



CIPRÉS DE LA CORDILLERA

(Austrocedrus chilensis (D. Don) Pic. Serm. et Bizarri)

ANTECEDENTES ECOLÓGICOS PARA LA CONSERVACIÓN
DE LAS COMUNIDADES EN EL ALTO CACHAPOAL

Gustavo Cruz Madariaga (Editor)

**Ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. et Bizarri).
Antecedentes ecológicos para la conservación de las comunidades en el Alto
Cachapoal.**

Editor: Gustavo Cruz M.

Facultad de Ciencias Forestales y
de la Conservación de la Naturaleza
Universidad de Chile.

Registro de Propiedad Intelectual: N° 252.245
ISBN: 978-956-19-0904-5

Primera edición julio 2015

Diseño e Impresión: Editora e Imprenta Maval

Foto Portada

Bosques de ciprés de la cordillera en la Reserva Nacional Río de Los Cipreses
(Fotografía Gustavo Cruz)

Libro realizado por la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza
de la Universidad de Chile y financiado por Pacific Hydro.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o transmitida, mediante cualquier
sistema, sin la expresa autorización de los autores.

Autoriza su circulación por Resolución, N° 13 del 29 de mayo de 2015, de la Dirección
Nacional de Fronteras y Límites del Estado.

La edición y circulación de mapas, cartas geográficas u otros impresos y documentos que se
refieran o relacionen con los límites y fronteras de Chile, no comprometen en modo alguno,
al Estado de Chile, de acuerdo con el Art. 2º, letra g) del DFL. N° 83 de 1979 del Ministerio
de Relaciones Exteriores.

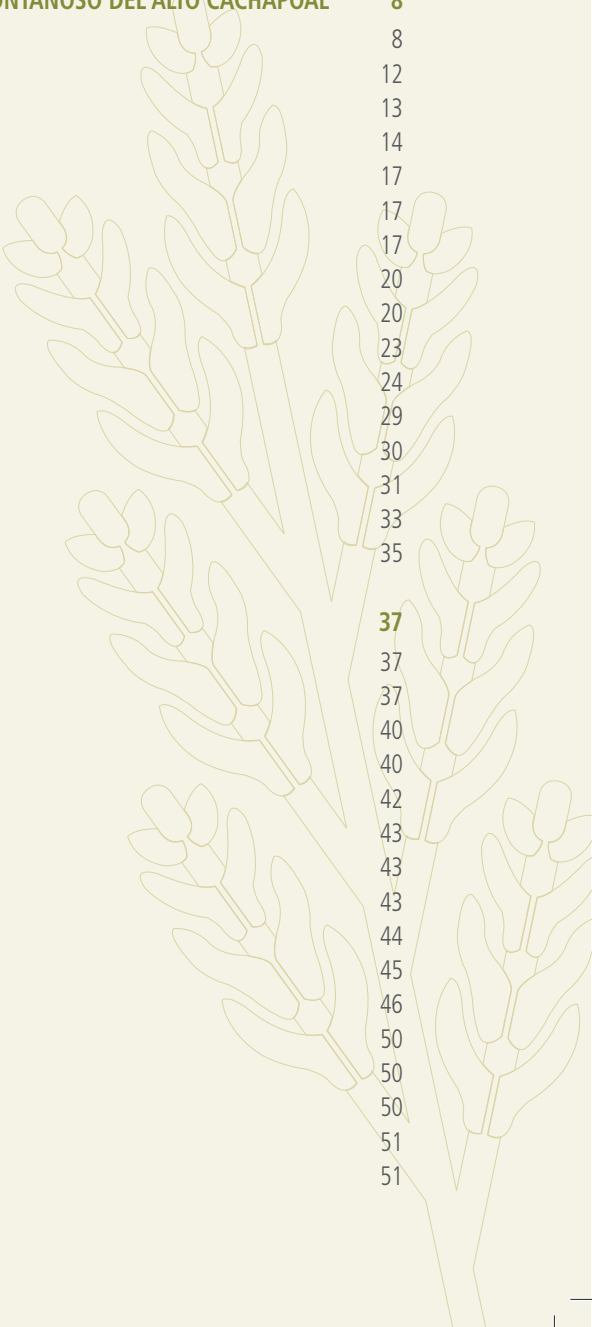
Julio, año 2015.

ÍNDICE

PRÓLOGO

INTRODUCCIÓN

1. IMPORTANCIA DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA: EL PAISAJE MONTAÑOSO DEL ALTO CACHAPOAL	8
1.1 AMBIENTES MONTAÑOSOS	8
1.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LAS MONTAÑAS	12
1.3 RECURSOS HÍDRICOS	13
1.4 RECURSOS BOSCOSOS	14
1.5 DIVERSIDAD BIOLÓGICA	17
1.6 POBLACIÓN HUMANA	17
1.7 PRESIONES Y PERTURBACIONES	17
1.8 BREVE RESEÑA DEL PAISAJE NATURAL DEL ALTO CACHAPOAL	20
1.8.1 Ubicación	20
1.8.2 Clima	23
1.8.3 Geología y geomorfología	24
1.8.4 Hidrología	29
1.8.5 Suelos	30
1.8.6 Flora y vegetación	31
1.8.7 Fauna	33
1.8.8 Uso antrópico	35
2. ANTECEDENTES GENERALES DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA	37
2.1 TAXONOMÍA	37
2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE	37
2.3 DISTRIBUCIÓN Y HABITAT DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA	40
2.3.1 Distribución	40
2.3.2 Hábitat	42
2.4 AUTOECOLOGÍA DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA	43
2.4.1 Biología reproductiva	43
2.4.2 Fenología	43
2.4.3 Producción de semillas y germinación	44
2.4.4 Regeneración	45
2.4.5 Hábitos de crecimiento	46
2.4.6 Micorrizas	50
2.5 VARIACIÓN GENÉTICA	50
2.6 ENFERMEDADES	50
2.7 USO DE LOS BOSQUES	51
2.8 ESTADO DE CONSERVACIÓN	51



3. COMUNIDADES DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA EN EL ALTO CACHAPOAL	54
3.1 DISTRIBUCIÓN Y TAMAÑO DE LAS COMUNIDADES	54
3.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LOS BOSQUES	56
3.2.1 Suelos	58
3.2.2 Perturbaciones	65
3.3 ESTRUCTURA DE LOS BOSQUES	66
3.4 DINÁMICA REGENERATIVA DE LOS BOSQUES	74
3.4.1 Reproducción sexual de ciprés de la cordillera	74
3.4.2 Reproducción vegetativa de ciprés de la cordillera	78
3.5 CARACTERÍSTICAS VEGETACIONALES Y FLORÍSTICAS	82
3.5.1 Representatividad taxonómica	83
3.5.2 Origen geográfico	88
3.5.3 Formas de crecimiento	89
3.5.4 Tipo de ambiente preferente de las especies	90
3.5.5 Especies en categoría de conservación	93
 4. SINGULARIDAD E IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS BOSQUES DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA EN EL ALTO CACHAPOAL	 94
4.1 HISTORIA EVOLUTIVA DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA	94
4.2 SINGULARIDAD VEGETACIONAL Y FLORÍSTICA DE LOS BOSQUES DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA EN EL ALTO CACHAPOAL	96
4.3 ESTADO ACTUAL DE LOS BOSQUES DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA A NIVEL NACIONAL Y LOCAL	98
4.4 VULNERABILIDAD DE LOS BOSQUES DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA	101
 5. ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS BOSQUES DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA EN EL ALTO CACHAPOAL	 102
5.1 LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS	102
5.2 OBJETIVOS DE LA RESTAURACIÓN	107
5.3 SISTEMA DE RESTAURACIÓN	108
5.4 PLAN DE RESTAURACIÓN	111
 6. SÍNTESIS Y PROYECCIONES	 114
 BIBLIOGRAFÍA	 119

PRÓLOGO

En el marco del compromiso con el desarrollo sustentable, la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile con el apoyo de Pacific Hydro presenta el libro "Ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. et Bizarrí). Antecedentes ecológicos para la conservación de las comunidades en el Alto Cachapoal".

El ciprés de la cordillera en Chile Central y, en particular, en el Alto Cachapoal es una especie que conforma bosques de pequeña extensión casi monoespecíficos con regeneración natural muy escasa y expuesta a permanentes eventos naturales como sismos, avalanchas, derrumbes, etc. Estas poblaciones presentan gran singularidad y conservan características genéticas de las poblaciones originales de la especie, por lo que se pueden considerar como singulares y vulnerables, por lo tanto requieren ser conservadas.

Estudios para la conservación y recuperación del ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal necesitan del compromiso de recursos técnicos, económicos y políticos de forma sostenida en el tiempo, ya que obtener dicha información requiere un largo período de tiempo para mostrar resultados.

Como un aporte a estos esfuerzos, Pacific Hydro, compañía vinculada al desarrollo del potencial hidroeléctrico del Valle del Alto Cachapoal y al compromiso adquirido a través de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA N° 162/2008) de la Central Hidroeléctrica de Pasada Chacayes, que opera desde el 2011, ha generado una oportunidad para el desarrollo de investigación científica. Una de las iniciativas contempladas y materializadas fue el "Programa de Recuperación del Ciprés de la Cordillera" y parte relevante de sus resultados se presentan en esta publicación que hoy difundimos.

Este libro se suma a otras medidas medioambientales de difusión derivadas de la RCA de Chacayes, como es el Atlas del Alto Cachapoal: Relatos de su flora y fauna; Los Cuentos del Alto Cachapoal y el Fondo de Investigación Científico, que buscan alentar una mayor valoración del entorno y generar nuevos conocimientos sobre el Valle del Cachapoal.

Pacific Hydro está convencida que el trabajo y esfuerzo conjunto de los sectores privado y académico, es un camino adecuado para aportar a la conservación de la riqueza natural del Alto Cachapoal, razón por la cual esperamos que este libro sea un aporte a la conservación de esta especie tanto a nivel nacional como local.

Zandra Monreal
Gerente Ambiental
Pacific Hydro Chile

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas montañosos en Chile son importantes por la gran cantidad de bienes y servicios que nos proporcionan (por ejemplo alimentos, agua, combustibles, madera, plantas medicinales, minerales, forraje, beneficios espirituales y religiosos, turismo, biodiversidad, etc.). Estos ecosistemas son frágiles, puesto que están sujetos al efecto de disturbios naturales (vulcanismo, sismos) y antrópicos (deforestación, cambio de uso del suelo, pastoreo, incendios, entre otros). Muchos de estos ecosistemas han sido degradados por una sobre utilización de sus recursos naturales, desastres naturales y por el impacto de la instalación de infraestructura, asociada a actividades mineras y de producción de energía. Al mismo tiempo, se aprecia actualmente un creciente interés en la sociedad por la conservación y preservación de estos ecosistemas, en particular, por las especies nativas y las comunidades donde se presentan, existiendo consenso de que constituyen una riqueza de gran valor para el país, ya que proporcionan un sinnúmero de servicios, de tipo ambiental, paisajístico y recreacional. Así, gran parte del debate ambiental actual apunta a compatibilizar el uso económico de los recursos naturales, con los otros servicios que también proveen.

Las características ambientales extremas de estos ecosistemas montañosos originan que las poblaciones arbóreas presenten altos niveles de marginalidad y diferenciación. Un ejemplo de esta situación, la constituyen las poblaciones con características relictuales de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. et Bizzarri) que se desarrollan en los ambientes montañosos del Alto Cachapoal.

Ciprés de la cordillera es una especie arbórea endémica de los bosques subantárticos de Chile y Argentina. Es la conífera más septentrional en Chile, distribuyéndose desde la Región de Valparaíso, (cerro Tabaco 32° 39' Lat. Sur – 72° 49' Long. Oeste), hasta el valle del río Palena, Región de Los Lagos (43° 32' Lat. Sur – 72° 04' Long. Oeste).

Esta especie arbórea ocupa ambientes de la alta montaña, constituyendo en esta zona masas casi puras de densidad variable, creciendo tanto en laderas rocosas

de muy fuerte pendiente, como en valles protegidos, donde se ubica en los aluvios rocosos de los cauces.

Ciprés de la cordillera ha sido fuertemente explotado y su hábitat degradado por el pastoreo y los incendios forestales, originando que la extensión de sus poblaciones y las comunidades en las que participa, haya disminuido considerablemente.

Por otro lado, es una de las especies de coníferas nativas con menor representación en términos de superficie protegida en las unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), ya que sólo se encuentran bajo este sistema 3.705 ha, equivalentes al 7,9% de la superficie total de sus bosques (CONAF, 2011).

Ciprés de la cordillera fue clasificada durante un largo período como especie Vulnerable (Benoit, 1989), a nivel nacional, luego reevaluada a través del Tercer Proceso de Clasificación de Especies de CONAMA, siendo catalogada como Fuera de Peligro según D.S. N°51 (Chile, Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 2008) y finalmente, en la actualidad, es considerada como especie Casi Amenazada (NT) de acuerdo al D.S. N°42 (Chile, Ministerio del Medio Ambiente, 2011), categoría compartida con la evaluación internacional de UICN (Souto y Gardner, 2013). Sin embargo, específicamente para la Región de O'Higgins, ciprés de la cordillera ha sido declarada como especie En Peligro (Faúndez et al., 2007).

Asociado al desarrollo del potencial hidroeléctrico del valle del Alto Cachapoal, Pacific Hydro, impulsó un Programa de Recuperación del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), originado en una medida de compensación ambiental voluntaria consignada en la Resolución de Calificación Ambiental (Resolución Exenta N° 162/2008 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins) del proyecto Central Hidroeléctrica Chacayes, hoy en operación y que consideró promover ésta y otras iniciativas orientadas al desarrollo local, la investigación y la divulgación de los atributos naturales del valle del Alto Cachapoal.

Teniendo como base esta iniciativa, en el año 2010, la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, realizó un estudio sobre los bosques de ciprés de la cordillera, su ecología, su singularidad, posibilidades de conservación y la identificación de sitios potenciales para la recuperación de la especie en la cuenca del Alto Cachapoal. Uno de sus alcances más importantes de este estudio, fue el compromiso de difundir sus resultados más relevantes, a través de un documento que se haría disponible al público general y a la comunidad científica.

En este contexto nace este libro titulado “Ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Antecedentes ecológicos para la conservación de las comunidades en el Alto Cachapoal”, cuyo objetivo es el de contribuir al conocimiento científico necesario para conservar las comunidades de la especie en el Alto Cachapoal. Por otro lado, esta información permitiría fundamentar las estrategias de conservación y optimizar la asignación de los recursos técnicos, económicos, políticos y legales para la conservación de las comunidades septentrionales de la especie en el Alto Cachapoal.

