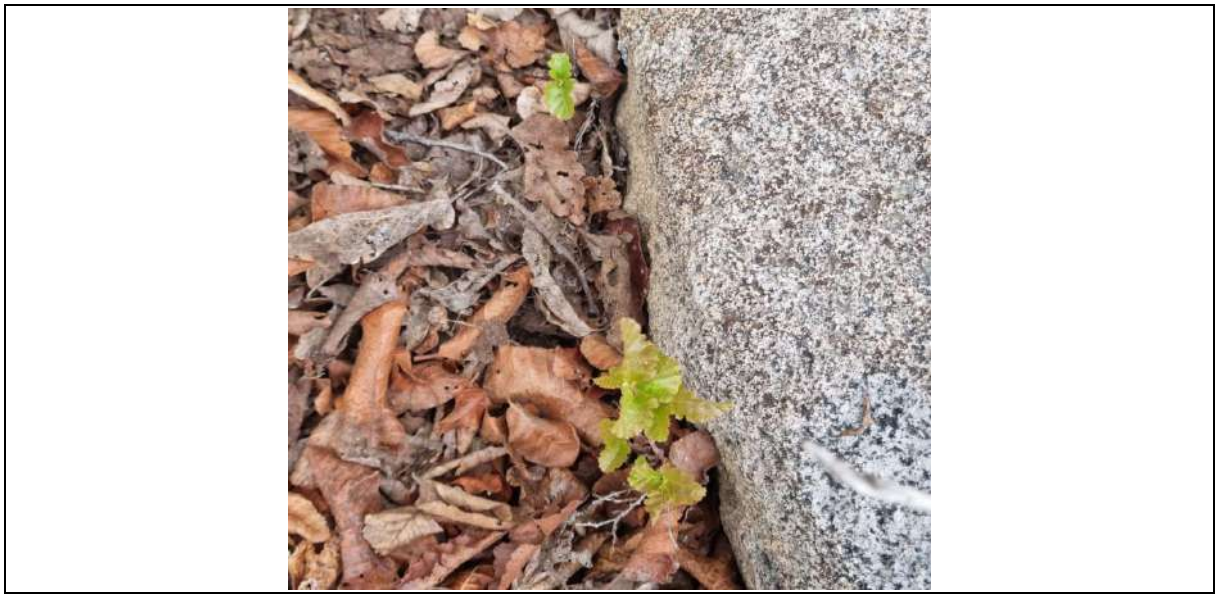


Figura 12. Regeneración de *Nothofagus macrocarpa* ubicada en la Situación 2 "Las Hualtatas 1"

De acuerdo con la situación 3 "Hualtatas 2", en varios puntos registrados (10) se observó regeneración de *Nothofagus macrocarpa* (Figura N°13). Las variables ambientales generales de estos puntos son: un bosque en altos de ladera con una altitud entre los 2000 y 2500

m.s.n.m., en donde predomina la exposición Suroeste. Presenta una pendiente irregular que va desde los 0 a 5% de inclinación, con una longitud de 20 a 50 m. A nivel de suelo superficial, contiene un suelo franco con una textura Franco Arenoso (Fa), y la pedregosidad superficial va desde 1 a 5 %. La erosión se caracteriza por ser moderada, en donde se desconocen los factores que la provoca. La vegetación presenta una cobertura que va desde un 25 a 50 %. Por último, algunas observaciones destacadas de los puntos son: presencia de hojarasca, necromasa y presencia de individuos vigorosos y maduros de *N. macrocarpa*.

Figura 13. Regeneración de *N. macrocarpa* ubicada en la Situación 3 "Las Hualtatas 2"

Respecto a la nula regeneración de la situación 1, se podría explicar por la alta presencia de *S. cyanus*, pues según Oltremari *et al*. (2009), indican que una alta actividad del roedor, estimula la horadación del terreno, formando numerosas cuevas y galerías que se desploman al caminar sobre ellas, situación que coincide con una nula regeneración, existiendo sólo plantas de *N. macrocrapa* jóvenes en malas condiciones sanitarias. Por otro lado, esto también se explicaría mediante el estudio de Venegas-González *et al*. (2018), en donde menciona que partir de la década de 1980 la temperatura se ha incrementado respecto de las décadas anteriores, coincidiendo con menores tasas de establecimiento de árboles, añadiendo que el Santuario de la Naturaleza Altos Cantillana tiene un establecimiento asociado a décadas húmedas. Esto indicaría que el aumento de las temperaturas y posterior sequía, ha inhibido el establecimiento de *N. macrocarpa* en los sectores menos húmedos.

Folio009925

4.3 Comparación y análisis de la actividad ganadera entre zonas con y sin exclusión de ganado en el sector "Roblería Altos de Cantillana"

En esta sección se compararán y analizarán la actividad ganadera de las tres situaciones descritas en el punto 4.1.2 (con y sin exclusión).

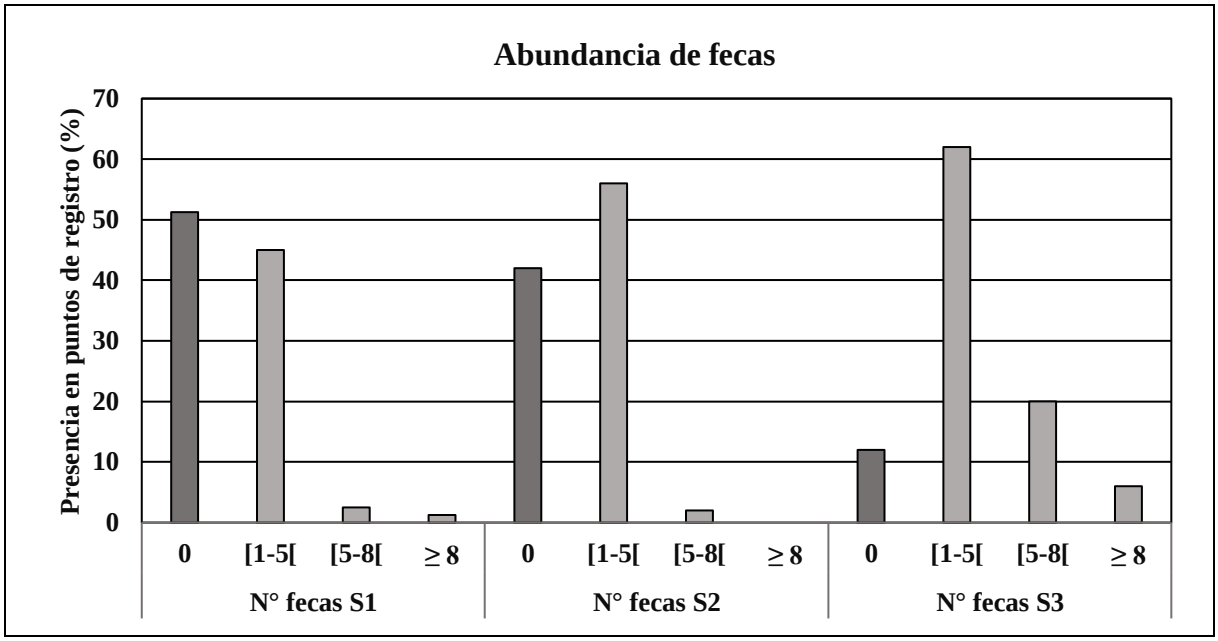


Figura 14. Presencia de fecas de ganado en los puntos de las situaciones estudiadas.

Respecto a la Figura 14, se permite observar que en la situación 1 (con exclusión) aproximadamente un 51% de los puntos registrados no se observaron fecas y un 45% se observó entre una y cuatro fecas. En la situación 2 (sin exclusión), un 42% no se observaron fecas y un 56% se observaron entre una y cuatro fecas. En la situación 3 (sin exclusión), un 12% de los puntos registrados no se observaron fecas, un 62% se observó entre uno y cuatro fecas, y un 20% entre cinco a siete fecas. Mediante estos resultados es posible indicar que hay una mayor presencia de ganado en la situación 3 (sin exclusión), ya que en la mayor cantidad de puntos registrados se observaron fecas.

Es importante señalar que las fecas encontradas en el cerco de exclusión (situación 1) se encontraban en condiciones de descomposición muy avanzada (secas) en comparación a las otras situaciones, por ende, es probable que hayan sido depositadas antes de la instalación del cerco. Por otra parte, en esta situación, durante el levantamiento de datos, no se avistó ganado doméstico. Esto indicaría que el cerco cumple su función de exclusión.

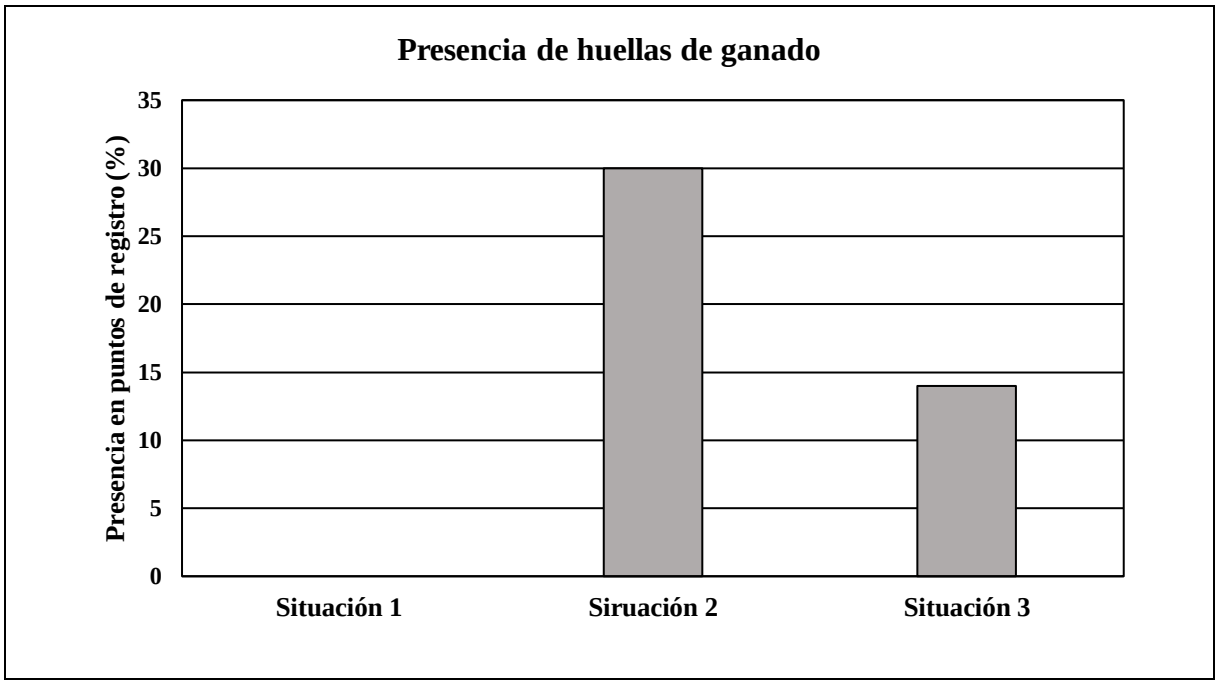


Figura 15. Presencia de huellas de ganado en los puntos de las situaciones estudiadas.

De acuerdo con la Figura 15, es posible observar que en la situación 1 (con exclusión) no se registraron huellas de ganado en ningún punto. En la situación 2 (sin exclusión), un 30% de los puntos se observaron huellas. En cuanto a la situación 3 (sin exclusión), un 14% de los puntos se registraron huellas de ganado. Respecto a estos resultados es posible indicar que existe un mayor tránsito de ganado en la situación 2 (sin exclusión).

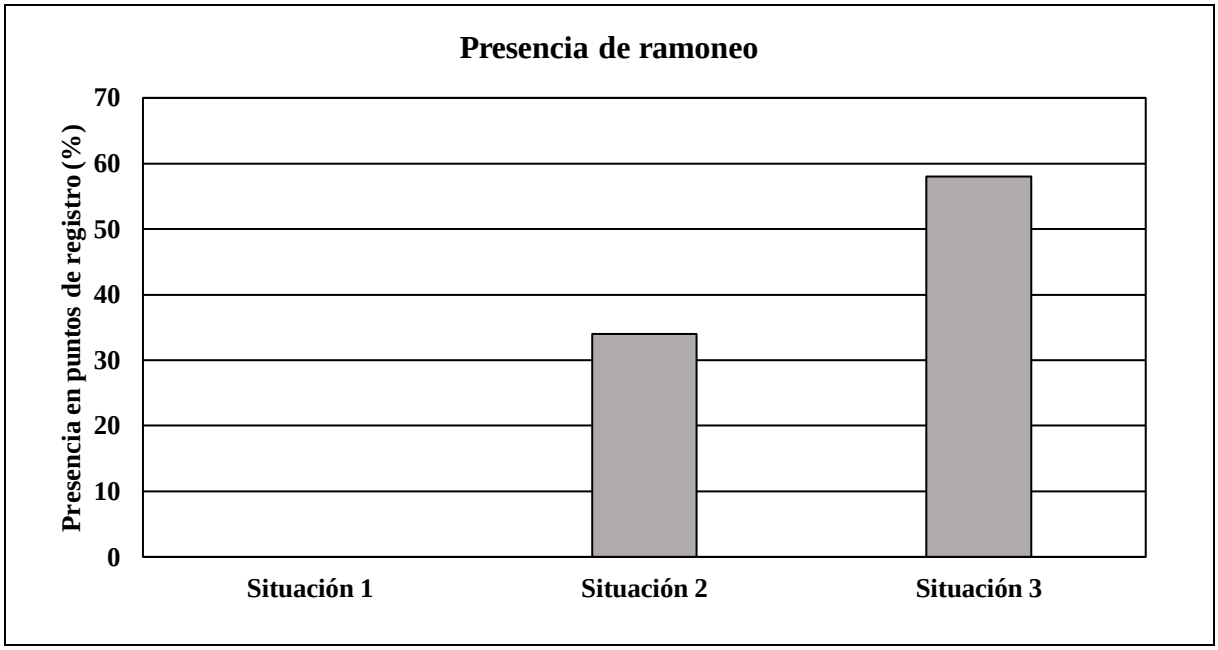


Figura 16. Presencia de ramoneo de ganado en los puntos de las situaciones estudiadas.

Respecto a la figura 16, se observa que en la situación 1 (con exclusión), no se observó ramoneo en los puntos registrados. En la situación 2 (sin exclusión) un 34% de los puntos se observó ramoneo. En cuanto a la situación 3 (sin exclusión) un 58% de los puntos se observó ramoneo de ganado. Respecto a estos resultados es posible indicar que el ganado tiene un mayor impacto en la vegetación de la situación 3.

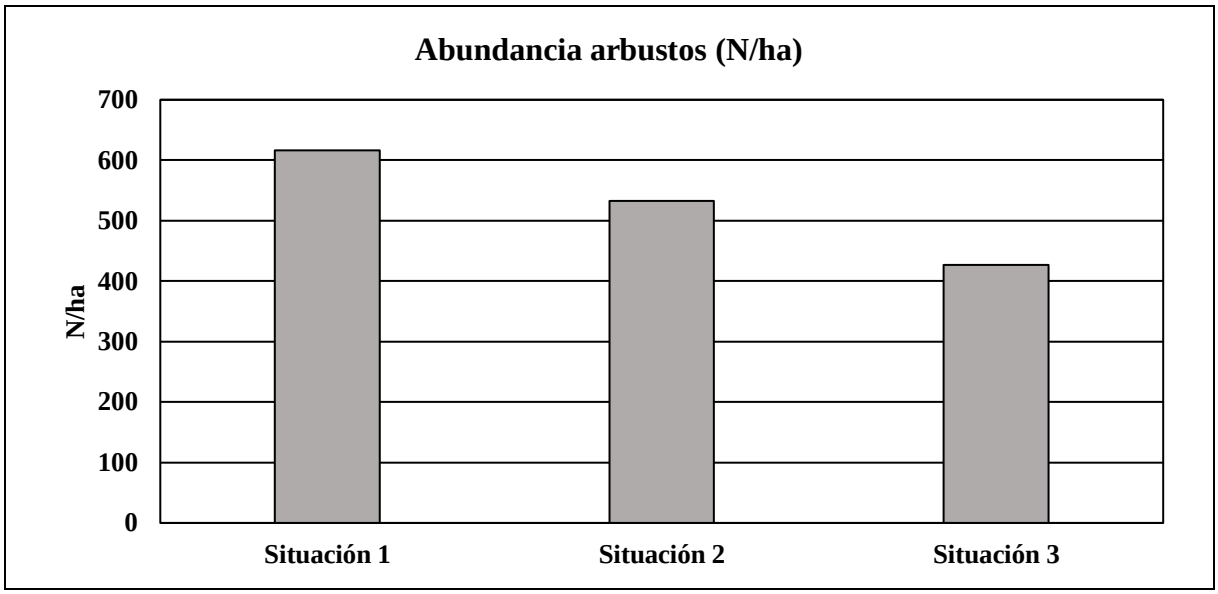


Figura 17. Densidad arbustiva de las situaciones descritas.

De acuerdo a la Figura 17, se permite observar las densidades arbustivas de las tres situaciones descritas. Cabe destacar que se registró una mayor densidad dentro del cerco de exclusión (S1), específicamente 616 individuos por hectárea. Mientras que en la situación 3 "Las Hualtatas 2" presento una densidad de 427 N/ha, la menor en comparación a las otras situaciones.

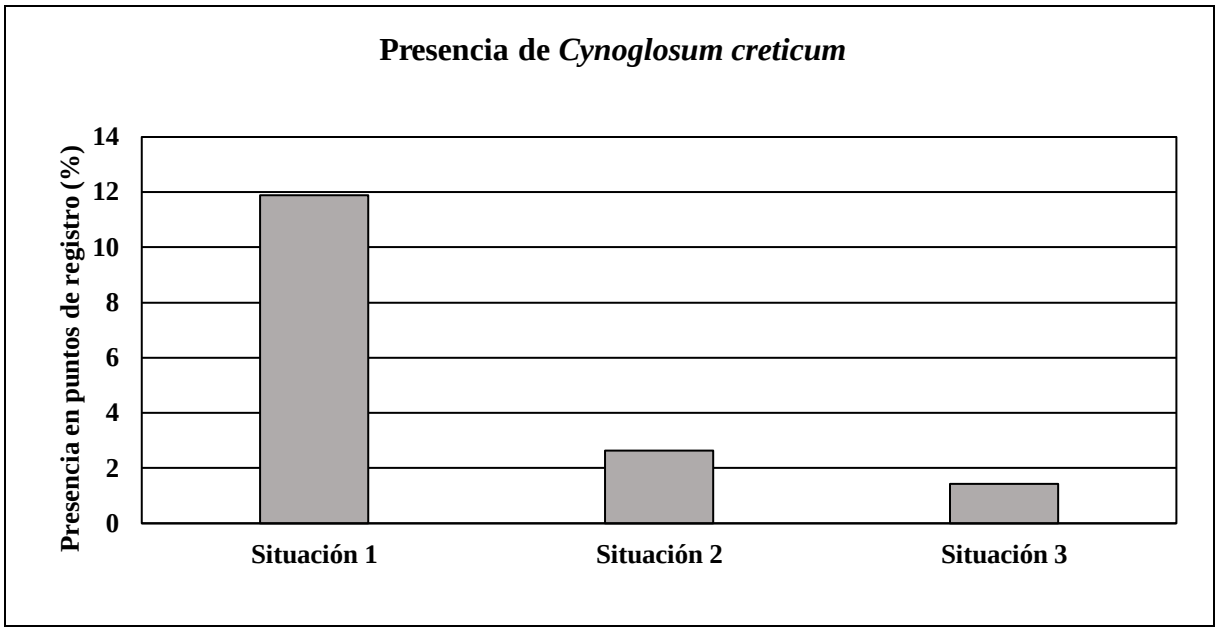


Figura 18. Presencia de la especie exótica *Cynoglosum creticum* en los puntos de registros de cada situación.

Respecto a la figura N°18, expone la abundancia de la especie exótica *Cynoglosum creticum,* que es propagada por el ganado. En cuanto a esto se puede indicar que en la situación 1 (con exclusión) hay una mayor abundancia de la especie *Cynoglosum creticum* en comparación a las otras dos situaciones sin exclusión de ganado.

En cuanto a estos últimos resultados, en donde dentro del cerco de exclusión se observó mayor presencia de la especie exótica *Cynoglosum creticum* (algo inusual), se justifica en que el cerco fue instalado en el año 2019 (Romero, 2022), llevando aproximadamente tres años de instalado, periodo de tiempo muy corto para observar cambios en la composición de especies. Según el estudio de Trigo *et al.* (2020), en donde se evaluó el efecto de la exclusión de ganado, cuyo cerco lleva instalado un periodo de 7-9 años, se determinó que la estructura vegetal tampoco mostró grandes cambios. Por ende, esto indicaría que para ver cambios significativos en la composición de especies y estructura se necesita de un periodo de tiempo mayor.

En relación a los resultados arrojados de las tres situaciones en función a las variables de actividad ganadera, es posible afirmar que la situación 3 (sin exclusión) es el más impactada por el ganado, ya que se observó la mayor intensidad de ramoneo en individuos jóvenes de *N. macrocarpa,* la mayor abundancia de fecas, la menor densidad arbustiva en comparación a las otras situaciones y presencia de huellas.

Teniendo en consideración la situación 3 y la abundancia de individuos de *N. macrocarpa* ramoneados. El estudio de Salinas *et al*. (2017) sobre la compatibilización del uso forestal y

ganadero en un marco de manejo silvopastoral sustentable de bosques ñirre (*Nothofagus antarctica* (G.Forst)), se registraron individuos jóvenes de ñirre ramoneados, condición parecida al del presente informe, y se explicó que tal impacto impediría el posterior desarrollo de los individuos. De acuerdo con el estudio de Echevarría *et al*. (2014) en donde se estudió el efecto del ramoneo bovino en renovales de *Nothofagus antárctica*, indicando que, en situaciones con una alta carga ganadera, condiciona una regeneración sometida por el ramoneo, con renovales bajos y arbustizados presentando menores tasas de crecimiento. Por otra parte, el trabajo de Quinteros (2018) estudió las propiedades ecosistémicas de bosques de *Nothofagus pumilio* afectadas por diferente intensidad de uso ganadero, concluyendo que la actividad ganadera afecta los renovales de *N. pumilio*, mediante el ramoneo. Entonces esto indicaría que el ganado, mediante el ramoneo, podría afectar la condición futura del bosque de robles del sector, en donde se vería mermada la sobrevivencia, desarrollo y crecimiento de los renovales.

En cuanto a la baja densidad arbustiva obtenida en la situación 3 (sin exclusión), Tasker y Bradstock (2006) estudiaron la influencia de las prácticas de pastoreo en la estructura del sotobosque forestal y concluyeron que los sitios pastoreados se caracterizaron por no ser complejos a nivel vegetacional, presentando un estrato arbustivo reducido o ausente, y un sotobosque abierto, simplificado y con mayor abundancia de herbáceas en comparación con los sitios sin pastoreo. Según Brown, y Malizia (2004) esta simplificación estructural de la vegetación del sotobosque se debe al ramoneo y pisoteo del ganado.

De acuerdo a las implicancias de un sotobosque simple en la fauna, McShea, *et al.* (2000) determinó que la abundancia de aves depende de la densidad y diversidad de la vegetación del sotobosque, las cuales se relacionan con la densidad de venados (ganado silvestre), un aumento en la densidad de estos animales podría simplificar la vegetación del sotobosque (hábitat de varias aves), provocando una baja en la abundancia de aves. Por otro lado, Rusch *et al*. (2019) menciona que la ganadería extensiva en bosques podría haber disminuido el área de distribución del pudú (*Pudu pudu*), en particular por su impacto directo sobre el sotobosque, dado que esta especie requiere de un sotobosque denso.

4.3.1 Observaciones de campo relacionadas con el ganado

Respecto a las observaciones de campo es importante destacar la presencia de madrigueras de *S. cyanus* (cururo), pues en el cerco de exclusión se pudo observar una abundancia significativa de galerías activas, en comparación, la situación 2 (sin exclusión), donde no se logró avistar ninguna galería activa, mientras que, en la situación 3 (sin exclusión) se presenció, pero no significativamente. El “Informe de seguimiento de variables ambientales: Fauna silvestre- especie cururo” de la Central Hidroeléctrica El Paso (2016), descubrió que el abandono de madrigueras por roedores epigiales se debe a una combinación de dos factores, la disminución del aporte hídrico y la invasión permanente por ganado bovino y equino, durante la época estival, pues estos animales condicionaban la extinción de la

vegetación herbácea, considerada como principal fuente de alimento para roedores. Esto podría indicar que el ganado influye en la presencia de *S. cyanus.*

Folio009931

5 SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

Respecto a la práctica profesional realizada, se recomienda aumentar las zonas de exclusión de ganado u otras opciones de protección, particularmente en la situación 3 “las Hualtatas 2”, pues se encontró abundante regeneración de *N. macrocarpa* y además es una zona con gran impacto ganadero, pues se halló abundancia de fecas y ramoneo significativas.

Se observó que en el área de estudio los días sábado y domingo la presencia de arrieros (acompañados de perros zorreros) aumentaba considerablemente, en donde en muchas ocasiones era difícil realizar el registro o impedir su acceso a la reserva. Una sugerencia a esta problemática sería aumentar el personal tales días en el refugio “Eco Radal” ubicado en los altos de Cantillana, para incrementar el registro y control. Otra opción, podría ser la instalación de un nuevo refugio en el sector de “Las Maderas”, cuyo lugar (roblerías) es muy concurrido por arrieros y visitantes ilegales (en motos), el refugio ayudaría en el control, vigilancia y el acceso de visitantes ilegales.

En la presente práctica se descubrió que el ganado se alimentaba principalmente de hierbas estacionales y también se observaron individuos jóvenes de *N. macrocarpa* ramoneados, sin embargo, no se encontraron antecedentes ni datos sobre las preferencias alimenticias del ganado en el sector “Roblería Altos de Cantillana”. Respecto a esto es recomendable gestionar trabajos sobre este ámbito para conocer la distribución del animal (radio collares), o, la realización de un análisis microhistológico de fecas.

Por último, se indicó en el informe que el ganado podría influenciar en la presencia de *S. cyanus* (cururo), siendo interesante explorar la opción de realizar estudios específicos de tal interacción, pues la especie forma parte del ecosistema boscoso (roblerías).

Folio009932

6 CONCLUSIONES

La masa ganadera del sector es catalogada como ganadería estacional, en donde las especies de animales principales son caballares y vacunos. Se concluye que es complejo cuantificar las cabezas de ganado existentes, debido a que existen dos situaciones: (1) no todas las personas registradas en el sistema de prorratas declaran su ganado y (2) existe ingreso de ganado no autorizado a la reserva, precisamente en lugares donde no hay vigilancia.

La vegetación de las "roblerías Altos de Cantillana", si bien se mencionó que es afectada por la actividad ganadera, el cambio climático ha tomado un rol importante en tal acción. Esto se refleja en la baja capacidad de establecimiento y un efecto negativo en el crecimiento radial de individuos de *N. macrocarpa*. También se podría evidenciar en la baja superficie de bosques "densos". Por ello es importante garantizar su preservación.

En cuanto a las comparaciones entre las zonas con y sin exclusión de la actividad ganadera, se puede concluir que el ganado impacta en los renovales de las roblerías mediante el ramoneo, esto influiría en su desarrollo, pues presentarían deformaciones importantes a futuro. Cabe destacar que las situaciones más afectadas coinciden con una abundancia de fecas y por lo tanto se podría relacionar con una mayor intensidad de actividad ganadera. Por otra parte, la acción del ganado estimularía la reducción de la densidad arbustiva de las roblerías, condicionando un sotobosque más simple, abierto y con dominancia de herbáceas. Por último, respecto a *Cynoglosum creticum*, especie exótica propagada por el ganado, los resultados no fueron los esperados, pues el cerco de exclusión lleva instalado un tiempo muy acotado para observar variaciones en la composición de especies, por ende, la variable no fue significativa.

Folio009933

7 BIBLIOGRAFÍA

Amigo, J. y Rodríguez-Guitián, M. A. 2011. Bioclimatic and phytosociological diagnosis of the species of the *Nothofagus* genus (*Nothofagaceae*) in South America. International Journal of Geobotanical Research 1(1): 1-20.

Arce, M. 2009. Modelo determinístico del efecto de destrucción del hábitat y de cambios de temperatura en metapoblaciones. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área Biometría. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 55p.

Arroyave M., Gómez, C., Gutiérrez, M., Múnera, D., Zapata, P., Vergara, C., Andrade, L. y Ramos, K. 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. EIA. (5): 45-57.

Augustine, D. J. y S. J. McNaughton. 1998. Ungulate effects on the functional species composition of plant communities: herbivore selectivity and plant tolerance. The Journal of Wildlife Management 62(4): 1165-1183.

Bennett, A. F. 2004. Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. UICN- Unión mundial para la Naturaleza. San José. Costa Rica. 278p.

Blondel, M. y Fernández, I. 2012. Efectos de la fragmentación del paisaje en el tamaño y frecuencia de incendios forestales en la zona central de Chile. Revista Conservación Ambiental 2(1): 7-16.

Cáceres, N., Concha, C., Romero, F. y Silva, D. [s.a.]. Plan de manejo de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana. Corporación altos de Cantillana. 94p.

Challenger, A. 2001. Estrategias para la conservación de ecosistemas. Gaceta Ecológica, (61):22-29.

Chester, S. 2016. Flora y fauna de Chile, Guía de identificación. Santiago, Chile. Lynx Edicions. Travel Books. 390p.

Cruz, G. y Schmidt, H. 2007. Silvicultura de Bosque Nativo. En: DE LA MAZA, C., HERNÁNDEZ, J. Y ESTADES, C. 2007. Biodiversidad: Manejo y conservación de los recursos forestales. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Editorial Universitaria. Santiago. pp. 279-307.

Cubillos, V. 1986. Análisis de Tres Métodos para el Estudio de la Vegetación. Memoria Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 146 p.

De Villalobos, A. 2013. El sobrepastoreo del ganado doméstico como disparador de la arbustización'. BioScriba 6(1): 51–57.

Delgado, C. 2008. Crecimiento de un Bosque Secundario de *Nothofagus macrocarpa*, en el Cerro el Roble, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 38p.

Donoso, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Santiago, Chile. CONAF-FAO. 70p.

Donoso, S., Peña-Rojas, K., Riquelme, A., Delgado C. y Paratori, M. 2010. Above-ground biomass accumulation and growth in a marginal *Nothofagus macrocarpa* forest in Central Chile. Santiago, Chile. Universidad de Chile 35(1): 65-69.

Echevarría, D., Von Muller, A., Hansen N. y Bava, J. 2014. Efecto del ramoneo bovino en renovales de *Nothofagus antarctica* en Chubut, Argentina, en relación con la carga ganadera y la altura de las plantas. Bosque (Valdivia) 35(3): 353-368.

EULA-Chile. 2004. Establecimiento de un Ordenamiento Territorial orientado a la protección y uso sustentable del área del Cordón de Cantillana. Informe Final. Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción. Chile. 213p.

Fanning, P. 1994. Long-term contemporary erosion rates in an arid rangelands environment in western New South Wales, Australia. Journal of Arid Environments. 28(3): 173-187.

Fleischner, T. L. 1994. Ecological Costs of Livestock Grazing in Western North AmericaUnidos. Conservation Biology. 8(3): 629–644.

Frank, D. A., Inouye R. S., Huntly N., Minshall G. W. y J. E. Anderson. 1994. The biogeochemistry of a north-temperate grassland with native ungulates—Nitrogen dynamics in Yellowstone National Park. Biogeochemistry 26: 163-188.

Gajardo R. 2001. Antecedentes sobre el «roble de Santiago» o «roble blanco» (*Nothofagus macrocarpa*) y sus problemas de conservación. Revista Bosque Nativo (28): 3-7.

Gajardo, R. 1994. La vegetación natural de Chile: Clasificación y distribución geográfica. Santiago, Editorial Universitaria. 165p.

Garfias R., Castillo M., Ruiz F., Vita A., Bown H., Navarro R. 2018. Remanentes del bosque esclerófilo en la zona mediterránea de Chile central: caracterización y distribución de fragmentos', Interciencia, 43(9): 655–663.

Global Environment Facility (GEF) 2005. Biodiversity Conservation in Altos de Cantillana. Chile. Project Proposal. 162p.

Golowasch J., Kalin, M., Villagrán, C. y Armesto. J. 1982. Características Ficha demográficas de una población de *Nothofagus obliqua* (MIRB.) BLUME var. *macrocarpa*

DC. en el Cerro El Roble (33º lat. S) en Chile. Boletín del Museo de Historia Natural 39: 37-44.

GORE-RMS y SEREMI MMA RMS. 2013. Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago 2015-2025. Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y Secretaría Regional Ministerial del Ministerio del Medio Ambiente, Región Metropolitana de Santiago. Licitación 1261-3- LP12/2012. 145p.

Gréz, I. 2020. Gestión silvopastoril sustentable en bosque esclerófilo: desde la conservación al manejo. Postulación Fondo de Investigación del Bosque Nativo. Corporación Nacional Forestal. Ministerio de Agricultura. 18p.

Haila, Y. 2002. A Conceptual Genealogy of Fragmentation Research: From Island Biogeography to Landscape Ecology. Ecological Applications 12(2):321-334.

Hidroeléctrica el paso. 2016. Informe de seguimiento de variables ambientales "Fauna silvestre- especie cururo". 25p.

Hobbs, N. T. 1996. Modification of ecosystems by ungulates. The Journal of Wildlife Management 60 (4): 695-713.

Kuussaari, M., Bommarco, R., Heikkinen, R. K., Helm, A., Krauss, J., Lindborg, Ockinger, E., Partel, M., Pino, J., Roda, F., Stefanescu, C., Teder, T., Zobel, M. y Steffan-Dewenter, I. 2009. Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation. Trends in Ecology & Evolution, 24(10): 564-571.

Luebert, F. y Pliscoff, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago de Chile: Editorial Universitaria. 316p.

Magni, C., Scherson, R., Romero, F. y Martínez, E. 2015. Informe final: "Propuesta de protocolo para la definición de créditos por ganancias en biodiversidad en ecosistemas mediterráneos de Chile central". Centro Productor de Semillas y Árboles Forestales (CESAF), Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. 119p.

Mathiasen, P., Venegas-González, A., Fresia, P., y Premoli, A. C. 2020. A relic of the past: current genetic patterns of the palaeoendemic tree *Nothofagus macrocarpa* were shaped by climatic oscillations in central Chile. Annals of botany, 126(5): 891-904.

McIntyre, S., Heard, K. M. y Martin, T. G. 2003. The relative importance of cattle grazing in subtropical grasslands: Does it reduce or enhance plant biodiversity?', Journal of Applied Ecology. 40(3): 445–457.

McShea, W. J., y Rappole, J. H. 2000. Managing the Abundance and Diversity of Breeding Bird Populations through Manipulation of Deer Populations. Conservation Biology, 14(4): 1161–1170.

Medina, P. 2010. Caracterización ambiental y estructural de la población de *Avellanita bustillosii* Phil. (*Euphorbiaceae*), en la localidad de lo Chancón, Región del libertador Bernardo O´Higgins. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniera Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 87p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura de Chile). 1995. Decreto Supremo N°13/1995. Chile. Declara monumento natural las especies forestales queule, pitao, belloto del sur, belloto del norte y ruíl. Santiago, Chile. Decreto N° 13. Declara monumento natural las especies forestales queule, pitao, belloto del sur, belloto del norte y ruíl. [En línea]. 14 de marzo de 1995. Santiago, Chile: 03 de abril de 1995.

MINISEGPRES (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, CL). 2008. Decreto Supremo Nº 50/2008. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile.

Montenegro, G., Ginocchio, R., Segura, A., Keely, J. E. y Gómez, M. 2004. Fire regimes and vegetation responses in two Mediterranean-climate regions. Revista chilena de historia natural. 77(3): 455-464.

Oltremari, J., Baldini, A., Miranda, M., Bonacic, C., Montenegro, G., Guajardo F. y Alvarado, A. 2009. Plan de manejo Proyecto de Reserva Natural Privada Altos de Cantillana. Departamento de Ciencias Forestales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. 130p.

Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). 2015. Enfermedades de los animales silvestres. 2p.

Ormazabal, C. y Benoit, I. 1987. El estado de conservación del género *Nothofagus* en Chile. Bosque 8(2): 109-120.

Oztas, T., Koc A. y B. Comakli. 2003. Changes in vegetation and soil properties along a slope on overgrazed and eroded rangelands. Journal of Arid Environments 55 (1): 93-100.

Paratori, M. 2009. Evaluación de la producción y productividad en biomasa aérea en un bosque secundario de *Nothofagus macrocarpa* (A. DC.) F. M Vásquez & R. A. Rodr. en el Santuario de la naturaleza Cerro El Roble, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniera Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 35p.

Perevolotsky, A. y N. G. Seligman. 1998. Role of grazing in Mediterranean rangeland ecosystems: inversion of a paradigm. Bioscience 48(12): 1007-1017.

Pettit, N. E., Froend R. H. y P. G. Ladd. 1995. Grazing in remnant woodland vegetation: changes in species composition and life form groups. Journal of Vegetation Science 6(1): 121-130.

Podwojewski, P., Poulenard, J., Zambrana, T., y Hofstede, R. 2006. Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador). Soil Use and Management, 18(1): 45–55.

Primack, R., Rozzi, R., Massardo, F., y Feinsinger, P. 2001. VI. Destrucción y degradación del hábitat. Fundamentos de Conservación Biológica Perspectivas Latinoamericanas. México DF: Fondo de Cultura Económica, 183-221.

Quinteros, C. P. 2018. Propiedades ecosistémicas de bosques de *Nothofagus pumilio* afectadas por diferente intensidad de uso ganadero en Chubut, Patagonia Argentina. Ecosistemas 27(3): 24-32.

Riedemann, P. y Aldunate, G. 2014. Flora nativa de valor ornamental, identificación y propagación: Chile, Zona Centro. Santiago, Chile. Ediciones Jardín Botánico Chagual. 587p.

Romero, F. 9 de febrero del 2022. Resultados estudio impacto de ganado roblerías. [fernanda.romero.g@gmail.com]. Recuperado en: <alonso.nunes@ug.uchile.cl> Consultado el: 10 de febrero del 2022.

Saldías, M. 2011. Jardinería en Chile (1.ª edición). Santiago, Chile. Ediciones Universidad Central. 255p.

Salinas, J., Peri, P. L., Hepp, C. y Acuña, B. 2017. Sistemas Silvopastorales en Bosques de Ñirre (*Nothofagus antarctica* (G.Forst.) Oerst.) de la Región de Aysén. Instituto Forestal, Chile. Documento de Divulgación N° 43. 60p.

Santibáñez, S. y Uribe J. M. 1990. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Laboratorio de Agroclimatología. Santiago, Chile. 66 p.

Sutherland, W. J. (Ed.). 2006. Ecological census techniques: a handbook. Cambridge university press. 198p.

Tasker, E. M. y Bradstock, R. A. 2006. Influence of cattle grazing practices on forest understorey structure in north-eastern New South Wales. Austral Ecology 31(4): 490-502.

Teillier, S. 2003. Las Comunidades Vegetales de Chile central. Escuela de Ecología y Paisaje, Universidad Central de Chile. Chagual, Edición Especial. pp. 23-30.

Trigo, C. B., Tálamo, A., Núñez-Regueiro, M. M., Derlindati E. J., Marás G. A., Barchuk A. H. y A. Palavecino. 2017. A woody plant community & tree-cacti associations change with distance to a water source in a dry Chaco forest of Argentina. The Rangeland Journal 39: 15-23.

Trigo, C. B. 2018. Efecto de la exclusión de ganado doméstico sobre la estructura y funcionalidad de una comunidad vegetal en el bosque Chaqueño Semiárido. Tesis para optar

al doctorado de ciencias biológicas. Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. 175p.

Trigo, C., Tálamo, A. y Villagra, P. 2020. Efecto de la exclusión del ganado doméstico en la estructura y funcionalidad del sotobosque en el bosque chaqueño semiárido. Boletín Investigación y Monitoreo NOA N°4. pp. 12-15.

Trivelli, M. A. 2014. Reseña de la vegetación de Chile. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables Subdepto. de Vida Silvestre. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 32p.

Universidad de Chile. 2007. Profundización de la Línea de Base Ambiental y Ecológica del sector de Mayor Valor Ecológico del cordón La Cantillana. (CONAMA, GEF-PNUD) Editores, Proyecto: Conservación de la biodiversidad en los Altos de Cantillana. Santiago. 257p.

Venegas-González, A., Juñent, F., Gutiérrez, A., Peña-Rojas, K., y Filho, M. 2018. Efecto de la variabilidad climática sobre los patrones de crecimiento y establecimiento de *Nothofagus macrocarpa* en Chile central. Bosque (Valdivia), 39(1): 81-93.

Rusch, V., Gyenge, J., Weigandt, M. y Varela, S. 2019. Aspectos ambientales. En: RUSCH, V. y VARELA, S. Bases para el manejo de bosques nativos con ganadería en Patagonia Norte. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. pp. 101-125.

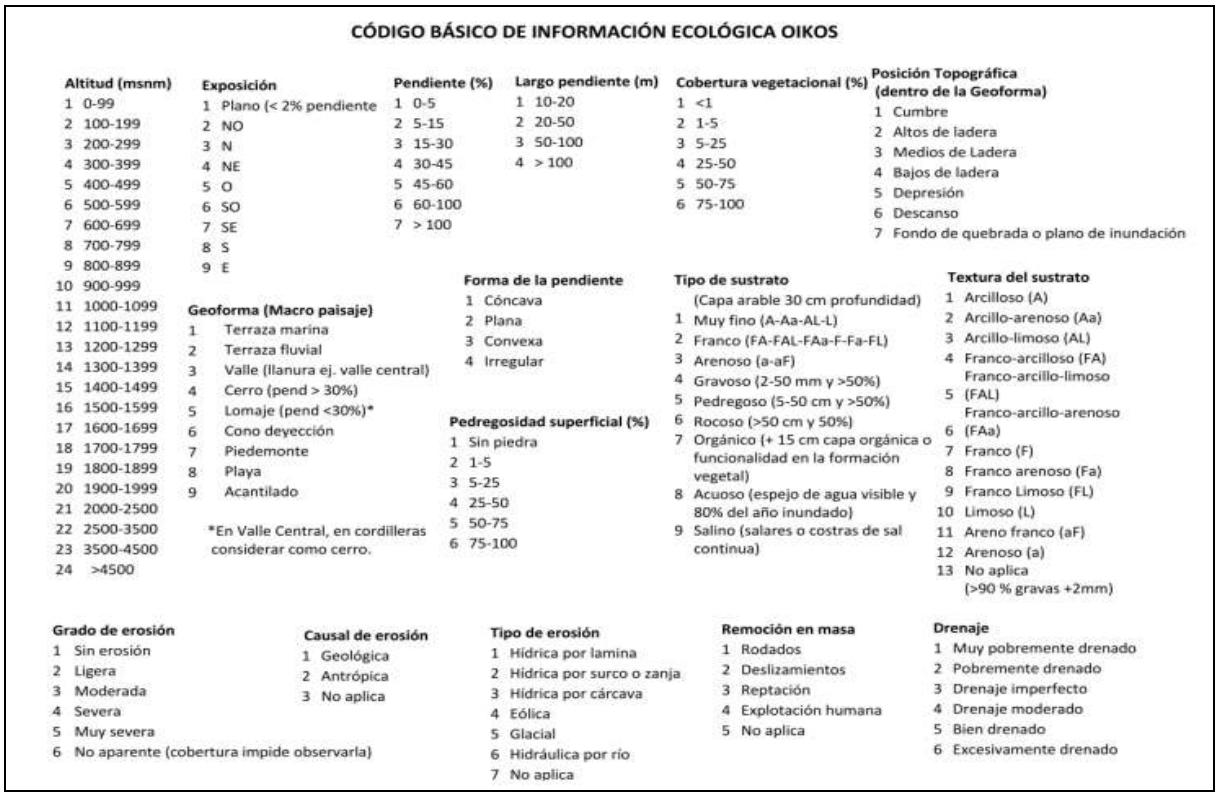
World Health Organization (WHO). 2007. Oral vaccination of dogs against rabies: A guidance for research on oral rabies vaccines and field application of oral vaccination of dogs against rabies. Geneva. 55p.

8 ANEXO

Cuadro 6. Ficha ingreso de vacas (RNPAC, 2018)

Nombre	**Registro SAG**	**Descripción**	**Color**	**Edad**	**N° Foto**
Carlos Rodriguez	5436	ternero	negro cariblanco	9 meses	8398
Carlos Rodriguez	5437		Colorada	6 años	8492
Carlos Rodriguez	5449	Vaquilla	Colorada	2 años	8496
Carlos Rodriguez	s/crotal	vaca	jardina colorada	2 años	8393
Carlos Rodriguez	s/crotal	vaca	colorada	6 años	8403
Omar Salinas	5417	vaca	overo negra	6 años	8491
Omar Salinas	5418	ternera	overo negra	2 años	8463
Omar Salinas	5419	ternera	colorada con blanco	1 año	8417
Omar Salinas	5423	vaquilla	colorada	2 años	8487
Omar Salinas	5426	macho	overo colorada		8444
Omar Salinas	5438	toro	colorado cariblanco	1 año 1/2	8485
Omar Salinas	5450	ternera	mulata/overo colorada	1 año	8460
Omar Salinas	7066	vaca	overa colorada	4 años	8478
Omar Salinas	7080	vaca	overo negra	6 años	8455
Omar Salinas	7085	vaca	blanco con negro	5 años	8446
Omar Salinas	7090	vaca	colorada	4 años	8427
Omar Salinas	s/crotal	vaca	overo colorada	5 años	8450
Mario Gamboa	5404	vaca	negra cariblanca	5 años	8489
Mario Gamboa	5410	vaquilla	negra con blanca	2 años 1/2	8433
Mario Gamboa	5427	toro	barroso	3 años	8414
Mario Gamboa	5429	vaquilla	barrosa cabeza blanca	3 años	8468
Mario Gamboa	5431	vaca	negra		8442
Mario Gamboa	5435	ternera	overa negra	1 año	8421
Mario Gamboa	5439	ternero	huacho negro	1 año	8475
Mario Gamboa	5446	ternera	colorada	1 año	8439
Mario Gamboa	5447	ternera	overo negra	1 año	8456

Mario Gamboa	5448	ternero macho	negro	5 meses	8462
Mario Gamboa	7060	vaca	negra	4 años	8425
Mario Gamboa	7077	vaca	colorada cariblanca	5 años	8453
Mario Gamboa	7083	vaca	overo colorada	10 años	8465
Mario Gamboa	7084	vaca	negra		8432
Mario Gamboa	7088	vaca	overo colorada	4 años	8440
Cristian Mardones	5402	ternera	negra	1 año	8448
Cristian Mardones	5405	vaca	overo negra	4 años	8458
Cristian Mardones	5430	vaca	blanca overa	3 años	
Cristian Mardones	5440	ternera	rosada	6 meses	8471
Cristian Mardones	7074	vaca	negra piernas blancas	4 años	8479
Sergio Romero		vaca		4 años	
Sergio Romero	7064	vaca		8 años	
Sergio Romero		ternero			
Sergio Romero		ternero			
Sergio Romero	7089	vaca		8 años	
Sergio Romero		ternero			
Sergio Romero		ternero			



CÓDIGO BÁSICO DE INFORMACIÓN ECOLÓGICA OIKOS

Altitud (msnm)
1 0-99
2 100-199
3 200-299
4 300-399
5 400-499
6 500-599
7 600-699
8 700-799
9 800-899
10 900-999
11 1000-1099
12 1100-1199
13 1200-1299
14 1300-1399
15 1400-1499
16 1500-1599
17 1600-1699
18 1700-1799
19 1800-1899
20 1900-1999
21 2000-2500
22 2500-3500
23 3500-4500
24 >4500

Exposición
1 Plano (< 2% pendiente
2 NO
3 N
4 NE
5 O
6 SO
7 SE
8 S
9 E

Pendiente (%)
1 0-5
2 5-15
3 15-30
4 30-45
5 45-60
6 60-100
7 > 100

Largo pendiente (m)
1 10-20
2 20-50
3 50-100
4 > 100

Cobertura vegetacional (%)
1 <1
2 1-5
3 5-25
4 25-50
5 50-75
6 75-100

Posición Topográfica (dentro de la Geoforma)
1 Cumbre
2 Altos de ladera
3 Medios de Ladera
4 Bajos de ladera
5 Depresión
6 Descanso
7 Fondo de quebrada o plano de inundación

Geoforma (Macro paisaje)
1 Terraza marina
2 Terraza fluvial
3 Valle (llanura ej. valle central)
4 Cerro (pend > 30%)
5 Lomaje (pend <30%)*
6 Cono deyección
7 Piedemonte
8 Playa
9 Acantilado

*En Valle Central, en cordilleras considerar como cerro.

Forma de la pendiente
1 Cóncava
2 Plana
3 Convexa
4 Irregular

Pedregosidad superficial (%)
1 Sin piedra
2 1-5
3 5-25
4 25-50
5 50-75
6 75-100

Tipo de sustrato
(Capa arable 30 cm profundidad)
1 Muy fino (A-Aa-AL-L)
2 Franco (FA-FAL-FAa-F-Fa-FL)
3 Arenoso (a-aF)
4 Gravoso (2-50 mm y >50%)
5 Pedregoso (5-50 cm y >50%)
6 Rocoso (>50 cm y 50%)
7 Orgánico (+ 15 cm capa orgánica o funcionalidad en la formación vegetal)
8 Acuoso (espejo de agua visible y 80% del año inundado)
9 Salino (salares o costras de sal continua)

Textura del sustrato
1 Arcilloso (A)
2 Arcillo-arenoso (Aa)
3 Arcillo-limoso (AL)
4 Franco-arcilloso (FA)
5 Franco-arcillo-limoso (FAL)
6 Franco-arcillo-arenoso (FAa)
7 Franco (F)
8 Franco arenoso (Fa)
9 Franco Limoso (FL)
10 Limoso (L)
11 Areno franco (aF)
12 Arenoso (a)
13 No aplica (>90 % gravas +2mm)

Grado de erosión
1 Sin erosión
2 Ligera
3 Moderada
4 Severa
5 Muy severa
6 No aparente (cobertura impide observarla)

Causal de erosión
1 Geológica
2 Antrópica
3 No aplica

Tipo de erosión
1 Hídrica por lamina
2 Hídrica por surco o zanja
3 Hídrica por cárcava
4 Eólica
5 Glacial
6 Hidráulica por río
7 No aplica

Remoción en masa
1 Rodados
2 Deslizamientos
3 Reptación
4 Explotación humana
5 No aplica

Drenaje
1 Muy pobremente drenado
2 Pobremente drenado
3 Drenaje imperfecto
4 Drenaje moderado
5 Bien drenado
6 Excesivamente drenado

Figura 19. Código básico de información ecológica OIKOS

FORMULARIO OIKOS

Variable	LOCALIDAD													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Altitud (msnm)														
Exposición														
Pendiente (%)														
Largo pendiente														
Forma de la pendiente														
Cobertura vegetacional (%)														
Posición topográfica														
Geoforma														
Pedregosidad superficial (%)														
Tipo de sustrato														
Textura del sustrato														
Grado de erosión														
Tipo de erosión														
Causal de erosión														
Drenaje														

Figura 20. Formulario OIKOS

Folio009942

9 APÉNDICE

Cuadro 7. Variables ambientales más frecuentes en los puntos registrados, situación 1 "Zona de exclusión de ganado"

Variables ambientales	Clasificación numérica	Clasificación alfa-numérica	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa Porcentual (%)
Altitud	21	2000-2500 m.s.n.m	1	100
Exposición	8	Sur	0,63	62,5
Pendiente	2	5-15 %	0,68	67,5
Largo pendiente	2	20-50 m	0,49	48,8
Forma pendiente	4	Irregular	0,81	81,3
Cobertura vegetal	3	5-25 %	0,4	40
Posición Topográfica	2	Altos de ladera	1	100
Pedregosidad superficial	3	5-25 %	0,41	41,3
Tipo de sustrato superficial	2	Franco	0,96	96,3
Textura de sustrato superficial	8	Franco Arenoso (Fa)	1	100
Grado de erosión	2	Ligera	0,38	37,5
Tipo de erosión	7	No aplica	0,56	56,3
Causal de erosión	3	No aplica	0,81	81,3
Drenaje superficial	2	Pobremente drenado	0,35	35

Cuadro 8. Variables ambientales más frecuentes en los puntos registrados, situación 2 "Las Hualtatas 1"

Variables ambientales	Clasificación numérica	Clasificación alfa-numérica	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa Porcentual (%)
Altitud	21	2000-2500 m.s.n.m	1	100
Exposición	6	Suroeste (SO)	1	100
Pendiente	2	5-15%	0,66	66
Largo pendiente	3	50-100	0,48	48
Forma pendiente	4	Irregular	1	100
Cobertura vegetal	2	1-5%	0,42	42
Posición Topográfica	2	Altos de la ladera	1	100
Pedregosidad superficial	3	5-25%	0,4	40

Tipo de sustrato superficial	2	Franco	0,88	88
Textura de sustrato superficial	8	Franco Arenoso	1	100
Grado de erosión	3	Moderada	0,38	38
Tipo de erosión	7	No aplica	1	100
Causal de erosión	3	No aplica	0,92	92
Drenaje superficial	3	Drenaje imperfecto	0,48	48

Cuadro 9. Variables ambientales más frecuentes en los puntos registrados, situación 3 "Hualtatas 2" (Bosque semi-abierto).

Variables ambientales	Clasificación numérica	Clasificación alfa-numérica	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa Porcentual (%)
Altitud	21	2000-2500 m.s.n.m	1	100
Exposición	6	Suroeste	0,68	67,9
Pendiente	2	5-15%	0,34	34,3
Largo pendiente	2	20-50 m	0,57	57,3
Forma pendiente	4	Irregular	0,71	71,5
Cobertura vegetal	3	5-25%	0,35	35,5
Posición Topográfica	2	Altos de Ladera	1	100
Pedregosidad superficial	2	1-5%	0,52	52,1
Tipo de sustrato superficial	2	Franco	0,88	88,1
Textura de sustrato superficial	8	Franco arenoso	1	100
Grado de erosión	3	Moderada	0,49	48,8
Tipo de erosión	7	No aplica	1	100
Causal de erosión	3	No aplica	1	100
Drenaje superficial	3	Drenaje imperfecto	0,48	47,92

Cuadro 10. Tabla de rodal Situación 1 "Zona de exclusión de ganado".

Tabla de Rodal Situación 1			
Etiquetas de fila	Rango	N/ha	Área basal (m^2/ha)
1	[5-15[	113	0,5877365
2	[15-25[	52	1,6735958
3	[25-35[	63	4,3429434
4	[35-45[	40	4,8842424
5	[45-55[	22	4,0530655
6	[55-65[	7	1,9300924
7	[65-75[	7	2,6706567
8	[75-85[	3	1,4075107
9	85	1	0,9925481
Total general		309	22,542392

Cuadro 11. Tabla de rodal Situación 2 "Las Hualtatas 1".

Tabla de Rodal Situación 2			
Etiquetas de fila	Rango	N/ha	Área basal (m^2/ha)
1	[5-10[	255	0,9752058
2	[10-15[	71	0,8483039
3	[15-20[	51	1,1288547
4	[20-25[	25	1,0329397
5	[25-30[	18	1,0438314
6	[30-35[	10	0,7984273
7	[35-45[	3	0,2990988
8	[45-50[	3	0,3501409
9	50	3	0,5807548
Total general		437	7,0575572

Cuadro 12. Tabla de rodal Situación 3 "Las Hualtatas 2".

Tabla de Rodal Situación 3			
Etiquetas de fila	Rango	N/ha	Área basal (m^2/ha)
1	[5-15[	5	0,0624764
2	[15-25[	40	1,2093163
3	[25-35[	71	5,0923955
4	[35-45[	45	5,538371
5	[45-55[	35	6,9065408
6	[55-65[	8	2,2158307
7	[65-75[	0	0
8	75	3	1,4976842
Total general		207	22,522615

Folio009945

45/2020

Consideraciones genéticas y silvícolas para la restauración de bosques hidrófilos de quebrada en la Región Metropolitana

INFORME DE AVANCE N° 3

Diciembre, 2023

Folio009946

45/2020

Consideraciones genéticas y silvícolas para la restauración de bosques hidrófilos de quebrada en la Región Metropolitana

financiado por

Fondo de Investigación del Bosque Nativo

Investigador Responsable

Carlos R. Magni Díaz[1], Dr. Ciencias Forestales

Co-investigadores

Eduardo Martínez[1], Iván Grez [1], Iván Quiroz[2], Fernanda Romero [3], Sergio Espinoza [4]

Institución Patrocinante

Universidad de Chile

Instituciones Asociadas

Instituto Forestal, Reserva Privada Altos de Cantillana, Universidad Católica del Maule

Diciembre, 2023

Santiago, Chile

---

[1] Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile

[2] Instituto Forestal

[3] Reserva Natural Privada Altos de Cantillana

[4] Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Católica del Maule

Tabla de contenidos

1. Introducción 5

Objetivos 5

2. Avances año 2023 7

2.1 Evaluar la variabilidad genética asociada a la supervivencia y crecimiento inicial de tres localidades de lingue, belloto, patagua y peumo, establecidas en un ensayo de jardín común. 7

2.1.1 Análisis de prendimiento 7

- *C. alba* 13

2.1.2 Análisis de sobrevivencia 16

El día 19 de julio de 2023 se realizó el análisis de sobrevivencia después de una temporada de la instalación de la plantación 16

- *P. lingue* 18
- *C. patagua* 19
- *C. alba* 20

2.1.3 Análisis del crecimiento 22

- *B. miersii* 22
- *P. lingue* 23
- *C. patagua* 24
- *C. alba* 25

2.1.4 Consideraciones finales 26

2.2 Evaluar el efecto de distintos métodos de restauración activa para el desempeño inicial en crecimiento y supervivencia de plantas de lingue, belloto del norte, patagua y peumo. 27

2.2.1 Establecimiento de plantaciones con técnicas de restauración activa 27

2.2.1.1 Análisis de prendimiento ensayos restauración activa 27

2.2.1.2 Resultados 27

2.2.1.3 Análisis de sobrevivencia ensayos restauración activa 29

2.2.1.4 Análisis de crecimiento en el ensayo restauración activa 31

2.2.1.5 Consideraciones finales 33

2.2.2 Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de la plantación con acciones previas de restauración en el sitio. 33

2.2.2.1 Evaluación morfofisiológica de las plantaciones aisladas y en núcleos bajo dos situaciones contrastantes.....33
2.2.2.2 Metodología 34
2.2.2.3 Resultados 36
2.2.2.4 Consideraciones finales 38
2.3 Evaluar la capacidad del bosque hidrófilo de quebradas como fuente semillera para la restauración. 39
2.3.1 Identificación de sitios prioritarios para la conservación y restauración del bosque hidrófilo.....39
2.3.1.1 Principales resultados 41
2.3.1.2 Consideraciones finales 45
2.3.2 Evaluación de la regeneración 45
2.3.2.1 Variables de caracterización de la regeneración 46
2.3.2.2 Caracterización de la regeneración 47
2.3.2.3 Consideraciones finales 49
2.3.3 Trampas de captura de semillas.....50
2.3.3.1 Coleta de material de las trampas de captura de semillas 52
2.3.3.2 Resultados 53
2.3.3.3 Consideraciones finales 60
2.4. Difundir los resultados y logros de la evaluación como una herramienta para la gestión de los bosques y los resultados de las prácticas de restauración ensayadas. 61
2.3.4 Difusión en feria Ambiental de Aculeo 61
2.3.5 Difusión en Seminario 63
2.3.6 Difusión en Congreso Internacional 64
2.3.7 Difusión en página web 65
4.5. Aumentar la comprensión en los procesos participativos de restauración de bosques a través una metodología participativa y colectiva con actores claves involucrados en ella.....66
2.3.8 Resultados encuesta en Feria Ambiental 66
3. Conclusiones 73
4. Carta Gantt actualizada 74

1. Introducción

El presente documento da cuenta de los avances en las actividades desarrolladas durante el año 2023 del proyecto "Consideraciones genéticas y silvícolas para la restauración de bosques hidrófilos de quebrada en la Región Metropolitana". El objetivo del presente proyecto es evaluar, mediante ensayos genéticos y silvícolas, métodos de restauración pasiva y activa del bosque esclerófilo, subtipo bosques hidrófilos de quebrada de la Región Metropolitana, siendo una propuesta principalmente de métodos de restauración activa. Dado que la distribución norte de las especies propuestas en el proyecto es reducida y además poseen una posible similitud genética entre sus poblaciones, se plantea la hipótesis de que procedencias de semillas de latitudes cercanas al sitio de restauración tendrán un desempeño similar en crecimiento y supervivencia en un ambiente común. Esto permitiría restaurar ecosistemas azonales con material de otras localidades cercanas. Las poblaciones de las especies propuestas en el proyecto están reducidas dentro de estos bosques de quebrada, están desconectados, y también ha habido pérdida reciente de algunos ejemplares y especies, tales como, lingue, peumo, patagua y belloto del norte.

Las actividades realizadas durante el presente año fueron principalmente: evaluación de la sobrevivencia y crecimiento de las plantaciones correspondiente a los ensayos de jardín común y técnicas de restauración activa; instalación y evaluación de trampas de captura de semillas y hojarasca; evaluación de la regeneración; monitoreo y mediciones morfo y fisiológicas de plantaciones en núcleo e individuales como acciones previas de restauración; y aplicación de metodologías participativas de restauración.

Los avances que se presentan a continuación corresponden a cada uno de los objetivos específicos del presente proyecto, los que se exponen a continuación:

Objetivos

Objetivo General:
Evaluar, mediante ensayos genéticos y silvícolas, métodos de restauración pasiva y activa del tipo Forestal esclerófilo, sub-tipo bosques hidrófilos de quebrada de la Región Metropolitana.

Objetivos específicos:

- Evaluar la variabilidad genética asociada a la supervivencia y crecimiento inicial de tres localidades de lingue, belloto, patagua y peumo, establecidas en un ensayo de jardín común.

- Evaluar el efecto de distintos métodos de restauración activa en el desempeño inicial en crecimiento y supervivencia de plantas de lingue, belloto del norte, patagua y peumo, establecidas con aplicación de micorrizas y bajo distintos métodos de protección contra la radiación.

- Evaluar la capacidad del bosque hidrófilo de quebradas como fuente semillera para la restauración.

- Difundir los resultados y logros de la evaluación como una herramienta para la gestión de los bosques y los resultados de las prácticas de restauración ensayadas.

- Aumentar la comprensión en los procesos participativos de restauración de bosques a través una metodología participativa y colectiva con actores claves involucrados en ella.

2. Avances año 2023

2.1 Evaluar la variabilidad genética asociada a la supervivencia y crecimiento inicial de tres localidades de lingue, belloto, patagua y peumo, establecidas en un ensayo de jardín común.

2.1.1 Análisis de prendimiento

Los primeros días de diciembre de 2022 se realizó el análisis de prendimiento pasados 4 meses desde la instalación de la plantación.

En general se observó una tendencia de aumento de sobrevivencia en función del mayor grado de cobertura, donde los sitios abiertos mostraron altos niveles de mortalidad en comparación con los sitios más cerrados (Figura 1). También se visualizó el efecto directo de la radiación solar en las hojas de los individuos de las distintas especies (Figura 2), siendo más afectados *P. lingue* junto a *C. patagua*. Sin embargo, uno de los sitios abiertos presentaba una zona de protección horizontal y lateral por individuos de *Q. saponaria*, apreciando las interacciones positivas entre estos ejemplares junto a los individuos de las plantaciones, observando sobrevivencia en este microclima generado (figura 3).

Figura 1. Individuos vivos en sitios de mayor cobertura.

Figura 2. Individuos de las plantaciones afectados por la radiación solar.

Figura 3. Sitio 2 con efecto microclimatico horizontal y vertical de *Q. saponaria* (izq.) junto a individuo vivo producto de la interacción positiva (*P. lingue*) (der.)

2.1.1.1 Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis de prendimiento para el ensayo Jardín de Procedencias, para cada una de las especies.

- *B. miersii*

Como se aprecia en la tabla 1, *B. miersii* mostró una sobrevivencia general del 82%, la cual fue mayor en los sectores 4 (100%) y 5 (97%), evidenciando la importancia de la cobertura en esta etapa (80 y 70% de cobertura respectivamente). En cuanto a la procedencia, Antumapu fue la que presentó una mayor sobrevivencia con un 87%, seguida por las semillas procedentes de la Reserva de Cantillana con un 85%.

Tabla 1. Promedio de la sobrevivencia a diciembre de 2022 por procedencia en cada sector según cobertura (%) para *B. miersii* en el ensayo jardín de procedencias.

Procedencia/Sector	1 (10%)	2 (25%)	3 (50%)	4 (80%)	5 (70%)	Prom.
Antumapu	71%	75%	88%	100%	100%	**87%**
La Dormida	75%	75%	50%	100%	100%	**80%**
Cuesta el Melón	13%	100%	63%	100%	100%	**75%**
Cantillana	100%	88%	50%	100%	88%	**85%**
Prom.	**65%**	**84%**	**63%**	**100%**	**97%**	**82%**

Pasando a los análisis estadísticos, la tabla 2 muestra que el sector de plantación junto a la interacción entre ambos factores, tienen un efecto significativo en respuesta a la sobrevivencia de *B. miersii.*

Tabla 2. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al prendimiento de *B. miersii* para el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	X2	Pr (>Chi)
Procedencia	2,343	0,504
Sector	32,082	0,000*
Procedencia: Sector	24,378	0,018*

En la figura 4 se aprecia lo mencionado anteriormente, evidenciando las diferencias significativas de la cobertura vegetacional en la sobrevivencia de los individuos, donde aquellas zonas más cerradas (70 y 80% de cobertura vegetacional) forman un grupo estadístico (grupo "a"), correspondiente a las zonas con mayor porcentaje de sobrevivencia, mientras que los grupos más abiertos forman un nuevo grupo estadístico (grupo "b"), el cual presentan menores porcentajes de plantas vivas.

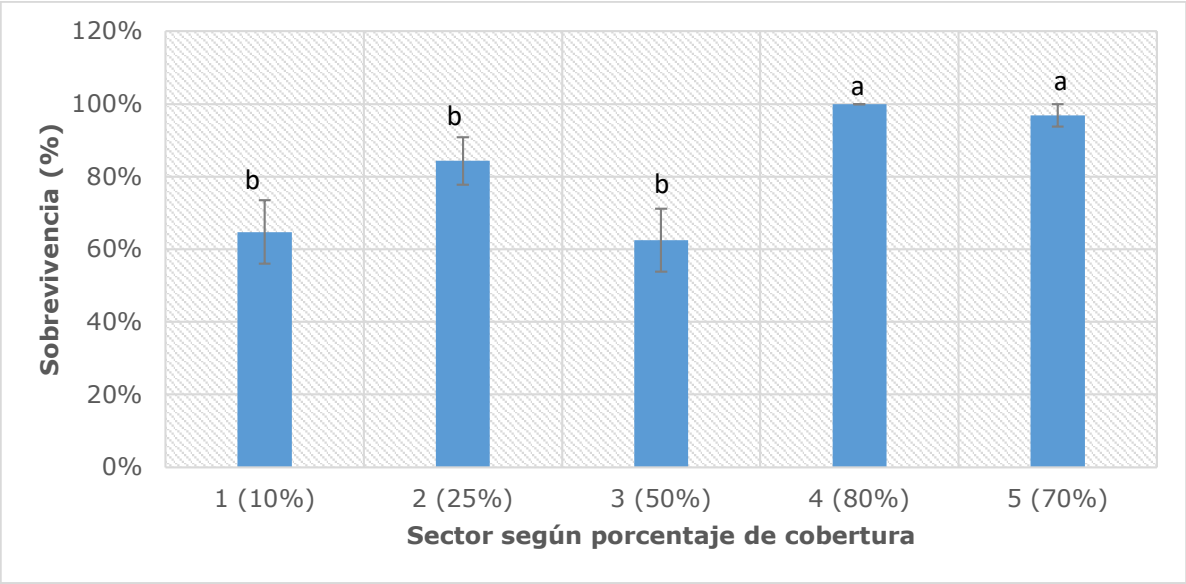


Figura 4. Porcentaje de sobrevivencia para *B. miersii* según sector de plantación. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

- *P. lingue*

Para el caso de *P. lingue*, en la tabla 3 se aprecia que la sobrevivencia general fue de un 51%, donde se evidencia el efecto del sitio dado por la cobertura vegetacional, donde los sectores más cubiertos presentaron un 100% de plantas vivas, mientras que los sectores abiertos no superaron el 33% de sobrevivencia. Respecto a la procedencia, el material local (plantas procedentes de Cantillana) fue el que mostro mayor sobrevivencia, llegando al 70%.

Tabla 3. Promedio de la sobrevivencia a diciembre de 2022 por procedencia en cada sector según cobertura (%) para *P. lingue*.

Procedencia/Sector	1 (10%)	2 (25%)	3 (50%)	4 (80%)	5 (70%)	Prom.
Chomedahue	0%	0%	25%	100%	100%	**45%**
Cantillana	50%	75%	25%	100%	100%	**70%**
Pumahuida	0%	0%	50%	100%	S/D	**38%**
Prom.	**17%**	**25%**	**33%**	**100%**	**100%**	**51%**

*S/D: Sin dato, dado que no hubo disponibilidad de plantas.

Estadísticamente en la tabla 4 se observa que para esta especie hay un efecto significativo del sector de plantación y de la procedencia en respuesta a la sobrevivencia inicial de los individuos, no así en la interacción entre ambos factores.

Tabla 4. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al prendimiento de P. lingue en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	X2	Pr (>Chi)
Procedencia	6.889	0.031*
Sector	42.449	0,000*
Procedencia: Sector	8.652	0,278

En la figura 5 se expone lo mencionado anteriormente, donde los sitios 1, 2 y 3 forman un grupo similar estadísticamente y que corresponden a los sitios con menor porcentaje de cobertura, resultando en una menor sobrevivencia. Mientras que los sitios 4 y 5 forman un segundo grupo, el cual presenta un 100% de sobrevivencia, donde los individuos se ven favorecidos por la mayor protección del dosel.

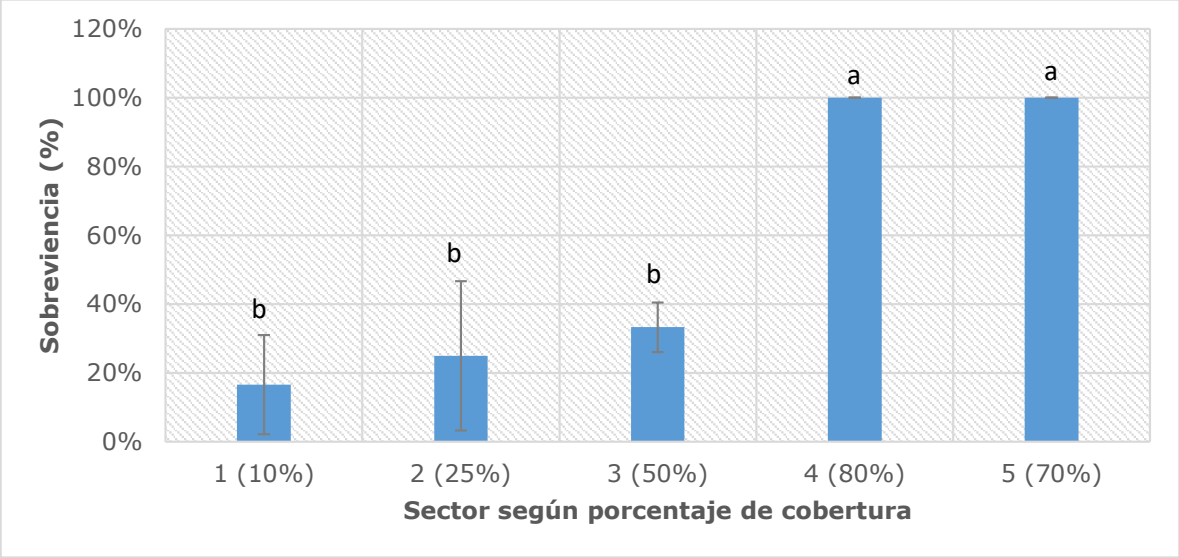


Figura 5. Porcentaje de sobrevivencia para *P. lingue* según sector de plantación. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

En la figura 6, se aprecian las comparaciones según procedencia para la sobrevivencia de *P. lingue*, donde se forman tres grupos, siendo Cantillana (grupo "a") la procedencia con mayor número de individuos vivos, correspondiente al material local, mientras que Pumahuida es la procedencia con menor sobrevivencia (grupo "b").

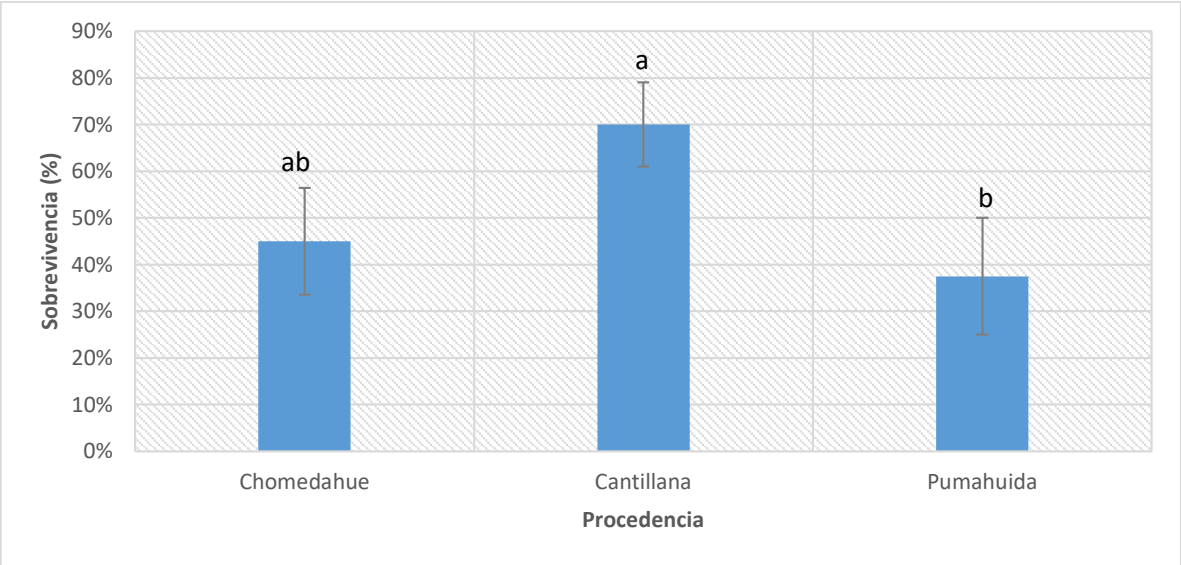


Figura 6. Porcentaje de sobrevivencia para *P. lingue* según procedencia. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

- *C. patagua*

Para *C. patagua* (tabla 5), la sobrevivencia promedio alcanzó un 60%, donde nuevamente se apreció el efecto de la cobertura vegetacional, donde los sitios 4 y 5 llegaron al 100% de sobrevivencia, mientras que el sitio 1 solo mostró un 8% de individuos vivos. Para el caso de la procedencia, el vivero de Chomedahue perteneciente a la región de O'Higgins mostró una mejor respuesta en términos de sobrevivencia, con un 75%. En tanto las procedencias de la región no superaron el 55%.

Tabla 5. Promedio de la sobrevivencia a diciembre de 2022 por procedencia en cada sector según cobertura (%) para *C. patagua*.

Procedencia/Sector	1 (10%)	2 (25%)	3 (50%)	4 (80%)	5 (70%)	Prom.
Chomedahue	25%	50%	100%	100%	100%	**75%**
Cantillana	0%	25%	25%	100%	100%	**50%**
Reserva Altos de Cantillana	0%	0%	75%	100%	100%	**55%**
Prom.	**8%**	**25%**	**67%**	**100%**	**100%**	**60%**

Pasando a los análisis estadísticos, en la tabla 6 se observa que para esta especie la sobrevivencia es influenciada estadísticamente solo por el sector de plantación.

Tabla 6. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al prendimiento de *C. patagua* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	X2	Pr (>Chi)
Procedencia	3,017	0,221
Sector	49,894	0,000*
Procedencia	4,311	0,828

La figura 7 expone lo mencionado en la tabla 6, donde nuevamente se observa un efecto marcado del porcentaje de cobertura en los sectores de plantación. Los sitios 1 y 2 forman un grupo estadístico donde se presenta la menor sobrevivencia correspondiente a los sitios más abiertos, mientras que los sitios 3, 4 y 5 forman el segundo grupo correspondiente a los sitios de mayor sobrevivencia.

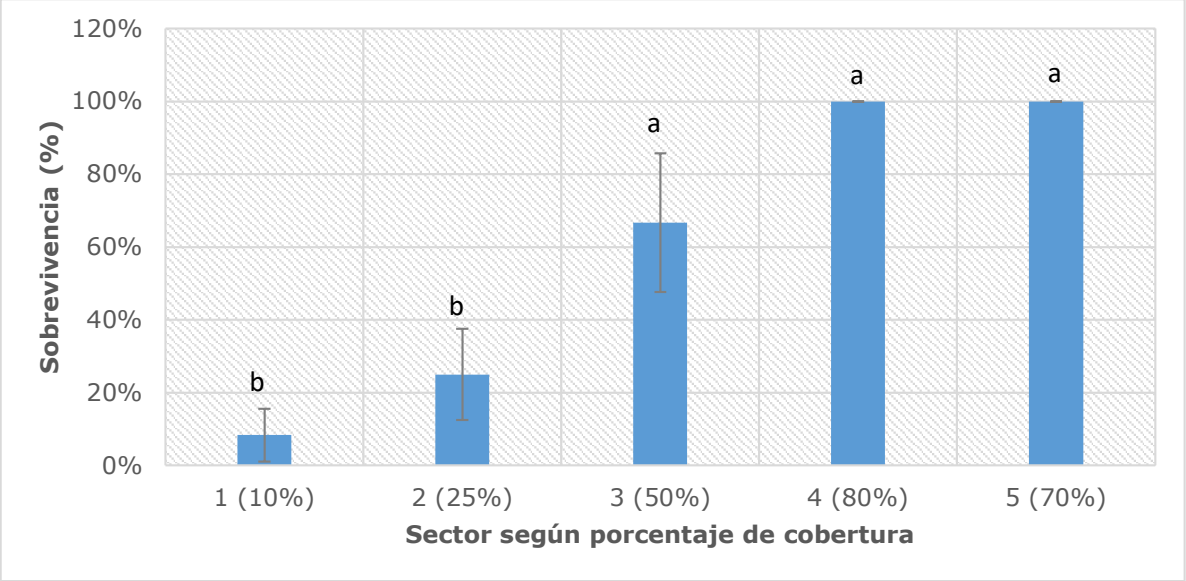


Figura 7. Porcentaje de sobrevivencia para *C. patagua* según sector de plantación. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

- *C. alba*

En la tabla 7 se observa que para C. alba, la sobrevivencia promedio llegó a un 71%, donde el sitio 5 presentó un 100% de individuos vivos, mientras que no hubo una gran diferencia en términos de sobrevivencia entre el sitio 1 (70%) y 4(80%). Respecto a la procedencia, los ejemplares de El Melón (Valparaíso), junto a la Reserva Altos de Cantillana (RM) alcanzaron el 100% de individuos vivos siendo menor la procedencia de Cortaderal (Región de O'Higgins).

Tabla 7. Promedio de la sobrevivencia a diciembre de 2022 por procedencia en cada sector según cobertura (%) para *C. alba*.

Procedencia/Sector	1 (10%)	2 (25%)	3 (50%)	4 (80%)	5 (70%)	Prom.
Antumapu	25%	0%	75%	100%	S/D	**50%**
Cantillana	100%	0%	100%	100%	100%	**80%**
Cortaderal	25%	0%	0%	0%	100%	**25%**
El Melón	100%	100%	100%	100%	100%	**100%**
Reserva Altos de Cantillana	100%	100%	100%	100%	100%	**100%**
Prom.	**70%**	**40%**	**75%**	**80%**	**100%**	**71%**

S/D: Sin dato, dado que no hubo disponibilidad de plantas.

En la tabla 8 se muestra el análisis estadístico para *C. alba*, donde la procedencia y el sector de plantación muestran un efecto significativo en la variable respuesta sobrevivencia, no así la interacción entre ambos factores.

Tabla 8. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al prendimiento de *C. alba* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	X2	Pr (>Chi)
Procedencia	51,962	0,000*
Sector	44,272	0,000*
Procedencia: Sector	6,922	0,959

En la figura 8 se expone lo mencionado anteriormente para el caso de la procedencia, donde se aprecia la formación de cuatro grupos en términos estadísticos. El grupo a, comprende a las procedencias de El Melón y la Reserva Altos de Cantilla, comprendiendo a los orígenes con mayores niveles de sobrevivencia alcanzando el 100%. La procedencia de Cantillana (grupo "ab") muestra una sobrevivencia del 80% seguida con Antumapu que abarca un 50% (grupo "bc"). Finalmente, la procedencia de Cortaderal forma el cuarto grupo (c), siendo esta la que presenta menor sobrevivencia, no superando el 30%.

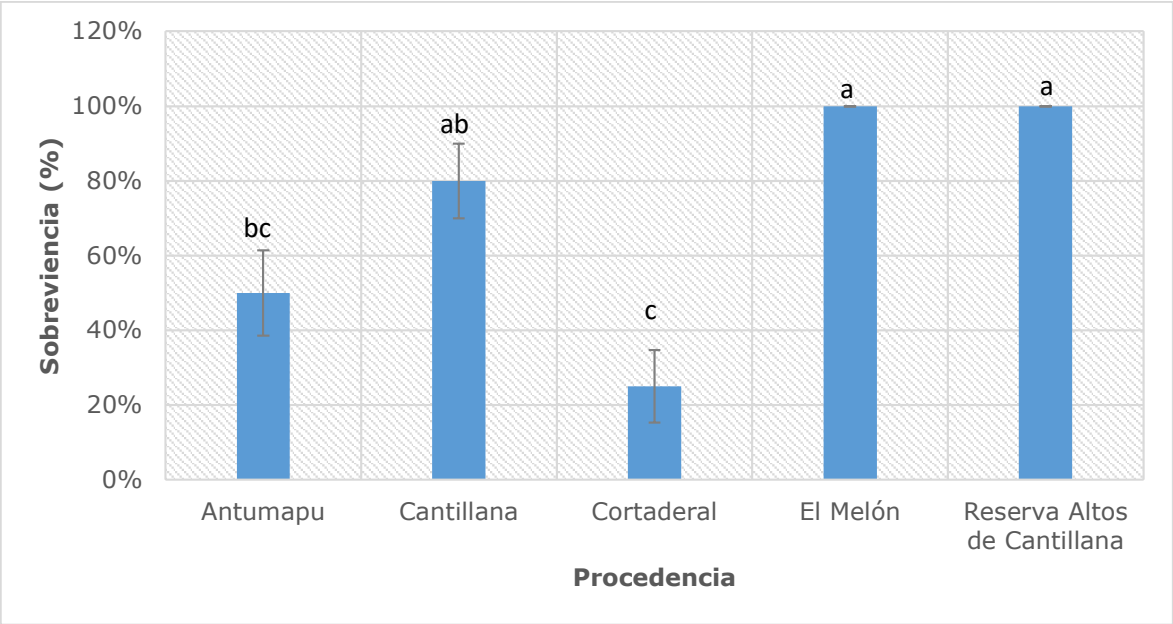


Figura 8. Porcentaje de sobrevivencia para *C. alba* según procedencia. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

En la figura 9 se aprecian las diferencias dadas por el sector de plantación formándose tres grupos, donde las áreas más cerradas resultan en una mayor sobrevivencia de la especie (grupo "a"), mientras que el sector con cobertura del 25% presenta una menor sobrevivencia que el sector con 10% de cobertura.

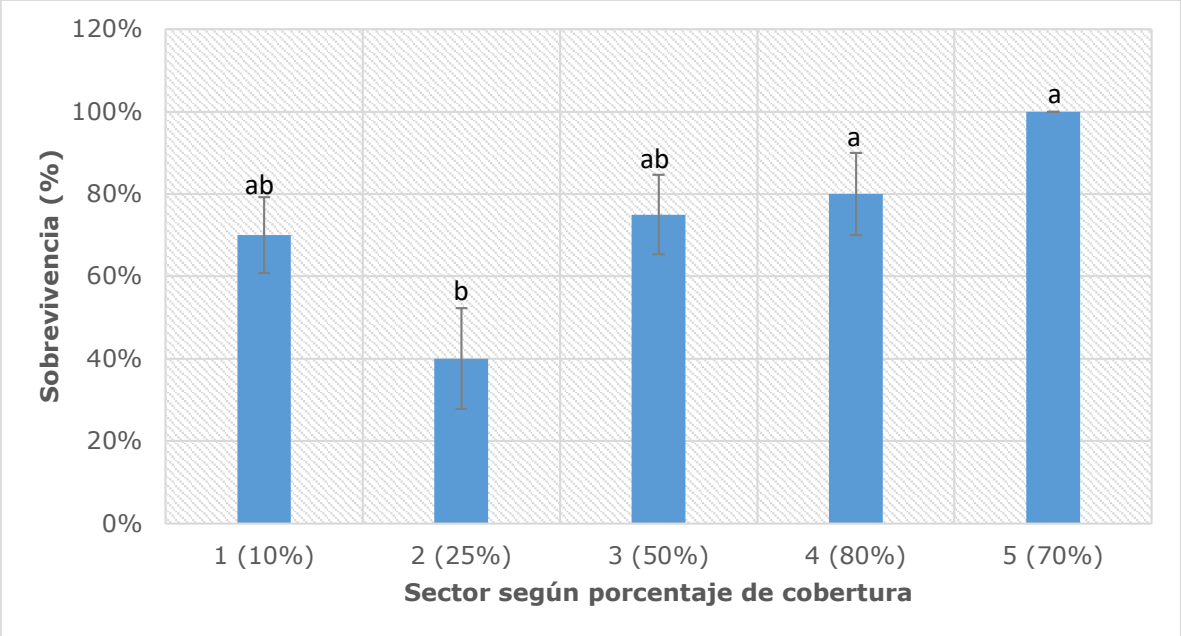


Figura 9. Porcentaje de sobrevivencia para *C. alba* según procedencia. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

2.1.2 Análisis de sobrevivencia

Durante julio de 2023 se realizó el análisis de sobrevivencia después de una temporada de la instalación de la plantación.

En general se observó la misma tendencia respecto a lo evidenciado en diciembre de 2022, donde la sobrevivencia aumento con el mayor grado de cobertura vegetal. También se visualizó el efecto directo de la radiación solar en las hojas de los individuos de las distintas especies en los sectores más abiertos (Figura 7a). También se apreciaron vestigios de rebrote en algunos individuos que al momento de evaluación anterior se habían identificado como muertos (Figura 7b).

Figura 10. a) Individuo con hojas desecadas por efecto del calor. b) Individuos de peumo con rebrotes.

2.1.2.1 Resultados

A continuación, se exponen los principales resultados obtenidos para cada una de las especies en análisis.

- *B. miersii*

Como se aprecia en la tabla 9, *B. miersii* mostró una sobrevivencia general del 45%, la cual fue mayor en los sectores 4 (88%) y 5 (94%), evidenciando la importancia de la cobertura en esta etapa (80 y 70% de cobertura respectivamente). En cuanto a la procedencia, Antumapu volvió a presentar una mayor sobrevivencia con un 50%, seguida por las plantas procedentes de La Dormida, con un 48%.

Tabla 9. Promedio de la sobrevivencia a julio de 2023 por procedencia en cada sector según cobertura (%) para *B. miersii.*

Procedencia/Sector	1 (10%)	2 (25%)	3 (50%)	4 (80%)	5 (70%)	Prom.
Antumapu	14%	13%	38%	88%	100%	**50%**
La Dormida	0%	25%	25%	100%	88%	**48%**
Cuesta el Melón	0%	25%	25%	75%	100%	**45%**
Cantillana	0%	0%	13%	88%	88%	**38%**
Prom.	**4%**	**16%**	**25%**	**88%**	**94%**	**45%**

Al considerar el análisis estadístico, la tabla 10 muestra que hay diferencias significativas solo para el sector de plantación en respuesta a la sobrevivencia para *B. miersii*, no así la procedencia ni la interacción entre los dos factores.

Tabla 10. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta a la sobrevivencia de *B. miersii* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	X2	Pr (>Chi)
Procedencia	1,636	0,641
Sitio	109,266	0,000*
Procedencia:Sitio	10,618	0,562

En la figura 11, se visualizada lo desprendido del análisis estadístico, donde el sector de plantación muestra 2 grupos estadísticamente diferentes según los resultados de sobrevivencia, los cuales están claramente determinados por el grado de cobertura vegetacional presente, siendo el grupo a (sitios 1 y 2), los que presentan una sobrevivencia mayor al 80%.

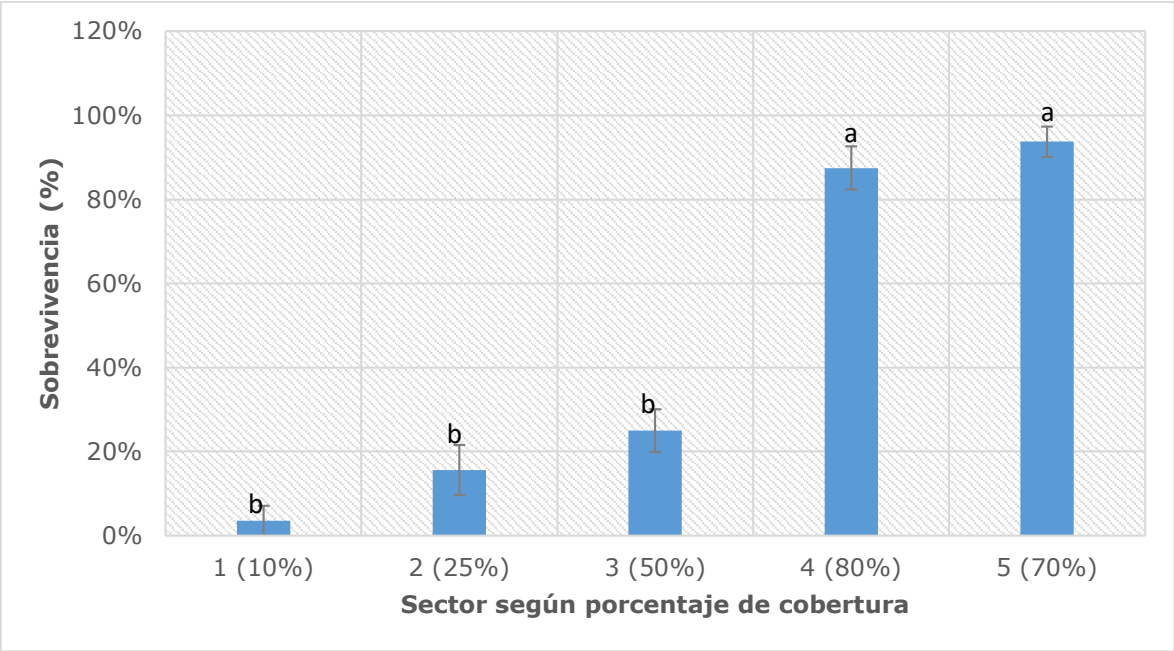


Figura 11. Porcentaje de sobrevivencia para *B. miersii* según sitio de plantación. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

- *P. lingue*

Para el caso de *P. lingue*, en la tabla 11 se aprecia que la sobrevivencia general fue de un 24%, donde se evidencia el efecto del sitio dado por la cobertura vegetacional, donde los sectores más cubiertos presentaron más de un 50% de plantas vivas, mientras que los sectores abiertos no superaron el 8% de sobrevivencia. Respecto a la procedencia, Chomedahue y Pumahuida fueron las que mostraron mayor sobrevivencia, llegando al 25%.

Tabla 11. Promedio de la sobrevivencia a julio de 2023 por procedencia en cada sector según cobertura (%) para *P. lingue*.

Procedencia/Sector	1 (10%)	2 (25%)	3 (50%)	4 (80%)	5 (70%)	Prom.
Chomedahue	0%	0%	0%	50%	75%	**25%**
Cantillana	0%	0%	25%	50%	38%	**23%**
Pumahuida	0%	0%	0%	100%	S/D	**25%**
Prom.	**0%**	**0%**	**8%**	**67%**	**56%**	**24%**

S/D: Sin dato, ya que no hubo disponibilidad de plantas.

Estadísticamente, para esta especie se observa un efecto significativo del sector de plantación en respuesta a la sobrevivencia, no así la procedencia ni la interacción entre ambos factores evaluados (tabla 12).

Tabla 12. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta a la sobrevivencia de *P. lingue* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	X2	Pr (>Chi)
Procedencia	0,000	1,000
Sector	30,190	0,000*
Procedencia: Sector	6,617	0,469

En la figura 12 se expone lo mencionado, donde el sitio 3 representa al grupo con menor sobrevivencia, mientras que los sitios 4 y 5 forman el segundo grupo, donde los individuos se ven favorecidos por la mayor protección del dosel.