En su estructura el libro, además del prólogo y la introducción, aborda en su primer capítulo la importancia ecológica de los ecosistemas de montaña, el cual tiene por objetivo familiarizar al lector con la importancia de los ambientes montañosos, su conservación y los servicios que proveen a la sociedad. Al mismo tiempo, este capítulo entrega información actualizada de la distribución de estos ecosistemas a nivel nacional. Además, introduce al paisaje del Alto Cachapoal y la geografía particular dando el marco geográfico general para comprender el ámbito natural donde se distribuyen los bosques de ciprés de la cordillera. Este capítulo tiene la autoría de Álvaro Promis, Gustavo Cruz, Alejandro Huertas, Patricio Tapia y Rodolfo Gajardo, este último fallecido en el año 2011. El segundo capítulo, elaborado, por María Teresa Serra, G. Cruz y A. Promis, describe la especie objeto de las actividades de conservación, basándose en la revisión de información bibliográfica extractada de artículos de revistas científicas de corriente principal y libros relativos al tema. En el tercer capítulo, se ubican espacialmente los bosques de ciprés de la

cordillera en el Alto Cachapoal y se describen las características ambientales y estructurales de estos; la dinámica regenerativa de la especie y la composición y singularidad florística de sus comunidades. Este capítulo, reúne información inédita generada por el proyecto durante el año 2010 y ha sido elaborado por los investigadores: G. Cruz, A. Promis, M.T. Serra y Juan Pablo Fuentes. En el cuarto capítulo, se analizan las características singulares que presentan los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal, que justifican su conservación. Este capítulo fue elaborado en forma conjunta por G. Cruz, M.T. Serra, A. Promis y Paulette I. Naulin. En el quinto capítulo, Horacio Bown junto a G. Cruz y A. Promis presentan la estrategia de conservación para la especie en el Alto Cachapoal. Finalmente, en el capítulo de síntesis y proyecciones, G. Cruz, presenta los principales resultados de cada uno de los temas tratados, así como también los desafíos y proyecciones que emanaron del estudio realizado por los distintos autores.

Este libro también ha sido posible gracias a la colaboración y apoyo de profesionales y personas de distintas instituciones, involucradas directa e indirectamente en el desarrollo del estudio y del libro: de Pacific Hydro, Zandra Monreal, Mauricio Bratti, Claudio Bedoya; de la Universidad de Chile, Carolina Olivares, Susan Márquez, Gonzalo Moreno, Francisco Guzmán, Ana Araos, Natalia Varela; de CONAF Región del Libertador Bernardo O’Higgins, Pablo Lobos, Marcia Ricci, Álvaro Aguilar y de Geobiota, Félix Hidalgo. También se debe mencionar a Patricio Silva (Chacayes) y Carabineros de Chile (Avanzada Fronteriza “Las Leñas”) por su colaboración durante las actividades de terreno del estudio.

Finalmente es deseo de los autores que este libro contribuya a incrementar el conocimiento de los bosques septentrionales de ciprés de la cordillera, presentes en la zona central de Chile. Además, es de esperar que a este libro se agregue un mayor cúmulo de información, fruto de futuras investigaciones en el marco del fondo de investigación de Pacific Hydro, así como de otras iniciativas de investigación en general.

Gustavo Cruz Madariaga

1.

Importancia de los ecosistemas de montaña: el paisaje montañoso del Alto Cachapoal

*Álvaro Promis B., Gustavo Cruz M.,
Alejandro Huertas H., Rodolfo Gajardo M. †,
Patricio Tapia A.*



Los ambientes montañosos abarcan aproximadamente 24,3% de la superficie terrestre mundial (Kapos et al., 2000), y al mismo tiempo albergan entre el 22 y 26% de la población humana en la Tierra (Meybeck et al., 2001; UNEP-WCMC, 2002). En estos ambientes se producen muchos bienes y servicios para la humanidad (Grêt-Regamey et al., 2012), entre los que se incluyen servicios de provisión (alimentos, agua fresca, combustibles, madera, plantas medicinales, minerales y forraje), de regulación (regulación de efectos de desastres naturales, de la cantidad y calidad del agua, control de erosión), culturales (beneficios espirituales y religiosos, recreacionales, turismo, estéticos, sentido de pertenencia, patrimonio cultural) y de soporte (ciclo de nutrientes, formación del suelo, refugio para vida silvestre y biodiversidad). La población humana que vive en estos ecosistemas enfrenta un ambiente que presenta grandes demandas físicas, donde los desastres naturales son a menudo de gran magnitud y donde la producción agrícola es limitada (UNEP-WCMC, 2002). Muchos de estos ecosistemas han sido degradados por un uso excesivo de los recursos naturales, por un desarrollo inadecuado de la infraestructura, por deforestación y por el impacto de desastres naturales (UNEP-WCMC, 2002).

En muchas partes del planeta, las montañas han sido y continúan siendo un gran aporte a las economías que se han desarrollado a altitudes más bajas. Así, alrededor de la mitad de la población mundial depende de los recursos naturales provenientes de las montañas, tales como agua, productos forestales, ganaderos y mineros (Regato y Salman, 2008). Sin embargo, los habitantes de estos ecosistemas son percibidos por las sociedades como inferiores desde el punto de vista cultural y con economías retrasadas (Körner y Ohsawa, 2005). Además, la mera extracción de los recursos naturales montañosos, contribuye a una marginalización progresiva de estas comunidades, siendo consideradas vulnerables desde el punto de vista de la alimentación (Regato y Salman, 2008).

Por consiguiente, estas actividades sumadas al cambio climático han afectado la provisión de servicios ecosistémicos, y la falta de información hace incierto el destino que pueden sufrir los ecosistemas montañosos en el futuro.

1.1 Ambientes Montañosos

Existen varias definiciones de lo que son las montañas, así como de cuáles son sus reales extensiones. Las

definiciones, sugeridas hasta ahora, se han basado en criterios tales como la topografía, el clima, la vegetación, la longitud del período de crecimiento de la vegetación y la fenología de las plantas. Por un lado, subjetivamente una montaña puede ser considerada como aquél accidente geográfico alto y sobresaliente, respecto al relieve del paisaje que la circunda, gran parte de su superficie tiene pendientes pronunciadas y presenta variaciones en clima y en vegetación que van desde la base hasta la cima (Byers et al., 2013). Por otro lado, desde un punto de vista objetivo, las definiciones de montaña deberían incluir aspectos de la elevación, del relieve local, de la pendiente y de la superficie contenida en ella (Byers et al., 2013). Es así que, por ejemplo, estableciendo una altitud límite de 300 msnm y basándose en características de pendiente y aspereza del terreno, Kapos et al. (2000) determinaron que las regiones montañosas abarcan 24,3% de la superficie de la tierra a nivel mundial (aproximadamente 36 millones de km²) (Tabla 1.1). Sin embargo, otros estudios han calculado superficies de alrededor del 25% de la superficie total de la tierra (33,3 millones de km²) (Meybeck et al., 2001); de 12,3% de la superficie terrestre (16,5 millones de km², Figura

1.1), sin considerar la superficie de la Antártica (Körner et al., 2011) y de hasta el 3,7% de la superficie terrestre mundial (5,4 millones de km²), si es que se asume un límite de 1.000 msnm de altitud en el Ecuador y una reducción lineal hacia los 300 msnm de altitud a las latitudes de 67° N y 55° S (Körner y Ohsawa, 2005).

Las mayores superficies montañosas se encuentran en la Antártica y en Eurasia (Figura 1.1 o Tabla 1.1), encontrándose el monte más alto en la Cordillera del Himalaya (monte Everest con una altura de 8.848 m). América del Sur también posee una gran superficie montañosa (Figura 1.1 y Tabla 1.1), la que está formada por las montañas y cuencas de la Cordillera de los Andes, donde el monte más alto es el Aconcagua, con una altitud de 6.962 m.

Para Chile continental hemos estimado que un 68% de la superficie nacional continental corresponde a montaña (51.401.929 hectáreas) (Figura 1.2); cifra obtenida al considerar diferentes clases de elevación (desde los 300 msnm), pendientes, rangos de elevación local, cuencas y mesetas aisladas rodeadas de montañas (Kapos et al., 2000; Körner y Ohsawa, 2005). Al mismo tiempo, para

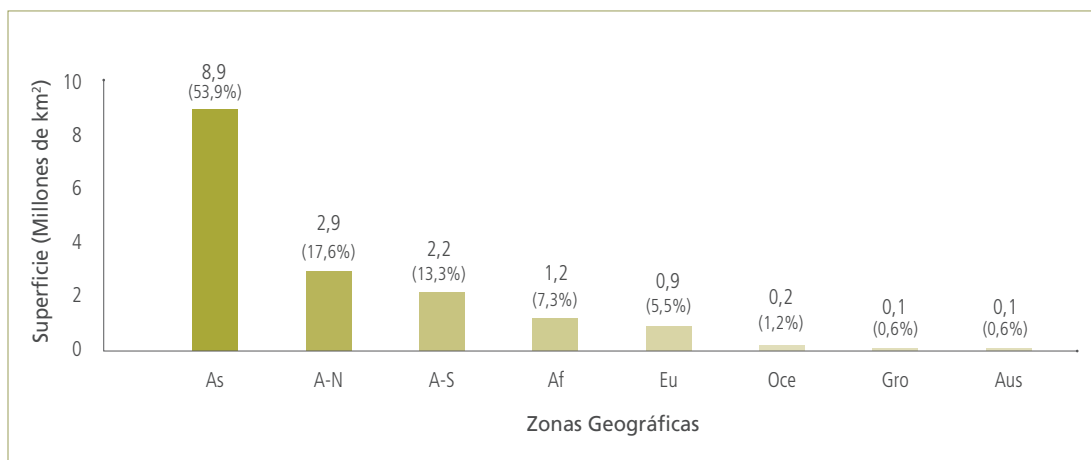


Figura 1.1. Estimación de la superficie de áreas montañosas (Millones de km²) por región*

*Considerando un umbral de aspereza o escabrosidad definido por Körner et al. (2011). Zonas geográficas corresponden a: As=Asia, A-N=América del Norte, A-S=América del Sur, Af=África, Eu=Europa, Oce=Oceanía e islas grandes del sureste de Asia, Gro=Groenlandia, Aus=Australia y Nueva Zelanda.

Tabla 1.1. Estimación de la superficie de áreas montañosas (km²) por región y a nivel mundial*

Región	Clases (km²)						Total	%
	1	2	3	4	5	6		
América del Norte	197	11.417	200.830	1.092.881	1.104.529	1.840.140	4.249.994	11,9
América Central	38	968	67.127	353.586	259.367	412.215	1.093.301	3,1
Caribe	0	0	32	2.809	5.528	38.322	46.691	0,0
América del Sur	54.542	583.848	374.380	454.417	465.061	970.707	3.002.955	8,4
Europa	0	225	497.886	145.838	345.255	1.222.104	2.211.308	6,2
África	73	4.859	101.058	559.559	947.066	1.348.382	2.960.997	8,3
Medio Oriente	40.363	128.790	339.954	906.461	721.135	733.836	2.870.539	8,0
Federación Rusa	31	1.122	31.360	360.503	947.368	2.961.976	4.302.360	12,0
Lejano Oriente	1.409.259	741.876	627.342	895.837	683.221	1.329.942	5.687.477	15,9
Sureste Asia Continental	170.445	107.974	97.754	211.425	330.574	931.217	1.849.389	5,2
Sureste Asia Insular	22	4.366	34.376	120.405	157.970	599.756	916.895	2,6
Australia	0	0	0	385	18.718	158.645	177.748	0,5
Oceanía	0	0	41	7.745	29.842	118.010	155.638	0,4
Antártica	17	1.119.112	4.530.978	165.674	144.524	327.840	6.288.145	17,5
Total	1.674.987	2.704.557	6.903.118	5.277.525	6.160.158	12.993.092	35.813.437	100,0
*Clases corresponden a clasificación según altitud y pendiente: 1) ≥ 4.500 m, 2) $3.500 - 4.499$ m, 3) $2.500 - 3.499$ m, 4) $1.500 - 2.499$ m y pendiente $\geq 2^\circ$, 5) $1.000 - 1.499$ m y pendiente $\geq 5^\circ$ o rango de elevación local > 300 , 6) $300 - 999$ m y rango de elevación local > 300 (modificado de Körner y Oshawa (2005), quienes se basaron en Kapos et al. (2000)).								

Chile insular hemos estimado que el 23% de su superficie se encuentra en montaña (7.724 hectáreas), cifra que considera a las islas Robinson Crusoe y Alejandro Selkirk del archipiélago de Juan Fernández, la isla San Ambrosio

de las islas Desventuradas y la isla de Pascua (la isla San Félix no presentó superficie para ser clasificada como montaña). Otro estudio había estimado para Chile, que el 63,8% del territorio nacional continental corresponde a montañas (47,8 millones de hectáreas) (FAO, 2012).

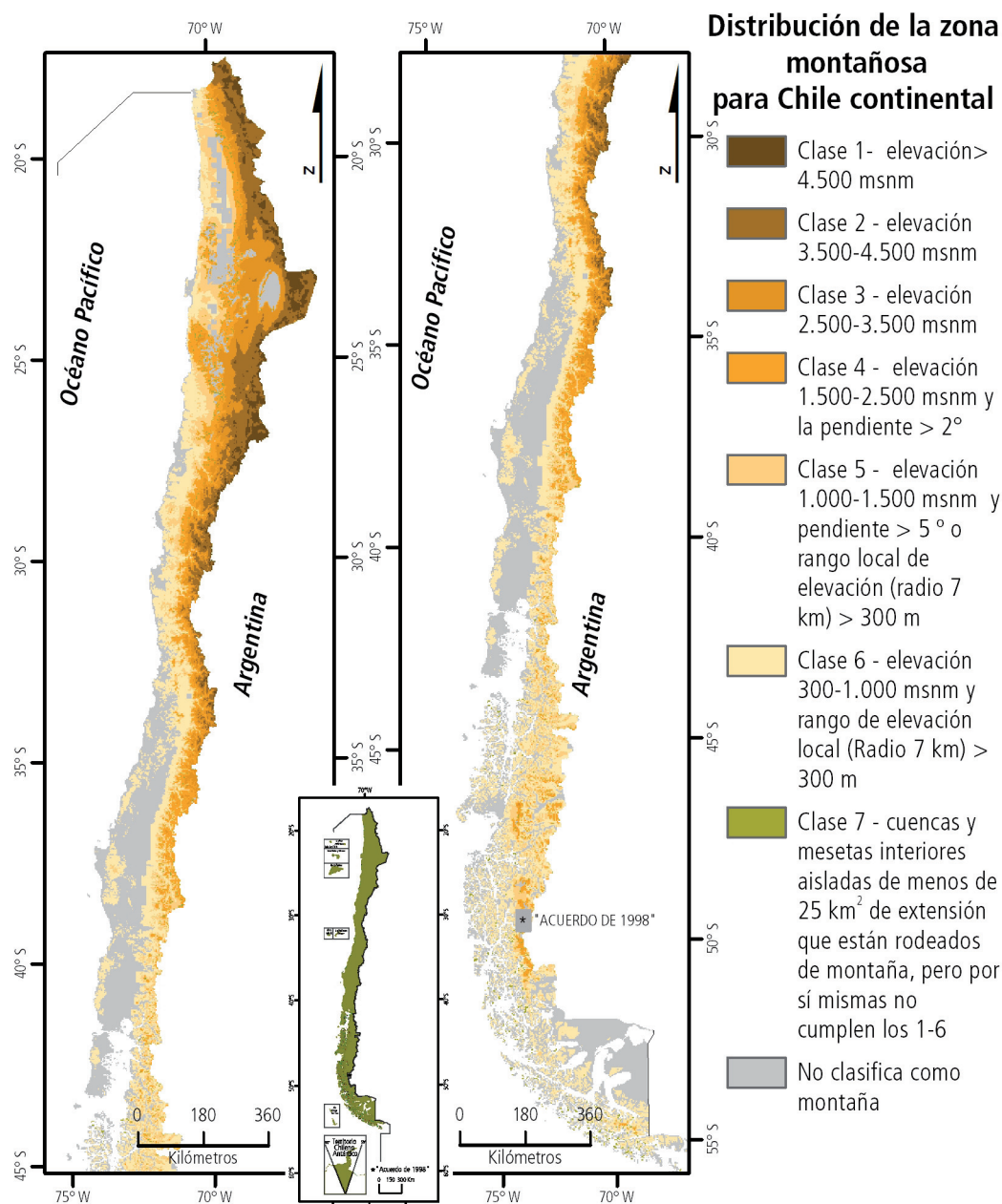


Figura 1.2. Mapa de Chile continental con la distribución de la zona montañosa estimada*

*Considerando la metodología de Kapos et al. (2000), en la que la zona montañosa se separa en las siguientes clases: 1) ≥ 4.500 msnm, 2) 3.500 – 4.499, 3) 2.500 – 3.499, 4) 1.500 – 2.499 y pendiente $\geq 2^\circ$, 5) 1.000 – 1.499 y pendiente $\geq 5^\circ$ o rango de elevación local > 300, 6) 300 – 999 m y rango de elevación local > 300 y 7) cuencas y mesetas interiores aisladas de menos de 25 km² de extensión que están rodeados de montaña, pero por sí mismas no cumplen los criterios anteriores.