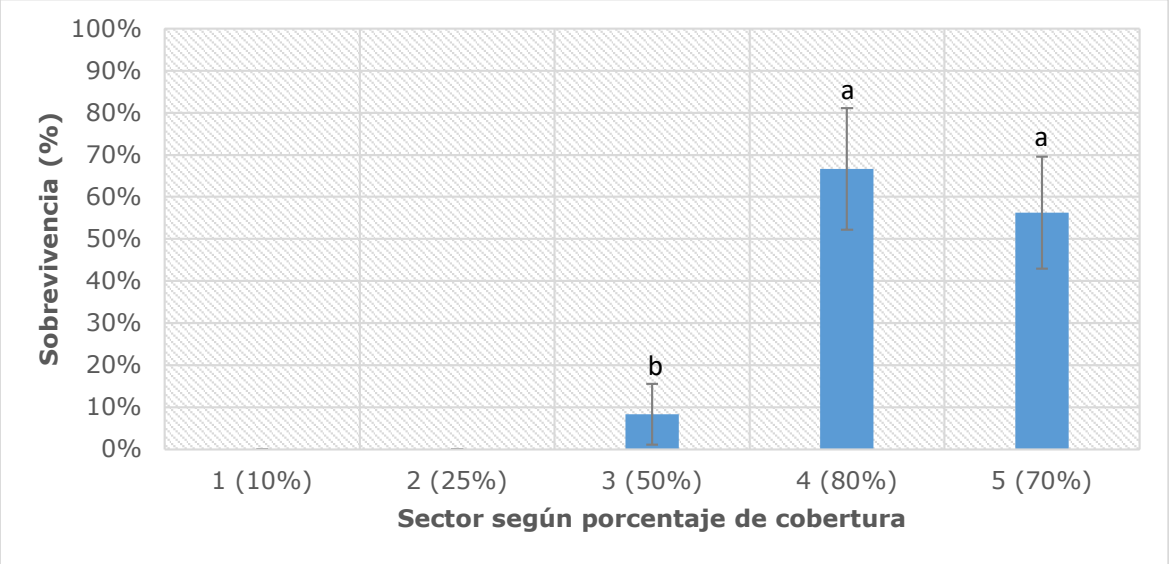


Figura 12. Porcentaje de sobrevivencia para *P. lingue* según sector de plantación. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

- *C. patagua*

Para *C. patagua* (tabla 13), la sobrevivencia promedio alcanzó un 8%, siendo la más baja de las cuatro especies analizadas, donde nuevamente se apreció el efecto de la cobertura vegetacional, donde solo los sitios 4 y 5 mostraron individuos vivos. Para el caso de la procedencia, el vivero de Chomedahue perteneciente a la región de O'Higgins volvió a mostrar una mejor respuesta en términos de sobrevivencia, con un 25%.

Tabla 13. Promedio de la sobrevivencia a julio de 2023 por procedencia en cada sector según cobertura (%) para *C. patagua*.

Procedencia/Sector	1 (10%)	2 (25%)	3 (50%)	4 (80%)	5 (70%)	Prom.
Chomedahue	0%	0%	0%	50%	50%	20%
Cantillana	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Reserva Altos de Cantillana	0%	0%	0%	0%	25%	5%
Prom.	0%	0%	0%	17%	25%	8%

Dado que la sobrevivencia fue tan baja (8%) no se puede determinar estadísticamente el posible efecto de los factores analizados.

- *C. alba*

En la tabla 14 se observa que para C. alba, la sobrevivencia disminuyó considerablemente al término de la primera temporada en terreno llegando a un promedio del 37%, donde los sitios con mayor cobertura mostraron mejores resultados. Respecto a la procedencia, los ejemplares de la Reserva Altos de Cantillana (RM) presentaron mayor número de individuos vivos alcanzando un 60%.

Tabla 14. Promedio de la sobrevivencia a julio de 2023 por procedencia en cada sector según cobertura (%) para *C. alba*.

Procedencia/Sector	1 (10%)	2 (25%)	3 (50%)	4 (80%)	5 (70%)	Prom.
Antumapu	0%	0%	25%	75%	S/D	**25%**
Cantillana	25%	0%	25%	75%	100%	**45%**
Cortaderal	0%	0%	0%	0%	50%	**10%**
El Melón	0%	0%	50%	75%	100%	**45%**
Reserva Altos de Cantillana	75%	0%	25%	100%	100%	**60%**
Prom.	**20%**	**0%**	**25%**	**65%**	**88%**	**37%**

S/D: Sin dato, ya que no hubo disponibilidad de plantas.

En la tabla 15 se observa el análisis estadístico para *C. alba*, donde tanto la procedencia como el sector de plantación afectan de manera significativa a la variable respuesta sobrevivencia.

Tabla 15. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta a la sobrevivencia *de C. alba* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	X2	Pr (>Chi)
Procedencia	16,054	0,003*
Sector	63,791	0,000*
Procedencia: Sector	7,678	0,936

En la figura 13 se expone lo mencionado anteriormente para el caso del sector de plantación, donde se aprecia la formación de dos grupos en términos estadísticos. El grupo a, comprende los sitios con mayor cobertura vegetacional (70 y 80%), mientras que el grupo b representa a los sitios más abiertos, teniendo claras diferencias estadísticas según la sobrevivencia alcanzada por esta especie.

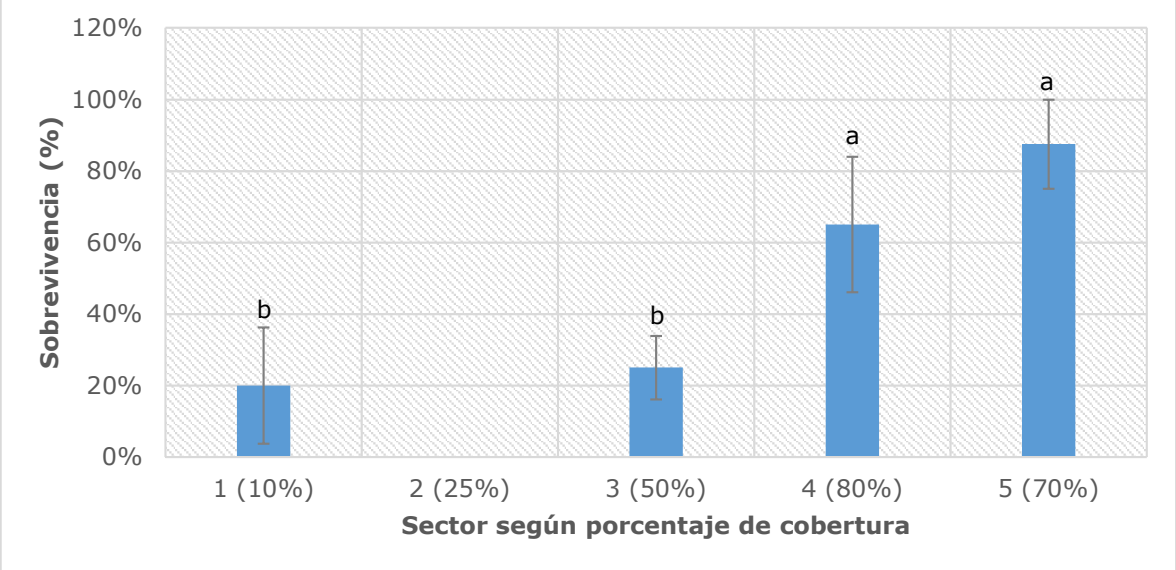


Figura 13. Porcentaje de sobrevivencia para *C. alba* según sitio de plantación. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

Por su parte, la figura 14 muestra las diferencias en sobrevivencia según la procedencia, donde se aprecia que la Reserva Altos de Cantillana es la que mostró una mayor sobrevivencia junto a El Melón, formando dos grupos estadísticos similares, seguidos por Antumapu y Cantillana, para terminar con la procedencia de Cortaderal (Región de O'Higgins), la que mostró una menor sobrevivencia.

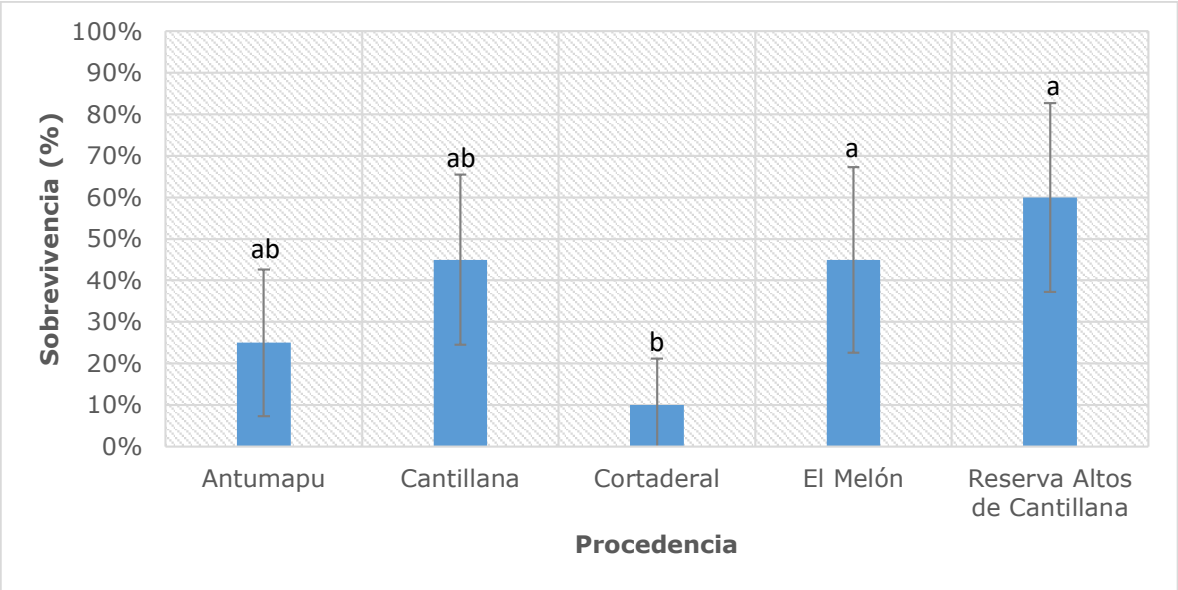


Figura 14. Porcentaje de sobrevivencia para *C. alba* según procedencia. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

2.1.3 Análisis del crecimiento

Paralelamente durante julio de 2023 también se evalúo el crecimiento de los individuos de la plantación en términos de DAC (diámetro a la altura de cuello) (mm) y altura (cm).

2.1.3.1 Resultados

Los resultados se exponen según crecimiento o decrecimiento respecto a los valores previos a la plantación.

- *B. miersii*

Para el crecimiento en altura (tabla 16) de los individuos de *B. miersii*, los datos fueron normalizados para poder realizar un análisis de varianza, donde se observa en la tabla 16 que solo el factor sector de plantación tiene un efecto significativo para esta variable respuesta.

Tabla 16. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al crecimiento en altura de *B. miersii* para el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	Pr (>F)
Procedencia	0,201
Sector	0,000*
Procedencia: Sector	0,341

En la figura 15 se aprecia lo desprendido del análisis estadístico, donde nuevamente la cobertura del sector de plantación es relevante para este tipo de especies ya que a mayor porcentaje de cobertura vegetacional (70 y 80%), se observa un crecimiento de más de 4 cm respecto a la medición previa a la plantación. Por su parte el sector que presenta un 50% de cobertura es el que muestra un mayor decrecimiento en términos de altura para esta especie.

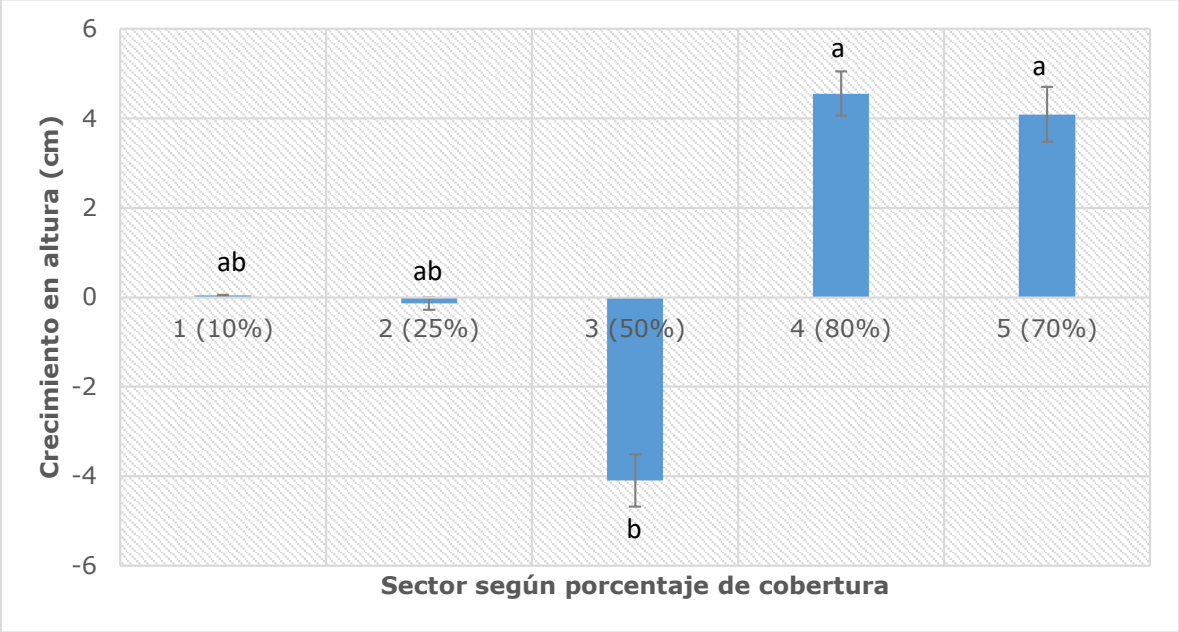


Figura 15. Crecimiento en altura (cm) para *B. miersii* según sector de plantación. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

Para el caso del DAC (tabla 17) los datos no mostraron normalidad, por lo cual se realizó una prueba no paramétrica, indicando en la tabla 17 que no hay ningún efecto significativo entre los factores ni en su interacción para *B. miersii*.

Tabla 17. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al crecimiento en diámetro a la altura del cuello de *B. miersii* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	p-valor
Procedencia	0,930
Sector	0,186

- *P. lingue*

Para el caso del crecimiento en altura, los datos si presentaron una distribución normal, pero no se observó ningún efecto significativo entre los factores ni en su interacción para la especie.

Tabla 18. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al crecimiento en altura de *P. lingue* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	Pr (>F)
Procedencia	0,0591
Sector	0,0613
Procedencia: Sector	0,703

Para la variable respuesta DAC (tabla 19) se realizó una prueba no paramétrica, la cual indica que no se hay un efecto significativo de ninguno de los factores.

Tabla 19. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al crecimiento en diámetro a la altura del cuello de *P. lingue* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	p-valor
Procedencia	0,077
Sector	0,207

- *C. patagua*

Para la especie *C. patagua*, el crecimiento en términos de altura (tabla 20) mostró no normalidad de los datos, por lo que se realizó una prueba no paramétrica, evidenciando que no hay una influencia de ninguno de los factores analizados.

Tabla 20. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al crecimiento en altura para *C. patagua* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	p-valor
Procedencia	0,062
Sector	0,073

Para el caso del crecimiento en diámetro a la altura del cuello (tabla 21) los datos también fueron analizados a través de una prueba no paramétrica, indicando que no existe un efecto significativo para ninguno de los factores.

Tabla 21. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al crecimiento en diámetro a la altura de cuello para *C. patagua* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	p-valor
Procedencia	0,840
Sector	0,940

- *C. alba*

En la tabla 22 se observa el análisis estadístico para el crecimiento en términos de altura para *C. alba*, cuyos datos al no ser normales fueron analizados con una prueba no paramétrica, donde se indica que esta variable respuesta está influenciada por el sector de plantación, no así por la procedencia.

Tabla 22. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al crecimiento altura para *C. alba* en el ensayo jardín de procedencias (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	p-valor
Procedencia	0,938
Sector	0,000*

En la figura 16 se muestra lo expresado según la tabla 22, donde se aprecian las diferencias en el crecimiento en altura entre los distintos sectores de plantación, siendo el sector 5 (cobertura de 70%) la que mostró un mayor crecimiento formando un grupo diferente a los demás en términos estadísticos, seguido por el sector 4 (cobertura de 80%). Por su parte, los sectores abiertos (1, 2 y 3) representan un grupo similar estadísticamente, con decrecimiento en altura.

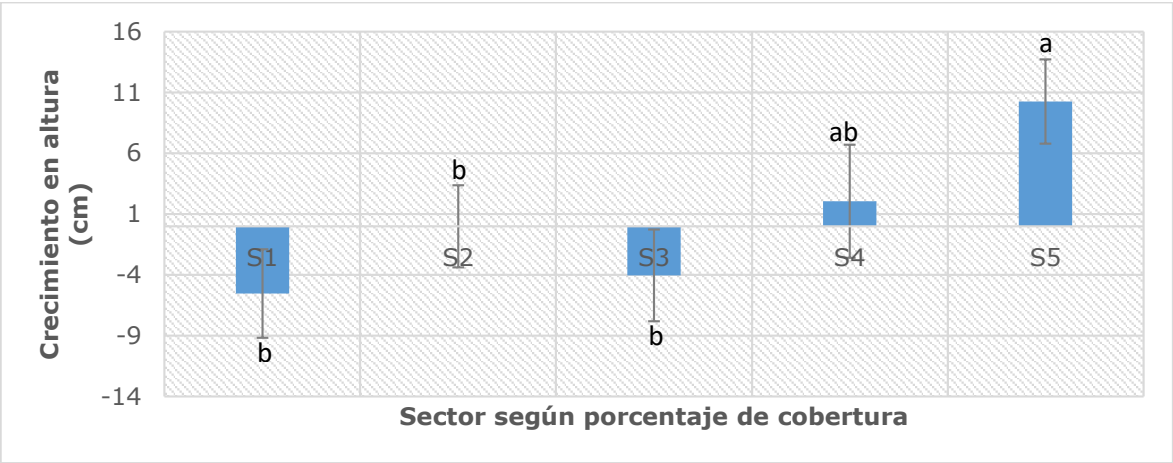


Figura 16. Crecimiento en altura (cm) para *C. alba* según sector de plantación. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

Para el caso de DAC, los datos también fueron analizados de forma no paramétrica (tabla 23), donde se aprecia que ninguno de los factores analizados tiene un efecto significativo para esta variable respuesta.

Tabla 23. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al crecimiento en diámetro a la altura del cuello del ensayo jardín de procedencias para *C. alba* (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	p-valor
Procedencia	0,151
Sector	0,062

2.1.4 Consideraciones finales

Respecto a lo señalado en los resultados tanto de prendimiento como sobrevivencia, el factor más significativo es la cobertura vegetacional, donde los sectores con un dosel más denso (cobertura al 70 y 80%) fueron los que presentaron un mayor número de plantas vivas, lo cual es un indicador de los requerimientos de estos individuos dada su naturaleza hidrófila.

Lo anterior, permite que los individuos de las diferentes especies tengan una menor perdida de agua por evapotranspiración que en aquellos sectores más abiertos.

Respecto a las especies, *B. miersii* es la que ha mostrado mejores respuestas en términos de sobrevivencia, siendo una especie clave a la hora de tomar decisiones respecto a la estructura con la cual se podría comenzar a restaurar estos tipos de bosques. En tanto, *C. patagua* es la especie que se ve más afectada en la plantación, donde incluso en los sectores más cubiertos no supero el 8% de sobrevivencia, con una mortalidad total en los sectores abiertos. Por otro lado, el factor procedencia mostró un efecto significativo principalmente en *C. alba*, siendo las semillas procedentes de la misma reserva las que responden mejor a las condiciones ambientales dadas en la plantación. En cuando a las variables de crecimiento, solo la altura mostró diferencias significativas en función de la cobertura, donde tanto *B. miersii* como *C. alba* mostraron un crecimiento en los sectores más cerrados, mientras que en los sectores abiertos se observó decrecimiento.

2.2 Evaluar el efecto de distintos métodos de restauración activa para el desempeño inicial en crecimiento y supervivencia de plantas de lingue, belloto del norte, patagua y peumo.

2.2.1 Establecimiento de plantaciones con técnicas de restauración activa

2.2.1.1 Análisis de prendimiento ensayos restauración activa

Al igual que en el caso anterior y dado que ambos ensayos se encuentran localizados en los mismos sectores según el porcentaje de cobertura, el análisis de prendimiento se realizó los primeros días de diciembre de 2022, donde se visualizaron de manera general, los mismos alcances mencionados en el caso del jardín de procedencias.

2.2.1.2 Resultados

Evaluando como factores del ensayo de restauración activa el tipo de protección, el sitio y la especie junto a sus interacciones (Tabla 24), se observa un efecto significativo del sitio y la especie en respuesta al prendimiento de los individuos.

Tabla 24. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al prendimiento del ensayo de restauración activa (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	X^2	Pr (>Chi)
Sitio	113,188	0,000*
Protección	5,027	0,169
Especie	27,371	0,000*
Sitio:Protección	4,413	0,975
Sitio:Especie	5,382	0,944
Protección:Especie	12,555	0,184

Los expuesto anteriormente, se destaca en la figura 17, donde se aprecia que estadísticamente se forman 5 grupos distintos donde a medida que el porcentaje de cobertura vegetacional del sector es mayor, la sobrevivencia en términos de prendimiento va aumentando considerablemente, alcanzando el 100% en los sitios más cerrados.

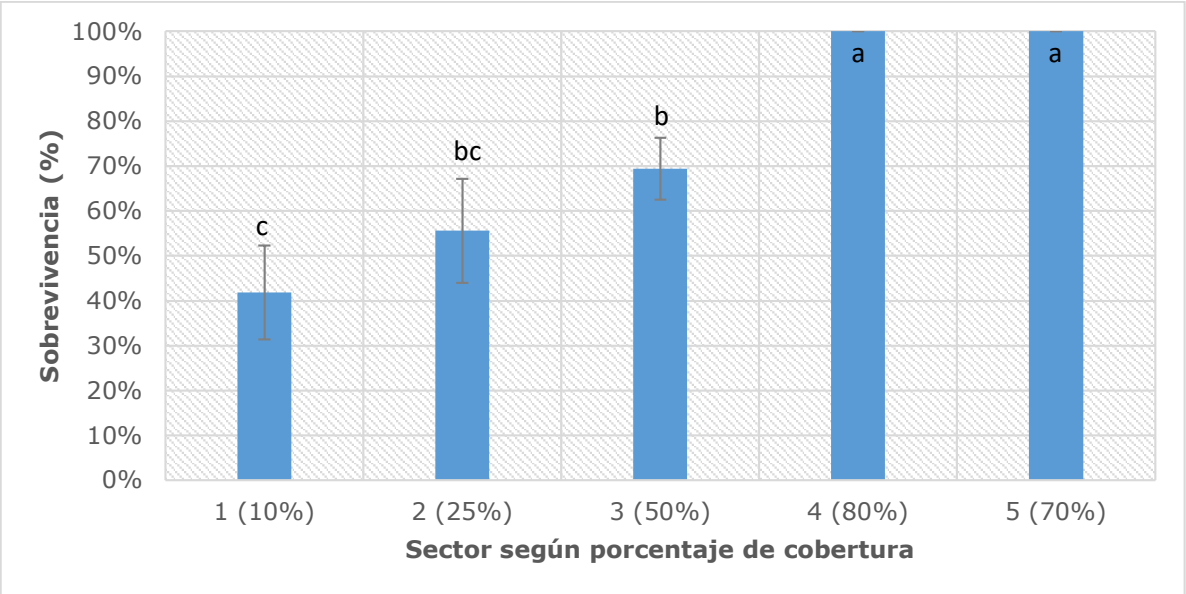


Figura 17. Sobrevivencia promedio en función de la cobertura vegetal (sector) para el ensayo de restauración activa. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

En la figura 18 se observan las diferencias de sobrevivencia según la especie, donde se observa que belloto fue la que presento mayor número de individuos vivos, mostrando un grupo diferente estadísticamente ("a"), seguido por peumo, mientras que las especies lingue y patagua fueron las que presentaron menor sobrevivencia con un grupo estadísticamente distinto ("b").

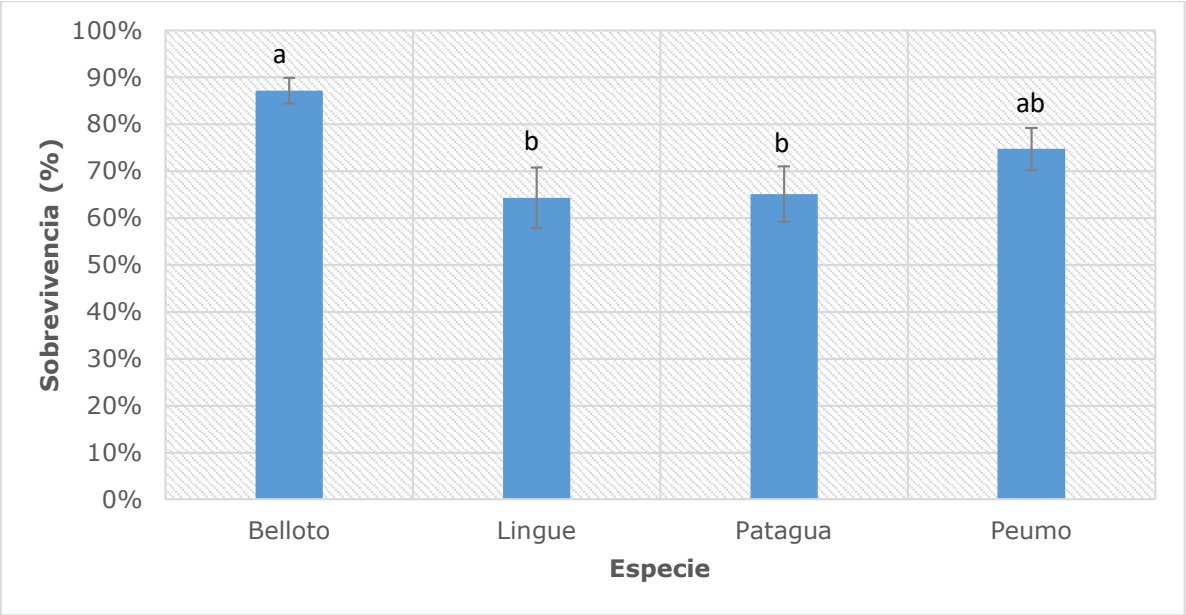


Figura 18. Sobrevivencia promedio en función de la especie para el ensayo de restauración activa. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

2.2.1.3 Análisis de sobrevivencia ensayos restauración activa

Para este ensayo la sobrevivencia pasada una temporada de plantación fue evaluada junto con el ensayo de jardín de procedencias, a mediados del mes de julio de 2023. A continuación, se entregan los resultados de este análisis.

En la tabla 25 se aprecia el análisis estadístico para el ensayo de restauración activa, donde se observa que el sitio, la especie y la interacción entre el sitio y la protección afectan de manera significativa la sobrevivencia de la plantación.

Tabla 25. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta a la sobrevivencia del ensayo de restauración activa (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	X^2	Pr (>Chi)
Sitio	127,352	0,000*
Protección	7,209	0,065
Especie	38,882	0,000*
Sitio:Protección	56,019	0,000*
Sitio:Especie	16,737	0,159
Protección:Especie	13,404	0,145

Particularmente para el sector de plantación, en la figura 19 se observan las diferencias dadas según la sobrevivencia de los individuos, donde vuelve a ser notoria la mayor sobrevivencia en los sectores de mayor cobertura vegetacional (4 y 5) los que presentan una sobrevivencia superior al 70% a una temporada de realizada la plantación, mientras que los sectores más abiertos forman un grupo estadísticamente diferente, presentando una sobrevivencia menor al 30%.

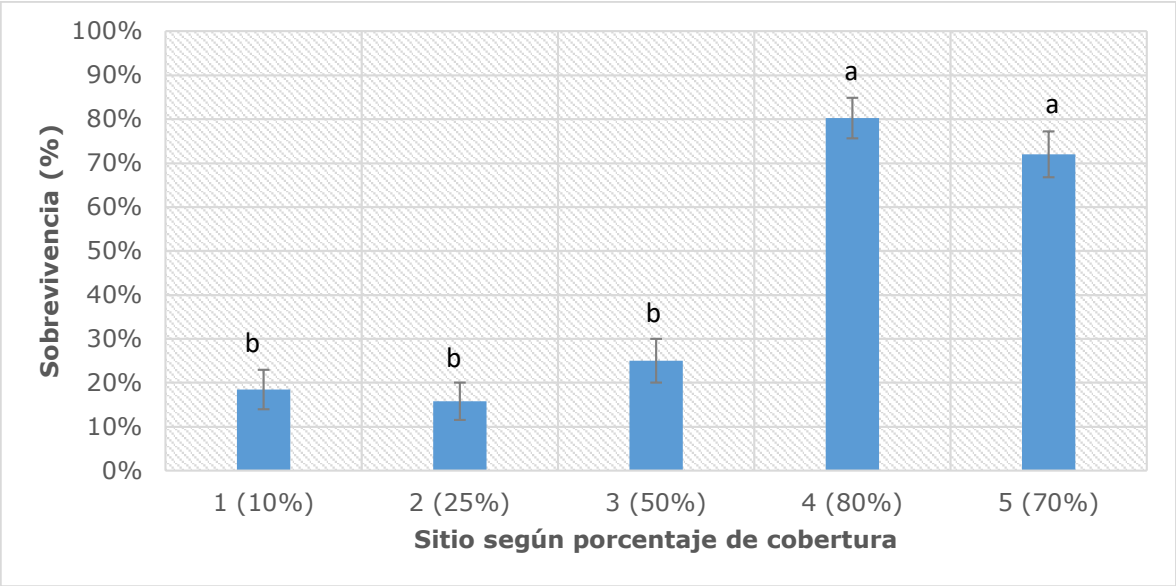


Figura 19. Sobrevivencia promedio en función de la cobertura vegetacional para el ensayo de restauración activa. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

Respecto al efecto que tiene la especie, en la figura 20 se aprecia una tendencia similar a lo observado en el caso del prendimiento, donde belloto es la especie que presentó un mayor número de individuos vivos.

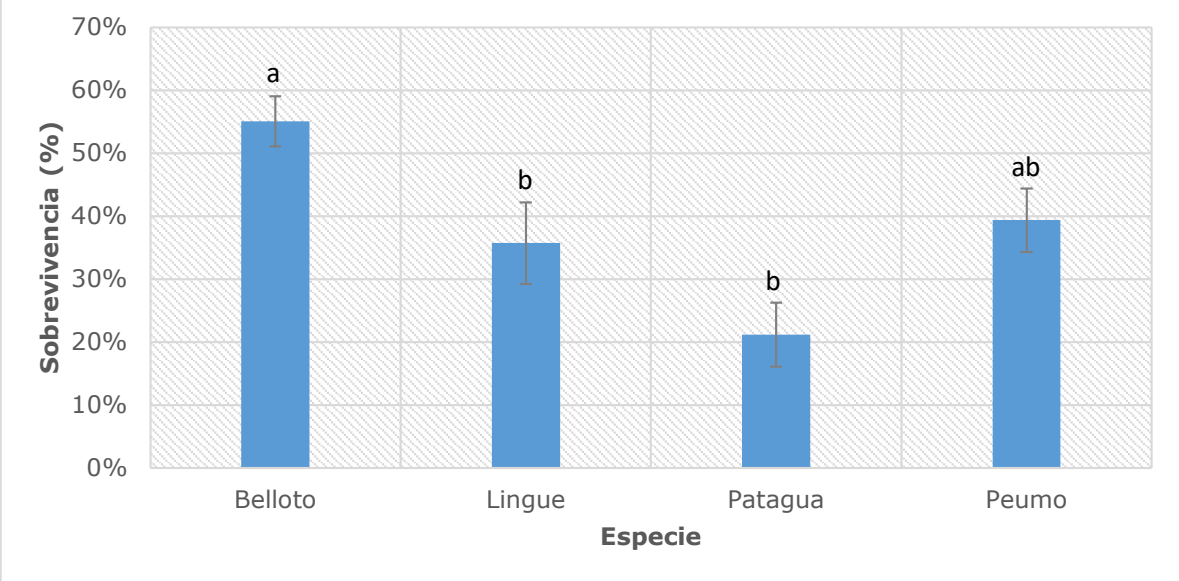


Figura 20. Sobrevivencia promedio en función de la especie para el ensayo de restauración activa. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

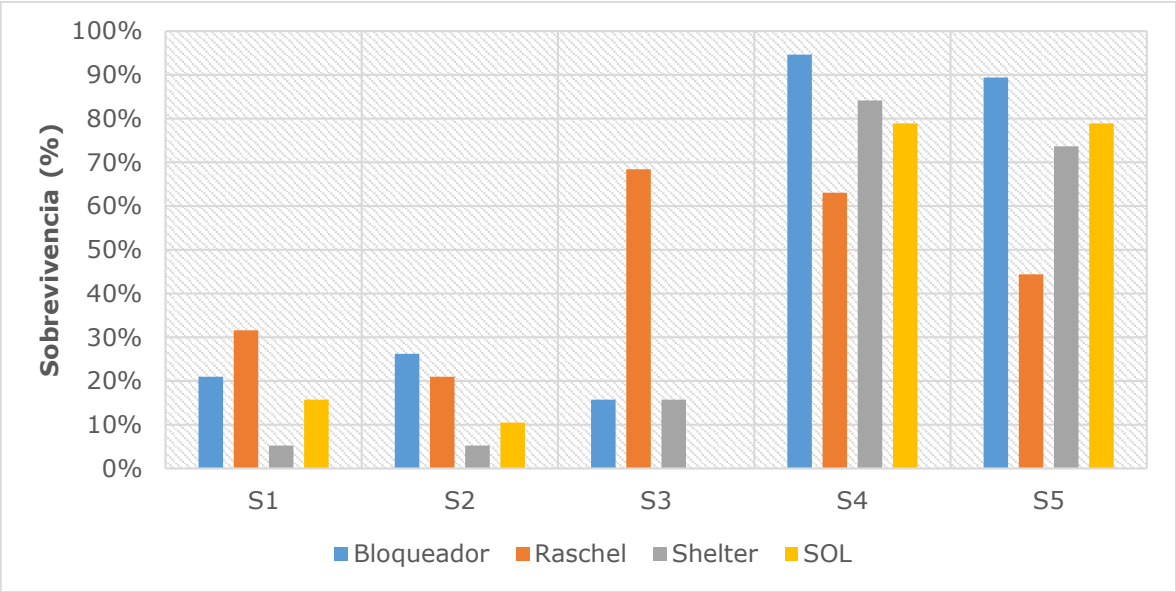


Figura 21. Sobrevivencia promedio en función del sector de plantación (cobertura vegetacional) y la protección y para el ensayo de restauración activa.

En la figura 21 se observa que para los sectores que presentan mayor sobrevivencia dados por las mejores condiciones que entrega la mayor cobertura vegetacional, muestran además una respuesta favorable en aquellos individuos que se aplicó bloqueador solar, mientras que la malla rashel en ambas situaciones muestra menor porcentaje de individuos vivos.

2.2.1.4 Análisis de crecimiento en el ensayo restauración activa

La evaluación del crecimiento también se realizó en la misma fecha del análisis de restauración, donde a continuación se muestran los resultados.

Dada la no normalidad de los datos en términos de altura, se utilizó una prueba no paramétrica, la cual indica que ninguno de los factores analizados tiene un significativo en esta variable respuesta.

Tabla 26. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al crecimiento en altura para el ensayo de restauración activa (nivel de significancia $p \leq 0,05$).

Factores	p-valor
Sector	0,063
Protección	0,520
Especie	0,059

Para el caso del crecimiento en términos del diámetro a la altura de cuello los datos tampoco presentaron normalidad por lo que se realizó una prueba no

paramétrica, indicando que el sector de plantación y la especie tienen un efecto significativo en esta variable respuesta.

Tabla 27. Análisis estadístico de los distintos factores en respuesta al crecimiento en diámetro a la altura del cuello para el ensayo de restauración activa (nivel de significancia p≤0,05).

Factores	p-valor
Sector	0,002*
Protección	0,336
Especie	0,004*

Respecto al efecto del sector de plantación, la figura 22 muestra que los sectores con menor cobertura mostraron crecimiento en términos de DAC, siento el sector 3 (cobertura del 50%) el que alcanzó mayores más altos. Por su parte los sectores con mayor cobertura vegetacional fueron los que mostraron decrecimiento.

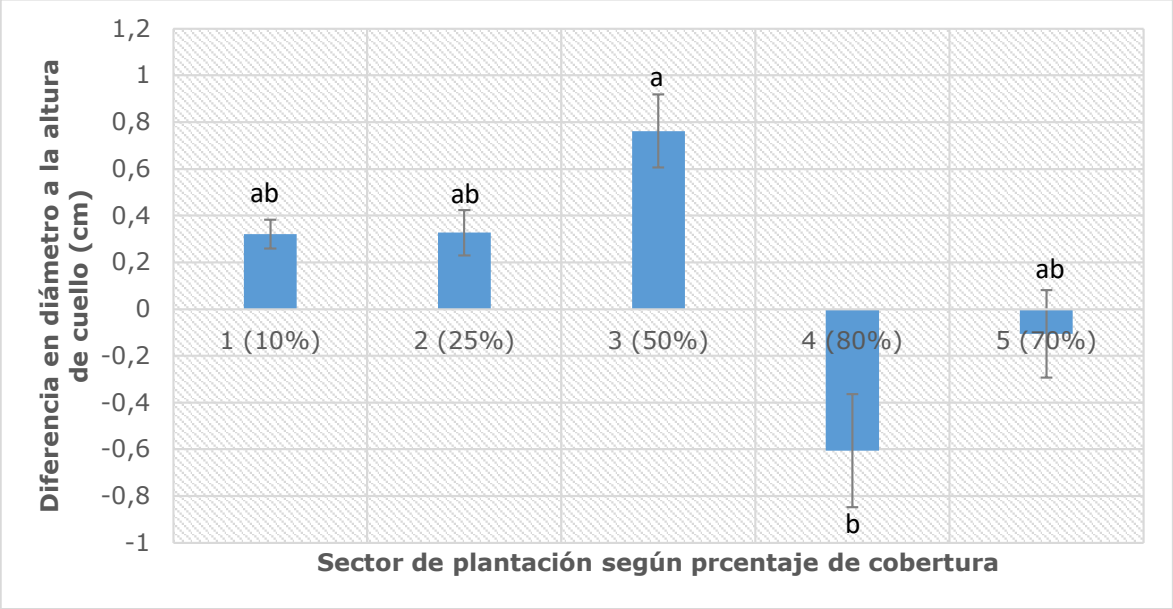


Figura 22. Crecimiento en altura de cuello (mm) según sector de plantación para el ensayo de restauración activa. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

La figura 23 muestra las diferencias dadas según especie, donde belloto es la que muestra un crecimiento en términos de altura, mientras que las demás especies decrecieron, siendo más notorio el caso de lingue y patagua, las que forman un grupo estadístico distinto.

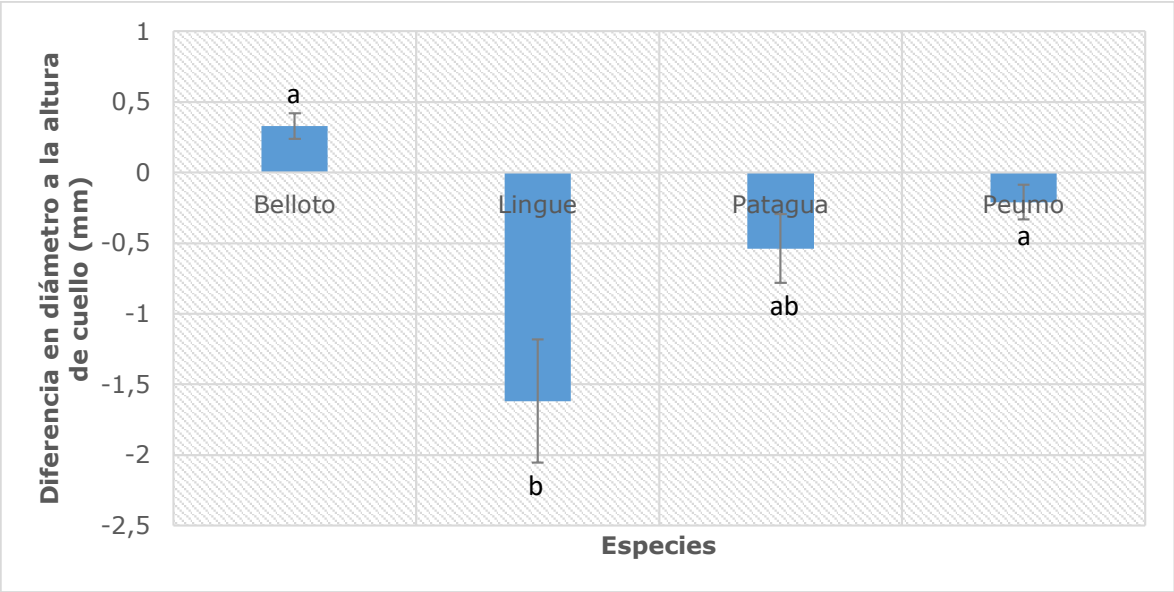


Figura 23. Crecimiento en altura de cuello (mm) según especie para el ensayo de restauración activa. Letras distintas indican diferencias significativas para la sobrevivencia según sitio. Las barras de error indican el error estándar (+/-).

2.2.1.5 Consideraciones finales

Como es posible apreciar en los resultados expuestos, nuevamente se marca una tendencia respecto al efecto que tiene la cobertura vegetacional en la sobrevivencia de los individuos, donde los sectores más cerrados presentaron un mayor porcentaje de individuos vivos que los sectores abiertos. La especie también explica la sobrevivencia, siendo nuevamente *B. miersii*, la que responde mejor a las condiciones de la plantación. Por otro lado, una interacción de factores muestra que la mejor combinación para favorecen la sobrevivencia está dada por sectores con coberturas de dosel entre 70 y 80%, más la protección a través de la aplicación de bloqueador solar. Respecto al crecimiento solo el DAC mostró diferencias significativas tanto por efecto del sector de plantación como por la especie, mostrando crecimiento en los sectores más abiertos, lo cual puede deberse a que esta condición más extrema resulte en un mayor desarrollo radicular para la búsqueda de zonas con acumulación de agua, dadas las mayores pérdidas de estas por evapotranspiración. Por otro lado, en términos de especie, *B. miersii* es la especie que tiene un mayor crecimiento en diámetro.

2.2.2 Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de la plantación con acciones previas de restauración en el sitio.

2.2.2.1 Evaluación morfo fisiológica de las plantaciones aisladas y en núcleos bajo dos situaciones contrastantes

A fines del mes de abril de 2023, se realizó el diseño y monumentación de un ensayo de monitoreo fisiológico considerando plantaciones tanto aisladas como en núcleos realizadas con anterioridad (2016) por el personal de la reserva (Figura 24). Para esto, se consideraron dos situaciones con condiciones

contrastantes (sombra y pleno sol) con 10 réplicas en cada caso por especie. Estas últimas corresponden a individuos de *B. miersii*, *C. alba*, *Quillaja saponaria* y *Schinus polygamus.* Las especies seleccionadas para este ensayo fueron basadas por una parte considerando sus requerimientos hídricos bajo su condición hidrófila como son *B. miersii* y *C. alba*, mientras que *Q. saponaria* se seleccionó dada su amplia distribución geográfica. Por su parte *S. polygamus* fue incluida dado que se puede desarrollar tanto en condiciones ambientales favorables como en situaciones extremas. El objetivo del monitoreo es evaluar el crecimiento y la condición fisiológica de la vegetación, expresada principalmente como potencial hídrico y eficiencia fotoquímica.

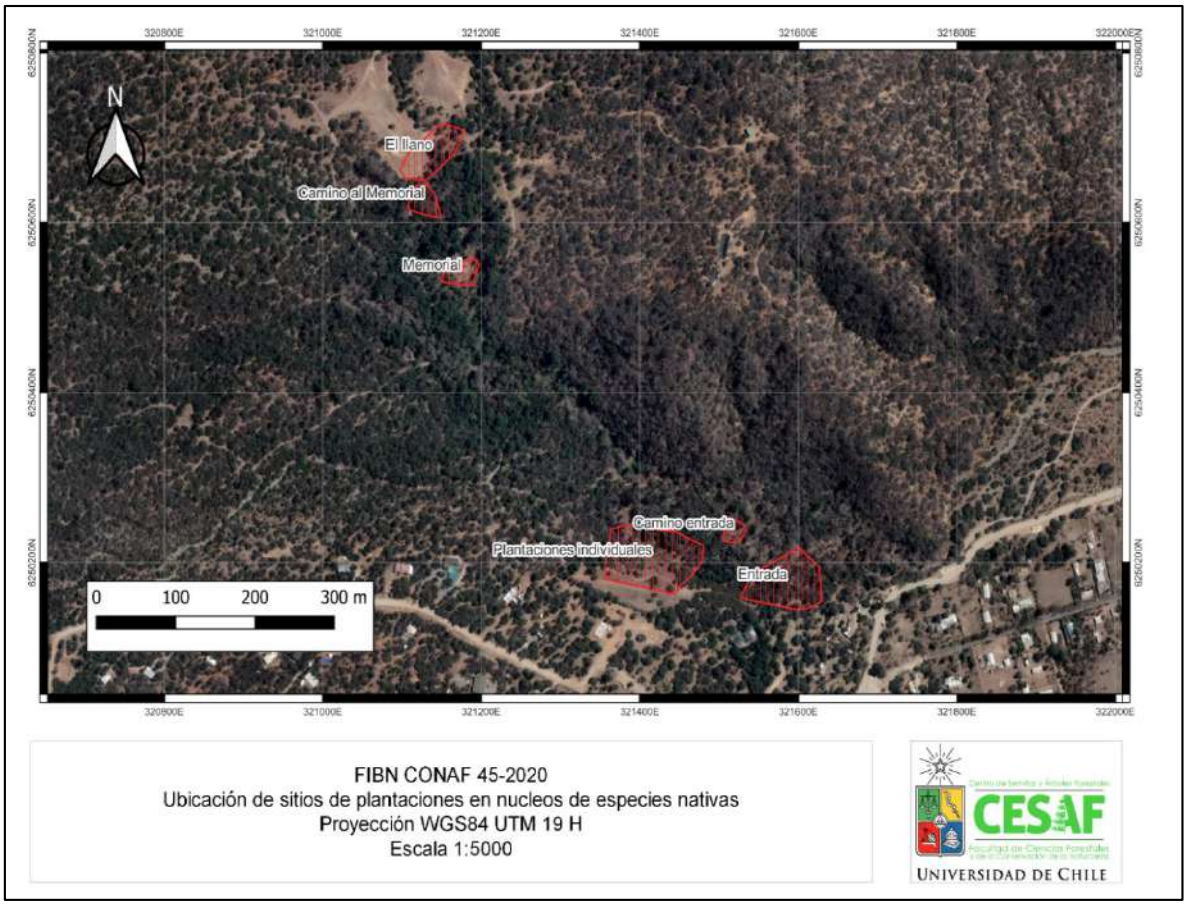


Figura 24. Ubicación de los sitios de plantación realizadas por la reserva.

2.2.2.2 Metodología

Durante el mes de junio de 2023 se realizaron campañas de terreno para la medición de parámetros morfológicos y fisiológicos de estas cuatro especies.

Para el análisis de crecimiento se registró el diámetro a la altura de cuello (DAC, mm) y la altura de planta (H, cm) a un total de 80 plantas (10 plantas por especie y tratamiento), mediante pie de metro digital y huincha graduada.

Para las mediciones de eficiencia fotoquímica del fotosistema II (QY), ésta se midió sobre hojas en oscuridad y luego se aplicó un pulso de luz saturante con fluorímetro de pulso modulado (modelo Opti-Sciences OS30p+) (Figura 25). Posteriormente se realizó la medición de fluorescencia inicial (F0), fluorescencia máxima (FM) y fluorescencia variable (FV). Con estas variables se estimó QY como el cociente FV/FM = FM-F0. Se utilizaron 10 plantas por especie y tratamiento y las mediciones se hicieron entre las 11:00 y las 14:00 horas del día de medición. Se tomó una hoja de cada planta y ésta fue oscurecida por un período de 30 minutos con los clips foliares del mismo aparato y luego se realizó la medición. En el caso de las mediciones de potencial hídrico (Ψ, MPa), estas se hicieron con el uso de cámara de presión (modelo PMS 1000) (Figura 26), entre las 12.00 a 14.00 hrs del día de medición.
Por otro lado, se debe mediar la radiación PAR lo cual se realizó con un ceptómetro (Figura 27).

Figura 25. Mediciones con fluorímetro.

Figura 26. Mediciones con porómetro (izq.) y cámara de presión Scholander (der.)

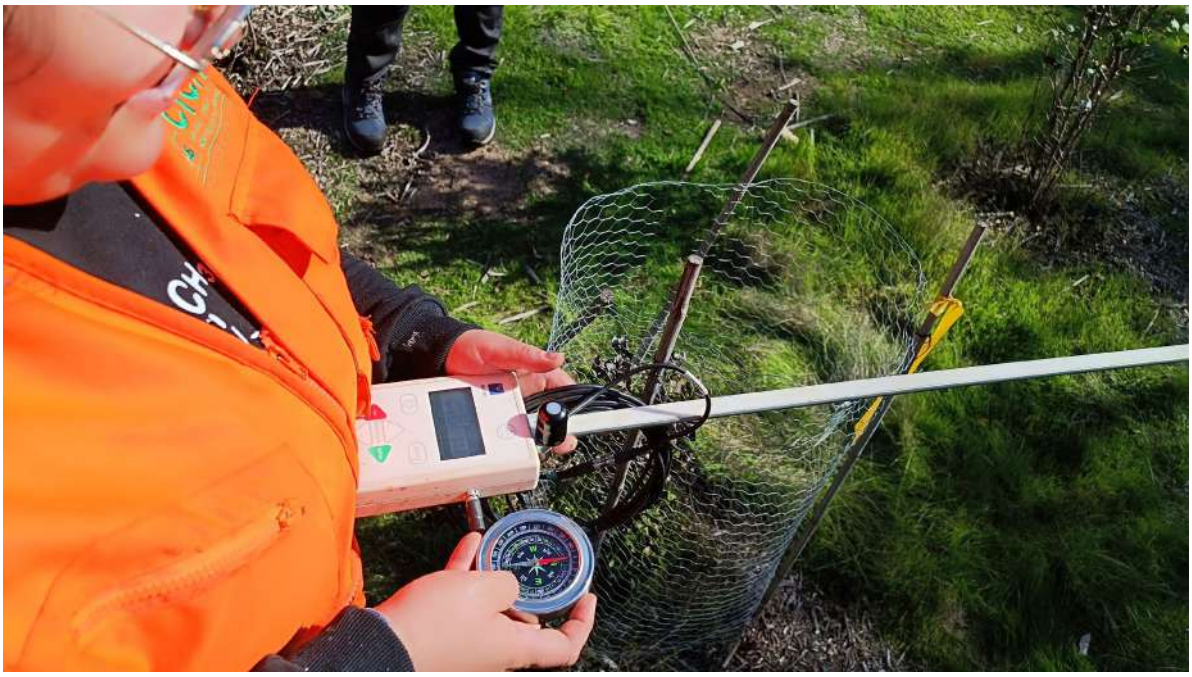


Figura 27. Medición de la radiación PAR con ceptómetro.

2.2.2.3 Resultados

En términos de tratamiento, se observa que, los mayores diámetros se obtuvieron en plantas a pleno sol, mientras que la altura no presentó diferencias (Tabla 28). A nivel fisiológico, y como era de esperar, los mejores valores en fluorescencia y potencial hídrico se obtuvieron en plantas bajo protección. En el análisis por especie se puede apreciar una clara superioridad de *S. polygamus* pues presenta el mayor crecimiento en términos de DAC y H y además el mejor desempeño fisiológico (mayor potencial hídrico y mejor desempeño a nivel de fluorescencia de la clorofila). La especie *B. miersii* se destaca por presentar el estatus hídrico más desfavorable en términos de potencial hídrico (Tabla 2), aunque posee una eficiencia fotoquímica del fotosistema II similar al resto de las especies. La única variable para la que se observa una interacción entre los tratamientos es el potencial hídrico (Figura 28). Se observa que la interacción está dada por la respuesta variable que tienen las especies *B. miersii* y *Q. saponaria* en los tratamientos con cobertura y a pleno sol. Si bien en ambas especies se aprecia una disminución del potencial hídrico entre el tratamiento con cobertura y a pleno sol, esta disminución es más pronunciada en *Q. saponaria*. Esta especie pasa de Ψ = -1.6 MPa con protección a Ψ = -2.6 MPa a pleno sol (38% de aumento), mientras que *B. miersii* pasa de Ψ = -3.1 MPa con protección a Ψ = -3.5 MPa a pleno sol (11% de aumento).

Tabla 28. Niveles de significancia al 5% para los distintos factores analizados en el desempeño de las especies.

Factor	DAC	H	Ψ	QY
Especie (Es)				
B. miersii	15,8 ± 0,9ab	92,3 ± 6,2b	-3,3 ± 0,1c	0,74 ± 0,0b
Q. saponaria	17,6 ± 1,8ab	134,6 ± 11,1a	-2,2 ± 0,1b	0,79 ± 0,0a
C. alba	13,5 ± 1,5b	73,8 ± 5,0b	-2,2 ± 0,1b	0,74 ± 0,0b
S. polygamus	21,3 ± 2,3a	169,3 ± 13,9a	-1,2 ± 0,1a	0,75 ± 0,0b
Tratamiento (T)				
Protección solar	14,2 ± 1,1B	110,4 ± 8,7A	-2,0 ± 0,1A	0,77 ± 0,0A
Pleno sol	19,8 ± 1,2A	124,4 ± 9,2A	-2,3 ± 0,1B	0,73 ± 0,0B
Valor F y nivel de significancia				
Especie	4,1*	19,5**	47,4**	4,9**
Tratamiento	11,4**	2,9ns	8,4**	22,1**
Es x T	1,1ns	1,2ns	4,5**	1,6ns

DAC = diámetro de cuello (mm), H = altura (cm), QY = eficiencia fotoquímica del fotosistema II (Fv/Fm), ψ = potencial hídrico al mediodía (MPa). Letras distintas minúsculas y mayúsculas indican diferencias entre especies y tratamientos, respectivamente. * = 0.05, **= 0.01, ns = no significativo.

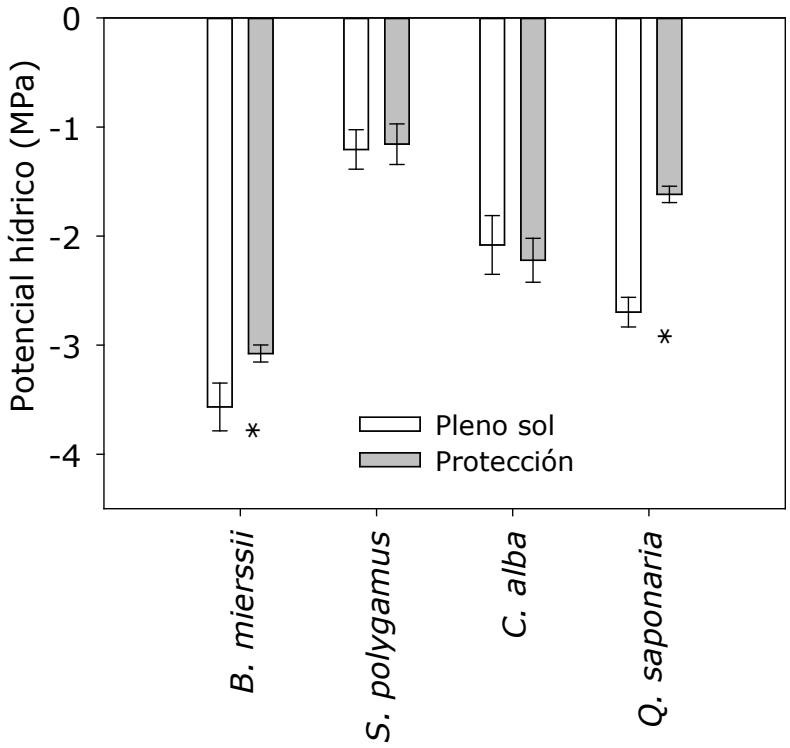


Figura 28. Efecto de la especie y el tratamiento en el potencial hídrico. * indica diferencias entre la especie para ambos tratamientos (p <0.05).

2.2.2.4 Consideraciones finales

Al considerar los resultados obtenidos, es posible destacar que los mayores diámetros se observaron en los individuos ubicados a pleno sol, lo cual puede ser dado por la necesidad de potenciar su desarrollo radicular hacia zonas de acumulación de agua, y así solventar la perdida de agua por evapotranspiración, la cual es mayor en estas condiciones.
En cuando a la fluorescencia y potencial hídrico los mejores valores fueron para las plantas con protección de dosel, la cual entrega mejores condiciones ambientales y menor estrés.

Se debe relevar que este ensayo se volverá a evaluar en la temporada estival y continuará además su monitoreo en el periodo 2024.

2.3 Evaluar la capacidad del bosque hidrófilo de quebradas como fuente semillera para la restauración.

2.3.1 Identificación de sitios prioritarios para la conservación y restauración del bosque hidrófilo

En función de este objetivo se desarrolló la tesis de magister "PROPUESTA DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL BOSQUE HIDRÓFILO BAJO ESCENARIOS DE CLIMA CAMBIANTE EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE". A continuación, se presentan los principales resultados de este trabajo.

Este estudio analiza los cambios del nicho ecológico de tres especies del bosque hidrófilo: *Beilschmiedia miersii*, *Cryptocarya alba* y *Persea lingue*, en la zona central de Chile, a través de su distribución potencial actual y proyecciones climáticas bajo escenarios óptimos y pesimistas tanto en el futuro cercano (2021-2040) como en el intermedio (2041-2060), para posteriormente, identificar sitios para priorizar la gestión territorial para la conservación y restauración de esta formación por medio del análisis multicriterio.

El marco geográfico considera las regiones de Valparaíso Metropolitana y O'Higgins (Figura 29).

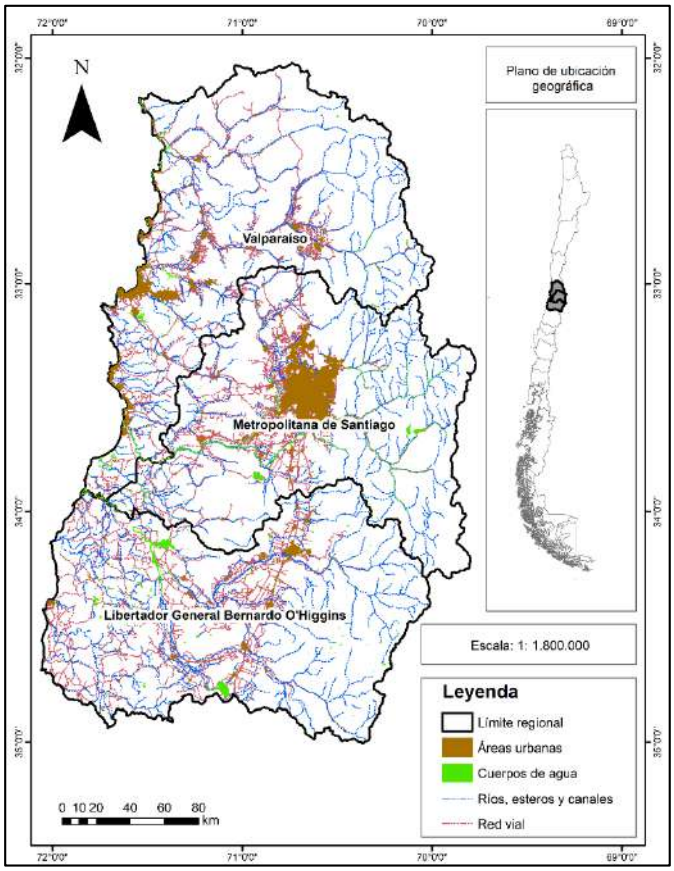


Figura 29. Marco geográfico del estudio.

2.3.1.1 Resumen metodológico

Variables de entrada

Se utilizó como fuente de información los datos de presencia de las especies en estudio, considerando registros geográficos de tesis e investigaciones. Junto a esto se utilizó información de la plataforma de biodiversidad GBIF Chile (Global Biodiversity Information Facility) (https://gbifchile.mma.gob.cl/). Esta última base de datos fue revisada y filtrada, con el fin de verificar su uso para la construcción de los futuros modelos, considerando bibliografía del bosque hidrófilo, junto con información de cada especie.

Las variables predictoras que definieron el espacio ambiental y donde se distribuirá en el espacio geográfico corresponden a las variables bioclimáticas de WorldClim (https://www.worldclim.org/), que contiene 19 variables bioclimáticas a escala global, con información tanto de temperatura como precipitación. Estas tienen una resolución espacial de 10 minutos, 5 minutos, 2,5 minutos y 30 segundos. Para este estudio se utilizó esta última resolución que es la más fina disponible, y es de aproximadamente 1 km2 (Hijmans et al., 2005; Fick & Hijmans, 2017).

Por otro lado, las distribuciones potenciales de las especies de análisis fueron proyectadas en dos periodos de tiempo futuro (2021-2040, 2041-2060) y dos escenarios extremos de cambio climático a partir del modelo de circulación global HADGEM3-GC31-LL, que representa valores promedio de variabilidad para Chile (Pliscoff, 2022). Estos escenarios de cambio climático corresponden a RCP 2.6 (optimista) que indica un aumento de la temperatura del planeta hacia el año 2100 inferior a 2°C respecto de la era preindustrial; y RCP 8.5 (pesimista), que considera un calentamiento de hasta 5°C (CR2, 2018).

La topografía es un importante impulsor de la vegetación, sobre todo, considerando la variabilidad geográfica presente en zonas con clima mediterráneo (Dorado-Liñán et al., 2019), lo cual afecta la distribución de las plantas a través de su influencia en el transporte, almacenamiento de agua y nutrientes, junto a la cantidad de radiación solar incidente (Echiverri & Macdonald, 2019). Carroll et al., (2017), señalan que las distribuciones de especies, comunidades, ecosistemas y los patrones más amplios de biodiversidad están claramente influenciados por factores abióticos como la topografía. En base a esto, se utilizaron variables topográficas, según los propios requerimientos de las especies en cuanto a bibliografía. Estas fueron: altitud, pendiente, exposición, diversidad topográfica, índice de posición topográfica multiescalar, índice de humedad topográfica.

Modelación de distribución de especies

Se utilizaron cuatro algoritmos para la modelación de distribución de especies, los que corresponden a modelos estadísticos de regresiones (GLM), Métodos de "sobre" (BIOCLIM), Modelos predictivos de aprendizaje automático (Random

Forest y Support Vetor Machine). Cada uno de estos algoritmos fue analizado a través del estadístico AUC, que indica la probabilidad de que, al escoger aleatoriamente una presencia o ausencia, el modelo otorgue al positivo un mayor valor (Hernández et al., 2018). Este estadístico va de 0 a 1, donde los valores más altos indican mayor idoneidad, que tienden a ser las áreas de presencia conocida, mientras que menores valores representan zonas de baja predicción del modelo donde no se sabe que la especie esté presente (ausente o un punto aleatorio). Una puntuación AUC de 0,5 indica que el modelo no tiene capacidad discriminante (Hijmans & Elith, 2021). En general se asume que un modelo con buena capacidad discriminante tiene un AUC por encima de 0,8 (Hernández et al., 2018).

Para continuar con el siguiente objetivo, a partir de la modelación potencial de la expresión geográfica de las especies se determinaron las áreas no idóneas, persistentes, con ganancia y pérdida de nicho en base a la distribución potencial actual.

Definición de áreas prioritarias de restauración y conservación considerando el escenario de cambio climático

Para determinar cuáles son los sitios prioritarios para restauración y conservación se utilizó el enfoque de decisión multicriterio. El presente estudio considera como información base, los modelos de distribución de especies (MDE) en los distintos escenarios, capas de información de libre acceso y el juicio de cuatro expertos (docentes de la Universidad de Chile) para el proceso de jerarquización y priorización de criterios. Por otro lado, considerando los tiempos de procesamiento, se utilizaron dos escenarios de cambio climático según los cambios de nicho ecológico determinados en el primer objetivo.

2.3.1.2 Principales resultados

En la figura 30 se observa una concentración del nicho ecológico actual de las especies hidrófilas en estudio en la región de Valparaíso. Pasando a las proyecciones climáticas, en todos los modelos evaluados no se observan grandes cambios visualmente para esta región. Por su parte en la región Metropolitana, se proyecta una reducción del nicho en la zona precordillerana para todas las situaciones. Finalmente, en O'Higgins se aprecian cambios interesantes en los cuatro modelos proyectados, con un aumento de nicho ecológico hacia la Cordillera de los Andes y con un leve aumento de nicho en los fragmentos de la zona centro sur de la región.

Estos modelos de distribución potencial de las especies hidrófilas en estudio estiman una posible pérdida del nicho ecológico actual, siendo más notorio bajo el escenario optimista (RCP 2.6) tanto en el futuro cercano (2021-2040) como intermedio (2041-2060). Esto implica que la zona central de Chile, área con la mayor riqueza de especies, se vería severamente afectada por el escenario proyectado, siendo necesaria las miras hacia el futuro cercano.

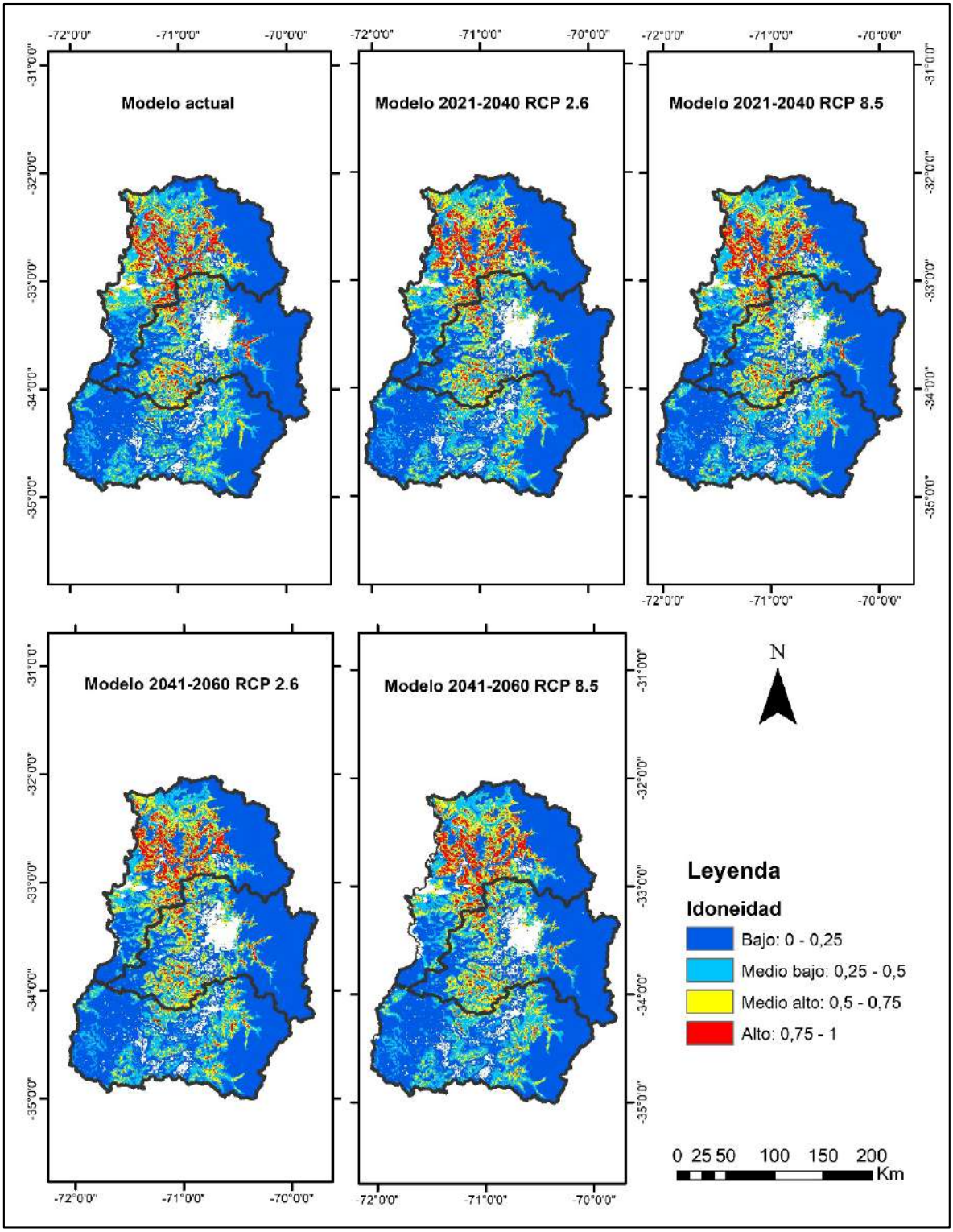


Figura 30. Superposición de modelos de distribución potencial de especies y proyecciones climáticas. En color blanco se han enmascarado las zonas pobladas.

La figura 31 muestra los sitios prioritarios propuestos en base a las proyecciones climáticas y a diversos factores para el análisis multicriterio. Se puede apreciar que en la comuna de Alhué se distinguen sitios propuestos que se insertan en el área de reserva. Esto es interesante ya que, dadas las condiciones climáticas futuras, este tipo de formaciones persistiría potencialmente, donde además variables topográficas, uso de suelo, accesibilidad, entre otras, otorga cierta idoneidad a estas zonas, las cuales tienen amplias posibilidades de persistir y así aumentar la conectividad entre los distintitos parches de bosques hidrófilo, mejorando la biodiversidad. Todo esto bajo el supuesto de equilibrio en el uso del territorio, lo cual permitiría facilitar el flujo continuo y sostenible de los servicios ecosistémicos a las sociedades. Esto es fundamental para mantener una convivencia armónica y vivir en territorios saludables y resilientes, social y ambientalmente.

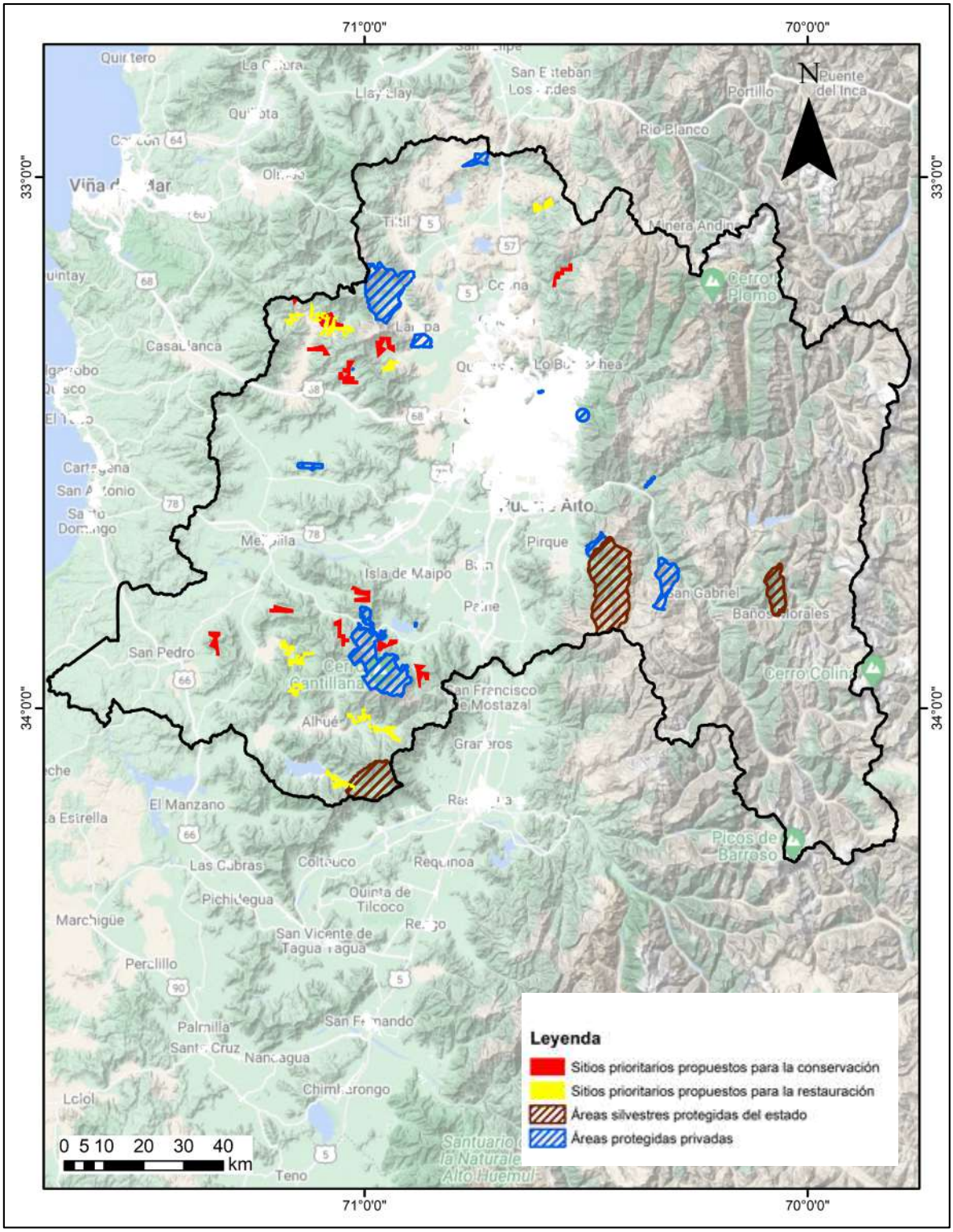


Figura 31. Propuesta de sitios prioritarios para la conservación y restauración en la Región Metropolitana.

2.3.1.3 Consideraciones finales

A partir de esta tesis se evidencia que bajo un contexto de cambio climático se proyectan modificaciones en la distribución de las especies hidrófilas *B. miersii, C. alba* y *P, lingue*, con variaciones importantes de pérdidas y ganancias de nicho ecológico particularmente en el escenario optimista (RCP 2.6) en ambos periodos de tiempo (2021-2040/2041-2060), siendo relevante su aumento de oeste a este, incrementando en altitud hacia la cordillera de los Andes. Los factores claves en el posible desplazamiento de las especies en el tiempo están determinados principalmente por la precipitación.

La identificación de sitios prioritarios para la conservación y restauración fueron basados en la persistencia del nicho ecológico pese al cambio climático, dado que el potencial de adaptación juega un papel clave a la hora de seleccionar zonas idóneas para estas medidas de gestión territorial, ya que es preciso optimizar los esfuerzos en zonas que representen un hábitat adecuado en el presente y en el futuro.

2.3.2 Evaluación de la regeneración

El día 29 de marzo de 2023 se realizó la evaluación de la regeneración en base al estudio realizado por Campos (2022) "Efecto de la exclusión de ganado sobre la regeneración natural arbórea del bosque esclerófilo subtipo hidrófilo en la Reserva Altos de Cantillana, Región Metropolitana". Para efectos de seguimiento en esta evaluación se consideró el área de exclusión de ganado que comprende un total de 135 ha, donde las zonas de estudio están insertas dentro del sector El Patagual.

El método propiamente tal consistió en un muestreo dirigido, a través de transectos lineales ubicados de manera perpendicular al curso de cada quebrada (Figura 32), resultando en un total de seis transectos. Cada uno de estos tiene 30 m de largo y 2 m de ancho, abarcando una superficie de 60 m^2. Los transectos se dividieron en tres secciones de aproximadamente 10 m cada una. La primera sección correspondió a la ladera con exposición norte, la segunda a la parte central (sector donde pasaba el curso de agua) y la tercera a la ladera con exposición sur. En cada una de estas secciones se midieron las variables de caracterización de la regeneración y del entorno biofísico. Dada esta división en secciones el tamaño muestral fue de 18 unidades (6 x 3).

Figura 32. Esquema de la unidad muestral utilizada.

Donde S1 corresponde a la ladera de exposición norte, S2 a la zona plana o sin exposición y S3 a la ladera de exposición sur.

2.3.2.1 Variables de caracterización de la regeneración

En cada una de las secciones del transecto se contabilizó la cantidad de plantas de regeneración arbórea, y se registró la especie correspondiente. Se distinguió el origen de la regeneración (vegetativo o a partir de semilla), y se clasificó por alturas (Tabla 29). Los rangos de alturas fueron los utilizados por Becerra et al. (2018) para evaluar la regeneración en Chile central.

Tabla 29. Criterios para la clasificación de la regeneración según origen y altura

Origen	Criterio	Alturas		
		Clase		
		1	2	3
Semilla	Solo un vástago, hojas "tiernas"	<0,2 m	0,2-0,5 m	0,5-1 m
Vegetativo	Más de un vástago, hojas con apariencia coriácea, tallo completamente lignificado			

2.3.2.2 Caracterización de la regeneración

Densidad

Los resultados descritos por Campos (2022) para el año 2022 (septiembre) registraron 424 individuos, equivalentes a una densidad media de 1,01 ±0,90 individuos/m2. Al distinguir por origen, un 85,1% de la regeneración corresponde a individuos provenientes de semilla.

Respecto a la evaluación realizada en marzo de 2023, se registró un total de 124 individuos, que comprenden una densidad de 0,34 ±0,49 individuos/m2. Respecto al origen, la regeneración por semilla abarcó un total de 97,6%.

Composición

En cuanto a la composición de la regeneración arbórea para el año 2022, se observaron individuos de *B. miersii, P. lingue, P. boldus, C. patagua y C. alba*, siendo esta última especie la más abundante con una densidad de 0,66 ±0,76 individuos/m2.

Para el año 2023, la composición de la regeneración arbórea registró individuos de *P. lingue*, *B. miersii*, *L. caustica* y *C, alba*, siendo nuevamente esta última la que presentó un mayor número de individuos (115), alcanzando una densidad de 0,32 individuos/m2 (Figura 33).

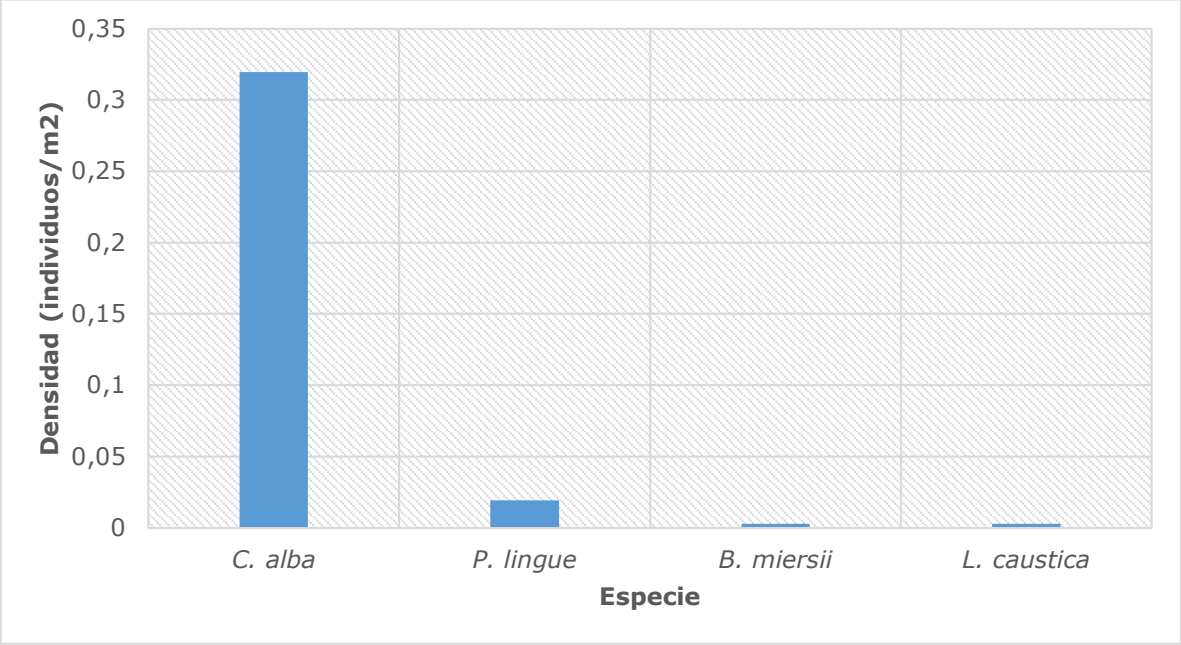


Figura 33. Densidad promedio de la regeneración natural arbórea según especie, marzo 2023.

Respecto a rango de alturas de la regeneración, se aprecia en la figura 34, la mayor concentración de individuos con alturas menores a 0,2 m, lo que indica la baja sobrevivencia que presentan estas plántulas en etapas posteriores.

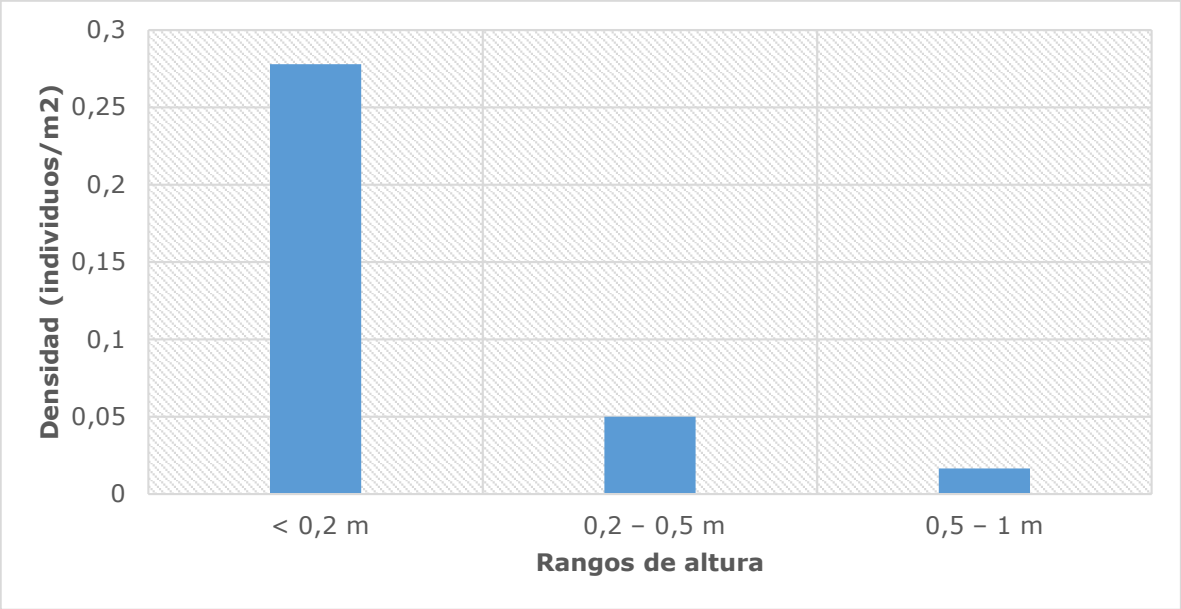


Figura 34. Densidad de individuos según rango de altura, marzo 2023.

La figura 35 muestra que la especie *C. alba* es la presenta mayor densidad de individuos con alturas bajo los 0,2 m, seguido por alturas entre los 0,2-0,5 m.

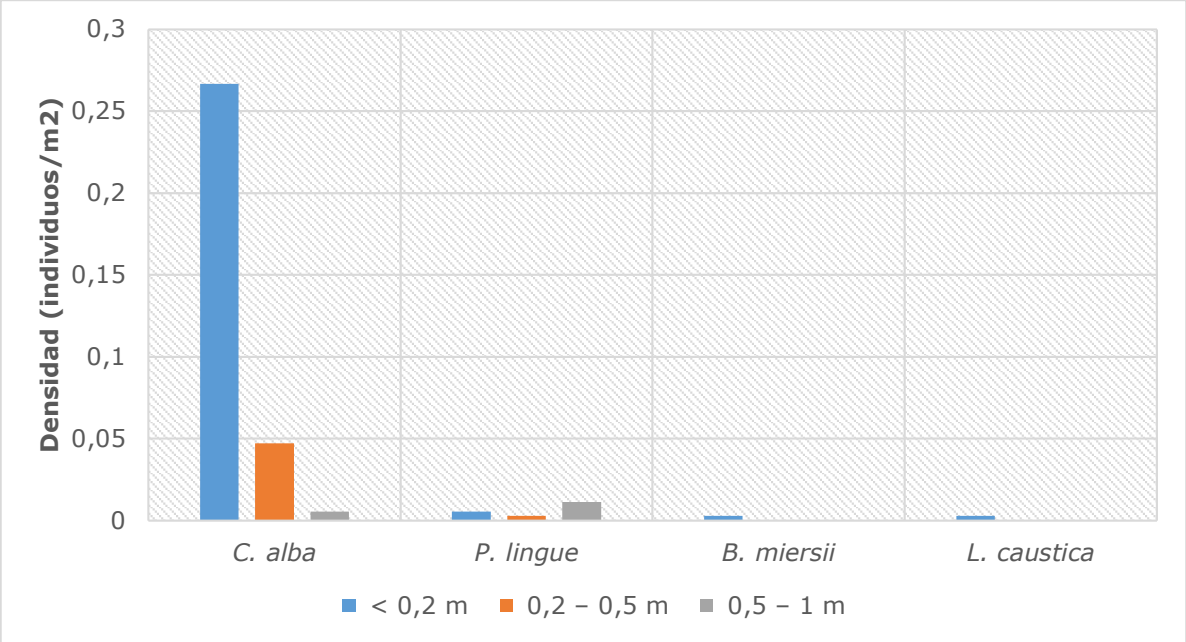


Figura 35. Densidad de individuos por rango de altura, marzo 2023.

2.3.2.3 Consideraciones finales

Para la evaluación realizada el presente año, la densidad de la regeneración total, mostró valores que alcanzan los 0,35 individuos/m^2, lo cual resulta destacable, considerando, por una parte, que una densidad aceptable para el bosque esclerófilo es de 0,25 individuos/m^2 (Becerra, 2018), y además dado el alto porcentaje de individuos de origen germinativo (97,6%). Al distinguir por altura se observa que la regeneración vía germinación se reduce drásticamente en los rangos de mayor tamaño.

Contrastando estos resultados con los obtenidos por Campos (2022), se aprecia la mortalidad de las plántulas en su primera etapa ontogénica post germinación, donde gran parte de los individuos registrados en 2022 se encontraron muertos en 2023.

Otro elemento destacable es la mayor proporción de individuos de *C. alba*. Esta es una especie es representativa de la composición del bosque esclerófilo subtipo hidrófilo, donde la abundante presencia de individuos germinativos en los sitios evaluados podría demostrar una mejor adaptación a las condiciones hídricas existentes actualmente, en comparación con las demás especies hidrófilas.

En concordancia con lo anterior, se ha evidenciado una alta capacidad de auto reemplazo de *C. alba* en bosques originalmente dominados por *B. miersii*, en quebradas secas ubicadas en la Cordillera de la Costa (Región de Valparaíso). En este lugar *C. alba* presentó estructuras diamétricas de J inversa (mayor cantidad de individuos jóvenes) y una densidad de regeneración de 2 plántulas/m^2, en contraste con *B. miersii*, especie que presentó una baja 30 cantidad de individuos jóvenes, algunos en clases diamétricas mayores y una densidad de regeneración de 0,2 plántulas/m^2. En base a esto se plantea que la abundancia de *C. alba* sería una de las consecuencias de aridización de las quebradas, y en un futuro se transformaría en la especie dominante de este tipo de bosques hidrófilos (Brito y Flores, 2014). Si bien el bosque evaluado en la Reserva Cantillana cuenta con especies dominantes distintas, como *P. lingue y C. patagua*, la situación parece ser similar, sobre todo por el evidente deterioro de los individuos de dichas especies, reflejado en desecación foliar y rebrotes de tocón completamente secos (observación personal). Sin embargo, es necesario realizar una evaluación a nivel de rodal para establecer estructuras diamétricas y poder tener mayor claridad sobre la dinámica que estaría ocurriendo en estas quebradas.

En base a lo expuesto, también es necesario resaltar los niveles de mortalidad que se observan, ya que, por una parte, el reclutamiento muestra altas tasas, sin embargo, llega a un cierto nivel de crecimiento, donde otros factores estarían afectando su desarrollo y sobrevivencia, donde aparentemente la menor disponibilidad hídrica podría ser un factor determinante.

2.3.3 Trampas de captura de semillas

Durante los meses de enero y febrero de 2023 se instalaron nuevas trampas de semillas dentro de las quebradas "El Árbol y "El Cepillo" (Figura 36), basándose principalmente en el dispositivo de trampa b (PVC) dada la mayor facilidad al momento de instalar la trampa dada la topografía de las quebradas.

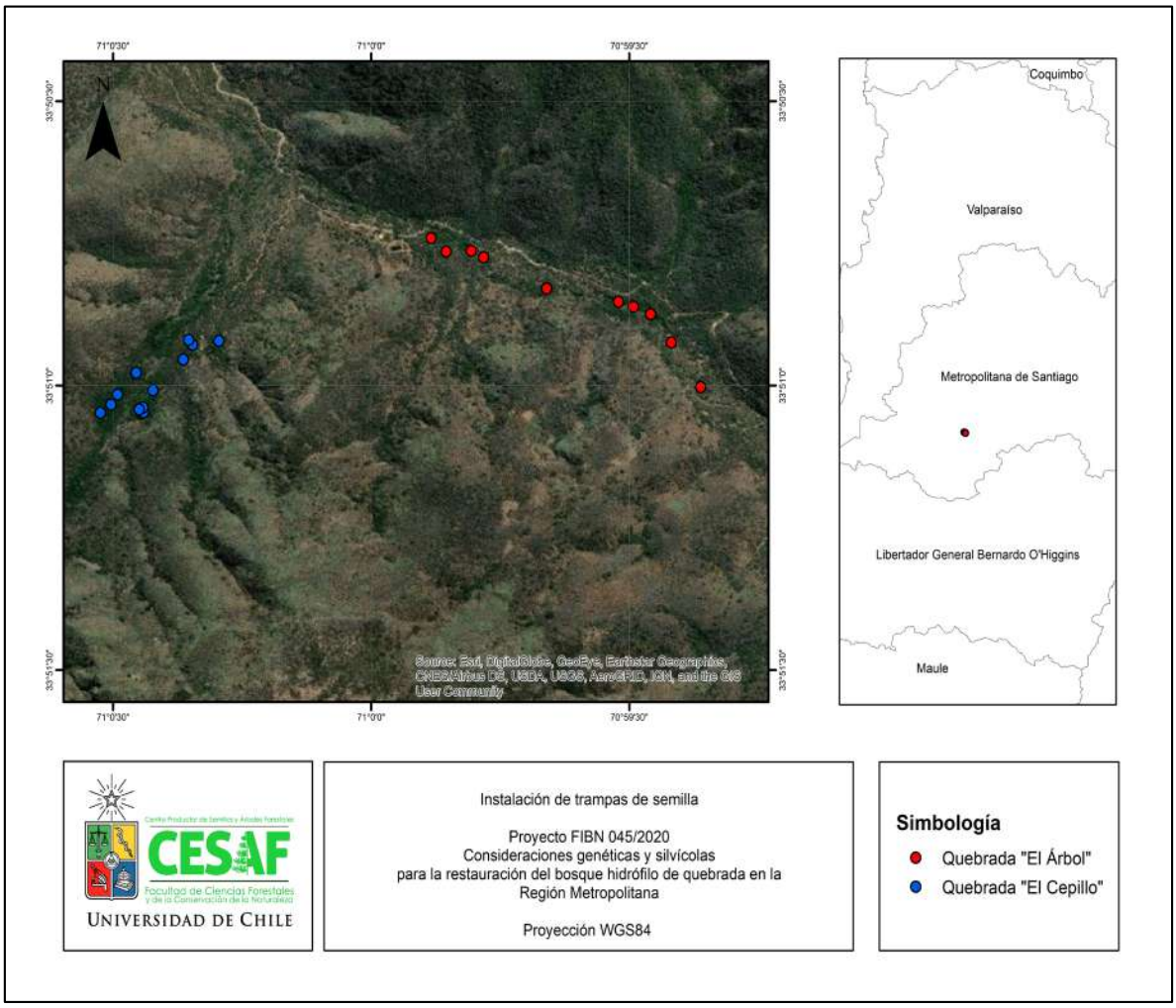


Figura 36. Localización de trampas de semillas en reserva en las quebradas "El Árbol" y "El Cepillo".

Durante el mes de febrero se realizó la última instalación de trampas quedando finalmente 10 semilleros en la quebrada "El Árbol" y 9 en "El Cepillo". Además, se realizó un levantamiento de información de cada semillero donde se consideraron diversos parámetros lo cuales se exponen en las tablas 30 y 31.

Tabla 30. Datos de semillero de semillero y total de trampas instaladas en la quebrada "El Árbol".

QUEBRADA EL ÁRBOL							
Código semillero	**Especie**	**DAP**	**DC NS**	**DC EO**	**Cobertura**	**Especies acompañantes**	Total trampas
CA2	Peumo	10,00	5,9	8,3	50%	espino, colliguay, boldo, quillay	8
BM3	Belloto	40,00	6,3	8,9	30%	espino, litre, quillay, palqui	8
QS1	Peumo	12,40	10,8	8,4	50%	quillay	8
CACP	Peumo-Patagua	8,67	5,5	4,9	60%	lingue, peumo, litre, boldo	3
BM4	Belloto	17,20	9,4	11,6	70%	Palqui	8
A1**	Patagua	21,40	7,45	11,1	60%	Belloto	8
A2*	Belloto	12,9	8,1	6,5	80%	peumo	8
PL2	Lingue	38,67	4,9	3,5	70%	patagua	8
PL3	Lingue	44,00	7,6	4,8	70%	Peumo, belloto	
CP5	Patagua	23,00	7,3	6,7	70%	lingue	
PL1	Lingue	56,50	4,1	5,3	60%	litre, boldo, peumo	8
BM11	Belloto	17,00	4,8	5,1	60%	peumo, belloto	8

***** DC NS: Diámetro de copa norte sur, DC EO: Diámetro de copa este oeste.

Tabla 31. Datos de semillero de semillero y total de trampas instaladas en la quebrada "El Cepillo".