1.2 Características ambientales de las montañas

Las características claves de las montañas son: la variación local (pendiente, exposición, suelo y topografía local), la alta energía, la temperatura, la presión atmosférica y la disponibilidad de oxígeno. Muchas de estas variaciones se derivan de diferencias en temperatura y regímenes de precipitaciones. En la medida que el aire se eleva por la montaña, la temperatura disminuye, por lo tanto el aire contiene menor cantidad de agua, las lluvias caen a barlovento y disminuyen a sotavento. Al mismo tiempo, el agua se pierde rápidamente debido a la pendiente, los suelos delgados y la ausencia general de un subsuelo permanentemente congelado, por lo tanto las plantas presentes están bien adaptadas a condiciones de sequía. Por otro lado, la temperatura del aire desciende alrededor de 6,5 °C por cada 1.000 m de aumento de altitud. El aire seco en las alturas de la montaña posee baja capacidad calorífica, lo que permite que existan temperaturas marcadamente extremas entre el día y la noche. Además, a mayor altitud existe menor

cantidad de oxígeno, por lo tanto habría mayores tasas de fotosíntesis en plantas C3 (Plantas que fijan el CO₂ mediante el Ciclo de Calvin), debido a una disminución de las tasas de foto-respiración. Se estima que a 1.500 m de altitud la presión de oxígeno es de 84% de la medida a nivel del mar, de 75% a 2.500 msnm y 63% a 3.500 msnm (UNEP-WCMC, 2002).

Desde un punto de vista climático las montañas, a nivel mundial, han sido divididas verticalmente en siete zonas termales (Körner et al., 2011), que representa el cambio latitudinal en la elevación de zonas similares desde el punto de vista térmico (Figura 1.3). Las zonas termales se han dividido en aquellas que se encuentran sobre y bajo el límite arbóreo. Sobre el límite arbóreo se encuentra el 21,5% de la zona montañosa a nivel mundial, y se encuentra representado por las siguientes zonas termales: nival, alpina superior y alpina inferior (para definiciones de las zonas ver Figura 1.3). Mientras, que el 78,5% restante de superficie montañosa a nivel mundial se encuentra conformado por las siguientes zonas termales: montaña superior, montaña inferior, calurosa con heladas y calurosa sin heladas.

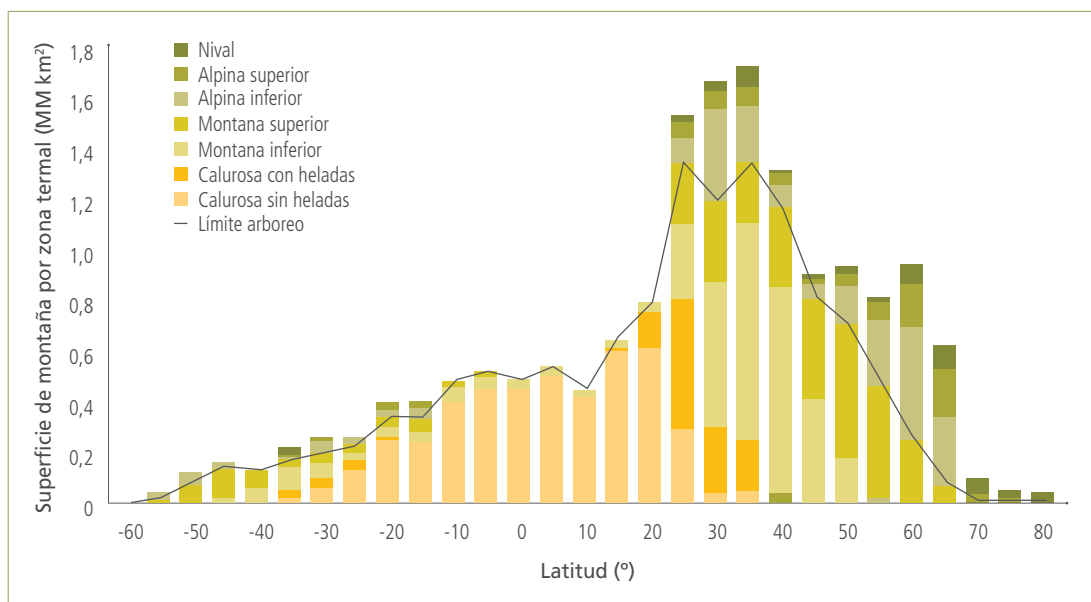


Figura 1.3. Superficie montañosa a nivel mundial (millones de km²) con distribución de las zonas termales latitudinalmente.*

*Las siete zonas termales corresponden a: 1) Nival (período de crecimiento vegetativo (CV) menor a 10 días al año y con temperatura promedio del aire (Ta) menor a 3,5 °C), 2) Alpina superior (CV entre 10 y 54 días y Ta < 3,5 °C), 3) Alpina inferior (CV > 94 días y Ta < 6,4 °C), 4) Montaña superior (Ta entre 6,4 y 10 °C), 5) Montaña inferior (Ta entre 10 y 15 °C), 6) Calurosa con heladas (Ta > 15 °C) y 7) Calurosa sin heladas (Ta > 15 °C) (modificado de Körner et al. (2011)).

1.3 Recursos hídricos

Las montañas juegan un rol fundamental en el ciclo hídrico (Regato y Salman, 2008). La mayoría de los principales ríos del planeta se originan en las montañas, debido a que las precipitaciones que caen en las montañas, pueden ser almacenadas como capas de hielo o glaciares por muchos siglos o se acumulan en forma de nieve hasta que se derrite en agua. En muchos casos, tal como el que sucede en Chile, el derretimiento de la nieve libera agua durante el período seco del año hacia las tierras de menor altitud (Figura 1.4). Por lo tanto, las montañas, en conjunto con la vegetación y el suelo presentes, actúan como reservorios de agua para zonas ubicadas a menor altitud, proporcionando así uno de los servicios más importantes que presentan estos ecosistemas montañosos, el de productor de agua para distintos usos.

Se ha estimado que más de la mitad de la población mundial depende del agua producida en las montañas. Además, las montañas ayudan a determinar los patrones de flujo y los procesos hídricos en muchos lagos, ríos y humedales en el mundo (UNEP-WCMC, 2002). Por lo tanto, montañas en buen estado de conservación son sistemas vitales para sus habitantes (humanos y vida silvestre), y además son importantes para la prevención y mitigación de riesgos por desastres naturales, tales como deslizamientos de tierra y avalanchas, para la mantención de procesos ecológicos y para la provisión de bienes y servicios (Regato y Salman, 2008).

En Chile continental el 75,5% de la superficie correspondiente a cuerpos de agua y áreas con nieves y glaciares (4,2 millones de hectáreas) se encuentra en zona de montaña.



Fotografía: Álvaro Promis

Figura 1.4. Liberación de agua por derretimiento de nieve durante el mes de noviembre en el Alto Cachapoal.

1.4 Recursos boscosos

Cerca de un 28% de los sectores montañosos a nivel mundial están todavía cubiertos por bosques (9.097.000 km²) (Kapos et al., 2000). De esta superficie, sobre cuatro millones de km² corresponden a bosques dominados por especies de coníferas, y el resto a especies latifoliadas, de los que alrededor de dos millones de km² corresponden a bosques tropicales húmedos (Kapos et al., 2000). Los bosques de las montañas son claves para la mantención de la biodiversidad y han proporcionado por mucho tiempo una gran gama de servicios ambientales a la humanidad. En la medida que se asciende en altitud

tiende a disminuir la riqueza de especies, la densidad y la altura de los árboles de los bosques. A una cierta altitud se produce un límite en el ambiente, sobre el cual se presentan condiciones climáticas más extremas (temperaturas frías, baja presión del aire y falta de humedad), que impiden el crecimiento de los árboles. En este límite arbóreo, los árboles crecen a menudo en forma aislada (Figura 1.5) o también pueden presentarse como formaciones arbustivas densas, de baja altura, rastreras y con muchos fustes, conocidas como krummholz (Figura 1.6). A altas latitudes este límite arbóreo se encuentra cerca del nivel del mar, en cambio a bajas latitudes, éste se extiende hasta casi los 5.000 msnm (ejemplo porción ecuatorial de la Cordillera de los Andes) (UNEP-WCMC, 2002).



Figura 1.5. Vista de límite arbóreo en el Alto Cachapoal con individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) creciendo en forma aislada.



Fotografía: Álvaro Promis

Figura 1.6. Vista de límite arbóreo en la Patagonia chilena con individuos de lenga (*Nothofagus pumilio*) presentándose como krummholz, formaciones subarbóreas densas, de baja altura, reptantes y con numerosos fustes.

La mayoría de las culturas montañosas se han basado en la agricultura, el pastoreo y el uso de los bosques. Los bosques han provisto de una variedad de productos para la subsistencia o intercambio de la gente de las montañas, tales como madera para la construcción, leña para calefacción y productos forestales no madereros (Ej. hongos, plantas medicinales, frutos y bambúes). Además, los bosques han protegido a las comunidades de avalanchas, desprendimientos de rocas, deslizamientos de tierra. Por otro lado, los bosques de las montañas contribuyen también con la regulación del recurso hídrico, ya que la escorrentía es más lenta y la erosión es menor en aquellos sectores con bosque (UNEP-WCMC, 2002).

Australasia y el Sudeste asiático presentan la mayor superficie de montaña con bosques (77%), luego se presenta América del Sur (46%), África (31%), América Central y del Norte (17%) y Eurasia (14%) (UNEP-WCMC, 2002).

En Chile continental hemos estimado que aproximadamente el 49,3% de la superficie montañosa se encuentra cubierta por vegetación (25.346.378 ha), entre las que se incluyen praderas, matorrales, bosques (plantaciones y bosque nativo) y humedales (vegetación herbácea parcial o permanentemente inundada, turbales, bofedales y vegas). Específicamente respecto a formaciones vegetacionales boscosas, en las áreas montañosas del país se presenta el 64% del

bosque nativo actual (9.267.084 hectáreas), el 37,7% de las plantaciones forestales (1.042.691 hectáreas) y el 21,8% de los bosques mixtos de especies arbóreas nativas e introducidas (40.457 hectáreas). Los tipos forestales que presentan una mayor representatividad en montaña son: 1) Tipo Forestal Araucaria (*Araucaria araucana*) con el 99,9% de su superficie en montaña (253.529 hectáreas), 2) Tipo Forestal Alerce (*Fitzroya*

cupressoides) con el 98,2% (220.813 hectáreas); 3) Tipo Forestal Roble - Hualo (*Nothofagus obliqua* – *Nothofagus glauca*) con el 94,3% (207.787 hectáreas) y 4) Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) con el 92,7% (52.334 hectáreas). Estas superficies podrían diferir levemente de las aquellas publicadas en CONAF (2011), ya que han sido estimadas con actualizaciones posteriores de CONAF.

RECUADRO 1

Breve descripción de la metodología para el cálculo de la superficie de montaña en Chile

Para la estimación del cálculo de superficie contenida en montañas se elaboró un Modelo de Elevación Digital (DEM) para Chile continental e insular, con un tamaño de celda de 30 x 30 metros. Para este cálculo, en Chile insular se consideraron las siguientes islas: islas Robinson Crusoe y Alejandro Selkirk del archipiélago de Juan Fernández, isla San Ambrosio, San Félix y la isla de Pascua. A partir del DEM se obtuvo la siguiente información topográfica: 1) elevación, 2) pendiente y 3) rango de elevación local (REL); este último corresponde a la diferencia entre la elevación máxima y la mínima dentro de un radio definido alrededor de cada celda (Kapos et al., 2000).

La información topográfica generada anteriormente fue utilizada para calcular la superficie de montaña en Chile considerando las siete clases de montañas definidas por Kapos et al. (2000) y Körner y Ohsawa (2005):

- » Clase 1: Superficie terrestre que se encuentra sobre los 4.500 msnm
- » Clase 2: Superficie terrestre que se encuentra en rango de elevación entre 3.500 y 4.499 msnm
- » Clase 3: Superficie terrestre que se encuentra en rango de elevación entre 2.500 y 3.499 msnm
- » Clase 4: Superficie terrestre que se encuentra en rango de elevación entre 1.500 y 2.499 msnm y con pendiente $\geq 2^\circ$
- » Clase 5: Superficie terrestre que se encuentra en rango de elevación entre 1.000 y 1.499 msnm y con pendiente $\geq 5^\circ$, o rango de elevación local > 300 m
- » Clase 6: Superficie terrestre que se encuentra en rango de elevación entre 300 y 999 msnm y rango de elevación local > 300 m
- » Clase 7: Superficie terrestre que se encuentra en cuencas y mesetas interiores aisladas de menos de 25 km² de extensión que están rodeados de montaña, pero por sí mismas no cumplen los criterios anteriores

Finalmente, la superficie de montaña estimada para Chile se interceptó con la información cartográfica actualizada (al año 2013) del Catastro del Bosque Nativo de Chile y del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Esta intercepción permitió estimar la superficie de ocupación de distintas coberturas que conforman los múltiples usos de la tierra en Chile (áreas desprovistas de vegetación, áreas no reconocidas, áreas urbanas e industriales, bosques, cuerpos de agua, humedales, nieves y glaciares, praderas y matorrales y terrenos agrícolas) en ambientes de montaña, abordando dichos cálculos a nivel nacional, tipo forestal (en el caso de los bosques) y dentro del SNASPE.

1.5 Diversidad biológica

Muchas regiones montañosas presentan una mayor biodiversidad de especies (en términos de riqueza de especies y endemismos) respecto a las áreas bajas adyacentes (UNEP-WCMC, 2002). Casi un cuarto de la biodiversidad de especies a nivel mundial se localiza en las montañas y 32% de las áreas protegidas se encuentra en ellas (Körner y Ohsawa, 2005). Sin embargo, la riqueza de especies tiende a disminuir en la medida que se aumenta en altitud y/o latitud.

En Chile continental el 64,9% de la superficie de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (aproximadamente 9,7 millones de hectáreas) se encuentra en zona de montaña.

Desde un punto de vista biogeográfico, los sectores montañosos han proporcionado refugio para algunas especies (taxas) debido a cambios ambientales. También, las montañas han proveído de hábitats adecuados y aislados (islas) para otras especies. Por lo tanto, el endemismo y la especiación son a menudo altos para una variedad de grupos taxonómicos (UNEP-WCMC, 2002).

Considerando el efecto de los disturbios en términos de su tamaño (mediano a pequeño) y su frecuencia (corto a mediano plazo), las comunidades vegetales tienden a presentar una alta riqueza de especies de plantas a nivel de parches en el paisaje, sin poder alcanzar estados tardíos de la sucesión vegetal (UNEP-WCMC, 2002).

Por último, existe una alta diversidad genética agrícola en estos ecosistemas, debido en gran parte a un alto grado de variedad cultural y ambiental. Una alta proporción del desarrollo agrícola se origina en las montañas. Así, variedades de cultivos son y han sido producidos en estos hábitats, tales como: quínoa, maíz, papas, cebada, sorgo, tomates, manzanas; así también animales domésticos, como cabras, ovejas, llamas, alpacas y yaks entre otros (UNEP-WCMC, 2002; Regato y Salman, 2008).

Debido a esta alta diversidad (genética y específica), las montañas proveen adaptabilidad para futuros cambios y de esta manera contrarrestan los impactos del cambio global.

1.6 Población humana

Evidencias arqueológicas han mostrado que poblaciones humanas han estado presentes desde tiempos remotos en algunas áreas montañosas. En muchas de ellas existe una alta diversidad cultural, pues muchos asentamientos humanos se han establecido en áreas protegidas del efecto de perturbaciones o catástrofes naturales. Actualmente se estima que entre un 22 y 26% de la población mundial vive en las montañas (Meybeck et al., 2001; UNEP-WCMC, 2002), y la mitad de la población depende de alguna manera de los recursos que se obtienen de ella. La mayor densidad poblacional se encuentra en las montañas de América del Sur (29,9% de la población), luego Australasia y el Sudeste asiático (23,8%), África (23,4%), Eurasia (21%), América Central y del Norte (20,3%) y Groenlandia (9,6%) (UNEP-WCMC, 2002).

En las montañas es evidente una alta diversidad cultural. Ésta ha resultado por un largo período de adaptación a condiciones ambientales adversas y a los recursos presentes. De esta manera, las montañas han sido reservorios de conocimiento tradicional, cultural y de valores espirituales (Regato y Salman, 2008).

Para Chile hemos estimado que el 41,8% de las áreas urbanas e industriales se encuentran en áreas montañosas. Sin embargo el 25,8% de la población se encuentra viviendo en zona montañosa (FAO, 2012). La mayor parte (77,6%) se encuentra en la zona central, el 19,2% en la zona norte del país, y el 3,2% en la zona sur y austral de Chile (FAO, 2012).

1.7 Presiones y perturbaciones

Existe una serie de agentes perturbadores que causan cambios ambientales, los que actúan como fuentes de presión, y que tienen la potencialidad de afectar procesos de los ecosistemas de montaña y patrones asociados a ellos. Entre los agentes de presión se tiene principalmente el cambio climático, el cambio de uso de la tierra y el impacto de los desastres naturales.

El cambio climático y el cambio de uso de la tierra han sido vistos como las principales causas de deterioro

ambiental para Latinoamérica durante el presente siglo (Veblen et al., 2007). Así mismo, es probable que los ecosistemas de montaña resulten especialmente afectados por el cambio climático (IPCC, 2007), debido a que el incremento de temperatura, los cambios en los patrones de las precipitaciones y la acumulación de nieve, podrían influir en la frecuencia de los eventos catastróficos, tales como: avalanchas, inundaciones y deslizamientos de tierra e incendios. Esto conduciría a un cambio en la biodiversidad de estos sistemas, ya que se produciría una disminución en la disponibilidad de hábitats. De este modo se prevé que un cambio en los patrones de biodiversidad de especies, genere que plantas de sectores más bajos en altitud tiendan a migrar hacia zonas de mayor altitud, y que las plantas de estas zonas más altas podrían ser eliminadas por competencia con otras de reciente colonización. Además, debido al cambio climático, existe la probabilidad que se incremente la productividad agrícola y forestal de algunas áreas, lo que conduciría a un cambio en los patrones de uso de suelo (UNEP-WCMC, 2002).

El cambio del uso de la tierra por acción antrópica, ha alterado la cobertura vegetal del suelo. Éste ha sido visto como uno de los agentes de mayor cambio global en los últimos treinta años y tiene un gran efecto en la provisión de servicios de los ecosistemas (UNEP-WCMC, 2002). Por otro lado, el crecimiento económico conlleva un desarrollo de infraestructuras, lo que implica construcción de caminos, represas, tuberías para conducción de gas y agua y el establecimiento

de redes de transmisión eléctricas, los cuales tendrían impactos negativos en los ambientes de montaña. Asimismo, la minería y la construcción de caminos pueden promover la sobreexplotación de recursos y la inmigración a nuevas áreas, resultando en un aumento del uso de recursos, expansión agrícola y desarrollo urbano. La construcción de represas tiene un impacto en las cuencas hidrográficas, afectando el flujo de agua y la sedimentación río abajo. Todo esto puede conllevar a un aumento de la fragmentación de hábitats y al aislamiento de poblaciones, lo que se puede traducir en un incremento del riesgo de extinciones de éstas (UNEP-WCMC, 2002).

Por otro lado, los ecosistemas de montañas son ambientes dinámicos, sujetos a un gran proceso tectónico. Estos ambientes presentan una mayor probabilidad de sufrir fenómenos sísmicos y erupciones volcánicas que aquellos encontrados a baja altitud. Eventos inesperados (como terremotos o tormentas) incrementan el riesgo de sufrir fenómenos catastróficos, entre los que se incluye deslizamientos de tierra, caídas de rocas, inundaciones, avalanchas de nieve y hielo, los que se ven favorecidos por las fuertes pendientes y altas precipitaciones, comunes en estas áreas. Además, los patrones de uso de la tierra y de desarrollo de infraestructura antes mencionados, puede influenciar la ocurrencia de estos eventos catastróficos (deforestación puede aumentar la probabilidad de inundaciones, avalanchas y erosión).

Chile es un país con alta actividad tectónica y volcánica (Figura 1.7). Desde el año 1552 se han registrado 59 terremotos (FAO, 2012), al que habría que agregar el acontecido en Iquique el año 2013. Además, a lo largo de la Cordillera de los Andes, en Chile se concentran más de 2.000 volcanes, de los cuales existe un registro de alrededor de 60 erupciones volcánicas, siendo el primer registro la erupción del volcán Angol en el año 1624 y la última en el cordón Caulle-Puyehue en el año 2012 (FAO, 2012).

Por esa razón los diferentes tipos de movimientos de masas se producen con alta frecuencia, tales como flujos de tierra, flujos de barro, deslizamientos de tierra, avalanchas y caídas de rocas (Figura 1.8). Un estudio sobre la distribución geográfica de los deslizamientos de tierra asociados a desastres en Chile (Espinosa et al., 1985), en el período comprendido entre los años

1910 a 1982, muestra que durante estos 73 años se documentaron un total de 1.208 deslizamientos de tierra, distribuyéndose entre derrumbes (68,9%), aluviones (16,6%), avalanchas (10,3%) y otros (4,2%). Las regiones de Valparaíso, Biobío, Los Lagos (hoy en día Los Lagos y Los Ríos) y Metropolitana concentraron el 62,4% de los deslizamientos de tierra. Esto seguramente, porque son las regiones más densamente pobladas del país y mantienen un registro más completo de estos acontecimientos, razón por la cual presentan los mayores porcentajes de ocurrencia de estos eventos. La lluvia y los sismos serían los agentes desencadenantes de la mayoría de los deslizamientos de tierra. Sin embargo, nevazones, deshielo, actividad volcánica, aguas subterráneas, maremotos, oleajes y efectos antrópicos (por ejemplo las actividades mineras) también han sido descritas como causas importantes en la formación de estos disturbios.



Fotografía: Úrsula Partarrieu

Figura 1.7. Vista del volcán Chaitén (erupción mayo 2008), donde se muestran cambios producidos en el paisaje después de casi tres años de la erupción (febrero 2011).



Figura 1.8. Deslizamiento de rocas en el Alto Cachapoal.

1.8 Breve reseña del paisaje natural del Alto Cachapoal

1.8.1 Ubicación

La cuenca del Alto Cachapoal se ubica en la Cordillera de los Andes en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Provincia de Cachapoal, abarcando gran parte de la comuna de Machalí (Figura 1.9). El sector está modelado por una red de ríos cordilleranos, teniendo como eje principal al río

Cachapoal y como sus tributarios al río Pangal, río de Los Cipreses, río Cortaderal y río de Las Leñas, los cuales modelan el paisaje mediante una red de valles cordilleranos (Figura 1.10). En el sector se ubican las localidades de Coya, Chacayes, y la Reserva Nacional Río de Los Cipreses.

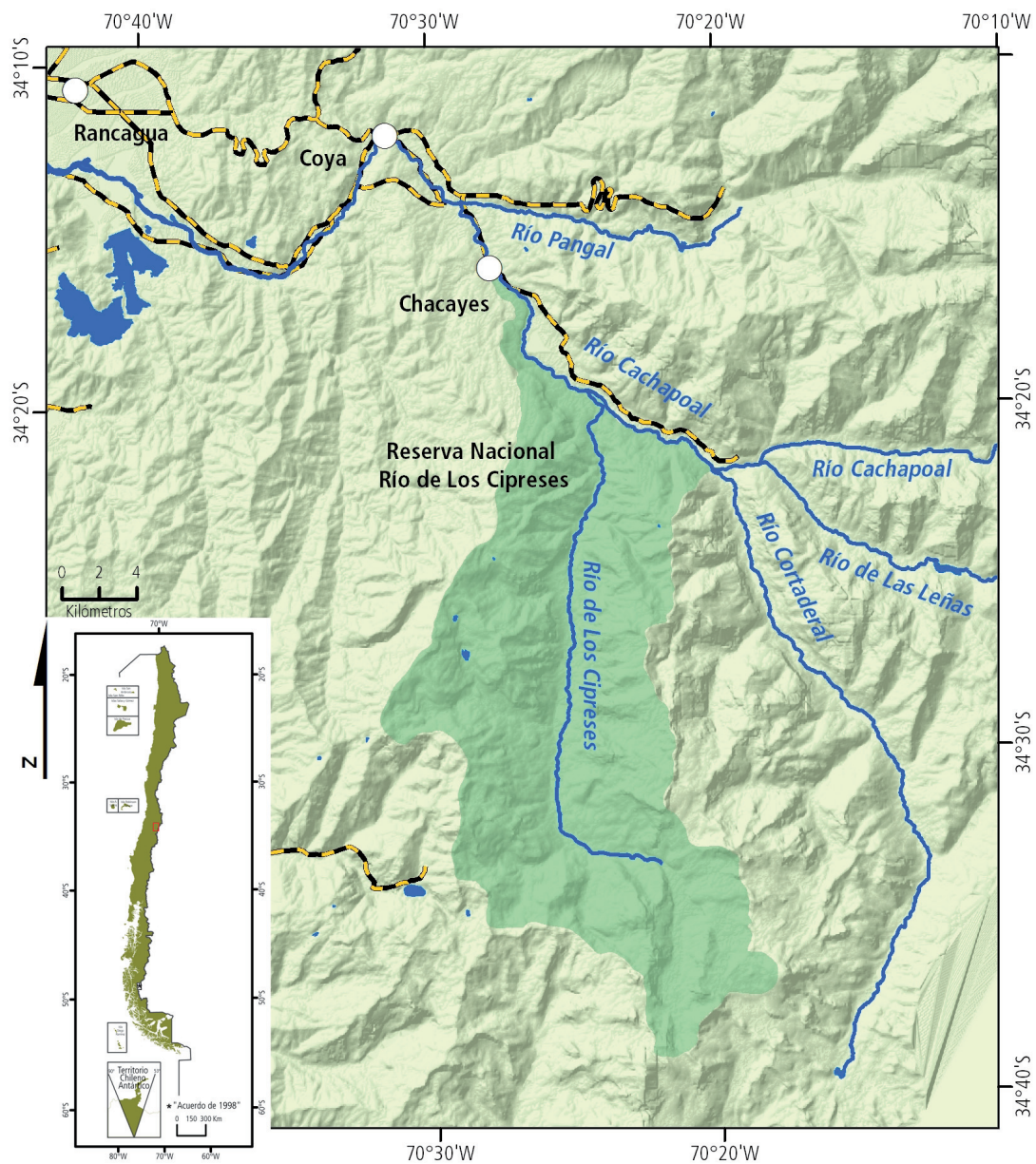


Figura 1.9. Mapa de Chile y de la ubicación de la Cuenca del Alto Cachapoal.*

*En el mapa se puede apreciar los principales ríos tributarios del río Cachapoal, La Reserva Nacional Río de los Cipreses, y las principales localidades: Coya y Chacayes.



Fotografía: Gustavo Cruz



Figura 1.10. (a) Río de Los Cipreses en las inmediaciones de los valles Medina y Los Arrieros en la Reserva Nacional Río de Los Cipreses. (b) Vistas panorámicas del valle del río de Los Cipreses, en la Reserva Nacional homónima en la cuenca del Alto Cachapoal (Fotografía: Gustavo Cruz).

1.8.2 Clima

El área que comprende la Cuenca del Alto Cachapoal se encuentra ubicada bajo el dominio del Tipo Climático Mediterráneo, Subtipo Templado Frío con lluvias invernales y el Tipo Climático de Tundra por efecto de la altura, según la clasificación de Köpen modificada. Recientemente Uribe et al. (2012) clasifican toda el área como **Microtermal húmedo** distinguiendo cinco distritos bioclimáticas (Figura 1.11):

Microtermal húmedo - m111 h15: Presenta una acumulación anual de Días-Grado menor a 750, en base 10°C. La temperatura media anual alcanza los 5,1 °C, la temperatura máxima promedio anual es de 7,7° C, la temperatura mínima promedio anual es de 2,5° C. El índice de aridez indica una condición húmeda. No presenta período seco. La precipitación anual en promedio es de 1.600 mm.

Microtermal húmedo - m111h25: Presenta una acumulación anual de Días-Grado menor a 750, en base 10°C. La temperatura media anual alcanza los 1,3° C, la temperatura máxima promedio anual es de 4,4° C, la temperatura mínima promedio anual es de -1,8° C. El período libre de heladas es menor a 200 días al año. El índice de aridez indica una condición húmeda. Presenta un período seco de entre 1 y 2 meses. La precipitación anual en promedio es de 1.340 mm.