QUEBRADA EL CEPILLO							
Código semillero	**Especie**	**DAP**	**DC NS**	**DC EO**	**Cobertura**	**Especies acompañantes**	Total trampas
CA14	Peumo	10,00	5,7	5,7	50%	Litre, Mitique, Tevo, Quilo	8
CABM	Belloto	17,00	8,3	8,2	60%	Peumo	8
CA1	Peumo	29,00	6,5	9,9	60%	Boldo, litre, quillay, tevo	8
C4*	Patagua	20,57	9,55	8	50%	Peumo, tevo, litre, quisco	8
C3*	Patagua	27,33	9,9	11,6	70%	Boldo	8
CP1	Patagua	38,40	16	15,5	70%	Peumo, boldo	8
C8*	Peumo	20,00	10,7	7,9	60%	Boldo, lobelia	3
BLP	Belloto-Lingue-Patagua		14-5	12-8	90%	Boldo	8
C5*	Belloto	20,00	6,5	6,8	60%	Boldo, litre, quisco, tevo	8
QS1	Peumo	19,00	5,1	4,6	60%	Espino, colliguay, boldo, litre	8

*DC NS: Diámetro de copa norte sur, DC EO: Diámetro de copa este oeste.

2.3.3.1 Coleta de material de las trampas de captura de semillas

Se llevaron a cabo dos campañas de colecta en cada una de las quebradas durante los meses de abril y mayo de 2023 (Figura 37), para los siguientes meses no fue posible realizar colectas dadas las condiciones meteorológicas que impedían acceso.

Figura 37. Proceso de colecta de material en las trampas de captura de semillas.

El procesamiento de material fue el mismo que se realizó en las temporadas de colectas del año 2022 donde se agruparon los componentes de caída en cada trampa correspondientes a hojas, ramas, flores y frutos, material excedente y semillas. Estas últimas fueron al proceso de análisis de semillas, mientras que los otros componentes se secaron en una estufa a 65° C por 5 días constatando que alcancen un peso constante.

Cada componente se pesó respectivamente en una balanza de 4 decimales de precisión, salvo las semillas puesto que estas se separaron por especie (conteo y peso) para cada muestra, siendo pesadas en una balanza analítica en el laboratorio de semillas del Centro Productor de Semillas y Árboles Forestales.

2.3.3.2 Resultados

A continuación de muestran los resultados preliminares del ensayo de trampas de semillas en las quebradas "El Árbol" y "El Cepillo".

En la figura 38 se observa que, de las dos quebradas analizadas, "El Cepillo" es la que concentra una mayor cantidad de biomasa correspondiente a hojas, mientras que, en cuanto a ramas, junto a flores y frutos, la quebrada "El Árbol", tiene una mayor acumulación de estos componentes.

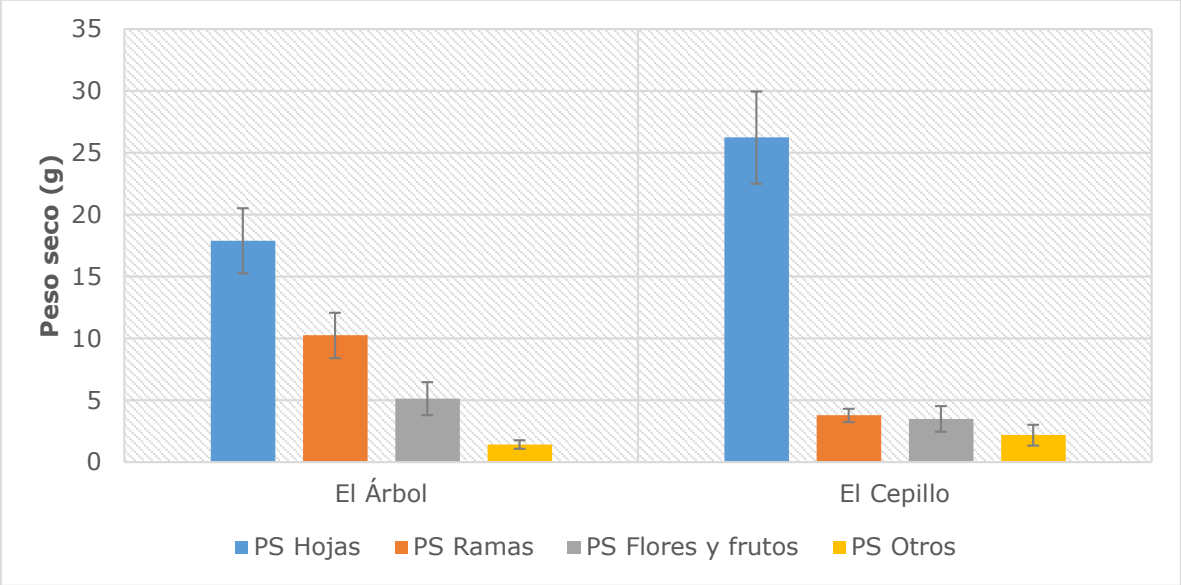


Figura 38. Distribución de biomasa según componente por quebrada según colecta de abril.

Para el caso del material colectado durante mayo, se puede apreciar en la figura 39, una tendencia similar a lo observado durante abril (figura 38), donde la quebrada "El Cepillo" es la que presentó una mayor acumulación de biomasa correspondiente a hojas, sin embargo, respecto a ramas junto a flores y frutos no se aprecian grandes diferencias entre una quebrada y otra.

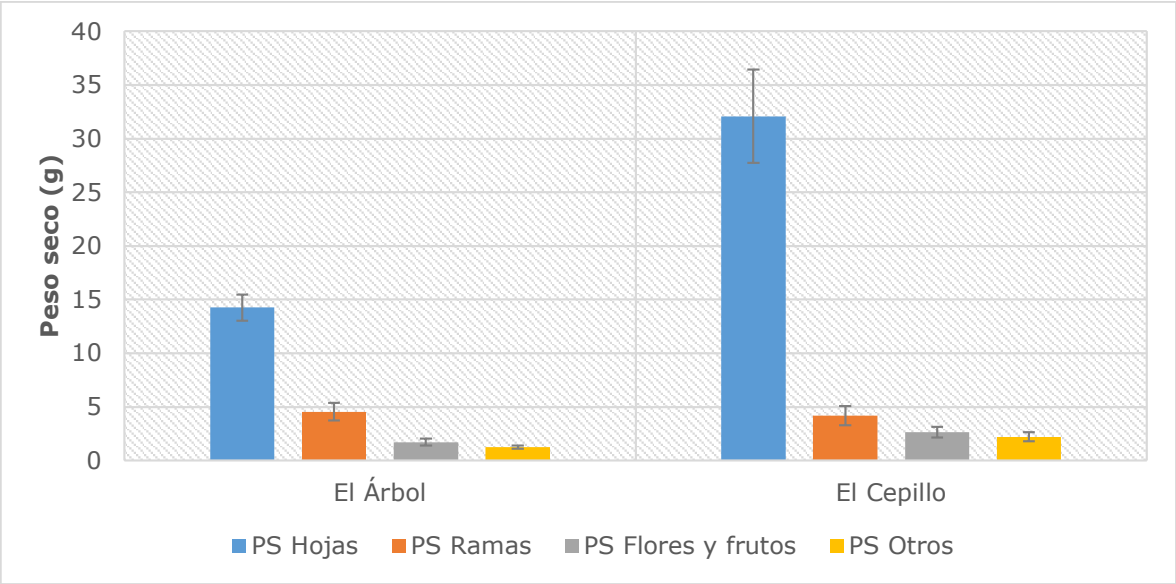


Figura 39. Distribución de biomasa según componente por quebrada según colecta de mayo.

En la figura 40 se observa la acumulación de biomasa según el tipo de semillero para la quebrada "El Árbol", donde se aprecia que la mayor concentración de material de los distintos componentes corresponde a los semilleros de las especies *C. patagua* y *P. lingue*, mientras que los semilleros de la especie *C. aba* fueron los que acumularon menor cantidad de material.

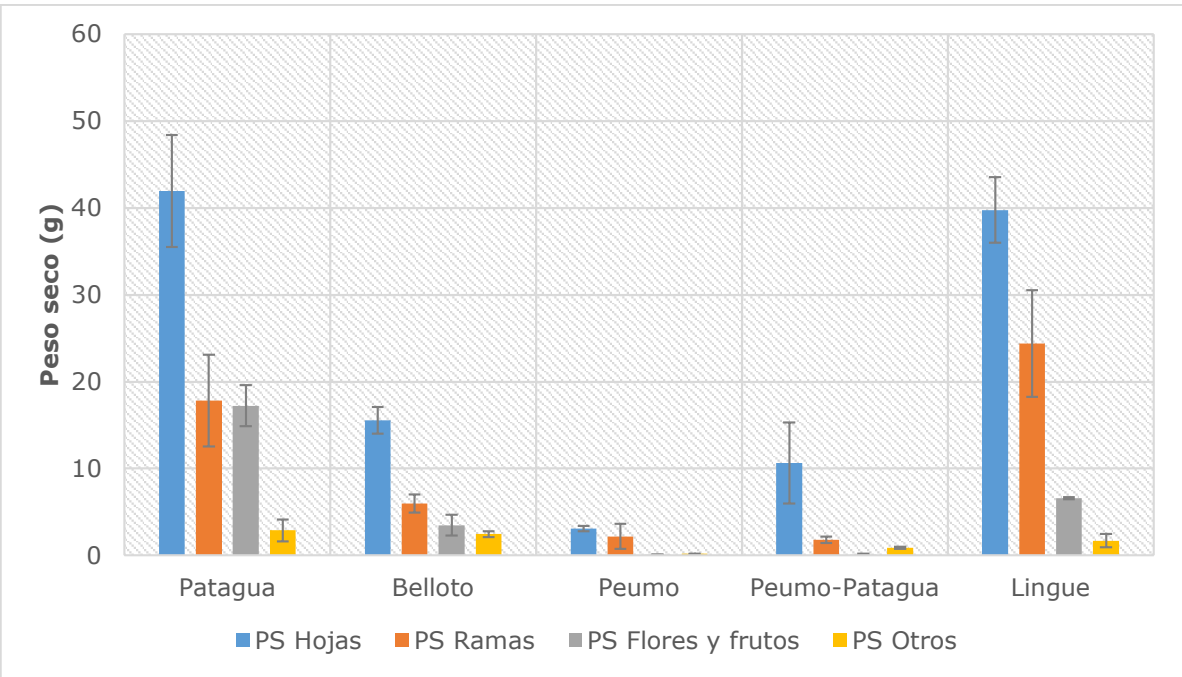


Figura 40. Distribución de biomasa según componente por tipo de semillero según colecta de abril.

Para el caso de la quebrada "El Cepillo", en la figura 41 se aprecia una mayor acumulación de material proveniente del conjunto de semilleros de las especies *B. miersii*, *P. lingue* y *C. patagua*, seguidos por los semilleros de *C. patagua*.

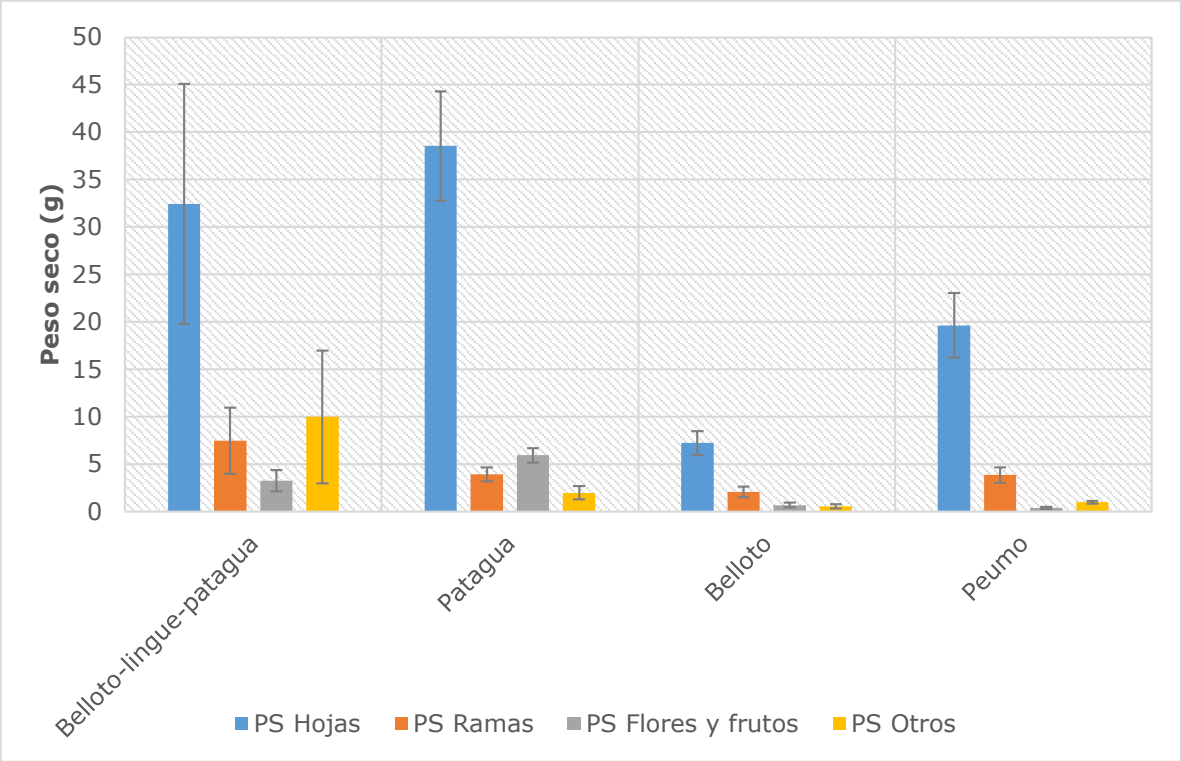


Figura 41. Distribución de biomasa según componente por tipo de semillero según colecta de mayo.

Análisis de semilla

Los análisis de semilla se realizaron en laboratorio (Figura 42), cuyos tratamientos para cada especie fueron los siguientes:

Tabla 32. Tratamientos pre-germinativos de las semillas según especie.

	Tratamientos pre-germinativos
Belloto	H2O x 24 horas
Lingue	H2Ox 24 horas +Estratificación fría húmeda por 45 días a 5ºC
Patagua	H2O x 24 horas + Estratificación fría húmeda por 90 días a 5ºC
Peumo	H2O x 24 horas

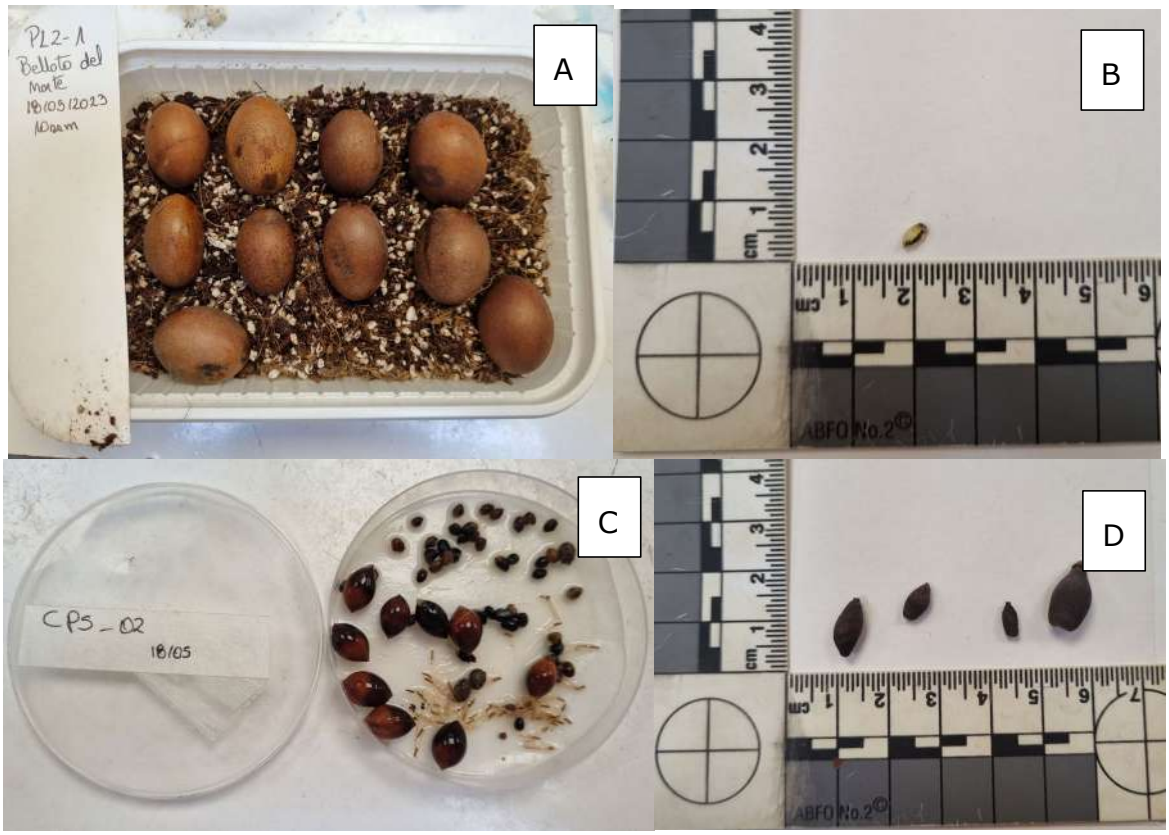


Figura 42. Procesamiento análisis de semillas. A) Frutos de belloto del norte. B) Semilla de patagua. C) Semillas germinadas. D) Frutos de belloto del norte abortados.

En la figura 43, se aprecia que el mayor peso de semilla capturada por las trampas correspondió a belloto seguida por lingue, lo cual está dado por el mayor tamaño de la primera mencionada.

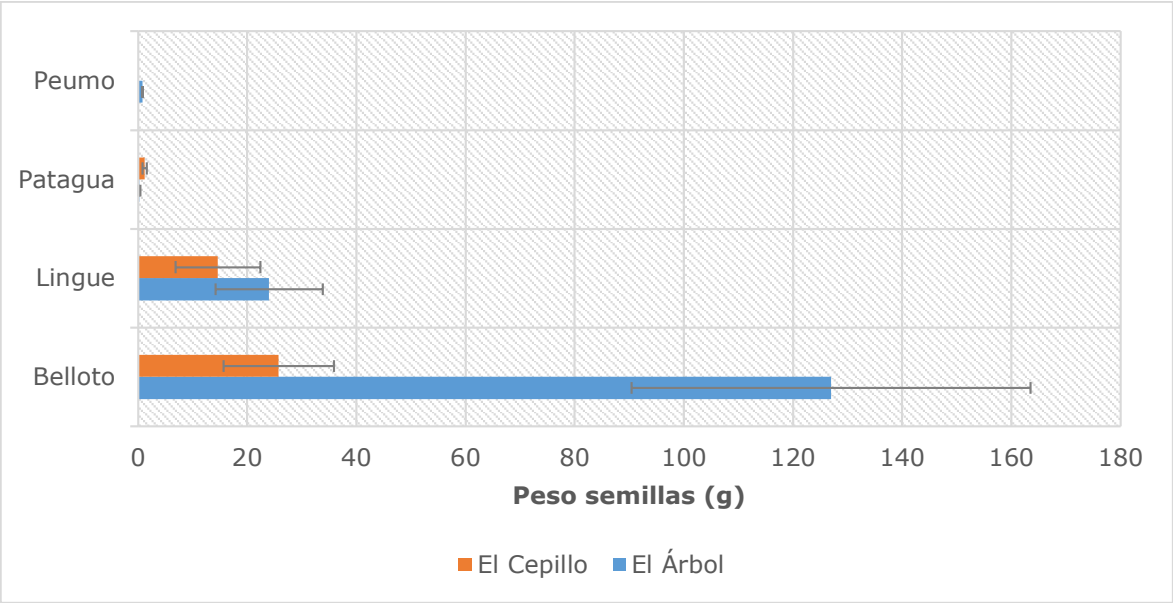


Figura 43. Promedio del peso de semillas totales colectadas por especie según quebrada.

Para el caso del total de semillas colectadas, en la figura 44 se observa que patagua fue la especie que con mayor número de semillas en la quebrada El Cepillo, mientras que lingue fue mayor en la quebrada El Árbol.

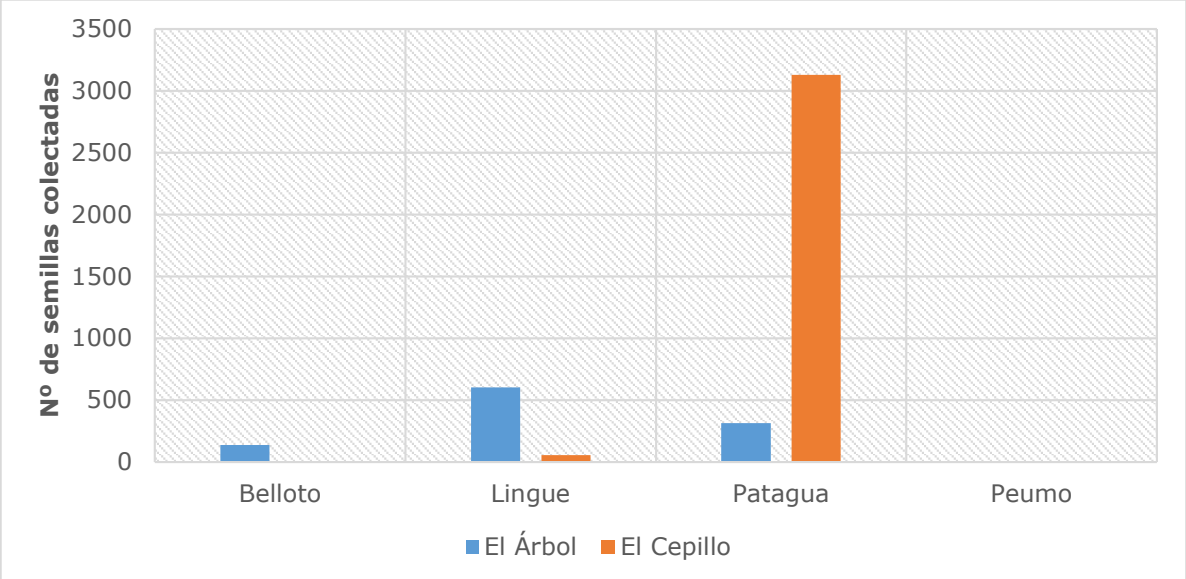


Figura 44. Numero de semillas totales colectadas por especie según quebrada.

En la figura 45 se tiene el número de semillas que han germinado a la fecha, siendo mayor para patagua.

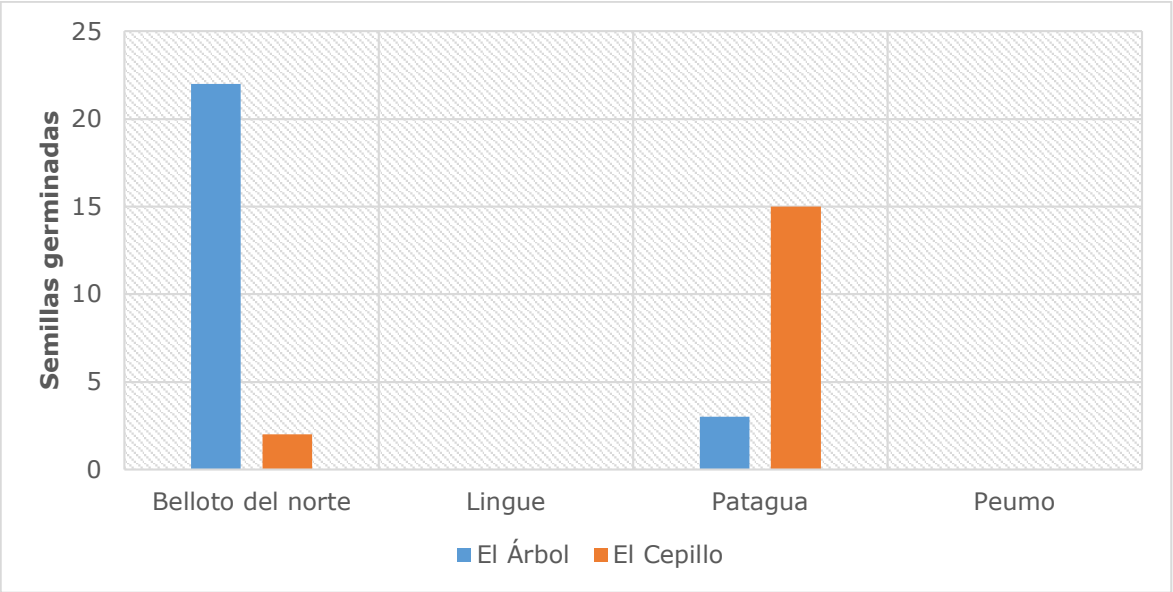


Figura 45. Numero de semillas germinadas a la fecha por especie según quebrada.

En la figura 46 se aprecia que un número importante de semillas de patagua se encontraron vanas, las que equivalen al 73% del total colectado.

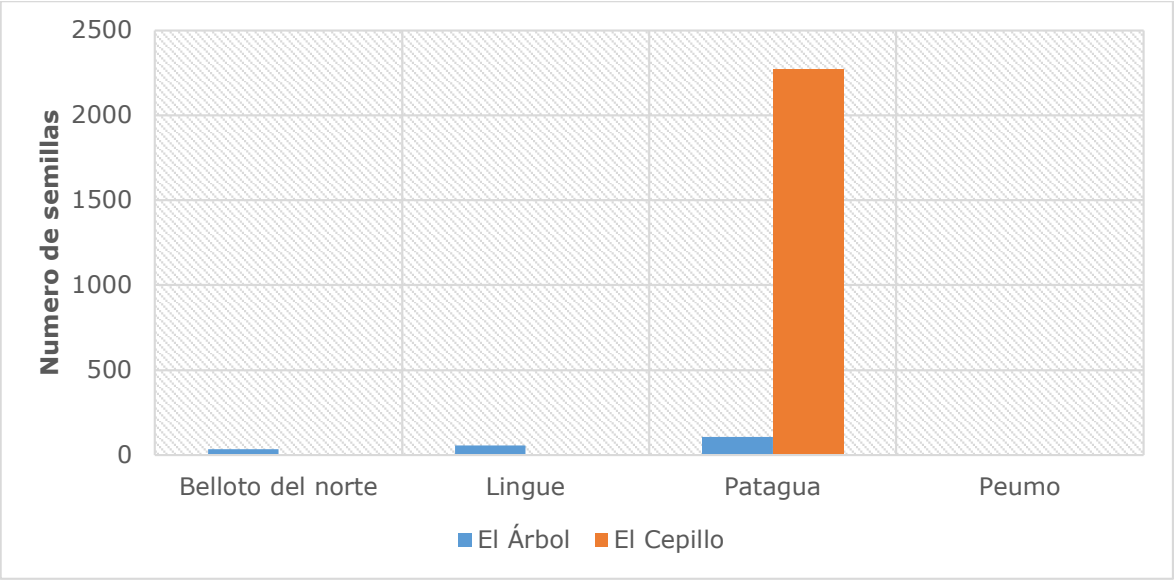


Figura 46. Numero de semillas vanas por especie según quebrada.

Para el caso del total de plántulas que se encuentran vivas, belloto es la única especie con sobrevivencia (Figura 47), siendo mayor los individuos de la quebrada El Árbol.

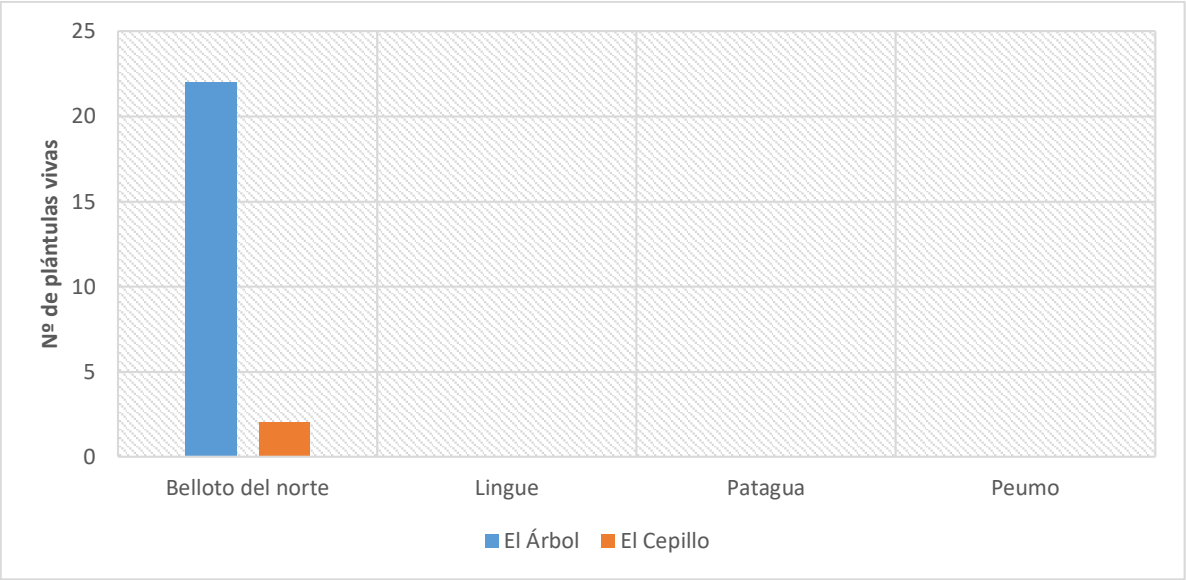


Figura 47. Numero de semillas vanas por especie según quebrada.

Durante el mes de octubre se fue a evaluar el estado de las trampas, debido a que ya se había evidenciado el efecto del ganado sobre las estructuras las que anteriormente tuvieron que ser rearmadas, pero en esta ocasión se observó aproximadamente un 60% de trampas en el suelo o incluso inexistentes (Figura 48), debido al efecto de los sistemas frontales de invierno, donde el aumento del caudal eliminó a varias unidades experimentales. A raíz de lo anterior, se realizaron campañas de terreno para rearmar estas trampas y así continuar con las posteriores evaluaciones, siendo necesario aumentar los esfuerzos para obtener resultados estadísticamente válidos.

Figura 48. Situación de las trampas a octubre.

2.3.3.3 Consideraciones finales

Respecto a los resultados expuestos, belloto es la especie que presenta mejores resultados hasta el momento, siendo relevante el material colectado de la Quebrada El Árbol. Ante los últimos eventos de lluvia se espera mejorar la calidad del material a colectar. Por otro lado, es necesario enfocar los esfuerzos en patagua, dado que, a pesar de colectar el mayor número de semillas, a la fecha no hay plántulas vivas del ensayo de germinación, por lo que es relevante estudiar el agente biótico que está atacando a las semillas. Finalmente, cabe señalar que aún se están analizando semillas que siguen en tratamientos pre-germinativos.

2.4. Difundir los resultados y logros de la evaluación como una herramienta para la gestión de los bosques y los resultados de las prácticas de restauración ensayadas.

2.3.4 Difusión en feria Ambiental de Aculeo

El día 7 de octubre se realizó la 7ma Feria Ambiental de Aculeo, organizada por la Corporación Altos de Cantillana, donde se unieron diferentes ONG vinculadas al medio ambiente, emprendedores de la cuenca de Aculeo e investigadores de distintas disciplinas. Particularmente en esta versión de la Feria se participó a través de un stand, donde se dio a conocer el proyecto junto con sus principales resultados hasta la fecha, como fue la tesis de Magister: "PROPUESTA DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL BOSQUE HIDRÓFILO BAJO ESCENARIOS DE CLIMA CAMBIANTE EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE". Para esto se diseñaron dos pendones que dieran a conocer el proyecto junto a la tesis de magister (Figura 48).

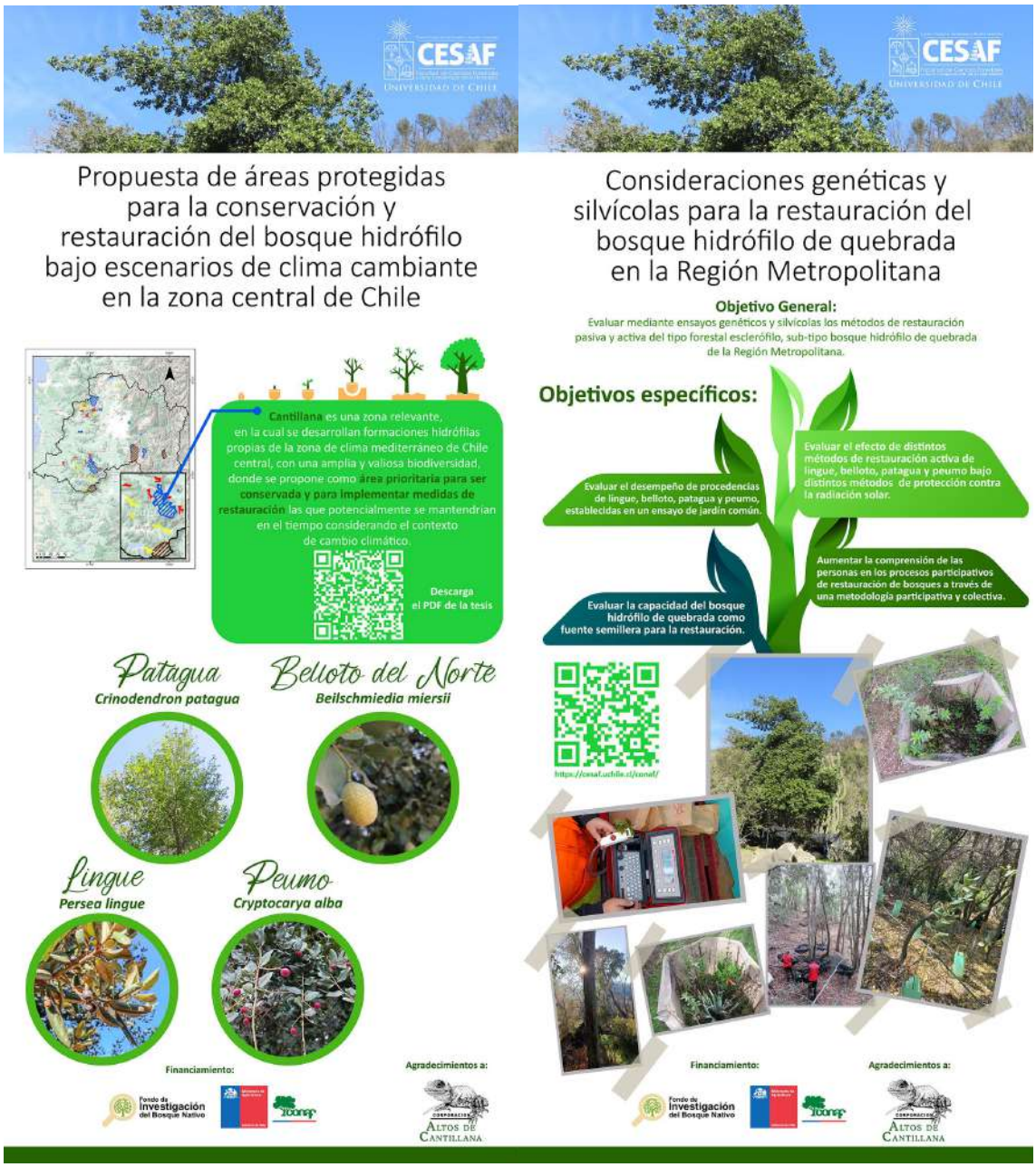


Figura 49. Diseño de pendones para la Feria Ambiental de Aculeo.

Además, durante esta actividad se realizó una encuesta sobre "restauración ambiental" teniendo como público objetivo a la comunidad local, donde esta actividad además se enmarca en el desarrollo del objetivo 5 del presente proyecto. A cada uno de los encuestados se les entregaron unos detalles (libreta con lápiz y bolsa) junto con un peumo (Figura 49).

Figura 50. Participación en Feria Ambiental de Aculeo en Marco del Proyecto CONAF 045-2020.

2.3.5 Difusión en Seminario

El día 11 de mayo, cuatro de los investigadores del presente proyecto expusieron en el seminario: PROGRAMA AVANCES Y CIERRE DE PROYECTOS DEL XI CONCURSO DEL FONDO DE INVESTIGACIÓN DEL BOSQUE NATIVO, LÍNEA TEMÁTICA SANIDAD FORESTAL: "AMENAZAS DEL CAMBIO GLOBAL AL BOSQUE ESCLERÓFILO CHILENO", basándose en la situación actual del bosque esclerófilo junto con estrategias de restauración para su conservación. El investigador responsable Carlos Magni presentó un avance de los resultados del proyecto "Consideraciones genéticas y silvícolas para la restauración de bosques hidrófilos de quebrada en la Región Metropolitana". Eduardo Martínez expuso sobre las "Amenazas al bosque esclerófilo de la zona central de Chile". Iván Grez abarcó las "Estrategias de conservación y propagación para la revegetación de bosques nativos". Y finalmente Fernanda Romero realizó la presentación "Reserva Natural Privada Altos de Cantillana y la importancia de la investigación y conservación (RNAC)".

2.3.6 Difusión en Congreso Internacional

Durante el mes de marzo, tanto el investigador responsable como co-investigadores compartieron partes de los resultados del proyecto en el Congreso Forestal Argentino (Figura 51 y 52).

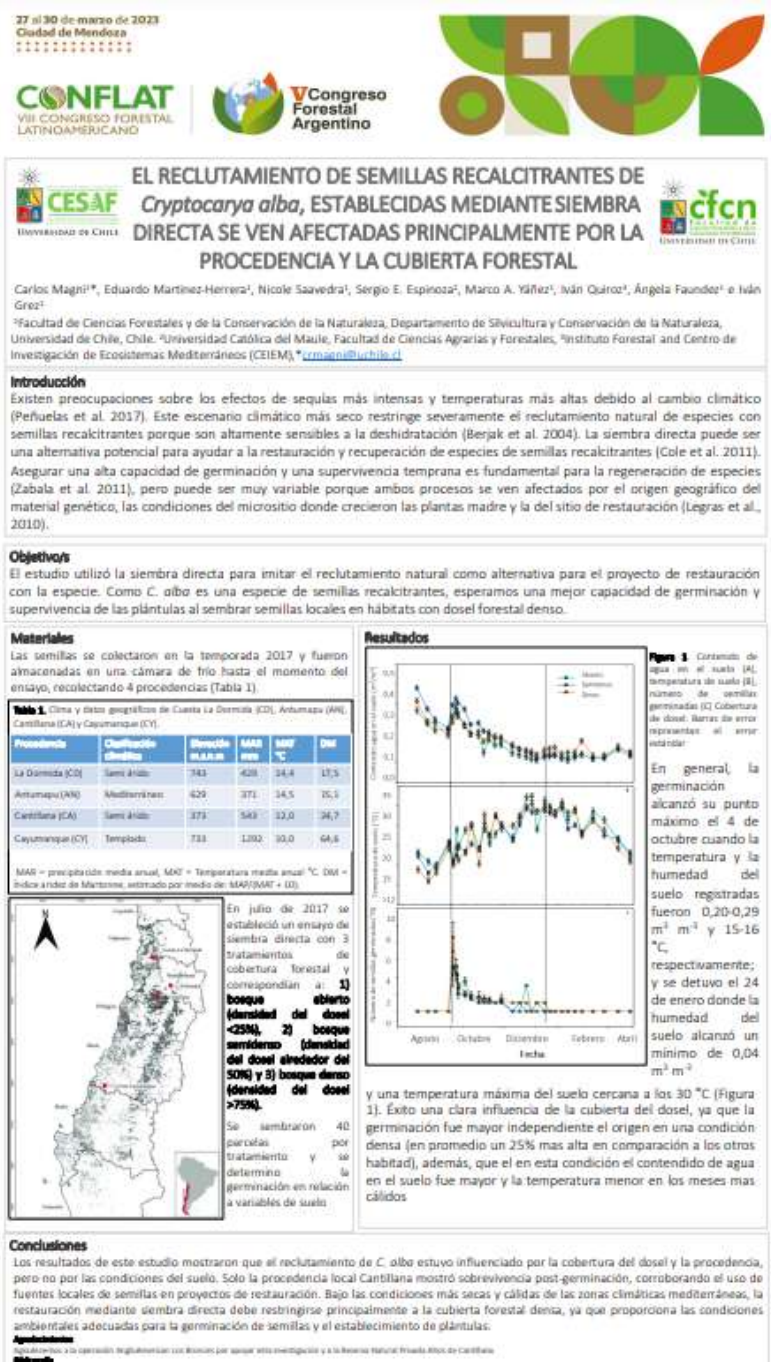


Figura 51. Poster presentado en el Congreso.

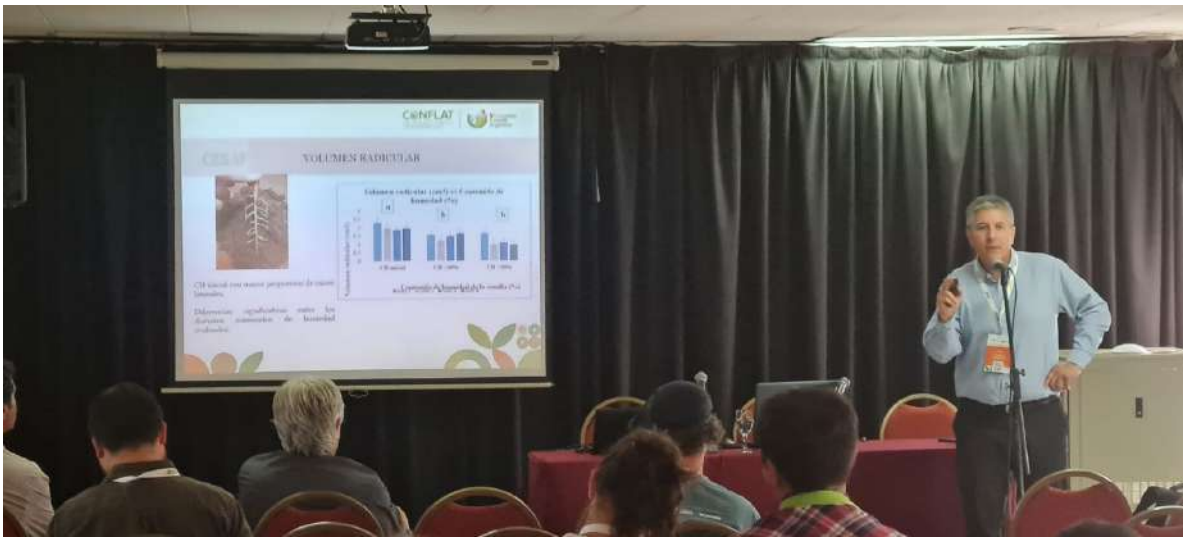


Figura 52. Presentación Investigador responsable.

2.3.7 Difusión en página web

La página web (https://cesaf.uchile.cl/conaf/) sigue actualizando los resultados que se tienen a la fecha, junto con las ultimas memorias y tesis que se han desarrollado en marco del proyecto 045-2020.

4.5. Aumentar la comprensión en los procesos participativos de restauración de bosques a través una metodología participativa y colectiva con actores claves involucrados en ella.

Para aumentar la comprensión en los procesos participativos de restauración de bosques se inició el desarrollo de una metodología participativa y colectiva con actores claves involucrados en la restauración. Como primera etapa se desarrolló una encuesta para conocer la visión y el interés por la restauración, donde se definieron cinco grupos de encuestados: visitantes a la reserva, comunidad local, académicos, Así Conserva Chile y estudiantes.

Como se mencionó anteriormente, el día 7 de octubre se realizó la primera encuesta dirigida a los visitantes a través de la Feria Ambiental de Aculeo. La encuesta implementada para este universo de personas tiene 20 preguntas, siendo contestada por 77 personas.

2.3.8 Resultados encuesta en Feria Ambiental

A continuación, se muestran los principales resultados de la encuesta realizada.

En la figura 53 se muestra que un 36,4% de los encuestados vive entre 21-40 min de distancia a un área protegida. En tanto un 56,6% de las personas encuestadas visita un área protegida menos de 5 veces al año, mientras que un 43,4% realiza visitas mínimo 1 vez al mes.

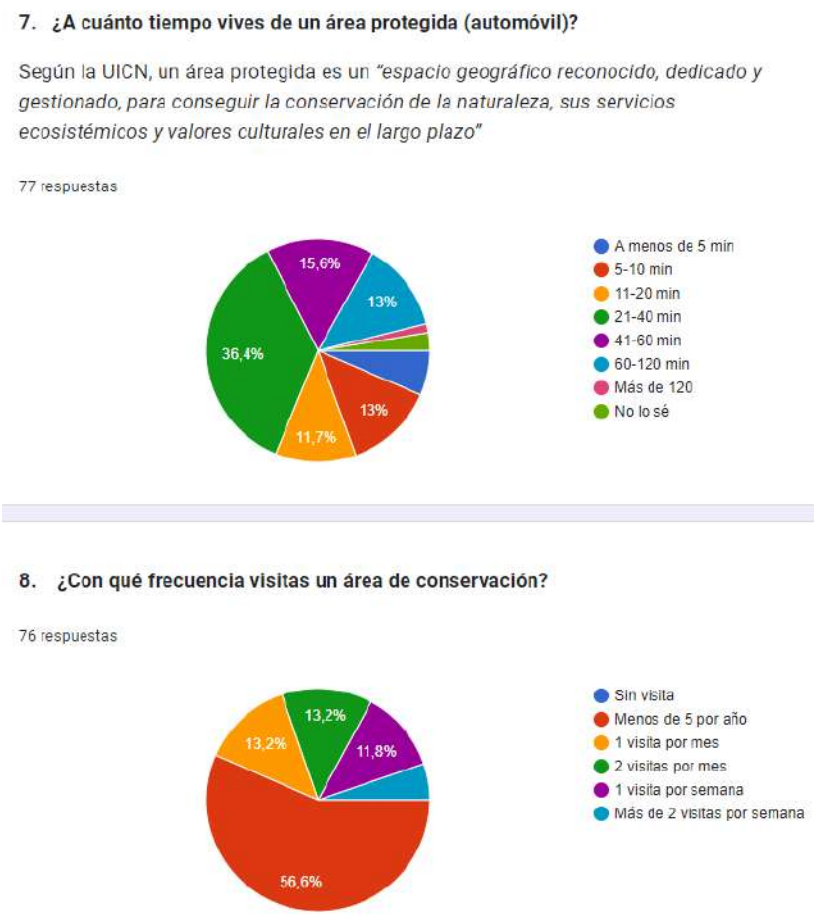


Figura 53. Resultado encuesta CONAF, pregunta 8 y 9.

Al considerar las preguntas de restauración propiamente tal, en la figura 54 se parecía que un 35,1% de los encuestados dice estar algo informado acerca de la restauración, mientras que un 16,9% dice estar suficientemente informado. Por otro lado, todos los encuestado están de acuerdo en apoyar la restauración de bosque nativo.