Microtermal húmedo - m111 h34: Presenta una acumulación anual de Días-Grado menor a 750, en base 10°C. La temperatura media anual alcanza los 3,1 °C, la temperatura máxima promedio anual es de 7,0° C, la temperatura mínima promedio anual es de -0,7° C. El período libre de heladas es menor a 200 días al año. El índice de aridez indica una condición húmeda. Presenta un período seco de entre 3 y 4 meses. La precipitación anual en promedio es de 875 mm.

Microtermal húmedo - m111 h35: Presenta una acumulación anual de Días-Grado menor a 750, en base 10°C. La temperatura media anual alcanza los 5,9° C, la temperatura máxima promedio anual es de 9,8° C, la temperatura mínima promedio anual es de 2° C. El período libre de heladas es menor a 200 días al año. El índice de aridez indica una condición húmeda. Presenta un período seco de entre 3 y 4 meses. La precipitación anual en promedio es de 1.243 mm.

Microtermal húmedo - m241 h44: Presenta una acumulación anual de Días-Grado de 750 a 1.000, en base 10° C. La temperatura media anual alcanza los 10,8° C, la temperatura máxima promedio anual es de 16,2° C, la temperatura mínima promedio anual es de 5,4° C. El período libre de heladas es menor a 200 días al año. El índice de aridez indica una condición húmeda. Presenta un período seco de entre 5 y 6 meses. La precipitación anual en promedio es de 818 mm.

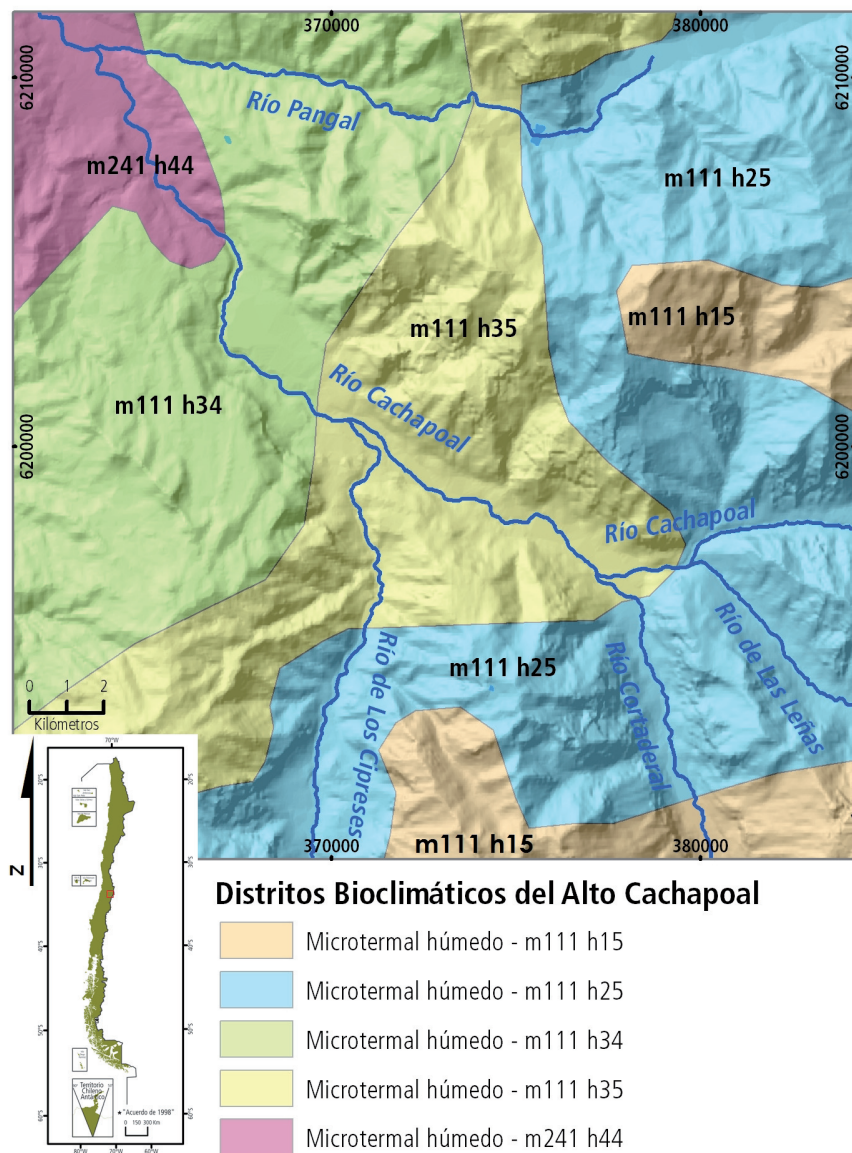


Figura 1.11. Distritos bioclimáticos del Alto Cachapoal (modificado de Uribe et al. (2012)).

1.8.3 Geología y geomorfología

La conformación del paisaje actual del Alto Cachapoal, se debe a la interacción de fenómenos volcánicos, glaciales y fluviales (CONAF, 2000). Destacan en el sector las formaciones geológicas: Río Damas, Leñas -

Espinoza, Coya - Machalí y Farellones, las cuales fueron descritas por Klohn (1960). Según el Mapa Geológico de Chile (SERNAGEOMIN, 2003) en el sector se distinguen cuatro unidades geológicas importantes que se describen a continuación (Figura 1.12):

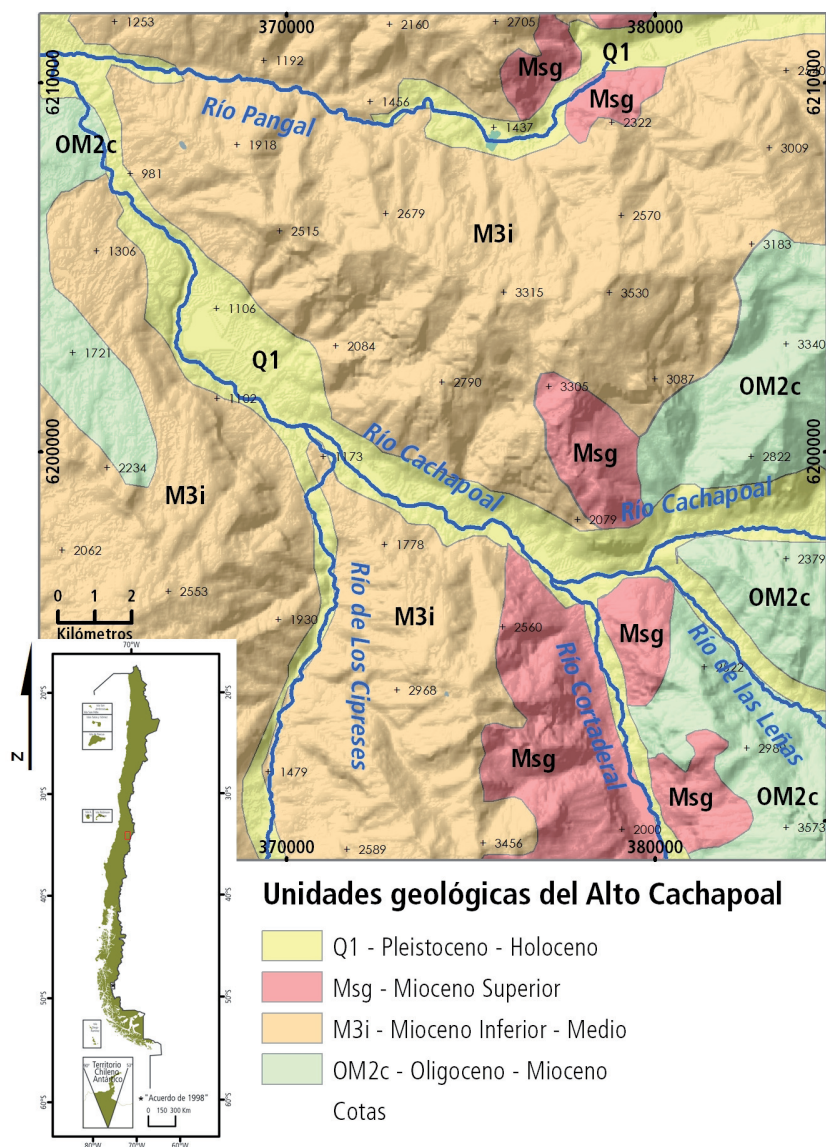


Figura 1.12. Unidades geológicas del Alto Cachapoal, además, se presenta el relieve general indicando algunas de las cotas (msnm) relevantes del área, (modificado del Mapa Geológico de Chile. Base geológica escala 1:1.000.000, SERNAGEOMIN (2003)).

Q1 – Pleistoceno – Holoceno: Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.

Msg – Mioceno superior: Granodioritas de hornblenda y biotita, en menor proporción monzogranitos, monzonitas cuarcíferas y monzodioritas.

M3i – Mioceno Inferior – Medio: Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: Lava, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico – basálticas a dacíticas, perteneciente a la formación Farellones.

OM2c – Oligoceno - Mioceno: Secuencias volcano-sedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas. Perteneciente a la formación Coya – Machalí.

El paisaje del Alto Cachapoal es resultado de procesos de edad y génesis diferentes, tales como procesos endógenos de solevantamiento y plegamiento terciario,

modelado glacial y los procesos exógenos actuales que dinamizan el sistema, fuertemente marcado por el tectonismo (Soto et al., 2004).

Las geoformas del Alto Cachapoal corresponden a un paisaje de montaña, con marcada influencia de un modelamiento periglacial en altura (1.200 en el fondo del valle a 5.500 msnm en las altas cumbres) (Soto et al., 2004). El relieve de alta montaña se caracteriza por la conformación de flancos de valle, fuertemente modelados por la tectónica y la estructura en rocas plegadas, esculpidas por la acción del hielo durante el último período glacial (Varela, 1986) (Figura 1.13).



Fotografía: Carlos Muñoz

Figura 1.13. Paisaje de alta montaña en el Alto Cachapoal, Cordón de los Granitos, valle del río de Los Cipreses.

Por su parte Chávez (2005), describe que en media montaña (Figura 1.14), según la clasificación de vertientes de Araya-Vergara (1985), se observan vertientes de cara libre rugosa, que son estructuras concordantes con un gran desarrollo de conos gravitacionales no consolidados y una cantidad menor de conos aluviales propios de las quebradas del lugar. Este relieve más abrupto, provoca una mayor cantidad de material que se refleja en los taludes existentes. Cerca del río de Los Cipreses, existe una mayor cantidad de conos aluviales, además de observarse en la vertiente norte, morrenas y conos aluviales continuados. Cerca del río Pangal en un ambiente de transición a la baja montaña aparecen, en el lado sur, vertientes residuales de plateau, además

de vertientes de flanco de valle pasivo que corresponde a vertientes con influencias exógenas que presentan importantes procesos de erosión. A continuación existen vertientes de estructura monoclinal como lo son las vertientes con formas simples e inversas, que se encuentran tanto al sur, como al norte del río Cachapoal. Se presenta también un residual de plateau en el sector norte del Cachapoal, el que se asocia a los depósitos laháricos provenientes del volcán Olla Blanca descritos por Charrier (1983). Las terrazas fluviales se desarrollan cercanas al río Pangal teniendo mayor amplitud la terraza pleistocénica fluvial media. La acción de las glaciaciones pleistocénicas se expresa en la existencia de depósitos morrénicos en el fondo del valle (Soto et al., 2004).



Fotografía: Gustavo Cruz

Figura 1.14. Vista de las laderas y cumbres del valle del estero Cipresillo, afluente del río Cortaderal en la cuenca del Alto Cachapoal.

El relieve montañoso del Alto de Cachapoal presenta una serie de perturbaciones de origen geomorfológico (Golder Associates, 2009), en las cuales se cuentan:

a) Inestabilidad de taludes: Se presentan en taludes inestables, con tendencia a los deslizamientos y derrumbes. A menudo, las fallas son desencadenadas por fuertes lluvias y/o sismos, o bien, son el resultado del aumento de tensiones de corte generadas por gravedad, que eventualmente exceden la resistencia al corte del material. La erosión por torrentes, suele debilitar los taludes que anteriormente eran estables. Es así, como se reconocen tres tipos de fallas de taludes y procesos de desgaste de masa en el sector:

Flujos de detritos (huaycos): Ocurren cuando las aguas lluvias lavan el material de un talud. Los detritos pueden componerse de una mezcla de materiales de diversos tamaños, desde lodos limosos hasta grandes bolones. Generalmente, el riesgo se presenta en cárcavas y quebradas profundas, llenas de detritos rocosos y depósitos no consolidados.

Fallas de desplazamiento de suelo: Ocurren por el deslizamiento de un talud de sobrecarga, o grandes bloques en taludes de lecho rocoso, que pueden trasladarse en un plano de estratificación, relleno de arcilla o alguna otra estructura geológica.

Derrumbes: Se originan cuando bolones angulares sueltos caen desde acantilados rocosos en terrenos montañosos, pudiendo ser desencadenados por: aumentos en la presión de poros debido a la infiltración de aguas lluvias; erosión del material circundante durante fuertes tormentas; procesos de congelamiento-descongelamiento; degradación química o desgaste de la roca; crecimiento de raíces, o sismos.

b) Avalanchas de nieve: Fenómeno natural de gran complejidad, que se inicia generalmente cuando la temperatura de la nieve se encuentra próxima a su punto de fusión, por lo que pequeñas variaciones pueden producir diferencias en las propiedades físicas de ésta, o por ende, diferencias en el comportamiento del flujo. Las velocidades de avance de éste último pueden variar según la cantidad de masa involucrada, el tipo de nieve y de flujo, y las características de la pendiente, con un valor normal de 20 a 30 m/s (90 Km/hr), aunque pudiendo alcanzar valores de 60 m/s (200 Km/hr).

c) Sismos: El Alto Cachapoal se ubica en una zona donde continuamente, se producen deformaciones tectónicas y movimientos de la corteza, producto de movimientos profundos de la misma, que guardan relación con la continua actividad de subducción tectónica bajo los Andes. Estos movimientos continuos a lo largo de esta zona provocan los numerosos sismos en todo el país.

d) Actividad volcánica: El Alto Cachapoal se encuentra dentro de la Zona Volcánica Sur (ZVS), que comprende la región entre los 33° y 46° de Latitud Sur, contabilizándose dos volcanes dentro de la cuenca del Cachapoal, el volcán Picos del Barroso y el volcán Palomo. El volcán Picos del Barroso está ubicado en la cabecera de la cuenca del río Cachapoal y el volcán Palomo (Figura 1.15) se encuentran cerca de la cabecera de la cuenca del río Cortaderal y domina la Reserva Nacional Río de Los Cipreses. Ninguno de estos volcanes ha experimentado erupciones desde que se tienen registros históricos en el área, ni han mostrado actividad en la actualidad.



Figura 1.15. Ladera del Volcán Palomo, ubicado dentro de la Reserva Nacional Río de Los Cipreses en el Alto Cachapoal.

1.8.4 Hidrología

El eje hidrológico del Alto Cachapoal lo constituye el río homónimo, que nace en la vertiente Occidental de la Cordillera de los Andes, en el cerro de los Piuquenes, a 3.980 msnm, se encuentra en Chile, alimentado del deshielo de un conjunto de ventisqueros. Sus principales afluentes son los ríos de Las Leñas, Cortaderal, de Los Cipreses y Pangal. Se caracteriza por ser un río de montaña, con fuertes pendientes, aguas caudalosas, frías y de alta oxigenación (Dirección General de Aguas, 1985).

El río Cachapoal en su cabecera se comporta como un sistema con régimen nival con escurrimiento torrencial presentando un mayor caudal en el período estival (Dirección General de Aguas, 1985). El río Cachapoal,

entre el límite internacional y la localidad de Coya, recorre alrededor de 53 Km, con una pendiente media de 7%. Los caudales medios anuales de los ríos Cachapoal y Cortaderal son de 24,5 y 26,3 m³/s, respectivamente. Este último, en la parte alta del cauce, aguas arriba de la laguna Los Pejerreyes, tiene un caudal medio anual de 16,5 m³/s, mientras que el estero Cipresillos, su afluente principal en el tramo de 12 Km que abarca el río Cortaderal, tiene un caudal medio de 1,5 m³/s (datos obtenidos de los registros de las estaciones fluviométricas de la Dirección General de Aguas ubicadas en el sector)

En las zonas con dominio periglacial, el flujo de los ríos se caracteriza por irregularidades y fluctuaciones repentinas, debido a períodos prolongados de

bajas temperaturas, que pueden interrumpir completamente la actividad fluvial, para luego producir su violenta liberación por breves períodos en

época estival, provocando fenómenos catastróficos de erosión y movimiento de detritos (Blikra y Nemec, 1998) (Figura 1.16).



Figura 1.16. Valle del río Pangal, al comenzar el otoño. Abril de 2010.

1.8.5 Suelos

Las posibilidades para el desarrollo y evolución de los suelos en la cuenca del Alto Cachapoal son escasas, debido a las pendientes topográficas que ahí se presentan. Estos se encuentran insertos en la zona edáfica definida como "Suelos de la Zona Mediterránea Árida" (Luzio et al., 2010). En esta zona, se puede reconocer principalmente dos posiciones geomorfológicas en que ha habido desarrollo de suelos. La primera corresponde a cerros, piedemontes y planos aluvio-coluviales y la segunda a terrazas aluviales más o menos planas, asociada a valles de los ríos que fluyen en dirección Este – Oeste.

Según CONAF (2000), estos suelos son muy poco evolucionados, pudiendo dividirse entre suelos

poco evolucionados de erosión (litosoles) y suelos poco evolucionados de aporte (suelos aluviales y suelos coluviales). Los litosoles corresponden a rocas sedimentarias, mientras que los suelos aluviales y coluviales corresponden a depósitos de río recientes, con texturas arenosas y sueltas. Los suelos coluviales se localizan principalmente en las partes bajas de los valles más desarrollados (ríos Cachapoal y Cortaderal), ocupando las terrazas fluviales o glaciofluviales. También se presentan suelos de escasa importancia sobre las laderas de cerros o bien sobre algunos conos aluviales, con un muy escaso desarrollo pedogénico.

La capacidad de uso del suelo predominante es VIII, esto es, suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal, limitando su uso para la vida silvestre, recreación o protección de

hoyas hidrográficas. En el fondo del valle y riberas del río Cachapoal e inicios de los ríos Cortaderal y de Las Leñas, se presentan suelos de clase VI. En los sectores de mayor pendiente y sin cobertura vegetal importante, existen signos de erosión de manto o laminar y de surcos.

1.8.6 Flora y vegetación

La vegetación del Alto Cachapoal, de acuerdo con Gajardo (1994), se ubica mayoritariamente dentro de la Región de la Estepa Alto Andina, Sub-región de los Andes Mediterráneos, la cual presenta las formaciones vegetacionales correspondientes a la Estepa Alto Andina de Santiago y al Matorral Esclerófilo Andino. En menor medida, la vegetación de esta área también se incluye en la Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo, Sub-región del Bosque Esclerófilo, formación del Bosque Esclerófilo Andino (Figura 1.17).

Las asociaciones de la formación de la Estepa Alto Andina de Santiago se distribuyen según los gradientes de altitud y humedad, y corresponden a: *Mulinum spinosum*-*Chuquiraga oppositifolia*; *Azorella madreporica*-*Laretia acaulis*; *Chuquiraga oppositifolia*-*Guindilia trinervis*. Por su lado, la formación del Matorral Esclerófilo Andino incluye las asociaciones del bosque abierto de *Kageneckia angustifolia*-*Guindilia trinervis* y el matorral de *Tetraglochin alatum* - *Colliguaja integerrima*. La formación Bosque Esclerófilo Andino, se ubica en laderas bajas y medias de los Andes, y su patrón de variación de las comunidades constituyentes, tiene relación con la variación en altitud y exposición. Las asociaciones pertenecientes a la formación Bosque Esclerófilo Andino con mayor distribución corresponden a: *Quillaja saponaria*-*Lithraea caustica*, *Quillaja saponaria*-*Colliguaja odorifera*, *Cryptocarya alba*-*Quillaja saponaria*, *Cryptocarya alba*-*Lithraea caustica*, *Puya coerulea*-*Colliguaja odorifera*, *Puya berteroniana*-*Adesmia confusa* y *Acacia caven*-*Lithraea caustica*.

Por otro lado, Luebert y Pliscoff (2006) incluyen a la vegetación dentro de la siguiente secuencia de pisos:

Piso de bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica*: En laderas de exposición sur, las especies

dominantes son *Kageneckia oblonga* y *Cryptocarya alba*, con estrato arbustivo heterogéneo, encontrándose especies como *Satureja gilliesii*, *Colliguaja odorifera* y *Teucrium bicolor*, mientras que en el herbáceo, son frecuentes *Alstroemeria ligtu* subespecie *simsii*, *Solenomelus pedunculatus* y *Pasithea coerulea*. En laderas de exposición norte, se presenta una comunidad de suculentas conformada por *Echinopsis chilensis* y *Puya berteroniana*. Puesto que los bosques del piso han sido intensamente explotados, es frecuente encontrarlos en fases de sucesión con predominancia de asociaciones con arbustos, siendo las especies dominantes *Baccharis linearis* y *Muehlenbeckia hastulata*. Así mismo, asociaciones con *Acacia caven* o praderas de hierbas anuales, conformadas mayoritariamente por especies alóctonas asilvestradas, son originadas por perturbaciones reiteradas y severas, que de ser suspendidas deberían originar una formación boscosa similar al estado inicial. Se presenta entre los 200 y los 1.700 msnm.

Piso del bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Kageneckia angustifolia* y *Guindilia trinervis*: Presente en el rango altitudinal de 1.400 a 2.200 msnm, corresponde a un bosque muy abierto con una cubierta herbácea, en donde las especies características son *Stachys grandidentata* y *Acaena pinnatifida*. En laderas de exposición norte, forma mosaicos con asociación de *Echinopsis chilensis* y *Puya berteroniana*, mientras en sectores de quebradas aparece la asociación de *Maytenus boaria* y *Escallonia myrtoidea*. En sitios de suelos poco profundos o muy alterados, el bosque es reemplazado por comunidades arbustivas con *Colliguaja integerrima*-*Tetraglochin alatum*.

Matorral bajo mediterráneo andino de *Chuquiraga oppositifolia* y *Nardophyllum lanatum*: Se extiende desde el sur de la Región de Coquimbo hasta la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins por la Cordillera de los Andes, entre los 2.000 y 2.600 m, con dominancia de arbustos bajos, tales como *Mulinum spinosum*, *Tetraglochin alatum*, *Ephedra chilensis* y *Viviana marifolia*, y la frecuencia de algunas herbáceas como *Tropaeolum polyphyllum* y *Argyria adscendens*, cuya cobertura vegetal es de 20 a 40%.

Matorral bajo mediterráneo andino con *Berberis empetrifolia* y *Laretia acaulis*: Se distribuye entre las regiones de Coquimbo y del Maule, a través de la Cordillera de los Andes, siendo las hierbas más frecuentes *Poa holciformis*, *Bromus setifolius* y *Hordeum comosum*, mientras en zonas de vegas, se encuentran praderas densas dominadas por *Patosia clandestina* y otras juncáceas, gramíneas y ciperáceas.

Herbazal mediterráneo andino con *Nastanthus spathulatus* y *Menonvillea spathulata*: Se distribuye entre el Sur de la Región de Coquimbo y la Región del Libertador Bernardo O'Higgins por la Cordillera de los Andes, sobre 3.300 m hasta el límite superior de la vegetación. La asociación de este piso corresponde a un desierto de altura donde crecen hierbas en rosetas, entremezcladas con gramíneas, siendo las más frecuentes *Nassauvia lagascae*, *Nassauvia pinnigera*, *Nassauvia pyramidalis*, *Trisetum preslei* y *Hordeum comosum*.

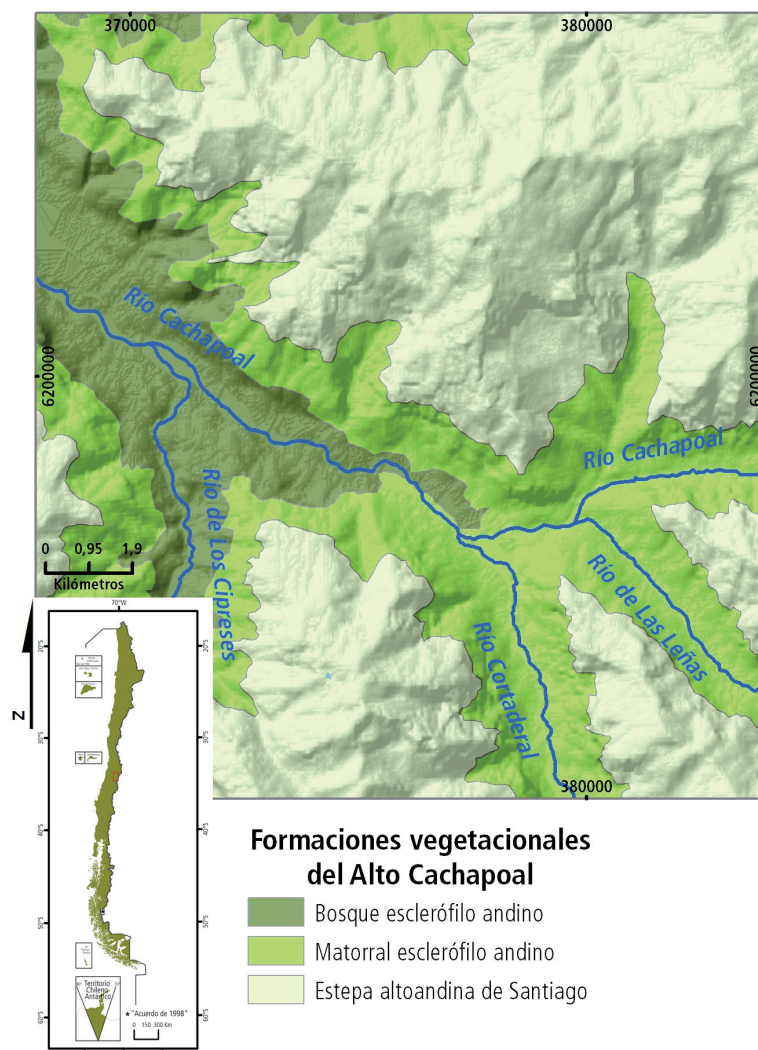


Figura 1.17. Clasificación de la Vegetación del Alto Cachapoal (modificado de Gajardo, 1994).

1.8.7 Fauna

El Alto Cachapoal presenta una variedad de ambientes adecuados para el desarrollo de una variada gama de especies de fauna. Los terrenos bajos resultan de especial interés, puesto que en la cordillera existe un ciclo anual de migración altitudinal, a causa de nevazones invernales que cubren las áreas más altas. En cuanto a diversidad, se han identificado 7 especies distintas de anfibios (Horta-Pizarro et al.,

2014), 7 de reptiles, 81 de aves y 14 de mamíferos. Del total de especies, 25 se encuentran en categorías de conservación (Tabla 1.2). Una gran parte de estas especies (40%) se encuentran clasificadas como Vulnerables, aunque existe un 16% que se encuentran En Peligro, un 12% se encuentra clasificada como Rara y un 12% como Casi Amenazada, el resto están clasificadas como Preocupación Menor (20%). Del total de especies en Categoría de Conservación, 7 son reptiles, 7 son aves, 4 son mamíferos y 7 son anfibios.

Tabla 1.2. Especies de fauna silvestre en Categoría de Conservación presentes en el Alto Cachapoal.

Clase	Nombre científico	Nombre común	Categoría de conservación
Reptiles	<i>Liolaemus fuscus</i>	Lagartija oscura	Preocupación Menor
	<i>Liolaemus tenuis</i>	Lagartija esbelta	Preocupación Menor
	<i>Liolaemus lemniscatus</i>	Lagartija lemniscata	Preocupación Menor
	<i>Liolaemus monticola</i>	Lagartija de los montes	Vulnerable
	<i>Callopistes palluma</i>	Iguana	Vulnerable
	<i>Philodryas chamissonis</i>	Culebra de cola larga	Vulnerable
	<i>Tachymenis chilensis</i>	Culebra de cola corta	Vulnerable
Aves	<i>Theristicus melanopis</i>	Bandurria	Vulnerable
	<i>Ardea cocoi</i>	Garza cuca	Rara
	<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor	Vulnerable
	<i>Accipiter chilensis</i>	Peuquito	Rara
	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Vulnerable
	<i>Columba araucana</i>	Torcaza	En Peligro
	<i>Cyanoliseus patagonus</i>	Loro trichahue	Vulnerable
Mamíferos	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	Preocupación Menor
	<i>Thylamys elegans</i>	Yaca	Rara
	<i>Spalacopus cyanus</i>	Cururo	En Peligro
	<i>Puma concolor</i>	Puma	Casi Amenazada
Anfibios	<i>Alsodes nodosus</i>	Sapo arriero	Casi Amenazada
	<i>Alsodes montanus</i>	Sapo montano	En Peligro
	<i>Alsodes tumultuosus</i>	Sapo de la parva	En Peligro
	<i>Pleurodema thaul</i>	Sapito de cuatro ojos	Casi Amenazada
	<i>Calyptocephalella gayi</i>	Rana chilena	Vulnerable
	<i>Rhinella arunco</i>	Sapo de rulo	Vulnerable
	<i>Rhinella spinulosa</i>	Sapo espinoso	Preocupación Menor

Fuente: Ministerio de Agricultura (1998); Pavez (2008); Ministerio del Medio Ambiente, (2011; 2012); Horta-Pizarro et al. (2014).