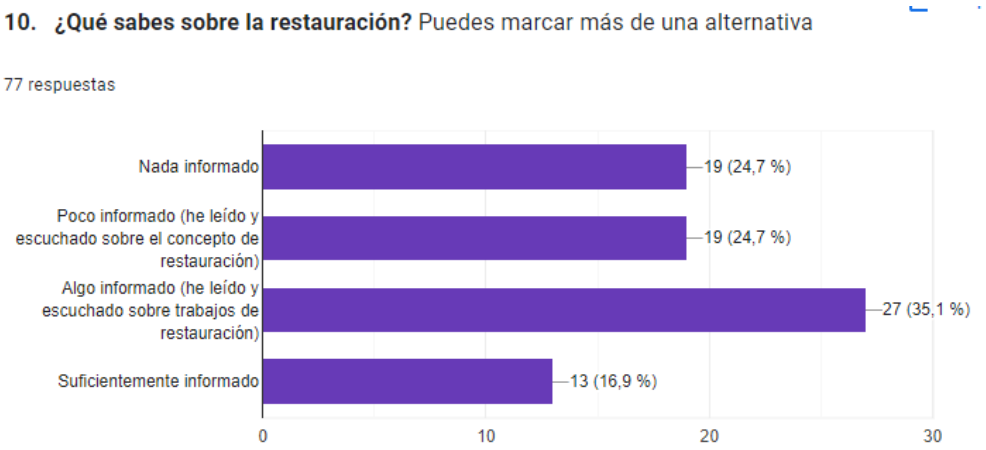


Figura 54. Resultado encuesta CONAF, pregunta 10.

Cuando se le pregunta a los encuestados sobre la importancia de los beneficios entregados por una restauración ecológica efectiva (Figura 55), se les dio en general mayor valorización (5) a todas las alternativas.

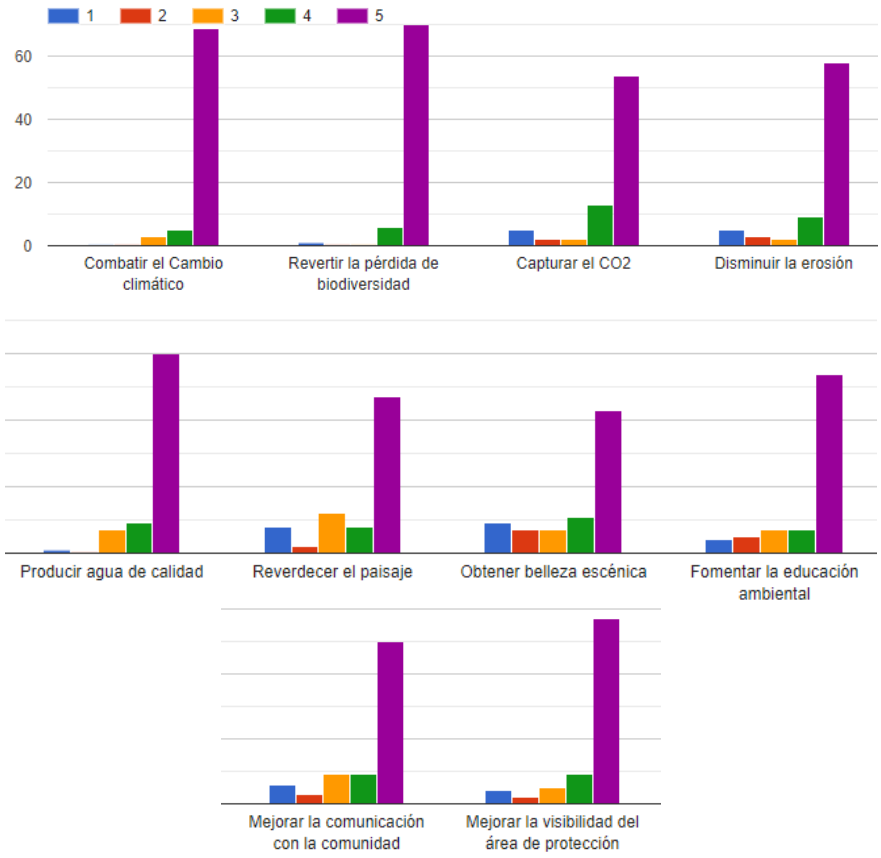


Figura 55. Resultado encuesta CONAF, pregunta 13.

En la figura 56 se aprecia que en la pregunta 14, un 88,3% está dispuesto a participar en la restauración, donde un 60,5% lo haría como apoyo en mano de obra.

Figura 56. Resultado encuesta CONAF, pregunta 14.

En la figura 57 se muestra que la mayoría de los encuestados (54 personas) le dan mayor importancia a CONAF en temas de restauración, seguido por ONG o fundaciones (50 personas).

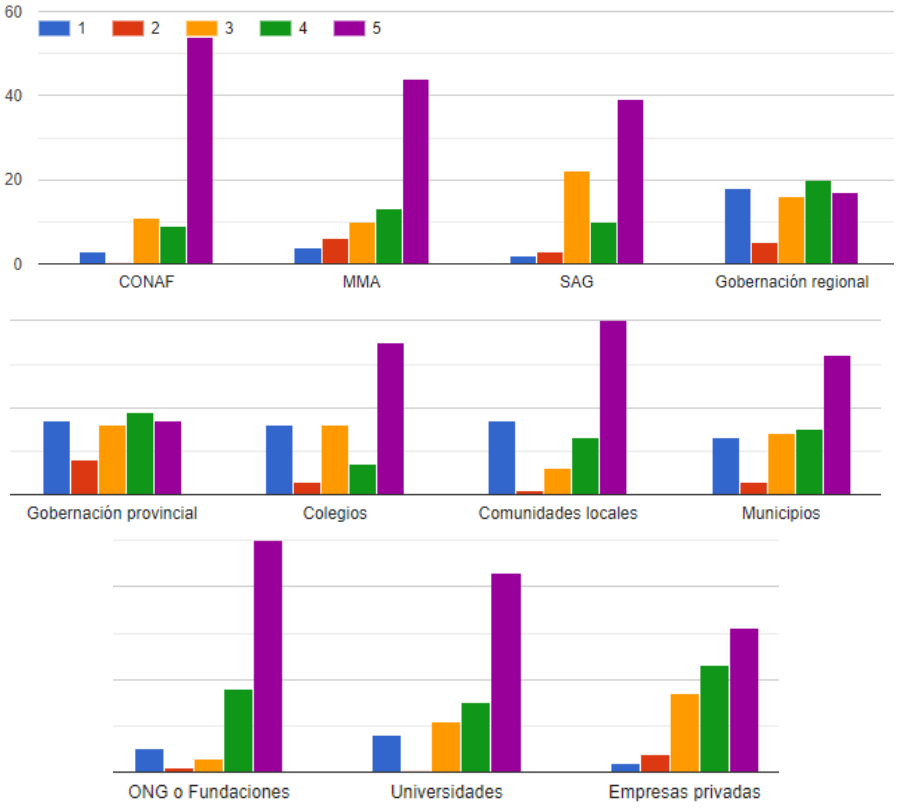


Figura 57. Resultado encuesta CONAF. Pregunta 16.

Cuando se pregunta qué falta para que aumente la participación en temas de restauración (Figura 58), un 36,8% de los encuestados dicen que falta un fortalecimiento del plan nacional, mientras que un 30,3% destacan la falta de recursos.

Figura 58. Resultado encuesta CONAF, pregunta 17.

En la figura 61, se muestra que un 48,1% de los encuestados tiene una aproximación del tiempo en años en que sería efectiva la restauración ecológica de más de 10 años, mientras que un 37,7% lo ve entre 5 y 10 años.

Figura 59. Resultado encuesta CONAF, pregunta 20.

A la hora de indicar la importancia de factores para hacer exitosa la restauración, la mayoría de los encuestados les dio mayor valorización a todos los indicadores destacando el escenario de cambio climático, la existencia de fondos nacionales para la restauración, políticas públicas con incentivos económicos a quienes restauran y la implementación de planes y proyectos de restauración a ambientes frágiles.

En la figura 63, se observa que pasando específicamente a lo que es el bosque hidrófilo, un 40,8% dice no estar nada informado acerca de esta formación. Peso a esto, cuando se les mostró una definición el 92,1% de los encuestados encuentra muy importante el apoyo en restauración hacia estas formaciones.

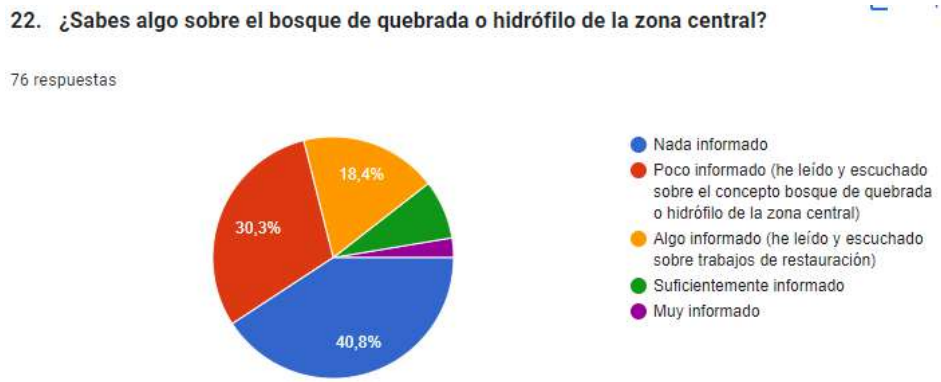


Figura 60. Resultado encuesta CONAF, pregunta 22.

En la figura 64, se muestra el orden en importancia de alternativas para llevar acabo la restauración de este tipo de bosques, donde la identificación de áreas prioritarias fue la que presente mayor valor junto al aumento en la disponibilidad

hídrica y al involucrar a la comunidad local que se beneficia de los servicios ecosistémicos.

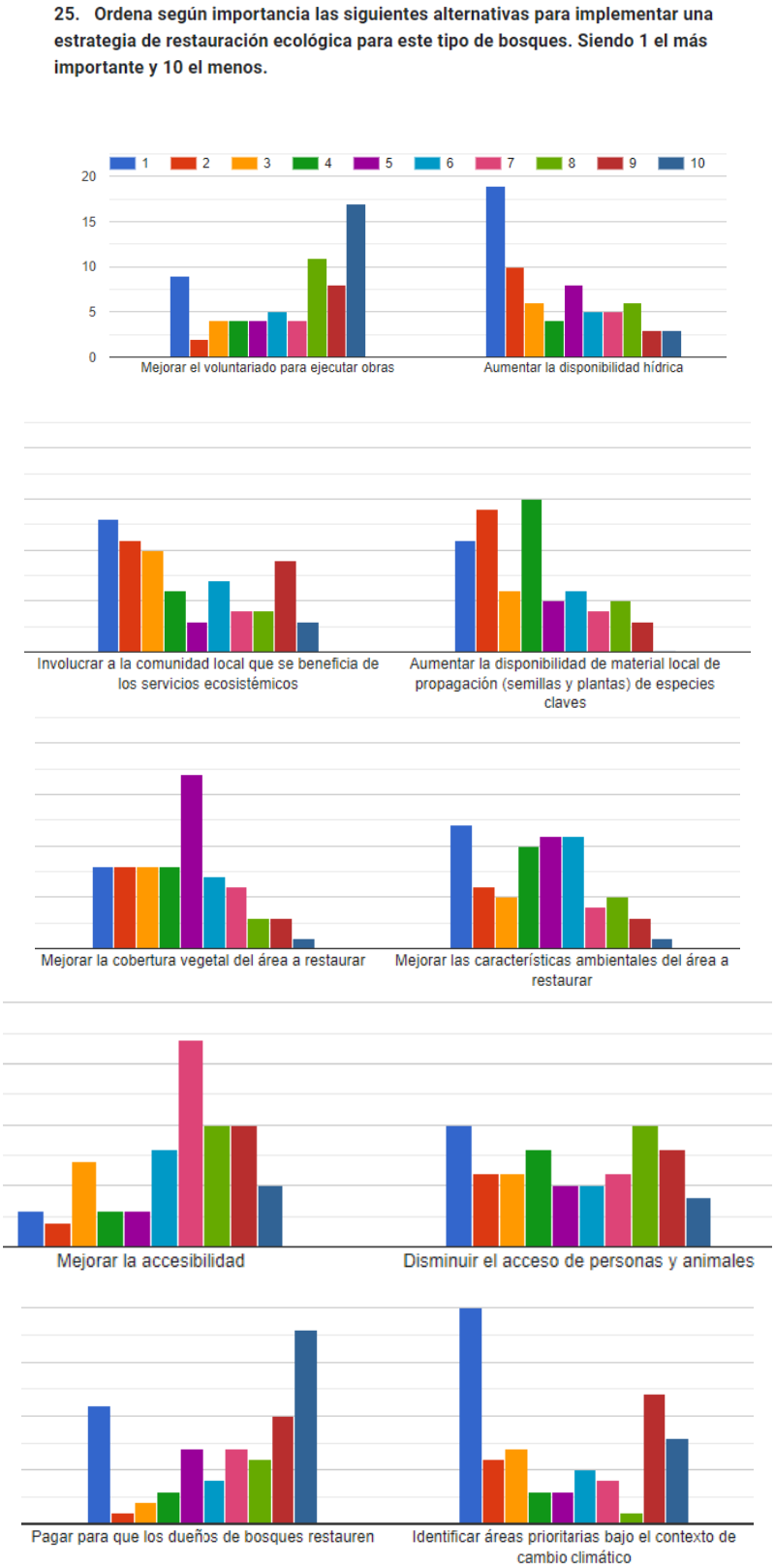


Figura 61. Resultado encuesta CONAF, pregunta 25.

Consideraciones finales

Es relevante la necesidad de mejorar la comprensión de los factores sociales como uno de los componentes claves para el proceso de toma de decisiones al momento de decidir que, como y donde restaurar. De esta manera a través de un modelo participativo se considera una gobernanza horizontal con colaboración activa, integrando diferentes conocimientos y habilidades interdisciplinarias, pero partiendo con la comunidad, pues ellos son los que tienen una relación directa con la reserva, viéndose beneficiados o afectados por acciones que se puedan realizar en ella. Es así como a partir de esta primera encuesta destinada a quienes visitan la reserva, ya se tiene una visión de su interés frente a acciones concretas y la importancia que tiene la restauración ecológica, particularmente en este caso del bosque nativo. Por otro lado, se debe llegar a la comunidad propiamente tal que vive en las cercanías de la reserva y cuál es su opinión frente a la restauración y que tan importante sería participar en ella. Como se mencionó anteriormente, esta encuesta está diseñada para distintos grupos, donde ya se está trabajando en la encuesta destinada a docentes y personas ligadas a la restauración.

3. Conclusiones

Cómo ha sido señalado en los resultados cada uno de los objetivos, el proyecto, se ha podido desarrollar con normalidad, cumpliendo con la planificación del presente año.

Particularmente las plantaciones de las especies en estudio han evidenciado el efecto que tiene la cobertura vegetacional en su sobrevivencia, donde los sectores más cerrados mostraron un mayor número de individuos vivos. Respecto a las especies, *B. miersii* es la que ha mostrado mejores respuestas en términos de sobrevivencia, siendo una especie clave a la hora de tomar decisiones respecto a la estructura con la cual se podría comenzar a restaurar estos tipos de bosques.

Respecto a las evaluaciones fisiológicas de las plantaciones realizadas por la reserva, tanto para la fluorescencia como para el potencial hídrico los mejores valores fueron para las plantas con protección de dosel, la cual entrega mejores condiciones ambientales y menor estrés.

Al considerar la identificación de sitios prioritarios para la conservación y restauración, la persistencia del nicho ecológico pese al cambio climático es clave, dado que el potencial de adaptación juega un papel relevante a la hora de seleccionar zonas idóneas para estas medidas de gestión territorial, ya que es preciso optimizar los esfuerzos en zonas que representen un hábitat adecuado en el presente y en el futuro.

Para el caso de la evaluación de la regeneración se apreció la mortalidad de las plántulas en su primera etapa ontogénica post germinación, donde gran parte de los individuos registrados en 2022 se encontraron muertos en 2023. Otro elemento destacable es la mayor proporción de individuos de *C. alba* lo cual podría demostrar una mejor adaptación a las condiciones hídricas existentes actualmente, en comparación con las demás especies hidrófilas, también es necesario resaltar los niveles de mortalidad que se observaron, ya que, por una parte, el reclutamiento muestra altas tasas, sin embargo, llega a un cierto nivel de crecimiento, donde otros factores estarían afectando su desarrollo y sobrevivencia, donde aparentemente la menor disponibilidad hídrica podría ser un factor determinante.

En cuanto a las trampas de captura de semillas *B. miersii* es la especie que presenta mejores resultados hasta el momento, siendo relevante el material colectado de la Quebrada “El Árbol”.

Finalmente es relevante la necesidad de mejorar la comprensión de los factores sociales como uno de los componentes claves para el proceso de toma de decisiones al momento de decidir que, como y donde restaurar. Por lo que el uso de encuestas a diferentes públicos permitirá capturar el interés frente a acciones concretas y la importancia que tiene la restauración ecológica, particularmente en este caso del bosque nativo.

4. Carta Gantt actualizada

Actividades	2023											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1. Evaluar la variabilidad genética asociada a la supervivencia y crecimiento inicial de tres localidades de lingue, belloto, patagua y peumo, establecidas en un ensayo de jardín común												
Colecta común de semillas para jardín												
Análisis de semilla en laboratorio												
Germinación de semillas y producción de plantas												
Establecimiento ensayo												
Aplicación riego de apoyo al establecimiento												
Monitoreo y evaluación del crecimiento y sobrevivencia												
Evaluación biomasa												
2. Evaluar el efecto de distintos métodos de restauración activa en el desempeño inicial en crecimiento y supervivencia de plantas de lingue, belloto del norte, patagua y peumo, establecidas con aplicación de micorrizas y bajo distintos métodos de protección contra la radiación												
Colecta de semillas para restauración												
Análisis de semilla en laboratorio												
Producción de plantas												
Establecimiento ensayo restauración												
Establecimiento de técnicas de restauración (preparación de suelo, protección, retenedores de humedad)												
Aplicación riego de apoyo al establecimiento												

Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de la plantación con acciones previas de restauración en el sitio												
Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de plantación 2022												
3. Evaluar la capacidad del bosque hidrófilo de quebradas como fuente semillera para la restauración												
Identificación de sitios para la restauración del bosque hidrófilo												
Análisis de suelo												
Identificación de fuentes semilleras de especies hidrófilas												
Identificación del ecosistema de referencia												
Levantamiento de información del ecosistema de referencia												
Instalación de parcelas de monitoreo (producción de semillas y regeneración)												
Monitoreo de parcelas												
Análisis de semillas en laboratorio												
Elaboración del índice de calidad- degradación de bosque												
4. Difundir los resultados y logros de la evaluación como una herramienta para la gestión de los bosques y los resultados de las prácticas de restauración ensayadas												
Lanzamiento página web												
Seminario inicio proyecto												
Charla técnica 1												
Charla técnica 2												
Charla técnica 3												

Presentación de resultados en Congreso Nacional												
Manual de restauración												
Seminario cierre de proyecto												
5. Aumentar la comprensión en los procesos participativos de restauración de bosques a través una metodología participativa y colectiva con actores claves involucrados en ella												
Implementación de metodologías participativas												
Técnicas de recolección de la información												
Análisis de la información												

Folio010021

Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile, 41: 125-144 (1988)

INSECTOS EPIGEOS DE AMBIENTES ALTOMONTANOS EN CHILE CENTRAL: ALGUNAS CONSIDERACIONES BIOGEOGRAFICAS CON ESPECIAL REFERENCIA A TENEBRIONIDAE Y CURCULIONIDAE (COLEOPTERA)

MARIO ELGUETA D.
Sección Entomología, Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago - Chile.

RESUMEN

Se estudia la fauna de insectos epigeos presente en los ambientes altomontanos de Chile Central, con recolecciones en cinco localidades de la Cordillera de los Andes y en cinco localidades de la Cordillera de la Costa y con la revisión de todas las citas conocidas en la bibliografía.

Se encuentra que los coleópteros Tenebrionidae y Curculionidae son los taxa con mayor riqueza específica, asociados a la vegetación en cojín de las estepas frías de altura.

Se registran 57 especies de Tenebrionidae, 42 especies de Curculionidae y 37 otros taxa de insectos epigeos. Un total de 1.187 ejemplares fueron colectados.

Se entregan las distribuciones y condiciones de hábitat característicos para cada taxa y se discuten los posibles mecanismos que han podido dar por resultado la distribución actual de los coleópteros citados.

Se reconocen bajas densidades en las poblaciones altoandinas. Se atribuye al aislamiento geográfico la mayor incidencia de especies endémicas en la Cordillera de la Costa.

ABSTRACT

The epigeic fauna of the high mountain environments of Central Chile was studied, based on recolections on 5 stations that were largely sampled both, Andes and Coastal Range, and reviewing all the available literature.

The Coleoptera Tenebrionidae and Curculionidae showed the highest species richness and were always associated with the cushion-type vegetation of the high altitude steppes.

57 Tenebrionidae, 42 Curculionidae, and 37 other insect species were listed. A total of 1,187 individuals were collected. The geographical distributions and characteristics of their habitats are also recorded.

The possible mechanisms that could explain the actual distributions of the cited Coleoptera are discussed. Curiously, most of the species showed low densities.

A higher number of endemic species was found in the Costal Range, and it can be attributed despite others factors, to the geographical isolation among populations.

Folio010022

INTRODUCCION

No se han efectuado con anterioridad estudios intensivos tendientes a caracterizar la estomofauna presente en ecosistemas altomontanos de Chile Central. Sólo existen referencias acerca de la presencia de categorías taxonómicas superiores; Kuschel (1960) menciona como dominantes, para la zona montañosa comprendida entre los paralelos 36° y 48°, a los géneros *Adioristus*, *Scotoeborus* y *Cylydrorhinus* (Curculionidae: Cylydrorhinini) y a *Epipedonota* (Tenebrionidae: Nycteliini); Noodt *et al.* (1962), mencionan la presencia de Coleoptera, Diptera, Homoptera, Thysanura, Orthoptera, Hemiptera, Thysanoptera y Siphonaptera, sin entrar en detalles sobre las especies encontradas. Looser (1932) entrega un listado de 17 especies de insectos, en su casi totalidad no epigeos, encontrados en una localidad andina.

Peña (1966a) entrega información más precisa acerca de la distribución geográfica de las especies conocidas para Chile de la familia Tenebrionidae, haciendo notar el carácter netamente altomontano de muchos de los taxa. En otro trabajo de corte biogeográfico (Peña, 1966b), se propone una división de Chile en 18 zonas, utilizando a Tenebrionidae como indicadores; de estas áreas revisten particular interés las zonas VII y IX, por comprender los ambientes cordilleranos de Chile Central. Este autor menciona como representantes característicos de dichas regiones, a miembros de las tribus Epitragini *(Nyctopetus)*, Nycteliini *(Nyctelia, Epipedonota, Psectrascelis* y *Auladera)* y Praocini *(Praocis* y *Falsopraocis)*.

Con posterioridad Di Castri (1968), menciona como elementos típicos de ambientes altomontanos a Tenebrionidae, Curculionidae (Cylydrorhinini y Listroderini), Carabidae, Staphylinidae y Scydmaenidae.

Kuschel (1969) al efectuar un análisis biogeográfico de los Coleoptera de la subregión de la Patagonia, menciona a *Scotoeborus* (actualmente *Cylydrorhinus)*, *Puranius* (actualmente *Macrostyphlus)* y *Listroderes* (Curculionidae: Cylydrorhinini y Listroderini) como ejemplos de Curculionidae, dominantes en el área andina. En forma más general hace notar el carácter de restringido o confinado a la subregión Patagónica de las tribus Nycteliini, Scotobiini y Praocini (Tenebrionidae).

Tomando como elemento de referencia a Curculionidae, O'Brien (1971) estima que para la zona central de Chile las especies de áreas altas son las mismas en la Cordillera de la Costa y en la de los Andes; este autor hace notar la dominancia, en cuanto a riqueza específica, de los géneros *Adioristus* (actualmente *Cylydrorhinus)*, *Listroderes* y *Cyphometopus*.

Por último (Elgueta, antecedentes no publicados), en un estudio de una especie de Curculionidae con distribución geográfica discontinua, presente en ambas cordilleras en la zona central del país, se pone en evidencia un patrón de diferenciación de poblaciones y de poblamiento que pareciera ser general, si se considera lo sugerido para otros grupos de animales, en especial lagartijas, en la región central de Chile (Fuentes & Jacksic, 1979).

El presente trabajo intenta proporcionar la información básica de referencia, esto es, caracterizar la entomofauna altomontana de Chile Central, para la ejecución de estudios posteriores tendientes a documentar aspectos biogeográficos y evolutivos de las especies. Se ha considerado en este caso sólo a los insectos epigeos, efectuando algunos alcances sobre el probable origen de los grupos presentes en las áreas que se estudian. Cabe destacar que para la región montañosa costera, al menos para la zona a la cual se hará referencia en este trabajo, la distribución geográfica del ambiente que se puede considerar como altomontano es completamente discontinua; esto también es válido al comparar ambos macizos montañosos.

GUETA / Insc / Insecteclocciaccios Folio010023

MATERIALES Y METODOS

Durante 4 años y entre las épocas de primavera a otoño (1981 a 1984), se efectuaron recolecciones de la entomofauna epigea presente en la formación vegetacional de estepa fría de altura (estepa arbustiva andina; *sensu* Quintanilla, 1981), en Chile Central entre los 32° 37' y 34° 05' de latitud Sur, en un conjunto de 10 localidades; de estas, 5 se encuentran en la Cordillera de los Andes y 5 en la Cordillera de la Costa. Las recolecciones se efectuaron, en promedio, entre los 1.800 y 2.800 msm para el caso de las localidades andinas y entre los 1.800 y 2.200 msm para el caso de las localidades ubicadas en la Cordillera de la Costa. Se efectuó un total de 26 recolecciones, con un número variable entre localidades; para las localidades andinas el promedio fue de 2 recolecciones y para el caso de aquellas localidades de la Cordillera de la Costa, el promedio fue de 3 recolecciones. Las localidades menos muestreadas, sólo una recolección, corresponden a aquellas más alejadas de Santiago (Portillo y Cerro Piedra del Gaucho).

Las localidades escogidas para desarrollar el presente estudio son, de Norte a Sur, las siguientes (entre paréntesis se entregan las coordenadas geográficas, el rango de altura muestreado y, para fines prácticos, las abreviaturas utilizadas para designar a cada localidad):

Cordillera de los Andes: Portillo (32° 50' S y 70° 08' W, 2.700 a 3.000 msm, POR), Farellones (33° 18' S 70° 19' W, 2.000 a 3.600 msm, FAR), Lagunillas (33° 35' S 70° 14' W, 2.200 a 2.600 msm, LAG), Lo Valdés – Baños Colina (33° 50' S 70° 05' W, 1.700 a 2.400 msm, VAL) y Caletones (34° 05' S 70° W, 1.600 a 2.500 msm, CAL).

Cordillera de la Costa: Cerro Piedra del Gaucho (32° 37' S 71° 03' W, 1.800 a 2.200 msm, GAU), Cerro La Campana (32° 55' S 71° 07' W, 1.800 a 1.920 msm, CAM), Cerro El Roble (32° 57' S 71° 02' W, 2.000 a 2.250 msm, ROB), Cerro Roble Alto (33° 11' S 71° 00' W, 1.900 a 2.180 msm, CHI) y Alto de Cantillana (33° 57' S 70° 58' W, 1.800 a 2.280 msm, CAN).

Las recolecciones de material se efectuaron en forma manual, buscando bajo plantas y otros objetos, y una fracción pequeña proviene de estudios de fauna del suelo, extraida mediante embudos de Berlese-Tullgren y la cual corresponde a fauna superficial; para cada caso se registraron las condiciones de captura (hábitat). Todos los ejemplares reunidos se conservaron en alcohol etílico al 70%, para ser posteriormente montados; todo este material se encuentra depositado en la Sección Entomología del Museo Nacional de Historia Natural (Santiago, Chile).

Con posterioridad, el material fue identificado al nivel taxonómico más inferior, según el estado de conocimiento de cada grupo; las identificaciones se efectuaron a base del material tipo y material determinado por especialistas, presentes en la Sección Entomología del Museo Nacional de Historia Natural, o bien mediante el análisis de las descripciones originales.

A este respecto cabe señalar que aún cuando no se han efectuado para nuestro país estudios exhaustivos tendientes a caracterizar la entomofauna presente en ambientes de tipo esteparío, existe un conocimiento taxonómico a nivel específico bastante completo para el caso de Tenebrionidae. Lo anteriormente expuesto se refleja en la mayor cantidad de trabajos en los cuales se mencionan especies de esta familia que se encuentran en el tipo de ambiente objeto de este estudio (Peña, 1966a, 1971a, 1973a, 1974a, 1975a y 1985a; Kaszab, 1969; Freude, 1981a y b), así como también en las determinaciones del material de esta familia que ha sido posible reunir; en este caso, a la mayoría de las especies se les ha podido asignar un nombre previamente conocido.

Folio010024

Para los Curculionidae en cambio, las referencias son escasas (Germain, 1895a y b, 1896; Elgueta, 1985a y b). Se puede decir que, en general, los Curculionidae de zonas altomontanas aún se encuentran en una etapa de conocimiento básico, es decir falta por describir un alto porcentaje de especies; obviamente esto se refleja en las determinaciones del material reunido, las que en su gran mayoría sólo llegan al nivel genérico.

El presente trabajo hace especial referencia a dos familias de Coleoptera, Tenebrionidae y Curculionidae, las cuales exhiben una mayor riqueza específica a nivel mundial; ambas en conjunto comprenden más del 10°/o de la representación específica mundial de insectos (Britton, 1979). En nuestro país cada una de estas familias contribuye en más del 10°/o al total de especies conocidas para Chile, las cuales se estiman en cerca de 4.000.

Para la caracterización vegetacional del área estudiada se remite a Quintanilla (1981) y para la climatología a Di Castri y Hajek (1976).

RESULTADOS

Se recolectaron 1.187 ejemplares adultos de insectos epigeos, en el conjunto de localidades escogidas, los cuales corresponden a 102 especies de Coleoptera, 12 de Hemiptera (Heteroptera), 2 de Phasmatodea y 2 de Orthoptera. La revisión bibliográfica permitió adicionar 18 especies más de Coleoptera (15 de Tenebrionidae, 2 de Archeocrypticidae y 1 de Curculionidae), al indicarse como presentes en alguna de las áreas estudiadas, aún cuando los autores no mencionan con exactitud el tipo de ambiente en el cual fueron recolectados los ejemplares ni la altura. Se incluyen en este caso todas aquellas especies de Tenebrionidae mencionadas por Kaszab (1969) como presentes en el Cerro El Roble (para mayores detalles de las colectas del material estudiado por Kaszab véase Andrássy *et al.*, 1967).

En Cuadros 1 a 3 se entregan en una secuencia sistemática, los registros de especies presentes en cada localidad estudiada; las frecuencias de captura y condiciones de colecta (hábitat general) se entregan a nivel genérico en Cuadros 4 a 6.

Folio010025

CUADRO 1

Presencia de las especies de Tenebrionidae, en el conjunto de localidades estudiadas. Para la correspondencia de las abreviaturas de localidades ver Materiales y métodos.

	Localidades									
	Cord. de la Costa					Cord. de los Andes				
	GAS	CAM	ROB	CHI	CAN	POR	JAR	LAG	VAL	CAL
Epitragini										
Nycteporus carinatus (Phil. & Phil.)			(1)	X						
Nycteporus maculipennis (Laporte)									(2)	
Nycteporus aff. *manni* Freude					X					
Nycteporus n. niger Germain	X		(1)	X			X	X		X
Nycteporus penai Freude			(1)							
Nycteporus t. rubripes (Phil. & Phil.)					(3)		X	X	X	
Apidiolobus gen. Peña	X		X	X	X				X	
Eutyrautagini										
Anthracosoma sp.					X					
Leymitini										
Peltolobus waterhousei Bates					X					
Stenotini										
Discopleurus balaghi Kaszab			(2)							
Gonosoma chilense Waterhouse	X	X	X	X	X			X		X
Gonosoma latus Kaszab			(2)							
Gonosoma m. robustus Kaszab							(2)			
Nycteliini										
Nycteliq valcarcei Formane									X	
Epipedonota andina (Germain)							X			
Epipedonota punctata Germain				X			(2)			
Epipedonota penai Kulzer					X					
Epipedonota rugosa Waterhouse							X	X		X
Epipedonota sp. 1					X					
Epipedonota sp. 2										X
Psectrascelis cinerea Solier	X			(4)	X			X		
Psectrascelis castaneipes Fairmaire			X	X						
Psectrascelis angustecostata (Germain)			(2)	(5)			X			
Psectrascelis subcostata (Germain)					X					
Talaskus analis (Blanchard)						X	(2)			
Scotobiini										
Scotobius andinus Kaszab									(2)	
Scotobius kirbyi Solier			(2)							
Scotobius nigrinus Guérin							(2)			
Scotobius sp. 1		X	X	X	X	X		X	X	X
Scotobius sp. 2							X			
Elasdini										
Nycterinus subsinuatus Solier			(2)		(6)		(2)		(2)	
Nycterinus sp.	X	X		X	X	X		X		X
Physogasterini										
Eutrichillus tarsalis Guérin									(2)	
Isocerocelidus palosus (Solier)				X						
Eutrichillus sp. 1						X				
Eutrichillus sp. 2	X									
Praocini										
Praocis gilgera Germain					X					
Praocis carinata Germain	X									
Praocis cherriensis Guérin									X	
Praocis crihens Solier									(5)	X
Praocis elevata Germain					X					
Praocis planipenis Solier							(2)		X	
Praocis plicicollis Germain	X	X	X	X			X	X		
Praocis rufithorax Solier					X			X	(5)	
Tabaquea rectangula (Solier)							X			
Pedinini										
Blapstinus punctulatus Solier							(2)		(2)	
Apocryphini										
Apocrypha elegans Solier			(2)						(2)	
Apocrypha solieri Kaszab					X					
Apocrypha sp. 1		X								
Apocrypha sp. 2										
Misolampini										
Heliofugus collaris (Germain)					X					
Heliofugus subcostatus Germain	X	X	X	X			X			
Heliofugus zaca Kaszab			(2)							
Heliofugus sp.			(2)		X			X		
Myrmecoderma cycloramodes Germain					(7)					
Myrmecoderma elongatula Peña										
Incertae Sedis										
Armadio sp.					X					
Número total de especies	9	6	17	15	19	4	16	10	14	7
Número de especies recolectadas	9	6	6	13	16	4	9	10	6	7

X = colectas del autor

[illegible] = citas de otros autores: (1) Freude, 1981a; (2) Kaszab, 1969; (3) Freude, 1981b; (4) Peña, 1985a; (5) Peña, 1968a; (6) Peña, 1971a; (7) Peña, 1971c; * = presencia dudosa.

Folio010026

CUADRO 2

Presencia de las especies de Curculionidae, en el conjunto de localidades estudiadas.

	Localidades									
	Cord. de la Costa					Cord. de los Andes				
	GAU	CAM	ROB	CHI	CAN	POR	FAR	LAG	VAL	CAL
Polydrosinae										
gen. sp.					X	X				
Entiminae: Leptopiini										
Parergus sp. 1					X			X	X	X
Parergus sp. 2					X		X		X	
Strangaliodes niger (Blanchard)	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Cyphometopus sp. 1				X	X		X		X	
Cyphometopus sp. 2			X	X	X	X		X		X
Cyphometopus sp. 3								X	X	X
Entiminae: Cylydrorhinini										
Cylydrorhinus sp. 1		X			X					
Cylydrorhinus sp. 2			X		X					
Cylydrorhinus sp. 3			X	X						
Cylydrorhinus sp. 4							X			
Cylydrorhinus sp. 5							X			
Cylydrorhinus sp. 6	X					X			X	
Cylydrorhinus sp. 7									X	
Cylydrorhinus frigidus (Germain)							X			
Cylydrorhinus percostatus (F. & G.)					X					
Cylydrorhinus punctulatus (Waterhouse)					X					
Cylydrorhinus sp. 8			X	X	X					
Cylydrorhinus sp. 9					X					
Cylydrorhinus sp. 10						X	X	X	X	X
Cylydrorhinus denticulatus (F. & G.)						X				X
Rhytirrhininae										
Macrostyphlus sp. 1					X					
Macrostyphlus sp. 2				X						
Macrostyphlus sp. 3	X		X							
Macrostyphlus sp. 4		X								
Macrostyphlus sp. 5							X	X		
Macrostyphlus sp. 6										X
Macrostyphlus sp. 7								X		
Listroderes bimaculatus Boheman		X	X		X		X		X	X
Listroderes curvipes Germain					X					X
Listroderes erinaceus Germain					(1)					
Listroderes montanus Germain					X					
Listroderes murinus Germain				X	(2)					
Listroderes sp. 1							X			
Listroderes sp. 2								X		
Listroderes sp. 3								X		
Molytinae										
Porteriella brevis (Phil. & Phil.)		X		X						
Magdalidinae										
Heteromagdalis montana Elgueta		X		X				X		
Cryptorhynchinae										
Cnemecoelus sp.			X	X	X		X			
Rhyephenes gayi (Guérin)		X		X	X	X	X			X
gen. sp. 1			X	X						X
gen. sp. 2				X						
Número total de especies	3	7	9	13	20	6	12	10	9	11
Número total de especies recolectadas	3	7	9	13	18	6	12	10	9	11

X = colectas del autor

( ) = citas de otros autores: (1) Germain, 1895a; (2) Germain, 1986.

Folio010027

CUADRO 3

Presencia de otras especies de Insecta, en el conjunto de localidades estudiadas.

	Localidades									
	Cord. de la Costa					Cord. de los Andes				
	GAU	CAM	ROB	CHI	CAN	POR	FAR	LAG	VAL	CAL
Orthoptera: Tristiridae										
Moluchacris cinerascens (Philippi)										X
Moluchacris sp.				X						
Phasmatodea: Pseudophasmatidae										
Agathemera sp.	X			X						
Agathemera crassa (Blanchard)					X					
Hemiptera: Nabidae										
Nabis sp.							X			
Tingidae										
Stenocader tingidoides (Spinola)										X
Reduviidae										
Bergemesa sp.	X									
Triatoma spinolae Porter	X									
Coreidae										
Elderca nigra Signoret	X				X			X		
Margus nigropunctatus Signoret	X									
Rhopalidae										
Harmostes signoreti Reed								X		
Pentatomidae										
Acledra albocostata (Spinola)							X	X	X	
Acledra dimidiaticollis (Spinola)			X							
Hyperbius geniculatus (Signoret)			X					X		X
Pentatoma haematopus (Spinola)	X			X						
Parajalla sanguineosignata (Spinola)							X			
Coleoptera: Carabidae										
Bembidion sp.							X			
Nothocys nigrita (Solier)							X			
Trechisibus sp.					X					X
Trechisibus sp.					X					X
Pterostichus meticulosus Dejean									X	
Merius sp.									X	
Cnemalobus cyaneus Brullé			X	X	X					
Nemagiossa brevis Solier					X					
Cyanotarus andinus Germain				X	X			X		
Mimodromius sp.							X	X		
Falsodromius erythrops (Solier)										X
gen. sp. 1							X			
gen. sp. 2					X					
Buprestidae							X	X	X	X
Ectinogonia buqueti speciosa (Germain)		X								
Ectinogonia sp.				X	X					
Elateridae										
Nyctophixis ocellatus (Candeze)				X	X				X	
Anobiidae										
gen sp. (aff. Emobius)		X	X	X	X			X		
Archeocrypticidae										
Enneboeus chilensis (Kaszab)							(1)			
Enneboeus patagonicus (Kaszab)			(1)				(1)			
Cerambycidae										
Neotephos rachelis Fisher				X	X				X	
Microcleptes sp.				X						
Chrysomelidae										
Dyctinelis sp.		X	X	X	X					
Número total de especies	7	2	6	11	12	0	10	8	6	7

X = colectas del autor
( ) = citas de otros autores: (1) Kaszab, 1969.

Folio010028

CUADRO 4

Frecuencia de capturas para géneros de Tenebrionidae y características de colecta.

	bajo *Mulinum spinosum*	bajo piedras y/o palos	bajo otros vegetales	vagabundo	Total
Nyctopetus	42	4	–	–	46
Aspidolobus	15	–	–	–	15
Arthroconus	–	1	–	–	1
Peltolobus	5	–	–	–	5
Grammicus	23	18	1	–	42
Nyctelia	–	–	–	4	4
Epipedonota	5	6	5	11	27
Psectrascelis	47	3	1	–	51
Auladera	4	–	–	–	4
Scotobius	13	26	–	–	39
Nycterinus	21	21	–	–	42
Entomochilus	4	–	–	–	4
Praocis	127	16	6	1	150
Falsopraocis	–	30	–	–	30
Apochrypha	4	2	–	–	6
Heliofugus	22	2	3	–	27
Myrmecodema	-	1	–	–	1
Afrasidia	1	–	–	–	1
Total	333	130	16	16	495

CUADRO 5

Frecuencia de capturas para géneros de Curculionidae y características de colecta

	bajo *Mulinum spinosum*	bajo piedras y/o palos	bajo otros vegetales	Total
Polydrosinae *gen. sp.*	1	–	1	2
Parergus	2	5	–	7
Strangaliodes	164	33	–	197
Cyphometopus	14	20	2	36
Cylydrorhinus	40	108	3	151
Macrostyphlus	15	7	8	30
Listroderes	17	29	11	57
Porteriella	3	3	2	8
Heteromagdalis	11	–	–	11
Cnemecoelus	7	2	1	10
Rhyephenes	2	1	8	11
Cryptorhynchinae *gen. sp.* 1	5	1	–	6
Cryptorhynchinae *gen. sp.* 2	–	–	1	1
Total	281	209	37	527

Folio010029

CUADRO 6

Frecuencia de capturas para otros géneros de insectos y características de colecta.

	bajo *Mulinum spinosum*	bajo piedras y/o palos	bajo otros vegetales	total
Moluchacris	5	–	–	5
Agathemera	16	–	–	16
Nabis	1	–	–	1
Stenocader	1	–	–	1
Bergemesa	1	–	–	1
Triatoma	–	1	–	1
Eldarca	7	–	–	7
Margus	2	–	–	2
Harmostes	1	–	–	1
Acledra	9	–	–	9
Hyperbius	9	–	–	9
Pentatoma	12	–	–	12
Parajalla	4	–	–	4
Bembidion	–	2	–	2
Nothocys	–	1	–	1
Trechisibus	5	–	–	5
Pterostichus	1	2	–	3
Metius	–	1	–	1
Cnemalobus	9	–	1	10
Nemaglossa	–	1	–	1
Cyanotarus	2	3	–	5
Mimodromius	–	2	–	2
Falsodromius	1	–	–	1
Carabidae *gen. sp.* 1	–	3	–	3
Carabidae *gen. sp.* 2	–	5	–	5
Ectinogonia	3	–	–	3
Nyctophixis	3	–	–	3
Anobiidae *(aff. Ernobius)*	13	–	–	13
Neotaphos	2	–	–	2
Microcleptes	18	–	–	18
Dyctineis	18	–	–	18
Total	143	21	1	165

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Diversidad y abundancia

Entre los insectos epigeos altomontanos, los grupos mejor representados son los Coleoptera Tenebrionidae (57 especies) y Curculionidae (42 especies); la primera de estas familias contribuye con un poco más del 41% al total de especies registradas y la segunda

Folio010030

con más del 30°/o. Cabe destacar el hecho de que en una zona relativamente pequeña, se encuentra presente más del 13°/o de las especies de Tenebrionidae conocidas para Chile[1] y cerca del 12°/o de las de Curculionidae.[2]

Debido al hecho de no contar con la información básica adecuada para un análisis más detallado, fundamentalmente datos de distribución y hábitat, acerca de Hemiptera, Orthoptera y familias de Coleoptera como Carabidae, Buprestidae, Elateridae, Anobiidae, Cerambycidae, Archeocrypticidae y Chrysomelidae, todos los análisis posteriores se fundamentarán exclusivamente en los datos de que se dispone acerca de Tenebrionidae y Curculionidae.

Dentro de la familia Tenebrionidae, los grupos mejor representados en cuanto a riqueza específica son: Epitragini con más del 11°/o, Nycteliini con más del 20°/o y Praocini con más del 15°/o del total de especies registradas de esta familia. A nivel genérico destacan *Nyctopetus* y *Epipedonota* cada uno con más del 10°/o y Praocis con más del 13°/o del total de especies; así se tiene que sólo 3 géneros contribuyen con más del 33°/o del total de especies que se encuentran en el conjunto de localidades estudiadas. La importancia de las tribus mencionadas ha sido notada con anterioridad, al menos una de ellas, por otros autores (Kuschel, 1960 y 1969; Peña, 1966b).

Entre los Curculionidae destacan por su riqueza específica, las subfamilias Entiminae (Leptopiini y Cylydrorhinini) y Rhytirrhininae, contribuyendo con más del 47°/o y 35°/o, respectivamente, al total de especies registradas. Los géneros más diversificados en este caso son *Macrostyphlus, Listroderes* y *Cylydrorhinus,* contribuyendo en conjunto con cerca del 69°/o de especies encontradas en la zona en estudio; se debe señalar que estos géneros, en algunos casos en su forma sinonímica, han sido previamente señalados como dominantes en regiones altomontanas (Kuschel, 1969).

Característica común a todas las especies es la de presentar bajas densidades, según se desprende de las colectas que en su gran mayoría son menores a 10 ejemplares por especie y por día de colecta.

Hábitat

La observación de los datos entregados en Cuadros 4 a 6, muestra en general una marcada preferencia por *Mulinum spinosum;* más del 63°/o del total de ejemplares recolectados fueron encontrados bajo la cobertura de esta especie vegetal. Se piensa que esta preferencia estaría dada por la existencia de mejores condiciones microambientales bajo esta planta, la cual es espinosa, tiene una forma de crecimiento en cojín, posee una fronda tupida y más o menos rígida y mantiene además una gran cantidad de hojarasca.

Se ha observado una alta especificidad de hábitat por parte de algunos elementos, tales como *Strangaliodes niger* en localidades de la Cordillera de la Costa (100°/o de los ejemplares encontrados bajo *M. spinosum)* y *Falsopraocis richardae* en la localidad de Farellones (todos los ejemplares encontrados bajo piedras).

Taxonomía y nomenclatura

La diferenciación de las poblaciones altomontanas, ya sea de las costeras entre sí como entre éstas y sus equivalentes andinas, refleja un rango que va desde una plena identidad morfológica pasando por situaciones que muestran diferencias morfológicas menores, índice

---

1 464 especies conocidas para Chile, incluyendo Alleculinae (basado en Freude, 1967, 1968, 1981a y b, 1987; Gebien, 1910a; Kaszab, 1969, 1970, 1978a y b, 1981a y b; Marcuzzi, 1976; Peña, 1966a, 1967, 1971a y b, 1973a - c, 1974a y b, 1975a - c, 1976, 1980, 1985a y b, 1986a y b; Watt, 1967, 1974, 1982).

2 364 especies para Chile, excluyendo Scolytidae (basado en Wibmer & O'Brien, 1986; Elgueta, 1986).

Folio010031

claro de encontrarse frente a formas geográficas que podrían merecer un rango taxonómico de nivel subespecífico (caso de *Strangaliodes niger*, antecedentes no publicados), hasta situaciones que presentan claras diferencias mereciendo, en este caso, un rango específico.

Al respecto se debe hacer notar las dificultades encontradas para determinar en un nivel específico las formas de Tenebrionidae recolectadas, debido a la ausencia de caracteres claramente excluyentes entre elementos afines. Se estima que un estudio a profundidad de algunas de las formas de *Psectrascelis* y *Praocis* podría arrojar evidencia de coespecificidad, de tal manera que aquellas consideradas en la actualidad como especies distintas, correspondan a formas geográficas que a lo más podrían merecer un rango taxonómico de carácter subespecífico.

Aspectos biogeográficos

Del total de especies de Tenebrionidae registradas, un poco más del 35% pueden ser consideradas como propias de ambientes altomontanos; esto se basa en las referencias bibliográficas mencionadas previamente para esta familia. Considerando sólo las especies recolectadas en este estudio (42), más del 15% del total es posible que sean endémicas, si se tiene en cuenta que sólo se conocen de una de las localidades estudiadas; de estas especies, 6 se han registrado sólo para zonas cordilleranas costeras (*Peltolobus waterhousei, Epipedonota penai, Psectrascelis cinerea, Ps. subcostata* y *Praocis ebenina* en Alto de Cantillana y *E. paulseni* en Cerro Roble Alto) y 3 para zonas andinas (*E. andina* y *Ps. impressicollis* en Farellones y *Nyctelia vulcanica* en el área Lo Valdés - Baños Colina).

De las especies típicamente altomontanas de Curculionidae, 3 son endémicas: 2 se encuentran sólo en una localidad de la cordillera costera (*Listroderes montanus* y *Cylydrorhinus percostatus* en Alto de Cantillana) y 1 en una localidad andina (*Cylydrorhinus frigidus* en Farellones). Se estima que este cuadro puede variar, en la medida que se completen los estudios taxonómicos en esta familia y los registros en el área.

Se cree que la presencia de un mayor número de especies endémicas en localidades de la Cordillera de la Costa, sería un reflejo del aislamiento espacio-temporal de los ambientes altomontanos de dicha área geográfica; en este caso dado su alto endemismo en relación a ambientes andinos (8 de las 12 especies mencionadas previamente se encuentran en localidades del macizo costero) y considerando su discontinuidad geográfica, estos ambientes estarían comportándose como islas. Para el caso de ambientes esteparios andinos aún cuando aparentemente existiría una continuidad de este tipo de ambiente a través de todas las localidades analizadas, la distribución puntual o restringida de algunas especies estaría hablando en favor de la existencia de una cierta discontinuidad, aún cuando menor que para el caso del área montañosa costera si se considera el menor número de especies endémicas (4 de 12) de localidades andinas.

Por otro lado se debe hacer notar la coexistencia de especies muy relacionadas (simpatría en Alto de Cantillana de *Psectrascelis cinerea* y *Ps. subcostata, Praocis adspersa* y *P. ebenina* y de *Cylydrorhinus sp.* 8 y *Cylydrorhinus sp.* 9), la presencia de elementos afines en distintas localidades de la Cordillera de la Costa y/o localidades andinas y la existencia de formas geográficas (subespecies) para al menos una de las especies de Curculionidae (antecedentes no publicados). A la luz del modelo propuesto por Fuentes & Jacksic (1979) para explicar la diversidad de otros grupos de animales en Chile Central, lo anteriormente expuesto puede interpretarse como el resultado de colonizaciones y disyunciones consecutivas de la distribución geográfica de las especies involucradas, debido a sucesivos cambios climáticos (fundamentalmente glaciaciones) en el área en estudio; se debe hacer notar que la gran mayoría de las especies altomontanas de Tenebrionidae y Curculionidae no poseen alas funcionales, constituyendo por lo tanto unidades de baja movilidad restringidas a su

Folio010032

hábitat particular. Así entonces, la existencia de formas geográficas en aislados cordilleranos costeros y andinos correspondería a una divergencia reciente entre poblaciones cuyos ancestros colonizaron sectores más amplios de ambas cordilleras, debido a la influencia que ejerció la última glaciación en los patrones de distribución de flora y de la fauna asociada; en forma alternativa la simpatría se interpretaría como el resultado final del efecto ejercido por la ocurrencia sucesiva de dos o más eventos glaciales.

La mecánica de colonización, aislamiento de poblaciones y mezcla de formas de tal manera que se dé divergencia poblacional y/o simpatría en alguna de las zonas aisladas, ha sido detallada claramente por Fuentes & Jacksic (1979).

Otro problema que se presenta es el relativo al probable origen de los elementos altomontanos en la región central de Chile; al menos ya se ha sugerido que elementos andinos pudieron llegar a colonizar cimas altas de la cadena montañosa costera (Hellmich, 1952; Fuentes & Jacksic, *op. cit.).*

Como una forma de determinar el origen de los elementos altomontanos, se entrega a nivel genérico la distribución del número de especies de Tenebrionidae y Curculionidae en Chile (Cuadros 7 y 8); los datos corresponden al número de especies que se encuentran en cada una de las grandes regiones bioclimáticas propuestas para nuestro país (Di Castri & Hajek, 1976); para algunos géneros se entrega, con fines comparativos, el número de especies presentes en 3 tramos latitudinales del cono Sur de América.

CUADRO 7

Distribución en Chile y cono Sur de América de las especies de los géneros de Tenebrionidae, encontrados en la zona de estudio.

	Distribución latitudinal en Chile, número de especies (1)			Distribución latitudinal en el cono Sur de América, número de especies (2).		
	17° a 28°	28° a 39°	39° a 56°	13° a 28°	28° a 39°	39° a 56°
Nyctopetus	1	13	2	1	14	3
Aspidolobus	0	3	0			
Arthroconus	3	14	0			
Peltolobus	0	1	1			
Grammicus	0	3	0			
Nyctelia	0	3	15	2	6	52
Epipedonota	1	18	3	9	18	7
Psectrascelis	16	22	0	33	24	10
Auladera	0	3	0			
Scotobius	13	14	1	31	18	4
Nycterinus	8	14	1			
Entomochilus	11	10	0			
Praocis	10	47	4	15	49	7
Falsopraocis	2	1	0			
Apochrypha	0	6	0			
Heliofugus	0	22	3	1	22	4
Myrmecodema	0	5	0			
Afrasidia	0	1	0			

(1) Basado en las publicaciones de Freude, Kaszab y Peña, mencionadas en el texto.
(2) Basado en las referencias previas, más Freude (1959) y Gebien (1910a y b).

Folio010033

CUADRO 8

Distribución latitudinal en Chile de las especies de los géneros de Curculionidae, encontrados en la zona de estudio.

	Distribución latitudinal en Chile, número de especies entre paralelos.		
	17° a 28°	28° a 39°	39° a 56°
Parergus	0	4	0
Strangaliodes	4	7	1
Cyphometopus	1	6	0
Cylydrorhinus	7	20	20
Macrostyphlus	4	4	6
Listroderes	2	35	17
Porteriella	0	1	0
Heteromagdalis	0	1	1
Cnemecoelus	0	3	1
Rhyephenes	0	9	2

La observación de estos datos permite apreciar como en algunos géneros el grueso de las especies se encuentran distribuídas en la región nor-central de Chile, lo cual se interpreta como de posible origen sub-tropical; en otros la mayoría de las especies se distribuyen en la región central (elementos posiblemente endémicos derivados de elementos de origen incierto) y por último existen otros cuya mayor cantidad de especies se encuentran en el extremo Sur de América (elementos patagónicos). Así por ejemplo, *Nyctelia* y *Cylydrorhinus* se consideran como típicos elementos australes (origen patagónico), *Psectrascelis* y *Scotobius* se estima han tenido un origen sub-tropical; por último otros parece ser que se han originado en la región central del cono Sur de América (porción central de la subregión Patagónica, *sensu* Kuschel, 1969). En este último caso podrían ser considerados los géneros *Nyctopetus, Aspidolobus, Grammicus, Epipedonota, Auladera, Nycterinus, Praocis, Apochrypha, Heliofugus,* y *Myrmecodema* entre los Tenebrionidae y *Parergus, Strangaliodes, Cyphometopus, Listroderes* y *Rhyephenes* entre los Curculionidae.

Así se tiene que, tanto en el caso de Tenebrionidae como de Curculionidae, en la composición entomofaunística en ambientes de estepa fría de altura en Chile Central, se evidencia la existencia de elementos de probable origen sub-tropical y austral (andino-patagónicos). Dichos elementos han podido establecerse por desplazamiento desde otras áreas y por colonizaciones relativamente recientes de elementos previamente diferenciados en zonas bajas (valles y laderas pre-andinas); a éstos habría que agregar aquellos elementos de carácter indudablemente endémico, producto de la diferenciación de poblaciones locales aisladas.

Sobresale el hecho de encontrarse la mayor cantidad de especies distribuídas entre los 28° y 39° de latitud Sur (datos de Cuadros 7 y 8), en concordancia con la alta riqueza específica encontrada para ambas familias en la región estudiada; esto podría interpretarse como debido a:

- poseer la región central de Chile una topografía irregular y complicada.
- haber sido afectada consecutivamente por grandes cambios climáticos a escala de tiempo geológico.
- ser una zona de intergradación de elementos de origen sub-tropical y austral.

Folio010034

Finalmente y para fines comparativos, se entregan en Cuadro 9 datos sobre la cantidad de géneros y especies de Curculionidae y Tenebrionidae registrados en ambas cordilleras. Llama la atención el hecho de encontrar un número similar de taxa de dichas familias en los dos cordones montañosos; lo anteriormente expuesto sugeriría que ambas familias pueden ser consideradas como homólogos ecológicos y quizás si también indicaría que los patrones de poblamiento y diferenciación de poblaciones han sido similares para los dos grupos en la región en estudio.

CUADRO 9

Número de géneros y especies de insectos epigeos presentes en la Cordillera de los Andes y en la de la Costa en Chile Central

		Tenebrionidae	Curculionidae	Carabidae	Hemiptera	Otros	Total
Registro total	Nº de géneros	20	13	12	11	9	65
	Nº de especies	57	42	12	12	13	136
Cordillera de	Nº de géneros	16	11	10	7	7	51
los Andes	Nº de especies	32	26	10	7	8	83
Cordillera de	Nº de géneros	16	13	6	7	9	51
la Costa	Nº de especies	39	29	6	7	10	91
Comunes	Nº de géneros	12	11	4	3	7	36
Andes + Costa	Nº de especies	14	13	4	2	5	38
Exclusivos[1] a	Nº de géneros	4	0	6	4	0	14
Cord. Andes	Nº de especies	18	13	6	5	3	45
Exclusivos[1] a	Nº de géneros	4	2	2	4	2	14
Cord. Costa	Nº de especies	25	16	2	5	5	53

1 = Encontrados, según este estudio, sólo en el área geográfica indicada.

CONCLUSIONES

1. En relación a insectos epigeos altomontanos en Chile Central, los grupos con mayor riqueza específica lo constituyen los Tenebrionidae y Curculionidae.
2. En el área estudiada se ha encontrado cerca del 12°/o de las especies chilenas de Tenebrionidae y más del 11°/o de las de Curculionidae. La elevada incidencia de estos 2 grupos se explica por ser la región central del país un área de accidentada topografía, afectada por drásticos eventos climáticos, factores que han favorecido la diferenciación de los taxa y por tratarse de una zona de superposición en cuanto al avance de elementos hacia el sur y la penetración de elementos australes hacia el norte.
3. Se presentan en las localidades estudiadas formas endémicas y elementos de zonas más bajas.

Folio010035

4. Se consideran como grupos dominantes a los Epitragini, Nycteliini y Praocini dentro de los Tenebrionidae y a Entiminae (Leptopiini y Cylydrorhinini) y Rhytirrhininae (Listroderini) entre los Curculionidae.

5. Entre los Tenebrionidae, 3 son los géneros con mayor cantidad de especies: *Nyctopetus*, *Epipedonota* y *Praocis*, contribuyendo en conjunto con el 35°/o de las especies registradas en esta familia. Para el caso de Curculionidae se tiene que los géneros *Macrostyphlus*, *Listroderes* y *Cylydrorhinus* contribuyen en conjunto con el 69°/o de las especies de esta familia, registradas para el área estudiada.

6. En general los insectos epigeos altomontanos muestran una marcada preferencia de hábitat por plantas en cojín; así, para el conjunto de localidades estudiadas, más del 63°/o del total de ejemplares fueron recolectados bajo la cobertura de *Mulinum spinosum*. Quizás si en este caso la preferencia esté relacionada con una mayor protección frente a posibles depredadores, al tratarse de una planta frondosa y espinosa, y/o por ofrecer el sustrato adecuado para el desarrollo de muchas de las especies.

7. Salvo casos puntuales, las densidades poblacionales son bajas; se estima que esto es un reflejo de las duras condiciones ambientales imperantes en zonas altas.

8. Considerando la discontinuidad de la franja vegetacional altomontana en la región central de Chile, la alta similitud entomofaunística entre ambas cadenas montañosas, la distribución actual en Chile de los géneros registrados y la presencia de elementos de carácter endémico, los cuales son más numerosos en aquellas localidades más aisladas, se estima que:
   - Elementos ancestrales pudieron establecerse en las cimas altas de la Cordillera de la Costa y en ambientes homólogos de la Cordillera de los Andes, como consecuencia de cambios climáticos en épocas pasadas; entre estos se piensa que el efecto de las glaciaciones ha sido el más importante.
   - La simpatría actual de especies morfológicamente muy relacionadas, indicaría que la ocurrencia sucesiva de los eventos glaciales ejercería un efecto multiplicador en la riqueza específica de al menos Tenebrionidae y Curculionidae.
   - Una discontinuidad geográfica mantenida a escala de tiempo geológico ha permitido la diferenciación de poblaciones ancestrales a tal punto que numerosos taxa pueden ser considerados en la actualidad como distintos; esto explicaría la presencia de elementos endémicos en aquellas localidades más aisladas.
   - Elementos de zonas bajas, valles y laderas, han podido establecerse con relativo éxito en ambientes altomontanos.

AGRADECIMIENTOS

Al Prof. Jaime Solervicens por las valiosas sugerencias efectuadas que han permitido mejorar el manuscrito. Este trabajo es un resultado parcial del Proyecto D.I.B. N° 1225, financiado por el Departamento de Investigación y Bibliotecas de la Universidad de Chile.

MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL BIBLIOTECA

Folio010036

LITERATURA CITADA

ANDRASSY, I.; J. BALOGH; I. LOKSA; S. MAHUNKA & A. ZICSH.

1967 The scientific results of the Hungarian soil zoological expeditions to Chile, Argentina and Brasil. I. Report on the collectings. Folia ent. Hung., 20: 247-296.

BRITTON, E. B.

1979 Coleoptera. *In:* Csiro (ed.), The insects of Australia, p. 495 - 621. Melbourne University Press, Carlton.

DI CASTRI, F.

1968 Esquisse ecologique du Chili. *In:* C. Delamare et E. Rapoport (eds.), Biologie de l'Amerique Australe, vol. 4, p. 7-52. CNRS, París.

DI CASTRI, F. & E. HAJEK.

1976 Bioclimatología de Chile. Eds. U. Católica, Santiago.

ELGUETA D., M.

1985a. *Heteromagdalis* nuevo género chileno de Magdalinae, descripción de dos nuevas especies y antecedentes del hábitat de las especies afines (Coleoptera: Curculionidae). Rev. Chilena Ent., 12: 95 - 99.

ELGUETA D., M.

1985b. Comentarios sobre algunas especies chilenas de Leptopiinae descritas por Charles Emile Blanchard (Coleoptera: Curculionidae). Rev. Chilena Ent., 12: 141 - 143.

ELGUETA D., M.

1986 Presencia en Chile de *Sitona discoideus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Rev. Chilena Ent., 14: 105 - 106.

FREUDE, H.

1959 Revision der Epitraginen-Gattungen *Geobonus* Blanch. *(Deroplatus* Sol.) und *Nyctopetus* Guér. (Col. Tenebr.). Mitt. Münch. Ent. Ges., 49: 63 - 99.

FREUDE, H.

1967 Revision der Epitragini (Coleoptera, Tenebrionidae). I. Teil. Ent. Arb. Mus. Frey, 18: 137 - 241.

FREUDE, H.

1968 Revision der Epitragini (Coleoptera, Tenebrionidae). II. Teil (Schlub). Ent. Arb. Mus. Frey, 19: 1 - 112.

FREUDE, H.

1981a. Bericht über determinasionssendung von Herrn Luis E. Peña G. mit Neubeschreibungen von *Nyctopetus niger acostatus, N. rengoensis nublensis* und *N. nahuelbutensis* (Col. Tenebrionidae, Epitragini). Rev. Chilena Ent., 11: 5 - 8.

FREUDE, H.

1981b. Weitere Epitraginen der Sammlung Luis E. Peña G. (Coleoptera: Tenebrionidae). Rev. Chilena Ent., 11: 29 - 30.

Folio010037

FREUDE, H.

1987 Neue *Heliofugus* Guérin, 1830 (Col., Tenebrionidae) und eine Bestimmungstabelle der bisher bekannten Arten der Gattung. Rev. Chilena Ent., 15: 7 - 12.

FUENTES, E. & F. JACKSIC.

1979 Lizards and rodents: an explanation for their relative species diversity in Chile. Arch. Biol. Med. Exp., 12: 179 - 190.

GEBIEN, H.

1910a. Tenebrionidae I. In: S. Schenckling (ed.), Coleopterorum Catalogus, part 15, p. 1 - 166. W. Junk Publishers, Berlín.

GEBIEN, H.

1910b. Tenebrionidae II. *In:* S. Schenckling (ed.), Coleopterorum Catalogus, part 22, p. 167 - 354. W. Junk Publishers, Berlín.

GERMAIN, Ph.

1895a. Apuntes sobre los insectos de Chile. Estudio y descripción de los Listroderitos de Chile y tierras magallánicas de la colección del Museo Nacional y de la de don Fernando Paulsen. An. Univ. Chile, 90: 467 - 505.

GERMAIN, Ph.

1895b. Apuntes sobre los insectos de Chile. Monografía de los Listroderitos (continuación). An. Univ. Chile, 91: 53 - 104.

GERMAIN, Ph.

1896 Apuntes sobre los insectos de Chile. Monografía de los Listroderitos (continuación). An. Univ. Chile, 93: 791 - 838.

HELLMICH, W.

1952 Contribución al conocimiento de la sistemática y evolución del género *Liolaemus* (traducción por M. Codoceo). Inv. Zool. Chilenas, 1(8): 7 - 15.

KASZAB, Z.

1969 The scientific results of the Hungarian soil zoological expeditions to South America. 17. Tenebrioniden aus Chile (Coleoptera). Opusc. Zool. Budapest, 9(2): 291 - 337.

KASZAB, Z.

1970 Revision der chilenischen *Adelium*-Arten (Coleoptera: Tenebrionidae). Opusc. Zool. Budapest, 10(1): 117 - 123.

KASZAB, Z.

1978a. Australische und Südpazifische Tenebrioniden der Tribus Phrenapatini und Gnathidiini (Coleoptera) sowie synonymische Bemerkungen. Ann. Hist.-nat. Mus. Nat. Hung., 70: 163 - 177.

KASZAB, Z.

1978b. Die Eurymetopini (Coleoptera: Tenebrionidae) aus Chile. Folia ent. Hung., 31(1): 51 - 58.

Folio010038

KASZAB, Z.

1981a. Die Gattungen und Arten der Tribus Archeocrypticini (Coleoptera: Tenebrionidae). Folia ent. Hung., 42(1): 95 - 115.

KASZAB, Z.

1981b. Neue südamerikanische Tenebrioniden (Coleoptera). Folia ent. Hung., 42(2): 77 - 84.

KUSCHEL, G.

1960 Terrestrial zoology in southern Chile. Proc. R. Soc. Lond., B, 152: 540 - 550.

KUSCHEL, G.

1969 Biogeography and ecology of South American Coleoptera. *In:* E. J. Fittkau *et al.* (eds.), Biogeography and ecology in South America, vol. II, p. 709 - 722. W. Junk Publishers, The Hague.

LOOSER, G.

1932 Excursión botánica y zoológica a la alta cordillera de Las Condes. An. Univ. Chile, 2: 275 - 301.

MARCUZZI, G.

1976 New species of Neotropical Tenebrionidae (Coleoptera). Ann. Hist.-nat. Mus. Nat. Hung., 68: 117 - 140.

NOODT, W.; F. SAIZ & H. J. de NOODT.

1962 Corte ecológico transversal de Chile central con consideración de los artrópodos terrestres. Inv. Zool. Chilenas, 8: 65 - 117.

O'BRIEN, C. W.

1971 The biogeography of Chile through entomofaunal regions. Entomol. News, 82: 197 - 207.

PEÑA G., L. E.

1966a. Catálogo de los Tenebrionidae (Coleoptera) de Chile. Ent. Arb. Mus. Frey, 17: 397 - 453.

PEÑA G., L. E.

1966b. Ensayo preliminar para dividir Chile en regiones entomofaunísticas basadas especialmente en la familia Tenebrionidae (Col.). Rev. Univ. Chile, 50/51(2): 209 - 220.

PEÑA G., L. E.

1967 Nuevas especies de Tenebrionidae (Coleoptera), para Chile y Argentina. Rev. Univ. Chile, 52: 141 - 142.

PEÑA G., L. E.

1971a. Revisión del género *Nycterinus* Eschscholtz 1829 (Coleoptera - Tenebrionidae). Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile, 32: 129 - 158.

PEÑA, L. E.

1971b. Nueva especie del género *Epipedonota* Solier 1834, para la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes (Coleoptera: Tenebrionidae). Not. Mens. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile, 179: 3 - 6.

Folio010039

PEÑA G., L. E.

1973a. El género *Auladera* Solier (Col., Tenebrionidae). Rev. Chilena Ent., 7: 47 - 50.

PEÑA G., L. E.

1973b. Nuevas especies del género *Psammetichus* (Col., Tenebrionidae) en Chile y Perú. Rev. Chilena Ent., 7: 137 - 144.

PEÑA G., L. E.

1973c. Nuevos insectos introducidos accidentalmente en Chile. Rev. Chilena Ent., 7: 251.

PEÑA G., L. E.

1974a. Nuevas especies y subespecies de Tenebrionidae (Coleoptera) de Chile y de Argentina, con anotaciones sobre nuevas localidades para Argentina, Bolivia y Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile, 33: 109 - 127.

PEÑA G., L. E.

1974b. Los tenebriónidos del género *Thinobatis* Esch. (Coleoptera: Tenebrionidae). Bol. Soc. Biol. Concepción, 48: 243 - 252.

PEÑA G., L. E.

1975a. Nuevas especies de Coleoptera del género *Myrmecodema* (Tenebrionidae). Rev. Chilena Ent., 8: 17 - 21. 1974 (1975).

PEÑA G., L. E.

1975b. *Scotobius inauditus* n. sp. de Scotobiini de Chile (Coleoptera: Tenebrionidae). Rev. Chilena Ent., 8: 67 - 69. 1974 (1975).

PEÑA G., L. E.

1975c. Nueva especie de *Peltolobus* (Coleoptera: Tenebrionidae) para las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes. Rev. Chilena Ent., 8: 117 - 118. 1974 (1975).

PEÑA G., L. E.

1976 Nueva especie de *Gyriosomus* (Coleoptera: Tenebrionidae) del Desierto de Atacama - Chile. Rev. Chilena Ent., 9: 49 - 50. 1975 (1976).

PEÑA G., L. E.

1980 Aporte al conocimiento de los tenebriónidos de América del Sur (Coleoptera: Tenebrionidae). Rev. Chilena Ent., 10: 37 - 59.

PEÑA G., L. E.

1985a. Revisión del género *Psectrascelis* Fairm. (Coleoptera: Tenebrionidae). Rev. Chilena Ent., 12: 15 - 51.

PEÑA G., L. E.

1985b. Nota sobre tenebriónidos (Coleoptera: Tenebrionidae). Rev. Chilena Ent., 12: 225.

PEÑA G., L. E.

1986a. Revisión del género *Mitragenius* Solier (Coleoptera: Tenebrionidae) con la descripción de tres nuevas especies. Rev. Chilena Ent., 14: 45 - 56.

Folio010040

PEÑA G., L. E.

1986b. Descripción de cinco nuevas especies de Tenebrionidae (Coleoptera) de los géneros *Psectrascelis*, *Platesthes* y *Thinobatis* con una nota adicional. Rev. Chilena Ent., 14: 57 - 63.

QUINTANILLA, V.

1981 Carta de las formaciones vegetales de Chile. Contr. Cient. Tecn. U.T.E., Santiago, Nº 47, 32 p.

WATT, J. C.

1967 The families Perimylopidae and Dacoderidae (Coleoptera: Heteromera). Proc. R. ent. Soc. Lond., (B), 36: 109 - 118.

WATT, J. C.

1974 A revised subfamily classification of Tenebrionidae (Coleoptera). N. Z. J. Zool., 1(4): 381 - 452.

WATT, J. C.

1982 1981 Presidential address. New Zealand beetles. N. Z. Entomol., 7(3): 213 - 221.

WIBMER, G.J. & C. W. O'BRIEN

1986 Annotated checklist of the weevils (Curculionidae *sensu lato)* of South America (Coleoptera: Curculionoidea). Mem. Am. Entomol. Inst., 39: i - xvi, 1 - 563.

Manuscrito recibido en mayo de 1986.

CUADRO 1

Presencia de las especies de Tenebrionidae, en el conjunto de localidades estudiadas. Para la correspondencia de las abreviaturas le localidades ver Materiales y métodos.

	Localidades									
	Cordillera de la Costa					Cordillera de los Andes				
	GAU	CAM	ROB	CHI	CAN	POR	FAR	LAG	VAL	CAL
Epitragini										
Nyctopetus carinatus (Phil. & Phil.)			(1)	X						
Nyctopetus maculipenn|is (Laporte)									(2)	
Nyctopetus aff.manni Freude					X					
Nyctopetus niger niger Germain	X		(1)	X			X	X		X
Nyctopetu penai Freude			(1)							
Nyctopetus tenebrioides rubripes (Phil. & Phil.)					(3)		X	X	X	
Aspidolobus gayi Peña	X		X	X	X				X	
Eurymetopini										
Arthroconus sp.					X					
Trymitini										
Peltolobus waterhousei Kaszab					X					
Stenosini										
Discopleurus baloghi Kaszab			(2)							
Grammicus chilensis Waterhouse	X	X	X	X	X			X		X
Grammicus latus Kaszab				(2)						
Grammicus mahunkai robustus Kaszab							(2)			
Nycteliini										
Nyctelia vulcanica Fairmaire									X	
Epipedonota andina (Germain) [hoy *Callyntra*]							X			
Epipedonota paulseni Fairmaire [hoy *Callyntra*]				X			(2)?			
Epipedonota penai Kulzer [hoy *Callyntra*]					X					
Epipedonota rugosa Waterhouse [hoy *Callyntra*]							X	X		X
Epipedonota sp. 1 [hoy *Callyntra*]					X					
Epipedonota sp. 2 [hoy ***Callyntra subrugosa*** (Peña, 1994)]										X
Psectrascelis cinerea Solier	X			(4)	X			X		
Psectrascelis costipennis Fairmaire			X	X						
Psectrascelis impressicollis (Germain)			(2)?	(5)?			X			
Psectrascelis subcostata (Germain)					X					
Auladera andicola (Lacordaire)						X	(2)			
Scotobiini										
Scotobius andrassyi Kaszab									(2)	
Scotobius kirbyi Solier			(2)							
Scotobius rugosulus Guérin							(2)			
Scotobius sp. 1		X	X	X	X	X		X	X	X
Scotobius sp. 2							X			
Eleodini										
Nycterinus substriatus Solier			(2)		(6)		(2)		(2)	
Nycterinus sp.	X	X		X	X	X		X		X
Physogasterini										
Entomochilus tomentosus Guérin									(2)	
Entomochilus pilosus (Solier)				X						
Entomochilus sp. 1						X				

Entomochilus sp. 2	X									
Praocini										
Praocis adspersa Germain					X					
Praocis castanea Germain	X									
Praocis chevrolati Guérin									X	
Praocis cribrata Solier									(5)	X
Praocis ebenina Germain					X					
Praocis pleuroptera Solier							(2)		X	
Praocis plicicollis Germain	X	X	X	X			X	X		
Praocis rufilabris Solier					X			X	(5)	
(*Falsopraocis ricardae* Solier)							X			
Actualmente *Falsopraocis australis* Flores										
Pedinini										
Blapstinus punctulatus Solier							(2)		(2)	
Apochryphini										
Apochrypha elegans Solier			(2)							
Apochrypha solieri Kaszab									(2)	
Apochrypha sp. 1				X						
Apochrypha sp. 2		X								
Misolampini										
Heliofugus collaris (Germain)					X					
Heliofugus sulcatulus Gemminger	X	X	X	X			X			
Heliofugus zicsii Kaszab			(2)							
Heliofugus sp.					X					
Myrmecodema nycterinoides Germain			(2)					X		
Myrmecodema elengatula Peña					(7)					
Incertae sedis										
Afrasidia sp.				X						
Número total de especies	9	6	17	15	19	4	16	10	14	7
Número total de especies recolectadas	9	6	6	13	16	4	9	10	6	7

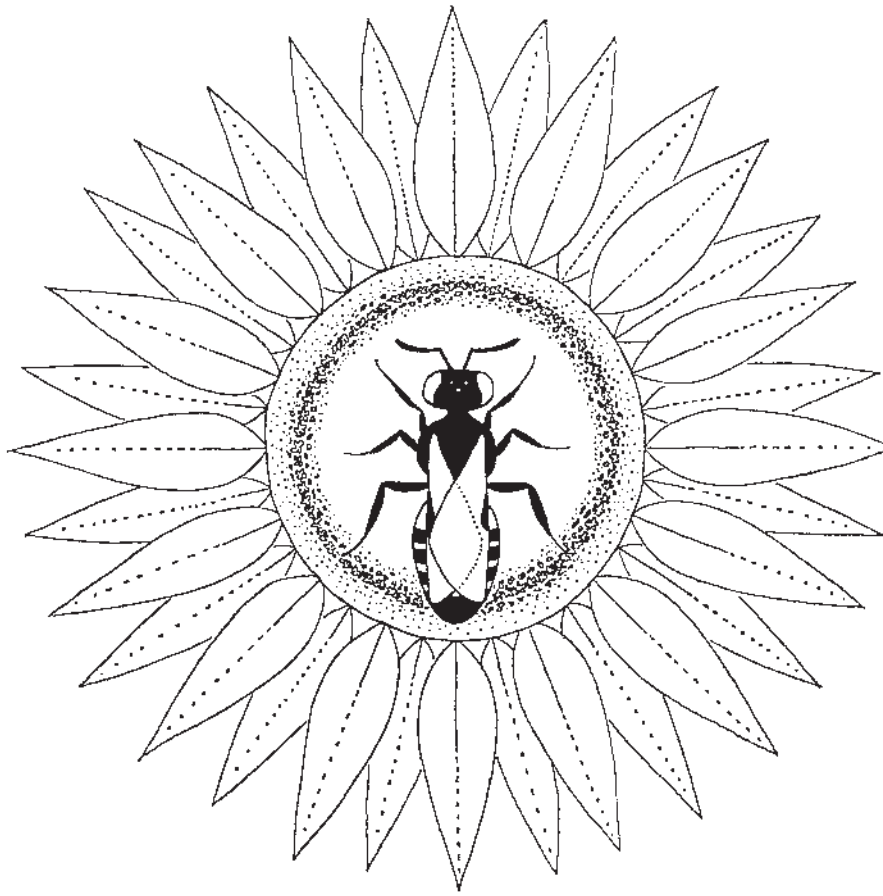
X = colectas del autor
() = citas de otros autores: (1) Freude, 1981a; (2) Kaszab, 1969; (3) Freude, 1981b; (4) Peña, 1985a; (5) Peña, 1966a; (6) peña, 1971a; (7) Peña, 1975a
? = presencia dudosa

Elgueta D., M. 1988. Insectos epigeos de ambientes altomontanos en Chile Central: algunas consideraciones biogeográficas con especial referencia a Tenebrionidae y Curculionidae (Coleoptera). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile), 41: 125-144.

Folio010043

JKES

Journal of the Kansas Entomological Society
(Central States Entomological Society)



Inter-Colony Aggression of *Camponotus morosus* Attractive to Phorid Flies

Bernardo Segura[1] and Brian V. Brown[2,3]
[1] Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias & Departamento de estudios, Ambiente Seguro, Universidad de Chile, Casilla 2-15, La Granja, Santiago, Chile
Email: bernardo.segura86@gmail.com
[2] Natural History Museum of Los Angeles County, 900 Exposition Boulevard, Los Angeles, California, 90007, USA. Email: bbrown@nhm.org

Folio010044

JOURNAL OF THE KANSAS ENTOMOLOGICAL SOCIETY
87(1), 2014, pp. 84–88

SHORT COMMUNICATION

Inter-Colony Aggression of *Camponotus morosus* Attractive to Phorid Flies

Bernardo Segura[1] and Brian V. Brown[2,3]
[1] Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias & Departamento de estudios, Ambiente Seguro, Universidad de Chile, Casilla 2-15, La Granja, Santiago, Chile
Email: bernardo.segura86@gmail.com
[2] Natural History Museum of Los Angeles County, 900 Exposition Boulevard, Los Angeles, California, 90007, USA. Email: bbrown@nhm.org

Phoridae are a biologically diverse family of flies (Diptera), whose species are scavengers (some highly specialized, some extremely generalized), herbivores, fungivores, predators, parasitoids, and true parasites (Disney, 1994). The life history of most species is still unknown.

While studying the ant parasitizing genus *Apocephalus* Coquillett, one of us (BVB) discovered that experimentally injuring hosts of some parasitoids would attract the flies. This led to experiments that increased our knowledge about *Apocephalus paraponerae* Borgmeier (Brown and Feener, 1991a, b; Feener *et al.,* 1996; Morehead and Feener 1997, 2000; Morehead, 2001; Morehead *et al.,* 2001), other ant parasitoids (Brown and Feener, 1993; Brown, 2000; Disney and Brown, 2003; Kung and Brown, 2005), parasitoids of injured bees (Brown, 1997), and those attacking injured millipedes (Brown, 2010).

Although injuring ants and other hosts attracts parasitoids, it can be questioned whether injured hosts account for a significant fraction of host-parasitoid interactions in nature. Brown and Feener (1991a, b) hypothesized that frequent inter-colony aggressive encounters provided the injured hosts needed for *Apocephalus paraponerae*. Until now, however, this type of interaction has mostly been documented by second-hand accounts.

Location

In November 2011, in the Southern Hemisphere summer, one of us (BS) conducted an expedition to Altos de Cantillana (33°.57′S, 71°02′W), 400 m.a.s.l, about 60 km southwest of Santiago, Chile. This site is located in one of the 25 hotspot for conservation priorities worldwide (Myers *et al.,* 2000). The climate is typical Mediterranean with hot and dry summers and rain concentrated mainly in winter.

Observations

Camponotus morosus (F. Smith) is a conspicuous ant due to its large body size and its abundance. It is widely distributed in Chile (Snelling and Hunt, 1975), has a generalist diet (Grez *et al.,* 1986), and exhibits aggressive behavior against other conspecific workers from different nests; therefore they are a hermetic society of insects (Ipinza-Regla *et al.,* 1991). The explanation for its heightened aggression is unknown.

On November 10, 2011, at 19:00, at least 33 individuals of *C. morosus* ants were observed fighting each other. Most of the ants were of the largest size range (soldiers) and were severely injured, with severed legs, or antennae or were even cut in half (Fig. 2). During the observation period, phorid flies were observed flying over the ants. It was a circumstantial observation and no equipment for proper sampling was available at the time, so no flies were captured. High resolution photos (Figs. 1–5) were taken, however, allowing us to identify the fly with some degree of uncertainty to the genus *Auxanommatidia* Borgmeier.

One phorid was observed on an ant's head, probably laying eggs, while the ant made futile attempts to brush it away with its amputated legs. Another phorid was seen with its mouthparts embedded in the antennal suture of an ant whose antennae had been amputated (Fig. 5). The fly was apparently feeding on hemolymph, as has been observed in other parasitoids of injured hosts (Brown, 2000).

[3] Corresponding author.

Accepted 4 May 2013; Revised 10 September 2013
© *2014 Kansas Entomological Society*

Folio010045

Fig. 1. Battleground of *Camponotus morosus* colonies. Photograph © Bernardo Segura.

Discussion

Injury of host insects apparently stimulates the release of alarm pheromones or other chemicals that provide a cue to parasitoids that a suitable host will soon be available. The nature of the chemical cues have only been determined for one species, *Apocephalus paraponerae* (Feener *et al.,* 1996; Morehead, 2001; Morehead *et al.,* 2001). Parasitoids in this type of system must have a relatively rapid period of development compared to parasitoids of healthy hosts, as their food source will quickly decompose when the host dies. In *A. paraponerae*, this was shown to be true, with eggs hatching after only 6–7 hrs and larvae completing feeding within about 2 days (Brown and Feener, 1991b). In contrast, phorid parasitoids of healthy hosts are recorded as having larval stages as long as 14 days (Feener and Brown, 1997).

Besides the observation on *C. morosus* reported here, there is other evidence that inter-colony aggression provides hosts for phorid flies that attack injured individuals. Brown and Feener observed an aggressive interaction between a worker of the ant *Paraponera clavata* (Fabricius) and a worker of a species of *Pachycondyla* Smith in Peru, in which several females of *A. paraponerae* were in attendance. Brown observed fighting between workers of the stingless bee *Trigona fulviventris* Guérin-Méneville in Costa Rica, which was attended by several *Calamiscus cryptopalpis* Borgmeier females. Our observation provides

Fig. 2. Maimed ants from inter-colony battle. Photograph © Bernardo Segura.

Folio010046

Fig. 3. Phorid fly over injured ant worker. Photograph © Bernardo Segura.

further evidence that attraction to injured victims of social insect aggression is a relatively common phenomenon, but further studies are needed to continue to fully understand this phenomenon.

Acknowledgements

We thank Audrey Grez, Rigoberto Solis and Cristian Villagra for helpful comments on the manuscript, and Mario Elgueta from the Chilean National Museum of Natural History for his constant feedback and comments. Brian Brown was supported by the US National Science Foundation grant DEB-1025922 to B.Brown and P. Smith.

Fig. 4. Female phorid feeding on injured host. Photograph © Bernardo Segura.

Folio010047

Fig. 5. Phorid (in circle) over fighting ants. Photograph © Bernardo Segura.

Literature Cited

Brown, B. V. 1997. Systematics and fossil evidence of host-parasitoid relationships of *Calamiscus* Borgmeier (Diptera: Phoridae). Journal of Natural History 31:1253–1259.

Brown, B. V. 2000. Revision of the "*Apocephalus miricauda*-group" of ant-parasitizing flies (Diptera: Phoridae). Contributions in Science 482:1–62.

Brown, B. V. 2010. Phoridae. *In* B. V. Brown, A. Borkent, J. M. Cumming, N. E. Woodley, D. M. Wood, and M. A. Zumbado (eds.). Manual of Central American Diptera. Vol. 2, pp. 725–761. NRC Research Press, Ottawa. xvi + pp. 715–1442.

Brown, B. V., and D. H. Feener, Jr. 1991a. Behavior and host location cues of *Apocephalus paraponerae* (Diptera: Phoridae), a parasitoid of the giant tropical ant *Paraponera clavata* (Hymenoptera: Formicidae). Biotropica 23:182–187.

Brown, B. V., and D. H. Feener, Jr. 1991b. Life history parameters and immature stages of *Apocephalus paraponerae* (Diptera: Phoridae), a parasitoid of the giant tropical ant *Paraponera clavata* (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Natural History 25:221–231.

Brown, B. V., and D. H. Feener, Jr. 1993. Life history and immature stages of *Rhyncophoromyia maculineura*, an ant-parasitizing phorid fly (Diptera: Phoridae) from Peru. Journal of Natural History 27:429–434.

Brown, B. V., and G. Kung. 2007. Revision of the New World *Dohrniphora* Dahl species with hind tibial setae (Diptera: Phoridae). Arthropod Systematics & Phylogeny 65:155–235.

Disney, R. H. L. 1994. Scuttle flies: the Phoridae. Chapman and Hall, London. xii + 467 pp.

Disney, R. H. L., and B. V. Brown. 2003. A new species of *Megaselia* (Diptera: Phoridae) parasitizing a *Camponotus* species (Hymenoptera: Formicidae) in Thailand. Sociobiology 41:403–410.

Feener, D. H. Jr, and B. V. Brown. 1997. Diptera as parasitoids. Annual Review of Entomology 42:73–97.

Feener, D. H. Jr., L. F. Jacobs, and J. O. Schmidt. 1996. Specialized parasitoid attracted to a pheromone of ants. Animal Behavior 51:61–66.

Godfray, H. 1994. Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. ix + 473 pp.

Grez, A., J. Simonetti, and J. Ipinza-Regla. 1986. Hábitos alimenticios de *Camponotus morosus* (Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae) en Chile central. Revista Chilena de Entomologia 13:51–54.

Ipinza-Regla, J., A. Lucero, and M. Morales. 1991. Hermetismo en sociedades de *Camponotus morosus* Smith, 1858 (Hymenoptera, Formicidae) en nidos artificiales. Revista Chilena de Entomologia 19:29–38.

Kung, G. A., and B. V. Brown. 2005. New species of *Dohrniphora* related to *D. longirostrata* (Enderlein) (Diptera: Phoridae). Annals of the Entomological Society of America 98:55–62.

Folio010048

Morehead, S. A. 2001. Geographic variation in host location cues for a dipteran parasitoid of *Paraponera clavata*. Biotropica 33:495–501.

Morehead, S. A., and D. H. Feener, Jr. Is there cryptic host race formation in a parasitoid of ants? [abstract], p. 87, Tropical diversity: origins, maintenance and conservation. Association for Tropical Biology Annual Meeting, San José, Costa Rica.

Morehead, S. A., and D. H. Feener, Jr. 2000. An experimental test of potential host range in the ant parasitoid *Apocephalus paraponerae*. Ecological Entomology 25:332–340.

Morehead, S. A., J. Seger, D. H. Feener, Jr., and B. V. Brown. 2001. Evidence for a cryptic species complex in the ant parasitoid *Apocephalus paraponerae* (Diptera: Phoridae). Evolutionary Ecology Research 3:273–284.

Myers, N., R. Mittermeier, C. Mittermeier, G. Da Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403:853–858.

Snelling, R., and J. Hunt. 1975. The ants of Chile (Hymenoptera: Formicidae). Revista Chilena de Entomologia 9:63–129.

Folio010049

Zootaxa 1193: 59–68 (2006)
www.mapress.com/zootaxa/
Copyright © 2006 Magnolia Press

ISSN 1175-5326 (print edition)
ZOOTAXA
ISSN 1175-5334 (online edition)

1193

A new dung beetle genus with two new species from Chile (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)

FERNANDO Z. VAZ-DE-MELLO & GONZALO HALFFTER

Instituto de Ecología A.C., Departamento de Biodiversidad y Ecología Animal, Km. 2.5 Carretera Antigua a Coatepec, 351, Congregación El Haya, 91070 Xalapa, Veracruz, Mexico, E-mail: vazdemello@gmail.com, halffter@ecologia.edu.mx

Abstract

A new scarabaeine genus (*Tesserodoniella* n. gen.) with two new species (*T. elguetai* **n. sp.** and *T. meridionalis* **n. sp.**) from Chile are described, and provisionally included in the tribe Canthonini. Species in the new genus are most similar to species from two Australian genera and appear not to be closely related to other New World canthonines.

Key words: dung beetle, new genus, new species, Gondwanaland, Scarabaeinae, Chile, *Tesserodon*, *Aptenocanthon*

Resumen

Se describe el género *Tesserodoniella* n. gen., con dos especies nuevas (*T. elguetai* **n. sp.** y *T. meridionalis* **n. sp.**) de Chile, ubicado provisionalmente en la tribu Canthonini. El nuevo género presenta gran similitud con dos géneros australianos, no presentando aparentemente relaciones con el resto de la fauna americana de la tribu.

Introduction

Until now, only three species of scarabaeine dung beetles were reported in Chile, none of which are endemic to that country. In the tribe Canthonini, only *Megathopa villosa* Eschscholtz and *Scybalophagus rugosus* (Blanchard) were known from Chile. *Megathopa villosa* occurs in Chile from Coquimbo (Region IV) to Malleco Province (Region IX), which corresponds to the "precordilleran floor" of the Andes, and extends into similar habitats in Argentina in Río Negro and Chubut provinces (Halffter & Martínez 1966; Ovalle & Solervicens 1980; M. Elgueta, *in litt.*). *Scybalophagus rugosus* is restricted in

Accepted by A. Smith: 5 Apr. 2006; published: 4 May 2006

Folio010050

Chile to the Northern *puna* in Arica Province, Region I, ranging from 3,000 to 4,400 m. The greater distribution of *S. rugosus* extends along the Andes from Cuzco, Peru to Catamarca and Tucumán, Argentina (Halffter & Martínez 1968). Undoubtedly, the presence of these species in Chile represents relatively recent arrivals due to range extensions by Neotropical taxa.

Thanks to Mr. Mario Elgueta, as well as other colleagues (see acknowledgements), we were able to study two new species of Chilean Scarabaeinae belonging to a new genus with Australian affinities. Here we tentatively place this genus within the tribe Canthonini, a largely heterogeneous group, and present observations on its affinities to other genera and discuss biogeographical implications of its distribution.

Specimens studied

The specimens studied belong to the following collections (acronyms and contact personnel in parenthesis):

Canadian Museum of Nature, Ottawa, Canada (CMNC — François Génier)

Fernando Vaz-de-Mello private collection, Lavras, Brasil (FVMC)

Gonzalo and Violeta Halffter private collection, Coatepec, Mexico (GVHC)

José Mondaca private collection, Santiago, Chile (JMEC)

Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile (MNNC — Mario Elgueta)

Pedro Vidal private collection, Santiago, Chile (PVC)

University of Nebraska State Museum, Lincoln, Nebraska, U.S.A. (UNSM — Federico Ocampo)

***Tesserodoniella* gen. nov.**

(Figs. 1–10)

Type species

Tesserodoniella elguetai **sp. nov.**

Etymology

Tesserodon, a similar genus, and *–iella*, small, refers to the proximity of this genus to the Australian genus *Tesserodon* Hope and to its small size relative to other Chilean Scarabaeinae. The name of this genus is feminine in gender.

Diagnosis

The new genus is distinguished from all other New World Scarabaeinae by the following combination of characters: Eyes small, feebly visible dorsally when head is retracted (Figs. 1, 6); anterior trochantofemoral pit (as defined by Génier & Kohlmann

 © 2006 Magnolia Press

Folio010051

2003) present; elytra with wide pseudepipleuron externally to seventh discal stria; mesosternal disc with a transverse depression; abdomen with ventrites articulated, sixth abdominal ventrite as long as ventrites 3–5 together; pygidium with a basal transverse sulcus.