Según Pavez (2008) y CONAF (2000) entre los reptiles destacan los lagartos del género *Phrynomedusa*. Se encuentra presente la iguana (*Callopistes palluma*) y la culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*), además reptiles del género *Liolaemus* como la lagartija negro verdoso (*Liolaemus nigroviridis*) y la lagartija esbelta (*Liolaemus tenuis*). Entre las aves, se cuentan el águila (*Geranoaetus melanoleucus*), la viudita (*Colorhamphus parvirostris*), el peuco (*Parabuteo unicinctus*), el loro trichahue (*Cyanoliseus patagonus*) (Figura 1.18, a), cóndor (*Vultur gryphus*) (Figura 1.18, b) y el halcón peregrino (*Falco peregrinus*). Entre los mamíferos destacan la yaca (*Thylamys elegans*), un marsupial del orden Didelfimorfos, el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y la liebre (*Lepus capensis*), ambos pertenecientes al

orden Lagomorfos. Es notable la presencia de guanacos (*Lama guanicoe*) (Figura 1.18, c) y puma (*Puma concolor*) (Figura 1.18, d) y el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) (Figura 1.18, e). La presencia de guanacos está restringida exclusivamente a la cuenca del río de Los Cipreses. La disminución de sus poblaciones en la zona Central de Chile tiene relación con la caza desmedida, la competencia por el alimento con el ganado, principalmente vacuno, y el desarrollo de la agricultura (Bonacic et al., 1996). Existe una notable diversidad de anfibios, compuesto por las especies nativas *Pleurodema thaul* y *Rhinella spinulosa* (Figura 1.18, f) y especies endémicas como *Alsodes montanus*, *Alsodes tumultuosus*, *Alsodes nodosus*, *Rhinella arunco* y *Calyptocephalella gayi* (Horta-Pizarro et al., 2014).



Figura 1.18. (a) Pareja de loros trichahue (*Cyanoliseus patagonus*), Reserva Nacional Río de Los Cipreses, (b) cóndor (*Vultur gryphus*), sobrevolando el Alto Cachapoal, (c) Tropilla de guanacos (*Lama guanicoe*) Reserva Nacional Río de Los Cipreses, (d) Puma (*Puma concolor*), (e) Zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), (f) Sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*), presente en las cuencas de los ríos Cortaderal, de Las Leñas y en el Alto Cachapoal (Fotografías: José Besa (Bioamérica) (a) (d) (e) (f); Benito González (c); Eduardo Pavez (b)).

1.8.8 Uso antrópico

La presencia humana en el territorio data de hace unos 9.000 años, con el objetivo principal de explotar sus recursos y asentarse en el lugar. Es en esta época, cuando el clima y paisaje de Chile sufren cambios producto de la desglaciación, acentuándose la estacionalidad climática. Es probable que los recolectores del Holoceno temprano hayan recorrido la zona tras el derretimiento de los hielos, lo que permitió la ocupación de grandes extensiones de terreno (Falabella, 1994). Diversos trabajos arqueológicos en la cuenca andina del río Cachapoal dan cuenta de registros humanos en el valle desde tiempos prehispánicos (Cáceres et al., 1993; Cáceres et al., 1994; Arrué, 2000) como lo son los pertenecientes al grupo cultural Llolleo (Arrué, 2000).

A comienzos del siglo XVII, los terrenos de Chacayes y Cauquenes son cedidos a la Compañía de Jesús (Hanisch, 1974; Arrué, 2000), quienes adquirieron propiedades agrícolas. Luego de su retiro, se produce una época de mayorazgos en la cuenca, instalándose diferentes haciendas, cuyos dueños concentran sus recursos en la cría y venta de ganado, mayoritariamente vacuno, para lo cual, intervienen fuertemente el entorno, en especial,

los valles que se emplazan en los cajones que conforman dicha cuenca (Yrarrázaval, 1940; Arrué, 2000).

La riqueza de los paisajes y la biodiversidad de la zona, explicarían los antecedentes sobre visitas efectuadas por connotados naturalistas, tales como Gay (1831) (Gay, 1980), Domeyko (1841) (Domeyko, 1849), Pissis (1858) (Pissis, 1860), Philippi (1875) y Güssfeldt (1882) (Echevarría, 1988), quienes realizaron descripciones de tipo botánicas y geológicas en el cajón del río de Los Cipreses (Arrué, 2000). Pissis (1860) hace alusión a la vegetación del área indicando que “los primeros coníferos arborescentes principian a mostrarse al sur del Cachapoal, y son representados por el ciprés (llamado en esa época *Libocedrus chilensis*) que crece cerca del nacimiento del río de Las Vegas y sobretodo en el valle de Los Cipreses”.

En la localidad de Coya, la influencia de la actividad minera resulta evidente sobre las relaciones sociales, organización territorial y estructuración de grupos, mientras que en Chacayes, caracterizado por su aislamiento geográfico, destacan los asentamientos campesinos y relaciones de inquilinaje (Figura 1.19).



Figura 1.19. Vista general del sector de Chacayes, en la confluencia de los ríos Pangal y Cachapoal.

En la década de los ochenta, en parte de la hacienda de Cauquenes y posterior fundo Chacayes, se crea el 17 de octubre de 1985, mediante Decreto N° 127 del Ministerio de Agricultura, publicado en el Diario Oficial del 6 de enero de 1986, la Reserva Nacional Río de Los Cipreses (Figura 1.20, a), que es administrada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Esta unidad del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), cuenta en la actualidad con una administración y casas para los guardaparques. Existe

además un Centro de Información Ambiental (centro cultural), cinco senderos de excursión y dos áreas de camping y un refugio en el sector de Urriola.

En la cuenca se encuentran en funcionamiento las centrales hidroeléctricas (Figura 1.20, b), Coya, Pangal y Chacayes pertenecientes a la empresa Pacific Hydro, quien además mantiene en desarrollo en el sector los proyectos hidroeléctricos Nido de Águila y Los Arándanos.



Figura 1.20. (a) Acceso a la Reserva Nacional Río de los Cipreses (b) Casa de máquinas Central hidroeléctrica Chacayes (Fotografías: Gustavo Cruz (a); Pacific Hydro (b)).

2.

Antecedentes generales de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*)

María Teresa Serra V., Gustavo Cruz M.,
Álvaro Promis B.



2.1 Taxonomía

De las 32 especies de coníferas nativas de Sudamérica, nueve de ellas se encuentran en Chile. Las familias corresponden a Araucariaceae, Cupressaceae y Podocarpaceae. Las Cupressaceae s.l. (Incluye Taxodiaceae) incluyen entre 133-162 especies (Farjon, 2005) reunidas en 31-32 géneros de los cuales 18 son monotípicos es decir que presentan actualmente una única especie (Marticorena y Rodríguez, 1995; Gadek et al., 2000). Las Cupressaceae en Sudamérica se encuentra representada en Chile y Argentina por 3 géneros monotípicos: *Austrocedrus*, *Fitzroya* y *Pilgerodendron* (Gardner y Lara, 2003) (Recuadro 2).

El género *Austrocedrus* es monotípico de los bosques subantárticos sudamericanos, la única especie crece en la región andina austral de Chile y Argentina (Marticorena y Rodríguez, 1995).

2.2 Descripción botánica de la especie

Árbol siempreverde, dioico, aunque ocasionalmente se pueden encontrar individuos diclino-monoicos (Veblen et al., 1995; Castor et al., 1996), de hasta 20-25 m de altura, con copa piramidal compacta (Figura 2.1). Su tronco es recto, cónico, de 1 a 2 m de diámetro, corteza áspera o rugosa, fisurada longitudinalmente, parda en la parte inferior y gris-cenicienta en la superior (Figura 2.2 a), presenta ramas extendidas, ascendentes, densas, ramitas comprimidas dispuestas en forma de abanico amarillo verdosas usualmente con bandas blancas en el envés, las cuales corresponden a estomas (Muñoz, 1973; Rodríguez et al., 1983; Serra et al., 1986; Marticorena y Rodríguez, 1995; Hechenleitner et al., 2005). Posee hojas escumiformes (Figura 2.2 b), imbricadas, perennes, opuestas, dimorfas de dos tipos: las laterales más grandes, de 2-3 (7) mm de largo, extendidas hasta los 2/3 de su largo sobre el tallo, con el dorso aquillado o agudo y bandas estomáticas blanquecinas; y las hojitas

faciales, triangulares de 1-5 mm de largo, verdosas (Rodríguez et al., 1983; Serra et al., 1986). Existen en forma natural individuos con hábito fastigiado o columnar y otros de forma normal o piramidal (Grosfeld, 2002; Grosfeld y Barthelemy, 2005).

Los árboles masculinos son portadores de los estróbilos en amentos cilíndricos a globosos (Figura 2.2 c), formados por 5 pares de brácteas o microesporófilos, cada uno de ellos con 3-4 sacos polínicos (Grosfeld, 2002), casi del mismo diámetro que las ramillas, de color castaño, de 4-5 mm de largo, dispuestos en la parte terminal de las ramitas o en ejes muy cortos.

Los árboles femeninos presentan los conos o estróbilos femeninos (Figura 2.2 d) que se ubican en el extremo de las ramas de la parte superior de la copa, son de forma ovoides castaños, de 8-15 mm de largo y 5-7 mm de ancho, leñosos en la madurez, compuestos por 4 escamas coriáceas opuestas, provistas de una espina tuberculiforme corta en el dorso, las inferiores más cortas y estériles, las superiores fértiles con dos óvulos cada una. Cono dehiscente, abriéndose en 4 valvas leñosas (Rodríguez, et al., 1983; Serra et al., 1986; Marticorena y Rodríguez, 1995).



Fotografía: Álvaro Promis

Figura 2.1. Individuo de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Valle del río Cachapoal.

Cada bráctea superior es fértil y presenta 2 semillas, o por aborto, una sola. Semillas ovoides, apiculadas, amarillentas, de 5-8 mm de largo y 3 mm de ancho bialadas, un ala mayor elíptica de 6-8 mm, la otra rudimentaria (Muñoz, 1973;

Rodríguez et al., 1983; Marticorena y Rodríguez, 1995). Las alas de la semilla están unidas a la testa y no están separadas como ocurre con Pinaceae (Donoso et al., 2006). El número cromosómico es $2n: 22$ (Covas, 1995).



Figura 2.2. Algunas características de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). (a) Corteza áspera o rugosa, (b) ramillas aplanadas con hojas escuamiformes, imbricadas (c), amentos o estróbilos masculinos cilíndricos y (d) conos femeninos, ovoides, leñosos (Fotografías: Gustavo Cruz).

RECUADRO 2

Ubicación taxonómica de *Austrocedrus chilensis*

Reino	Plantae
División	Pinophyta o Coniferophyta (Gymnospermae)
Clase	Pinopsida o Coniferopsida
Orden	Coniferales o Pinales
Familia	Cupressaceae s. l.
Subfamilia	Callitroideae
Género	<i>Austrocedrus</i> Florin et Boutelje. Acta Hort. Berg. 17:28-29.1954. etimológicamente: del latín australis = del Sur y del griego kedros = cedro
Nombre científico	<i>Austrocedrus chilensis</i> (D. Don) Pic. Serm. et Bizarri. Webbia 32(2): 482.1978
Nombre común	"Ciprés de la cordillera", "Ciprés Len", "Len", "Cedro"
Sinónimos	<i>Thuja chilensis</i> D. Don., <i>Thuja chilensis</i> Hook, <i>Thuja andina</i> Poepp., <i>Libocedrus chilensis</i> (D. Don), <i>Austrocedrus chilensis</i> (D. Don) Florin et Bout.

Fuentes: Rodríguez et al., 1983; Serra et al., 1986; Marticorena y Rodríguez, 1995; Rodríguez, 2004; Muñoz y Serra, 2006.

2.3 Distribución y Hábitat de ciprés de la cordillera

2.3.1 Distribución

Ciprés de la cordillera es una especie endémica de los bosques subantárticos de Chile y Argentina, crece entre los 32° 39' y 44° Latitud Sur por la vertiente chilena de los Andes, y entre los 36° 30' y 43° 35' Latitud Sur por la vertiente argentina (Figura 2.3 a). Administrativamente, se distribuye desde la provincia de Los Andes, hasta la provincia de Palena (regiones de Valparaíso a Los Lagos), siendo la conífera nativa más septentrional en Chile (Schlegel, 1962; Pastorino et al., 2006).

Habita preferentemente en los faldeos de la Cordillera de los Andes entre los 250 a los 2.200 msnm, pero

ocasionalmente también entre los 100 y 500 msnm en la Cordillera de la Costa (Figura 2.3 a). En esta área de distribución conforma una serie de parches de bosques de tamaños variados, separados entre sí por grandes extensiones, en donde aparecen pequeños bosquetes o incluso árboles aislados (Gallo et al., 2004). En la Cordillera de los Andes de Chile se presenta en subpoblaciones disyuntas desde la Región de Valparaíso, provincia de Los Andes (32°29' S), donde se ubica la distribución más septentrional (Figura 2.3 b), a la Región de los Lagos, Provincia de Palena (43°38' S) (Figura 2.3 c), desde los 250 a los 2.200 m de altitud (Schlegel, 1962, Hechenleitner et al., 2005; Muñoz y Serra, 2006; Donoso 2013).

De acuerdo a la descripción de los límites de distribución, ciprés de la cordillera es considerado como la conífera

con mayor rango latitudinal de Chile y Argentina, ya que su presencia se extiende por más de 11 grados latitudinales, lo que representa una distancia de unos 1.230 kilómetros en línea recta (Gardner y Lara, 2003; Pastorino et al., 2006; Donoso, 2006).

Ciprés de la cordillera en Chile representaría el 25% de la población total de la especie, que se distribuye también en el sur de Argentina, donde es más abundante. En Argentina se encuentra la mayor representación de la especie, ocupando una superficie de alrededor de 141.000 ha, estimándose que en Chile presenta 45.000 ha (450 km²), lo que representa sólo el 0,3% del total de bosque nativo. En la Región del

Libertador General Bernardo O'Higgins, la presencia de ciprés de la cordillera se registra en un total de 4.551 ha, lo que representa el 0,14% de la superficie regional (Hechenleitner et al., 2005; Donoso, 2013). De acuerdo a la clasificación de la tipología forestal la presencia de esta especie corresponde o define al Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera (Donoso, 1981).

A pesar de esta extensa distribución, la superficie ocupada por la especie es reducida debido a la histórica disminución que ha experimentado, principalmente por el efecto de los incendios ocasionados por el hombre y/o la sustitución de bosque nativo por actividades agropecuarias (Gallo et al., 2004).

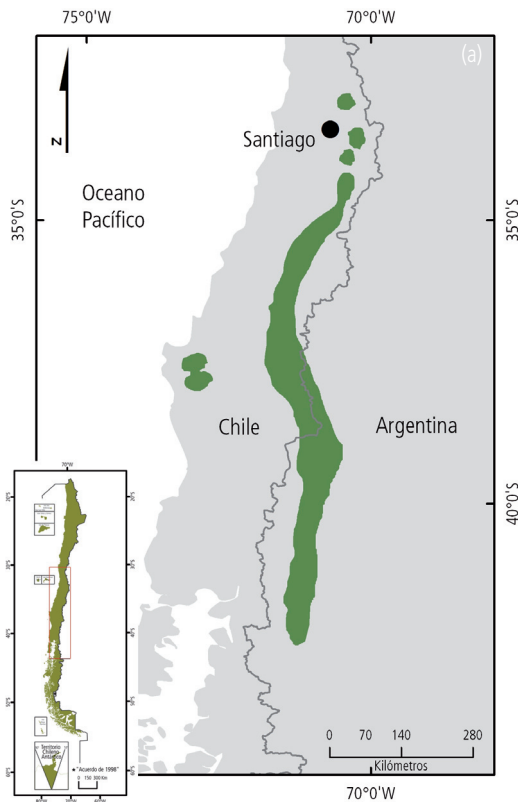


Figura 2.3. (a) Distribución de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en Chile y Argentina (modificado de Veblen et al. (1995)); (b) Aspecto de las comunidades de San Gabriel (Provincia de Cordillera); (c) Paso Futaleufú (Provincia de Palena) (Fotografía: Gustavo Cruz (b), Álvaro Promis (c)).