Description

Body: oval and short, size small (5.1–6.1 mm). Dorsal surface microgranulate; head and pronotum covered by irregular, dense, conspicuous punctures. *Head*: as long as wide, without visible dorsal carinae or sutures. Clypeus with two teeth separated by short U-shaped emargination, and external lobe beside each tooth. Dorsal eye surface reduced, triangular, or elongated. Head without occipital bead. Clypeal ventral process cariniform, bordering clypeal emargination. Mentum anteriorly concave. Labial palpus with first segment subcylindrical, widened medially; second segment almost spherical, slightly longer than first; third segment short, cylindrical, narrower than others. *Prothorax*: subrectangular or rhomboidal. Anterior angles acute. Laterally with ventrally directed carina in posterior two-thirds; carina externally directed in anterior third, originating at strong angle in lateral border, subparallel in posterior two-thirds, convergent in anterior third. Posterior margin straight. Hypomeron with acute transverse carina, extending from external side of procoxal cavity to anterior third of lateral pronotal carina. Hypomeral surface concave anterior to transverse carina, flat to feebly convex posterior to transverse carina, with longitudinal keel parallel to external margin. *Elytra*: Disc convex, with seven double striae; striae with small umbilicate punctures separated by five or more diameters. Humerus without conspicuous calli. Pseudoepipleuron with two inconspicuous striae; one dividing pseudoepipleuron in almost equivalent halves, conspicuous only medially; second stria juxtaposed to epipleural carina, conspicuously impressed from basal fifth to pseudoepipleural apex. Epipleuron wide, gradually narrowed to apex, except for strongly widened basal region. Microgranulations on elytral disk and pseudoepipleuron more conspicuous than on remaining body parts. Hind wings reduced. *Mesosternum*: long, narrowed medially. Surface covered by large, dense, ocellate punctures. Disc with evident, transverse concavity; convex at each side of depression. Mesoepimeron trapezoidal with strong carina parallel to anterior margin. Meso-metasternal suture straight, inconspicuous, effaced, in obtuse angle. *Metasternum*: covered by large, dense ocellate punctures; punctures larger laterally, denser, deeper, smaller on disc. Anterior lobe narrower at base than apically, apically 4/3 as wide as basal width; with small lateral round depression at base, depressions linked to each other by concave, inconspicuous U-shaped sulcus; sulcus with vertex posteriorly directed. *Legs*: apico-anterior femoral pit present, rounded. Protibia conspicuously curved internally, externally less curved due to apical expansion; externally with three conspicuous teeth in apical half, median tooth closer to apical tooth. Ventral median longitudinal carina with strong tubercle at tarsal insertion. Spur conical, narrow, as long as tarsal segments 1–3 combined. Protarsus feebly longer than apical tibial width;

 © 2006 Magnolia Press

segments 1–4 subequal, subcylindrical, as long as wide; tarsomere 5 as long as tarsomeres 2–4 together, laterally flattened, distally widened. Claws small, simple, falciform. Mesofemur elongated. Mesotibia triangular with straight sides, evenly widened to apex, as long as mesofemur. Larger mesotibial spur subconical, just shorter than mesotarsomeres 1–2 combined. Mesotarsomeres 1–4 decreasing in size towards claw; tarsomere 5 with claw as long as tarsomeres 3–4 combined. Metafemur evenly and strongly widened at middle, with strong posterior ventral carina; posterior margin prolonged into conspicuous lobe in apical fourth. Metatibia long, narrow, weakly widened apically; externally serrate in apical two thirds; apex strongly widened externally, obliquely truncate. Metatibial spur subconical, as long as tarsomeres 1–2 combined. Metatarsi similar to that of middle legs. *Abdomen* with ventrites 2–4 of equal length, ventrite 5 one third the length of ventrite 4; ventrite 6 as long as 3–5 combined, not narrowed medially. Pygidium almost twice as wide as long; disc strongly convex with ocellate punctures medially; bordered complete, with strong basal sulcus. *Male genitalia* with asymmetric parameres, left paramere (in dorsal view) longer and wider at apex.

Sexual dimorphism

Male protibia with strong internal apical tooth directed foreward and downward, external teeth narrower than in females; male metatibiae with larger external serrations; and male abdominal ventrite 5 narrowed medially (width even in females).

Remarks

The new genus is readily distinguishable from other New World canthonine genera. The genus is quite similar to two Australian genera: *Tesserodon* Hope and *Aptenocanthon* Matthews. These three genera are all characterized by the presence of the anterior trochantofemoral pit and the position and form of the pseudoepipleuron. Based on our study of dung beetle genera, we predict that these characters are phylogenetically informative and that the three genera form a clade. The three genera may be related, although more distantly, to the South American genera *Zonocopris* Arrow, *Cryptocanthon* Balthasar, *Paracryptocanthon* Howden & Cook, as well as the New Zealand genus *Saphobius* Broun, because they all share the trochantofemoral pit structure. However, *Zonocopris*, *Cryptocanthon*, *Paracryptocanthon*, and *Saphobius* all have a somewhat distinct pseudoepipleuron. *Tesserodoniella* differs from both Australian genera in the form of the prothorax, elytral striae, and in having the first metatarsomere slightly larger than the second.

Key to the species of *Tesserodoniella*

1 Clypeo-genal margin with sharp denticle (Fig. 6); interstriae 3–5 and 7 with apical tubercles (Fig. 7) ..... *T. meridionalis* **sp. nov.**

 © 2006 Magnolia Press

Folio010053

- Clypeo-genal margin rounded (Fig. 1); interstriae 3–5 and 7 without apical tubercles (Fig. 2).....*T. elguetai* **sp. nov.**

***Tesserodoniella elguetai* sp. nov.**
(Figs. 1–5, 10)

Holotype

♂. CHILE: Región Metropolitana de Santiago: Maipo, Rangue, 5–11 June 2004, M. E lgueta & M. Guerrero leg., "trampa barber, bosque higrófilo + esclerófilo" (MNNC).

Paratypes

4♂, 4♀. CHILE: Región Metropolitana de Santiago: same as holotype except "bajo excrementos de caballo, suelo arcillo arenoso" (1♀ FVMC**,** ♀ MNNC, 1♀ UNSM); Maipo, Rangue, 2–8 August 2000, A. Fierro leg., barber trap. (1♂ GVHC); SW Santiago, Alto Cantillana, Alhué, 3 September 2000, Vidal leg. (1♂, 1♀ PVC); Cachapoal, R. N. Roblerías de Loncha, 20-XI-2004, J. Mondaca, "en trampa barber" (1♂ JMEC, 1♂ CMNC).

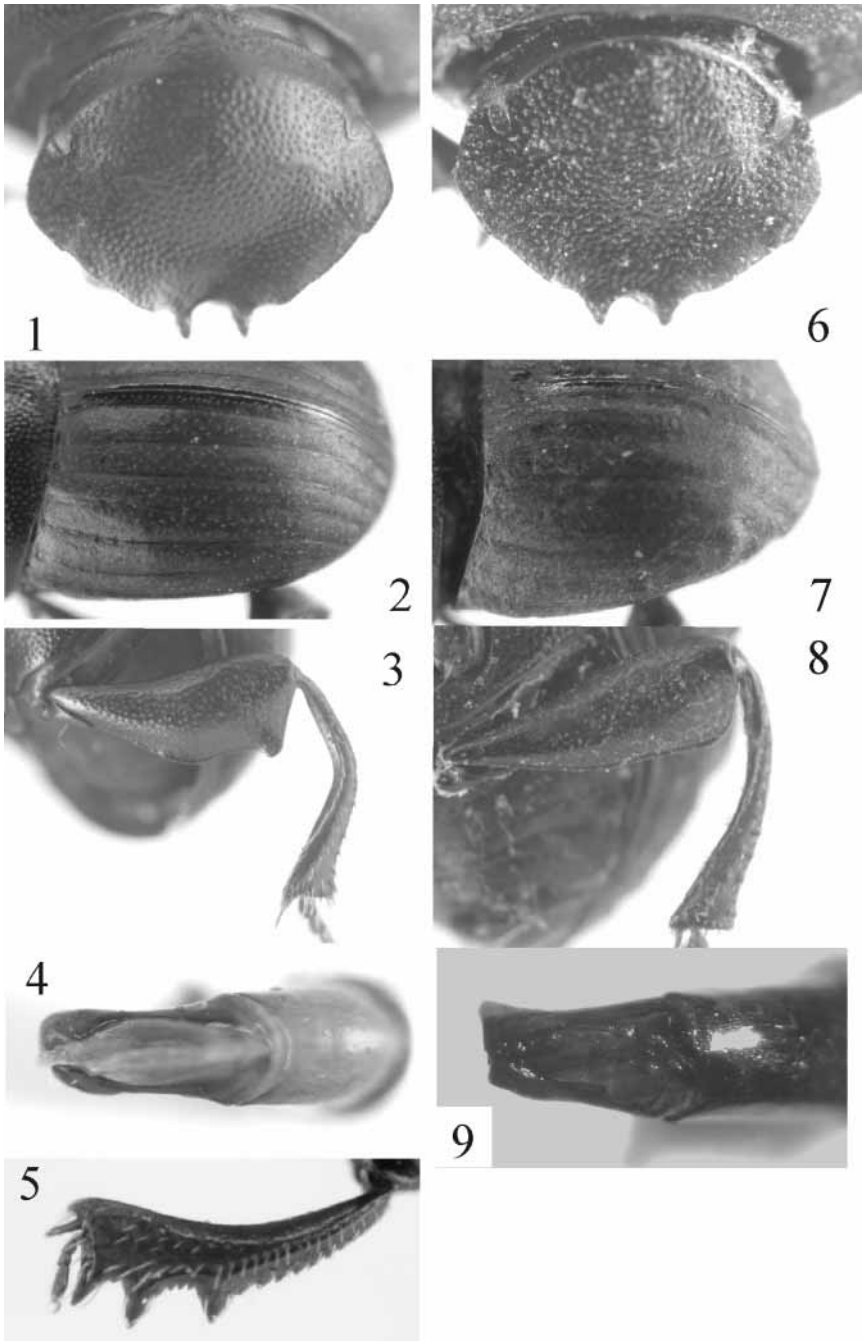
Etymology

A patronym honoring Mario Elgueta, MNNC, Santiago, Chile, who kindly offered specimens of both species of this genus for study.

Description

Holotype male. *Head* (Fig. 1) clypeus with two narrow, parallel-sided, elongated teeth; teeth separated by short, wide U-shaped emargination, each tooth with external angulate lobe. Dorsal eye surface reduced, triangular, visible only when head protracted; interocular dorsal region wider than 20 times one eye width. *Prothorax* subrectangular, almost twice as wide as long medially. Medium longitudinal line feebly indicated in posterior half by impunctate region. Posterior angles obtusely rounded. *Elytra* (Fig. 2) with discal striae conspicuous. Interstriae without discal tubercles, with two irregular rows of inconspicuous punctures; some punctures with short, erect setae; punctures and setae denser apically. Lateral carina sharp, juxtaposed and external to seventh stria, extended from elytral base to just before apex of sixth stria. *Legs* with protibia (Fig. 5) internally curved; external border with 3 well-defined teeth, narrower apically; internally with strong apical tooth, tooth anteroventrally directed. Metafemur (Fig. 3) with posterior, ventral carina forming rounded lobe in median third; with acute subapical lobe. Metatibia with external row of five conspicuous serrations. *Venter* with mesosternum twice as long as wide. *Pygidium* basal sulcus with obtusely rounded, median angle. *Parameres* (Fig. 4) as long as two-thirds of phallobase.

 © 2006 Magnolia Press



FIGURES 1–9. 1–5. *Tesserodoniella elguetai* **n. sp.**: 1. head; 2. elytron; 3. hind leg; 4. parameres; 5. protibia; 6–9. *Tesserodoniella meridionalis* **n. sp.**: 6. head; 7. elytron; 8. hind leg; 9. parameres.

Variation

Paratypes vary in size (5.1–6.0 mm) and width (widest at prothorax) 3.0–3.3 mm. Females differ from males in the following respects: protibial teeth wider and stronger,

 © 2006 Magnolia Press

Folio010055

apical internal tooth almost lacking; hind femur with posterior apical lobe rounded; metatibia straighter, widened apically, with less conspicuous external serrations; abdominal ventrite 5 feebly narrowed medially.

Remarks

All specimens are from the Cordillera de la Costa mountain system close to the Central Chilean Coast, parallel to the Andes (Fig. 10). Apart from anthropogenic habitats, the area has dry savannas and sclerophyllous, hygrophyllous, and *Nothofagus* forests. This area is within the Santiago Biogeographical Province as defined by Morrone (2001, 2006).

***Tesserodoniella meridionalis* sp. nov.**
(Figs. 6–10)

Holotype

♂. CHILE: VII Región del Maule**:** Constitución, Pantanillos, 17 December 2003, "Tramp barber bosque de *Nothophagus* (sic) *glauca*", leg. W. Navarrete leg. (MNNC).

Paratypes

4♂, 2♀. CHILE: VII Región del Maule**:** same as holotype (2 ♂ JMEC, 1 ♀ MNNC, 1♂ UNSM); Constitución, Pantanillo, Empedrado, September 2002, Wilson Navarrete leg., barber trap. (1♂ FVMC). CHILE: VIII Región del Biobío: Ñuble: Cerro Cayumanqui, 5 December 2004, 36º42'08'' S, 72º30'36'' W, "barber", J. Mondaca E. leg. (1 ♀ CMNC).

Description

Holotype male. *Head* (Fig. 6) clypeus with two elongated triangular teeth separated by U-shaped emargination; each tooth with small, obtuse, external lobe. Clypeo-genal border sharply angulate. Dorsal eye surface ovoid, twice as long as wide; interocular region more than 15 eye widths wide. *Prothorax* rhomboidal, almost one and a half times wider than long. Median longitudinal line absent. Posterior angles completely rounded. *Elytra* (Fig. 7) with discal striae weak but conspicuous. Interstriae with small rounded shiny spots on microgranulated surface. Seventh interstria with conspicuous discal tubercle, tubercle located where seventh interstria meets sixth. Fifth interstria with tubercle in apical third, third and fourth interstriae each with one conspicuous apical tubercle. Lateral carina absent, but pseudoepipleuron conspicuously delimited. *Legs*. Protibia internally curved with external border bearing three conspicuous and apically narrowed teeth, internal border with apical tooth directed forward and downward. Metaemur (Fig. 8) with posterior ventral carina subapically forming rounded lobe. Internal border of metatibiae without tubercles. *Venter* with mesosternum approximately twice as long as wide. *Pygidium* with basal sulcus obtusely angulate medially. *Parameres* (Fig. 9) half the length of phallobase.

 © 2006 Magnolia Press

Variation

Paratypes vary in size (5.1–6.1 mm) and width (widest at prothorax: 3.2–4.1 mm). Females differ from males in the following respects: protibial teeth wider and stronger, apical internal tooth almost lacking; hind femur with posterior apical lobe rounded; metatibia straighter and more widened apically, external serrations less conspicuous; abdominal ventrite 5 feebly narrowed medially.

FIGURE 10. Map of central Chile showing distribution of *Tesserodoniella elguetai* **n. sp.** (circles) and *T. meridionalis* **n. sp.** (triangles).

Remarks

Specimens were caught in a region originally covered by *Nothofagus* forests, and both sclerophyllous (in arid areas) and hygrophyllous riparian vegetation. This distribution is within the Maule Biogeographical Province (as defined by Morrone 2001, 2006). The northernmost distributions of austral biotic elements are found in this region (Fig. 10).

Biogeography of *Tesserodoniella*

The discovery of *Tesserodoniella* in South America and its hypothesized close relationship

 © 2006 Magnolia Press

Folio010057

with the Australian genera *Tesserodon* and *Aptenocanthon* leads to a series of interesting biogeographical considerations:

1. As pointed out before, the other two canthonine species occurring in Chile belong to predominantly Neotropical genera. *Scybalophagus* has four species distributed in the Patagonian biogeographical subregion (as defined by Morrone 2001, 2006). A fifth species, occurring in Chile, occurs in what Morrone (2006) called the South American Transition Zone. *Megathopa* (with two species) is occurs from Regions IV to IX in Chile, from Córdoba to Chubut in Argentina, and in Uruguay. Neither *Scybalophagus* or *Megathopa* are closely related to or sympatric with *Tesserodoniella*.

2. The presence of *Tesserodoniella* in the Santiago and Maule biogeographic provinces supports Morrone's (2001, 2006) proposals on the composition and biogeographic affinities of those areas. Morrone (2001, 2006) divided South America into two regions (Neotropical and Andean) with a transition zone that roughly corresponds with the Andes. The Andean Region is included in the Austral kingdom, originating from Western Gondwana, which also includes the Antarctic, Cape (or Afrotemperate), Neoguinean, Temperate Australian, and Neozealandic regions. The Andean Region was divided by Morrone into subregions and provinces. Santiago Province is included in the Central Chilean subregion, and Maule Province in the Subantarctic subregion. However, both provinces are strongly related, as Maule is the southern limit of many distributional areas. Interestingly, the Santiago Province contains the highest number of endemic species in the southern part of South America (Morrone *et al.* 1997).

3. Of the closely related Australian genera, *Tesserodon* is widely distributed in northern and western Australia, with two species in New Guinea; while *Aptenocanthon* is distributed in eastern and northern Australia (Matthews 1974, Storey 1984, Paulian 1985, Storey 1991, Storey & Monteith 2000). The biogeographical affinities between southern South America, Australia, and New Zealand, known as the southern Gondwana distributional pattern (Sanmartín & Ronquist 2004), have been illustrated by many plant and insect examples (Crisci *et al*. 1991, Sequeira & Farrell 2001, Sanmartín & Ronquist 2004).

Acknowledgements

This work is part of the first author's Ph.D. thesis at Instituto de Ecologia A. C., Xalapa, Mexico, which is supported by a Capes grant (BEX 1208020). Thanks to Pedro Vidal G.-H., Andrés Fierro T., Marcelo Guerrero, José Mondaca E., and Wilson Navarrete V.; all from Santiago, Chile; who collected and prepared part of the examined specimens. Some of the examined specimens were collected during a field trip granted by NSF-BS&I project (DEB-0342189) to Andrew B. T. Smith (Canadian Museum of Nature) and Federico C. Ocampo (University of Nebraska State Museum). Mario Elgueta (Natural History Museum, Santiago, Chile) facilitated the examination of all Chilean specimens

cited in this paper, while G. Monteith (Queensland Museum), and O. Montreuil (National Museum of Natural History, Paris) sent us important Australian material for comparison. Andrew Smith and François Génier made valuable comments on specimens shown to them and helped with some of the photos presented here. Finally, we acknowledge Silvia A. Falqueto who typed a first draft and Esther Quintero who revised the English manuscript.

References

Crisci, J.V., Cigliano, M.M., Morrone, J.J. & Roig-Juñent, S. (1991) Historical biogeography of southern South America. *Systematic Zoology*, 40(2), 152–171.

Génier, F. & Kohlmann, B. (2003) Revision of the Neotropical dung beetle genera *Scatimus* Erichson and *Scatrichus* gen. nov. (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Fabreries*, 28(2), 57–111.

Halffter, G. & Martínez, A. (1966) Revisión monográfica de los Canthonina americanos (Coleoptera, Scarabaeidae). 1ª. Parte. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 27, 89–177.

Halffter, G. & Martínez, A. (1968) Revisión monográfica de los Canthonina americanos (Coleoptera, Scarabaeidae). 3ª. Parte. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 29, 209–299.

Matthews, E.G. (1974) A revision of the scarabaeinae dung beetles of Australia II. Tribe Scarabaeini. *Australian Journal of Zoology, Supplementary Series*, 24, 1–211.

Morrone, J.J. (2001) *Biogeografía de América Latina y el Caribe. Manueales y Thesis SEA*, volume 3. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, 148 pp.

Morrone, J.J. (2006) Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology*, 51, 467–494.

Morrone, J.J., Katinas, L. & Crisci, J.V. (1997) A cladistic biogeographic analysis of Central Chile. *Journal of Comparative Biology*, 2(1), 25–42.

Ovalle,V.M. & Solervicens, J. (1980) Observaciones sobre la biología de *Megathopa villosa* E schscholtz, 1822 (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)*, 37, 235–246.

Paulian, R. (1985) Les coléoptères Scarabaeidae canthonines de Nouvelle-Guinée. *Annales de la Société Entomologique de France*, 21(2), 219–238.

Sanmartín, I & Ronquist, F. (2004) Southern hemisphere biogeography inferred by event-based models: plant versus animal patterns. *Systematic Biology*, 53(2), 216–243.

Sequeira, A.S. & Farrell, B.D. (2001) Evolutionary origin of Gondwana interactions: how old are *Araucaria* beetle herbivores? *Biological Journal of the Linnean Society*, 74, 459–474.

Storey, R. (1984) A new species of *Aptenocanthon* Matthews from north Queensland. (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Memoirs of the Queensland Museum*, 21(2), 387–390.

Storey, R. (1991) New species and new records of *Tesserodon* Hope (Coleoptera: Scarabaeidae) from northern Australia. *Memoirs of the Queensland Museum*, 30(3), 577–588.

Storey, R. & Monteith, G.B. (2000) Five new species of *Aptenocanthon* Matthews (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) from tropical Australia, with notes on distribution. *Memoirs of the Queensland Museum*, 46(1), 349–358.

 © 2006 Magnolia Press

Folio010059

Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile, 56: 81- 87 (2007)

LIOLAEMUS FRASSINETTII, NUEVA ESPECIE DE LAGARTIJA PARA LOS ALTOS DE CANTILLANA, REGIÓN METROPOLITANA (REPTILIA: SAURIA)

HERMAN NÚÑEZ

Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago de Chile. Correo electrónico: hnunez@mnhn.cl

RESUMEN

Se describe a *Liolaemus frassinettii* como nueva especie para la ciencia. Este reptil habita en la cordillera de la Costa, en la cima del cerro Cantillana. La especie está morfológicamente relacionada con *Liolaemus valdesianus* de la cordillera andina, restringido al valle del río Maipo; se puede adjudicar al grupo "elongatus" de distribución cisandina. Las propuestas de especiación en valles y montañas podrían explicar la existencia de esta especie relacionada a un grupo hasta ahora sólo conocido de ambientes andinos.
Esta especie se diferencia de las demás pertenecientes al grupo "elongatus" por la presencia de grandes escamas infralabiales que la diferencian además de todas las especies del género, en Chile al menos.

Palabras clave: *Liolaemus frassinettii* sp. nov., Reptiles, Cantillana, Chile.

ABSTRACT

***Liolaemus frassinettii*, a new species of lizard from the heights of Cantillana hill, Metropolitan Region. (Reptilia, Sauria).** *Liolaemus frassinettii* is described as a new species of lizard. This taxon inhabits the summit of Cantillana hill in the Costal range at Western central Chile. Morphologically it is related to *Liolaemus valdesianus* which is restricted to the upper Andean areas of the Maipo river basin. This species belongs to the "elongatus" group which oversparses its species either in Chilean and Argentinean Andean range. Mountain and valley model of speciation is invoked to explain the existence of this species belonging to a group, so far known only from the Andean areas.
As a diagnostic feature can be assessed the striking enlarged infralabials scales, not known in other species of the group nor in the Chilean species of the genus *Liolaemus*.

Key words: *Liolaemus frassinettii* n. sp., Reptiles, Cantillana, Chile.

INTRODUCCIÓN

En la colección herpetológica del Museo Nacional de Historia Natural estuvo depositada una serie de tres lagartijas bajo la determinación de *Liolaemus* cf. *altissimus* (= el actual *Liolaemus bellii*), provenientes de los Altos de Cantillana en la Región Metropolitana y la Región de O'Higgins. Esta determinación era dudosa ya que esta especie se encuentra restringida a la cordillera andina, donde es abundante sobre los 2.000 m de altitud. Al menos una de ellas fue determinada como *Liolaemus* cf. *leopardinus* especie de la cordillera andina de Santiago. Un estudio más detenido de esta pequeña muestra reveló que existían evidentes afinidades entre esta población y la especie *Liolaemus leopardinus* de la cordillera andina. Pero, además, suficientes diferencias como para justificar el nominarlas como un nuevo taxón.

Consecuentemente este trabajo tiene como objetivo exponer las diferencias encontradas al comparar estas lagartijas con las de la zona andina y describirlas como nueva especie para la ciencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ejemplares fueron recolectadas en la cima de los Altos de Cantillana 33º58'S; 70º58'W; 2281 msnm, según el siguiente detalle:

MNHN-524, hembra, determinada como *Liolaemus altissimus* por Herman Núñez y como *Liolaemus leopardinus* subsp. nov? por Daniel Pincheira-Donoso, recolectada el 20 de diciembre de

Folio010060

1981 por Herman Núñez.

MNHN-1035, hembra, determinada como *Liolaemus altissimus*, recolectada el 3 de noviembre de 1981 por Mario Elgueta.

MNHN-1598, hembra, determinada como *Liolaemus altissimus*, recolectada el 30 de octubre de 1982 por Mario Elgueta.

Se capturaron con lazos de hilos de nailon atados a cañas de pescar. Se les sacrificó con éter, y fueron fijados con formalina al 10% y conservados en alcohol de 70º.

Las mediciones fueron realizadas con un nonio (precisión 0,1 mm) siguiendo las indicaciones de Peters (1964). La medidas de la cabeza son el largo, desde el borde anterior del meato auditivo hasta la escama rostral, el ancho de la cabeza en la parte más ancha a nivel de los huesos yugales, el alto de la cabeza, en su parte más alta, a nivel de las órbitas.

Las observaciones fueron hechas con lupa estereoscópica a diferentes aumentos.

RESULTADOS

Liolaemus frassinettii n. sp.

Figuras 1 y 2

Holotipo. MNHN-1035. Hembra, recolectada el 3 de noviembre de 1981 por Mario Elgueta.

Paratipos. MNHN-524, hembra, recolectada el 20 de diciembre de 1981 por Herman Núñez. MNHN-1598, hembra, recolectada el 30 de octubre de 1982, por Mario Elgueta.

Diagnosis. La nueva especie es un *Liolaemus* puesto que se ajusta en su caracteres a aquellos indicados por Pincheira-Donoso y Núñez (2005).

Liolaemus frassinettii recuerda en su patrón de diseño a *Liolaemus bellii*, sin embargo, difiere de ella en que *L. frassinettii* presenta las escamas redondeadas, casi yuxtapuestas. En diseño, por otra parte, *L. bellii* exhibe líneas en forma de V apuntando hacia atrás, atributo del que carece por completo *L. frassinettii*.

Liolaemus frassinettii es una especie más cercana al conjunto de las especies de *Liolaemus leopardinus*, pese a ello se diferencia de cualquiera de ellas en las grandes escamas infralabiales (figura 2) que en las otras especies son pequeñas y estrechas. Consecuentemente se considera a esta especie dentro del grupo "elongatus" de los propuestos por Pincheira-Donoso y Núñez (2005: 251) que señalan que estas especies se caracterizan por: "... escamas dorsales pequeñas, redondeadas a subtriangulares, provistas de una discreta quilla, que se dispone sobre las escamas del dorso, [...] "se disponen en forma imbricada-subimbricada o yuxtapuesta, pudiendo mostrar heteronotos acompañantes..." entre otros caracteres (véase además Cei 1986; Etheridge 1995). Así, además, *L. frassinettii* se diferencia de *L. chillanensis* por la distribución, además esta especie presenta coloración intensamente melánica en los flancos de la que carece *L. frassinettii*; de *L. curis* difiere por los patrones de colorido, este último puede llegar a ser intensamente negro, los flancos presentan escamas agudas e híspidas, lo que no se aprecia en *L. frassinettii*; de *L. elongatus* por diseño que parece puntuado en cambio en *L. elongatus* es en barras y bandas.

Medidas. Las dimensiones se indican a continuación. MNHN es el acrónimo, LS es longitud hocico-cloaca, LAI, es longitud axila-ingle, LEA es longitud de la extremidad anterior, LEP es longitud de la extremidad posterior y LC es longitud de la cola, cort significa cortada.

MNHN	LS	LAI	LEA	LEP	LC
0524	69,6	30,4	32,0	47,2	116,0
1035	80,5	37,4	30,2	47,7	cort
1598	63,3	32,9	23,8	34,0	cort

Folio010061

Descripción del Holotipo.

Cabeza proporcionada, 18,7 mm de longitud, 14,6 mm de ancho y 9,6 mm de alto. Cuello tan amplio como la región occipital.

Rostral extendido, ancho, 3,3 veces más ancho que alto, rodeado de ocho escamas, entre ellas los dos escudetes nasales. Dos postfrontales pequeños, ocho internasales, de los dos externos, en contacto con las nasales, el anterior casi dos veces más largo que el posterior, los internasales mediales son de forma irregular, anchos, previo a ellos hay un pequeño escudo de relleno. Nasales redondeados con narina muy amplia ocupando más de tres cuartos de la superficie del nasal, la narina apunta hacia atrás y hacia arriba. El nasal presenta una proyección hacia delante y hacia abajo que lo contacta con la escama rostral. Dos escudetes impares del hocico, el posterior muy amplio, más de dos veces al ancho del anterior. Ocho frontonasales que rodean a los escudetes impares del hocico, los laterales posteriores muy amplios. Una situación muy singular es la disposición de estos escudos que se presentan ligeramente imbricados antes que yuxtapuestos como es la situación usual en el género. Todos estos escudos son laminares, convexos. Dos prefrontales evidentes, aunque el derecho está completamente fusionado con el azigos frontal, el que es muy amplio y de forma cuadrangular, la lámina frontal presenta una superficie irregular. Dos postfrontales muy irregulares, el izquierdo fraccionado en escamas pequeñas. Interparietal muy alargado, sagitado, con la punta muy aguda apuntando a caudal, la impresión pineal es insignificante y se encuentra en una clara depresión. Dos parietales irregulares de igual tamaño que la interparietal, de bordes irregulares, envolventes de las escamas adyacentes.

Pileus con escamas irregulares, convexas y yuxtapuestas. Región supratemporal cubierta con escamas irregulares, laminares, yuxtapuestas.

Región supraocular convexa, aunque no sobresaliente, cubierta con escamas supraoculares laminares, convexas, se aprecian tres escudos grandes rodeados de escamas pequeñas que marginan con el circum orbitalis, compuesta por escamas pequeñas ordenadas en semicírculos como es lo usual.

Seis a siete superciliares cuyo conteo es difícil al estar fusionadas las anteriores. Todas ellas muy alargadas, fuertemente imbricadas y curvadas hacia abajo.

Subocular dividida en tres secciones, la sección anterior de forma prismática, la sección media es alargada y recta, y la posterior es masiva, las tres remarcan el borde sobresaliente superior del hueso yugal, la subocularia abarca desde la sexta supralabial hasta la mitad de la octava. Una sola corrida de escamas lorilabiales, todas ellas muy alargadas, en número de siete unidades discernibles. 10-8 (derecha-izquierda respectivamente) supralabiales. En el lado derecho la séptima escama se curva hacia arriba en la parte posterior como es la típica configuración en este subgénero de *Liolaemus*. En el lado izquierdo es la cuarta escama, la diferencia se debe a que en el lado derecho las escamas se han fraccionado. Por el lado izquierdo la cuarta escama está fusionada con la que la precede.

Escamas del borde anterior del ojo son alargadas aunque pequeñas, sin órganos sensoriales evidentes, 15 palpebrales en el párpado superior derecho y 15 en el inferior, en el extremo de cada escama hay un pequeño e inconspicuo órgano sensorial. 7-7 loreales incluida la cantal, que aparece masiva.

Región temporal cubierta con escamas redondeadas a triangulares, convexas, y en su superficie se insinúan quillas suaves, subimbricadas. Escama auricular discreta. Borde anterior del meato auditivo con escamas redondeadas poco notorias. Meato auditivo alargado verticalmente, tímpano desnudo, profundo, transparente, de igual tamaño que el ojo. El borde posterior del meato auditivo está cubierto de escamas muy pequeñas que preceden a pliegues de la piel que le confieren aspecto arrugado. Todas las escamas de estos pliegues son pequeñas, casi granulares, yuxtapuestas, lisas; los flancos del cuello son arrugados para rematar en un bolsillo antehumeral muy prominente. Se aprecian numerosos heteronotos entre las escamas más grandes. Los pliegues del lado del cuello son fuerte y se continúan modestamente por la faz ventral del cuello.

Órganos sensoriales en la punta del hocico, sobre el hocico, en las loreales y supralabiales.

Folio010062

Escama sinfisial de gran tamaño, ligeramente más amplia que la rostral, de forma triangular sin escotaduras o muy ligeras, en contacto con cuatro escamas; cuatro pares de postsinfisiales, el primer par en amplio contacto mutuo. Los dos pares siguientes separados por escamas intrusivas de la región gular.

5-5 infralabiales de gran dimensión, cuadrangulares, lisas, yuxtapuestas. Región gular con escamas lisas, imbricadas, triangulares.

Escamas dorsales ligeramente triangulares, con una quilla suave en su superficie, imbricadas y ligeramente mucronadas. Las escamas están separadas unas de otras y no hay heteronotos entre ellas, más o menos de igual tamaño que las ventrales.

Escamas de los flancos de igual tamaño que las dorsales y las ventrales o ligeramente más grandes. No hay heteronotos entre ellas.

Ventrales redondeadas, lisas, imbricadas. Cien escamas al medio del cuerpo.

Sin trazas de poros precloacales.

Escamas dorsales de la región humeral redondeadas, quilladas, imbricadas, sin heteronotos. Similares en la región radio-ulnar aunque más anchas. En el dorso de la mano, las escamas son muy pequeñas, de similar aspecto.

La región ventral del húmero cubierta de escamas granulares, lisas, yuxtapuestas, muy pequeñas, los heteronotos son muy poco evidentes.

La región ventral de la zona radio-ulnar cubierta con escamas redondeadas, lisas, y varias de ellas tienen el borde dentado y hialino.

La palma está cubierta de escamas muy numerosas, todas fuertemente triquilladas, agudas.

Lamelas rectangulares transversales, triquilladas, se cuentan 21 de ellas bajo el tercer dedo de la mano derecha. Secuencia de dígitos 3=4>2>5>1.

Región femoral por dorsal con escamas redondeadas, altas muy sobresalientes, yuxtapuestas. Región tibio-fibular con escamas triangulares, masivas, fuertemente quilladas, imbricadas. Región dorsal del pie con escamas redondeadas, quilladas, imbricadas.

Parte posterior de la región femoral con escamas muy pequeñas, granulares.

Por ventral la región femoral está cubierta por escamas redondeadas, lisas imbricadas, similarmente en al región tibio-fibular. No se aprecia un parche de escamas agrandadas en el borde posterior del muslo.

Lamelas similares a las de la mano; 31 de ellas bajo el cuarto dedo de la pata derecha. Secuencia de dígitos 4>3>2>5>1.

Cola, por dorsal, con escamas cuadrangulares, fuertemente quilladas con la quilla corriendo en diagonal, fuertemente mucronadas. Similar por ventral aunque lisas.

Diseño y color en fijador.

Color de fondo pardo claro, aparecen parches de escamas de color negro profundo confiriéndole un aspecto moteado. Hacia los flancos posteriores en el holotipo, se aprecian tres líneas más claras que se dirigen hacia atrás y abajo. Por ventral la coloración es homogéneamente gris.

Variación

En términos de diseño los animales paratipos son relativamente distintos. MNHN-524 recuerda claramente un diseño como el *L. valdesianus*. MNHN-1598 no presenta diseño dorsal pero existe una banda maxilar más oscura, siendo un juvenil.

Hábitat

Liolaemus frassinetti es una animal saxícola, (HN obs. pers.), que se asolea en la rocas de la planicie en que vive en la cima de los Altos de Cantillana, no es un animal escaso pero altamente elusivo. Muy probablemente sea vivíparo.

Etimología

Dedico esta especie a Daniel Frassinetti, paleontólogo de invertebrados del Museo Nacional de Historia Natural, quien ha contribuido en gran medida al conocimiento de los moluscos fósiles de nuestro país. Por otra parte Daniel Frassinetti junto a su capacidad de serio investigador, está dotado

Folio010063

de una gran calidad humana que reconozco y es un leal y apreciado amigo.

Se propone como nombre vernacular, Lagartija del Cerro Cantillana.

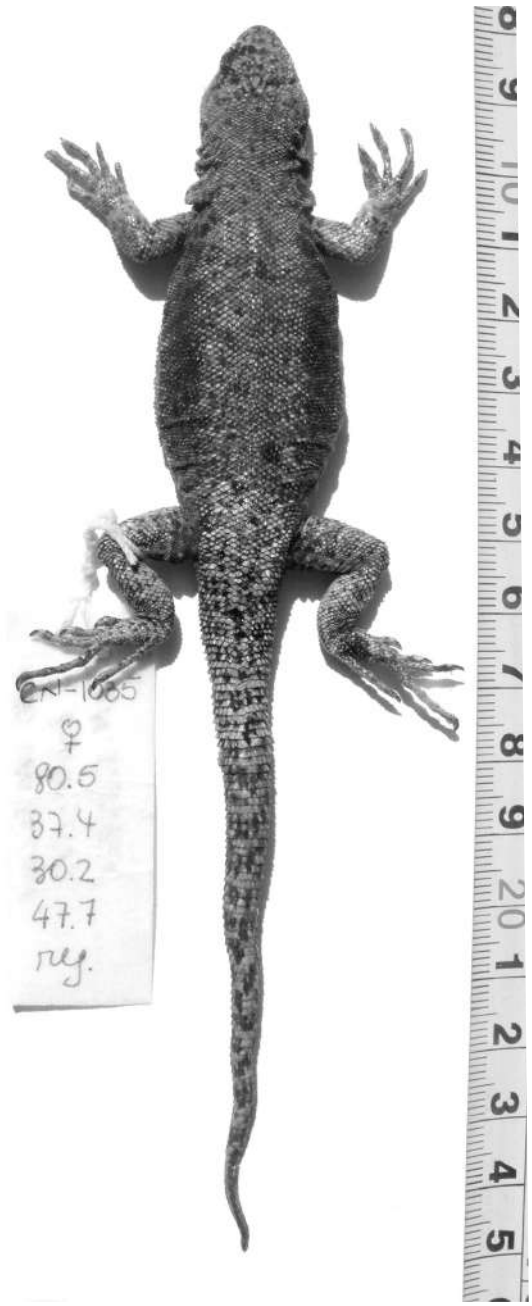


FIGURA 1. *Liolaemus frassinettii* n. sp. Holotipo hembra MNHN-1035. Recolectada en el Cerro Cantillana, cordillera de la Costa. Cada división de la regla, entre número y número es un centímetro.

Folio010064

FIGURA 2. Se muestran las escamas infralabiales de gran tamaño del holotipo de *Liolaemus frassinettii*

DISCUSIÓN

Fuentes y Jaksic (1979) propusieron un modelo de especiación para vertebrados terrestres de la zona central de Chile, basado en las glaciaciones. Los campos de hielo invadieron las cumbres de los cerros haciendo que las poblaciones de reptiles bajaran sus niveles de ocupación. Una vez retirados los hielos, en el estado interglaciar, estas poblaciones retornaron a los cerros circundantes repoblando tanto las cumbres andinas como de la cordillera de la Costa. Este modelo se ajusta bastante bien a una cladogénesis típica en que se fraccionan las poblaciones originales. De este modo se explican la presencia de especies afines (o subespecies) en ambas cordilleras. Esta forma de radiación adaptativa ha sido invocada en varios trabajos, el último de ellos para explicar la existencia de *Liolaemus confusus* (Núñez y Pincheira-Donoso 2006).

El origen de esta especie debe ser adjudicado a las poblaciones de *L. valdesianus*, con la que exhibe mayores afinidades morfológicas. Esta propuesta parece más evidente habida cuenta la cercanía entre las cordillera andina y de la Costa a la de la zona de recolecta de *L. frassinettii*. Si los ancestros de esta especie tienen su origen en conjuntos poblacionales del Cajón del Maipo (*i.e.*, *L. valdesianus*) entonces es probable que hayan invadido tanto las áreas de la riberas sur y norte del río Maipo, y desde esas posiciones se dispersara hacia el occidente hasta el cordón de Cantillana aislándose reproductivamente con sus propias derivas, constituyéndose en la única especie del grupo en la codillera de la Costa.

El modelo es sólo una extensión ejemplificadora de lo señalado por Fuentes y Jaksic (1979), en que la cumbre del cerro Cantillana es una más de las "islas" del complejo archipiélago en que especiaron las lagartijas durante las glaciaciones cuaternarias. Es difícil concebir que el trayecto de las especies pudo ser desde la cordillera de la Costa a la de los Andes. El mayor conjunto de especies del grupo "elongatus" (al que se ha adjudicado esta especie) se encuentra en la cordillera andina y es más numeroso en Argentina.

Probablemente en la cordillera de la Costa haya más especies de *Liolaemus* que aún no han sido

Folio010065

descubiertas, y el fenómeno de especiación que se invoca sea de mayor envergadura de lo sospechado hasta ahora, involucrando a comunidades enteras como lo sugiere Elgueta (1988) para insectos terrestres de la familia Tenebrionidae y Curculionidae, lo que da indicaciones claras de la necesidad de ampliar las investigaciones en esta área.

AGRADECIMIENTOS

A Mario Elgueta por la captura de ejemplares y la discusión de algunos aspectos biogeográficos. A Juan Carlos Torres-Mura y José Yáñez por intercambiar opiniones respecto de algunos detalles de la discusión y por la revisión crítica del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEI, J.M.
1986 Reptiles del centro, centro-oeste y sur de la Argentina. Museo Reggionale di Science Naturali. Turín, Italia. Monografie IV. 527 p.

ELGUETA, M.
1988 Insectos epigeos de ambientes altomontanos en Chile Central: algunas consideraciones biogeográficas con especial referencia a Tenebrionidae y Curculionidae (Coleoptera). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural Chile, 41:125-144

ETHERIDGE, R.E.
1995 Redescription of *Ctenoblepharys adspersa* Tschudi, 1845, and the Taxonomy of Liolaeminae (Reptilia: Squamata: Tropiduridae). American Museum Novitates 3142, 34 p.

FUENTES, H. y JAKSIC, F.M.
1979 Lizards and rodents: an explanation for their relative species diversity in Chile. Archivos de Biología y Medicina Experimentales (Chile) 12: 179-190.

NÚÑEZ, H. y PINCHEIRA-DONOSO, D.
2006 *Liolaemus confusus*, una nueva especie de lagartija de la cordillera de la costa de Chile central (Sauria, Liolaeminae): evidencia fenética y citogenética. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural Chile, 55: 75-86

PETERS, J.A.
1964 Dictionary of herpetology. Hafner Publishing Co. N.Y.391 p.

PINCHEIRA-DONOSO, D. y NUÑEZ, H.
2005 Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae). Taxonomía, Sistemática y Evolución. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Chile Nº 59: 7-486.

Contribución recibida: 21-09-07; aceptada: 04.10.07

LISTA DE ESPECIES MONITORES LAGUNA DE ACULEO OCTUBRE 2023 A FEBRERO 2024 Y CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN

Nombre científico	**Nombre común**	**Categoría de conservación por ley de caza 19.473** **Zona Central** P: Especie catalogada como en peligro de extinción V: Especie catalogada como en estado de conservación vulnerable R: Especie catalogada como rara I: Especie catalogada como escasa o inadecuadamente conocida F: Especie catalogada como fuera de peligro	**CATEGORÍA VIGENTE 18vo Proceso de Clasificación de especies** CR = En peligro crítico DD = Datos insuficientes EN = En Peligro EW= Extinta en estado silvestre EX = Extinta FP = Fuera de Peligro IC = Insuficientemente Conocida LC = Preocupación menor NT = Casi amenazada R = Rara VU = Vulnerable
Agelasticus thilius	Trile		
Anas bahamensis	Pato gargantillo	R	LC
Anas flavirostris	Pato jergón chico		
Anas georgica	Pato jergon grande		
Anarhynchus falklandicus	Chorlo de doble collar		
Anthus correndera	Bailarín chico común		
Ardea alba	Garza grande		
Ardea cocoi	Garza cuca	R	LC
Asio flammeus	Nuco	I	LC
Athene cunicularia	Pequén		
Bubulcus ibis	Garza bueyera		
Calidris bairdii	Playero de Baird		
Callipepla californica	Codorniz		
Chroicocephalus serranus	Gaviota andina	R	LC

Chroicocephalus maculipennis	Gaviota cáhuil		
Columbina picui	Tortolita cuyana		
Coragyps atratus	Jote de cabeza negra		
Coscoroba coscoroba	Cisne coscoroba	P	LC
Curaeus curaeus	Tordo		
Cygnus melancoryphus	Cisne de cuello negro	V	LC
Daptrius chimango	Tiuque		
Diuca diuca	Diuca común		
Egretta thula	Garza chica		
Elaenia albiceps	Fío-Fío		
Elanus leucurus	Bailarín		
Enicognathus ferrugineus	Cachaña		
Falco sparverius	Cernícalo		
Fulica armillata	tagua común		
Fulica leucoptera	Tagua chica		
Fulica rufifrons	Tagua de frente roja		
Gallinago magellanica	Becacina común	V	LC
Geranoaetus polyosoma	Aguilucho común		
Heteronetta atricapilla	Pato rinconero	R	LC
Hymenops perspicillatus	runrun		
Himantopus mexicanus	Perrito		
Lessonia rufa	Colegial		
Leistes loyca	Loica común		
Leucophaeus pipixcan	Gaviota de Franklin		LC
Mareca sibilatrix	Pato real		
Metriopelia melanoptera	Tortolita cordillerana		
Mimus thenca	Tenca		
Nannopterum brasilianum	Yeco		

Netta peposaca	Pato negro		
Nothoprocta perdicaria	Perdiz chilena		
Nycticorax nycticorax	Huairavo común		
Oxyura vittata	Pato rana de pico delgado		
Parabuteo unicinctus	Peuco		
Patagioenas araucana	Torcaza	P	LC
Patagona gigas	Picaflor gigante		
Phalaropus tricolor	Pollito de mar tricolor		
Plegadis chihi	Cuervo de pantano común	P	NT
Podiceps major	Huala		
Podiceps occipitalis	Blanquillo		
Podilymbus podiceps	Picurio		
Porphyriops melanops	Tagüita común		
Pteroptochos megapodius	Turca		
Rhopospina alaudina	Platero		
Rollandia rolland	Pimpollo común		
Sicalis luteola	Chirihue común		
Spatula cyanoptera	Pato colorado		
Spatula platalea	Pato cuchara	I	LC
Tachycineta leucopyga	Golondrina chilena		
Tringa melanoleuca	Pitotoy grande		
Tringa flavipes	Pitotoy chico		LC
Turdus falcklandii	Zorzal patagónico		
Vanellus chilensis	Queltehue común		
Vultur gryphus	Cóndor	V	NT
Zenaida meloda	Paloma de alas blancas		
Zenaida auriculata	Tórtola		
Zonotrichia capensis	Chincol		