Los bosques más notables en Chile se encuentran entre los 34°45' Latitud Sur y los 38° Latitud Sur y en Argentina entre los 39°30' Latitud Sur y los 43° 35' Latitud Sur (Veblen et al., 1995). Al sur de los 38° Latitud Sur en Chile, se presentan árboles o pequeños bosquetes aislados preferentemente en terrenos con lava volcánica o en pendientes rocosas abruptas, más al sur entre los 43° Latitud Sur y 44° Latitud Sur se encuentra en las cuencas de los ríos Yelcho, Palena y Futaleufú (Donoso, 2013). La presencia de la especie en la Cordillera de la Costa en Chile es escasa y se encuentran restringidas a laderas orientales de la Cordillera de Nahuelbuta y riberas del río Bueno (Donoso, 2013).

2.3.2 Hábitat

Ciprés de la cordillera a lo largo de su amplia distribución geográfica habita en un área de alta heterogeneidad ambiental, donde se conjugan procesos orográficos, glaciales y volcánicos (La Manna, 2005).

Esta especie ocupa ambientes montañosos principalmente de alta montaña, constituyendo masas puras de densidad variable, y creciendo en laderas rocosas, de muy fuerte pendiente. A lo largo de toda su distribución, es posible encontrar al ciprés de la cordillera en laderas bajas y en planos, formando pequeños rodales de poca densidad sobre suelos de ceniza volcánica, lava o escorias (Serra et al., 1986; Hechenleitner et al., 2005) (Figura 2.4), o bien, constituyendo masas boscosas con especies del género *Nothofagus*, preferentemente roble (*N. obliqua*) y hualo (*N. glauca*). Ciprés de la cordillera crece a menudo protegido por el dosel de bosques caducifolios, pero su comportamiento en general, es de una especie intolerante a la sombra (Donoso, 1993). En la parte norte de su distribución se encuentra casi siempre situada en exposiciones sur, en valles abrigados en los aluvios rocosos de los cauces (Serra, 1987; Rodríguez, 2004) y, entre los 900 y 1.600 msnm, asociada con especies del Tipo Forestal Esclerófilo (Figura 2.5) como peumo (*Cryptocarya alba*), bollen (*Kageneckia oblonga*), litre (*Lithraea caustica*) y quillay (*Quillaja saponaria*) (Hechenleitner et al., 2005).



Figura 2.4. Ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) colonizando escoria volcánica. Parque Nacional Conguillío (Fotografía: Gustavo Cruz).



Fotografía: Gustavo Cruz

Figura 2.5. Ciprés de la cordillera en asociación con especies del matorral esclerófilo andino. Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

2.4 Autoecología de ciprés de la cordillera

2.4.1 Biología reproductiva

Ciprés de la cordillera es una especie dioica, cuyos individuos presentan sexos separados en una proporción de 1:1 (Castor et al., 1996). Durante largo tiempo ha habido confusión respecto a la sexualidad de los individuos y poblaciones de la especie, citándose como monoica, ya que es fácil confundir los sexos cuando los estróbilos (amentos y conos) están en estados tempranos de su desarrollo. Los estróbilos masculinos pueden confundirse con ápices de crecimiento vegetativo (Castor et al., 1996). Los conos femeninos en estado receptivo son de pequeño tamaño y se encuentran casi ocultos entre las ramillas. Agallas producidas por insectos que modifican los ápices también pueden confundirse con estructuras reproductivas. El ciclo reproductivo

comprendido desde la formación de los estróbilos hasta la dispersión de las semillas maduras, tarda aproximadamente un año (Brion et al., 1993; Donoso, 1993), alcanzando los individuos femeninos y masculinos su madurez sexual aproximadamente a los 20 años de edad (Rovere, 2000).

2.4.2 Fenología

Estudios realizados en Argentina (Castor et al., 1996) concuerdan con los antecedentes nacionales, en que la apertura de los conos o estróbilos femeninos receptivos al polen ocurre en octubre y la dispersión de las semillas se producen entre enero a marzo (Rodríguez et al., 1983). En Chile la floración se produce en primavera entre los meses de octubre y noviembre (Marticorena y Rodríguez, 1995; Hechenleitner et al., 2005; Donoso et al., 2006) en tanto que la maduración de los conos se concentra entre febrero y marzo (Marticorena y Rodríguez, 1995; Hechenleitner et al., 2005).

Según otros autores el período de dispersión es más breve e irregular. Donoso et al. (2006), indican que el período en que maduran varía de acuerdo al año. En Argentina en la zona austral, la cosecha de semillas se retarda extendiéndose entre marzo y mayo (Pastorino y Gallo, 2000).

La polinización y dispersión de las semillas es mediante el viento. La proporción de polen abortado aumenta con la edad y el tamaño del árbol (Aizen y Rovere, 1995; Marticorena y Rodríguez, 1995; Hechenleitner et al., 2005).

Se presenta una leve tendencia a dispersar polen más tempranamente en las poblaciones más septentrionales. Los estróbilos masculinos tienen un aumento de dispersión del polen de dos semanas antes en que se produzca la receptividad del estróbilo femenino. La maduración de los conos o estróbilos masculinos y femeninos varía en función de la latitud, la exposición y la altitud, así como también se han detectado pequeñas variaciones árbol a árbol en un mismo rodal atribuibles a condiciones de micrositio y diferencias genéticas que pueden influir en la fenología individual (Donoso, 2013).

La dispersión de las semillas ocurre cuando los conos cambian de un color verde amarillento a un color café claro y de la consistencia semi carnosa a leñoso, produciéndose la dehiscencia de las valvas y favoreciendo la salida de las semillas aladas.

La producción de semillas es alta, aunque los conos y las semillas son susceptibles a la herbivoría por insectos.

2.4.3 Producción de semillas y germinación

En Chile la dispersión de las semillas aladas ocurre durante los meses de verano, entre enero-marzo (Donoso et al., 1995; Grosfeld, 2002). La maduración de la semilla es irregular y depende del sitio y de la variación año a año, señalándose la tendencia de maduración más temprana en los sitios secos y cálidos a los más húmedos y fríos, en una gradiente norte-sur de las poblaciones (Donoso, 2013). Se indican los siguientes antecedentes sobre producción de semillas para ciprés de la cordillera (Serra et al., 1986) (Tabla 2.1):

Tabla 2.1. Antecedentes sobre producción de semillas para ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*).

Fecha de colecta	Enero-Marzo
Nº conos/kg	15.527
gr de semilla/kg conos	254,6
Nº semillas/kg	194,2 - 296,9
Contenido de humedad (%)	7,2 - 12,9
Capacidad germinativa (%)	74 a 80 en laboratorio y 42 a 95 en vivero

Fuentes: Donoso et al. (1980); Pastorino y Gallo (2000); Acuña (2001); Donoso (2013).

En los bosques de ciprés de la cordillera en Argentina se indica que la producción de semillas de la especie es muy variable entre los distintos tipos de bosques a lo largo del gradiente de precipitación (Rovere, 1991; Lucero, 1996). Además, la mayor parte de las semillas son atacadas por insectos antes de que ocurra la maduración de los frutos y la dispersión de éstas (Rovere y Sancholuz, 1991).

Las semillas presentan latencia y requieren de estratificación de entre 30-60 días de frío-húmedo en arena a alrededor de 4° C, incrementándose la energía germinativa con 60 días de estratificación (Donoso, 2013).

La germinación de ciprés de la cordillera es epigea. La plántula (Figura 2.6) se forma por adición de sucesivos brotes anuales, a medida que la planta se desarrolla

el tronco se ramifica en forma monopódica y difusa. Las primeras ramas son de simetría bilateral, caducas en el breve plazo y está formado por hojas dimorfas

o de dos formas como las ramillas adultas (Grosfeld y Barthelemy, 2005).



Fotografía: Patricio Tapia

Figura 2.6. Plántula de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) germinadas en contenedor. Vivero Pacific Hydro Chacayes.

2.4.4 Regeneración

En la mayor parte de las poblaciones de ciprés de la cordillera se ha observado que la regeneración natural es buena (Figura 2.7), especialmente en lugares despejados, donde es frecuente encontrar plántulas y plantas jóvenes (Serra et al., 1986; Donoso, 2013). Las semillas germinan fácilmente, sin embargo las plántulas son susceptibles a los daños por ramoneo y el fuego (Hueck, 1978).

Además, en ambientes extremos con déficit hídrico y en sustratos rocosos y suelos pobres se suelen presentar raíces superficiales al descubierto y ocasionalmente la especie se podría multiplicar vegetativamente (Gallo et al., 2004; Grosfeld y Barthelemy, 2005).

La especie se considera longeva, pudiendo superar los 500 años de edad, aunque dada la alta frecuencia de disturbios en su área de distribución, resulta extraño encontrar ejemplares con tal característica (Veblen et al., 1995).



Fotografía: Gustavo Cruz

Figura 2.7. Regeneración natural de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Reserva Nacional Río de Los Cipreses.

2.4.5 Hábitos de crecimiento

La secuencia de diferenciación de los individuos de ciprés de la cordillera es regulada por condiciones ambientales severas, determinando restricciones al crecimiento y/o retardando los principales eventos morfogenéticos de éstos (Grosfeld y Barthelemy, 2005). Ciprés de la cordillera es una especie arbórea de crecimiento monopódico que normalmente se desarrolla hasta los 20 m de altura, sin embargo se han descrito individuos que alcanzan sobre los 30 m de altura, en el Parque Nacional Nahuel-Huapi (Argentina). En condiciones más xéricas próximas al límite septentrional, ciprés de la cordillera se desarrolla más pequeño y achaparrado, donde los ejemplares

pueden medir alrededor de 3 m de altura, lo que también ocurre con las poblaciones de la Patagonia (Castor et al., 1996).

Grosfeld y Barthelemy (2005) le atribuyen una gran plasticidad morfológica a la especie, ya que se adapta bien a diferentes condiciones ambientales y a su capacidad de colonizar sitios luego de ocurrido los incendios.

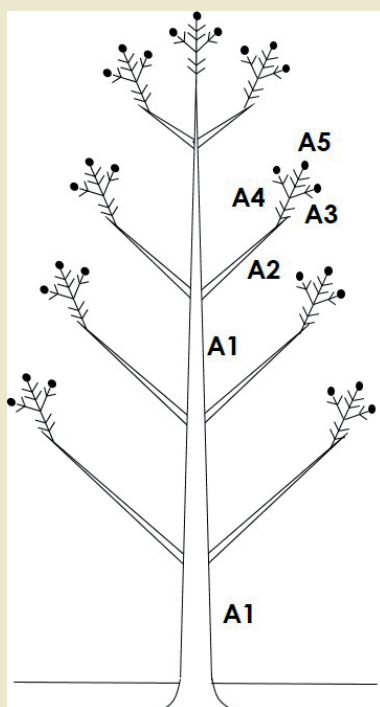
El reconocimiento del hábito de crecimiento de los árboles, ayuda a interpretar la dinámica del bosque, así como también, su historia ecológica y su vitalidad (Tabla 2.2).

RECUADRO 3 Modelo arquitectural

Cada árbol tiene su programa específico de desarrollo, controlado por genes desde la germinación hasta su madurez, así la forma de su copa nunca es aleatoria. Sin embargo, la forma del árbol puede ser modificada por factores ecológicos, pero siempre persisten estos controles genéticos de crecimiento.

A partir de las alternativas de crecimiento de un árbol, respecto de: la dirección de crecimiento de los vástagos (sentido vertical u horizontal), el tipo de ramificación (continua o rítmica), la ubicación de las estructuras reproductivas (terminal o lateral) y la combinación de éstas, se han propuesto diferentes modelos arquitecturales (Hallé, 2010).

La unidad arquitectural de ciprés de la cordillera es cualitativamente estable y está caracterizada por 5 categorías de ejes. El tronco (A1 o eje del orden 1) y las ramas principales (A2 o ejes de orden 2) son monopódicos, ortotrópicos de crecimiento potencialmente continuo e indefinido (A1) o definido de largo plazo (A2). Estas dos categorías forman la estructura principal del árbol. Las tres últimas categorías (A3, A4, A5) conforman las ramillas y la mayor superficie fotosintética y reproductiva de la planta.



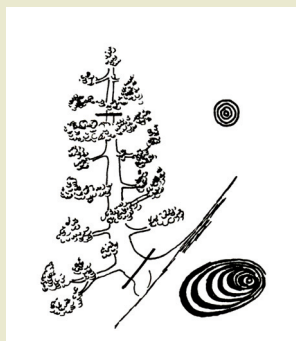
Esquema de la unidad arquitectural de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). A1 es el tronco, A2 corresponde a las ramas, A3 conforman las ramillas, A4 son las hojas escumiformes y A5 ubicación de las estructuras reproductivas (modificado de Grosfeld y Barthelemy, 2005).

Tabla 2.2 Relación entre condiciones ambientales y tipos de bosques con la expresión de hábito de crecimiento de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en Argentina (modificado de Grosfeld y Barthelemy (2005)).

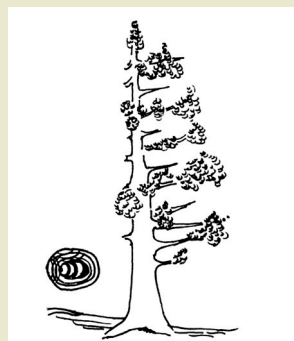
Condiciones ambientales y tipo de bosque	Expresión del hábito de crecimiento
Estrés hídrico y fuertes vientos Sustratos rocosos o suelos pobres Tipo de Bosque marginal extremo	Regeneración en baja densidad sin restricciones laterales. Crecimiento muy lento. Ejemplares pueden ser muy longevos ($\pm$ 1.200 años). Ejemplares pequeños (7-12 m), copa abierta y ramas espaciadas. Por efectos del viento, troncos deformados o en forma de candelabro o bandera. Raíces superficiales descubiertas. Probable regeneración vegetativa.
Sitios secos y suelos arenosos, materia orgánica escasa Tipo de Bosques puros marginales	Rodales multietáneos, desarrollo arquitectural con pocas restricciones laterales. Regeneración protegida por plantas nodrizas. Crecimiento lento al inicio, ejemplares juveniles de rápido crecimiento. Copa piramidal, ancha y compacta. Ejemplares de 15-25 m de altura. Tronco recto. Si hubiese traumatismo el ejemplar presenta forma de candelabro. Raíces superficiales descubiertas.
Sitios más húmedos Tipo de Bosques puros compactos	Abundante regeneración post-incendio. Crecimiento lento al inicio, ejemplares adultos presentan el máximo potencial. Copa piramidal, estrecha y compacta. Árboles coetáneos limitados en sus desarrollo principalmente por competencia lateral (1.000 – 3.000 árboles/ha). Fuste recto con pocas deformidades, árboles intermedios y suprimidos con fuste deformado. No se observan raíces superficiales.
Sitio de condiciones méxicas Bosques mixtos de ciprés-coihue	El desarrollo arquitectural de ciprés de la cordillera tiene lugar bajo el dosel superior formado por coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>). Presenta restricciones laterales y bloqueo en el desarrollo vertical. Fase juvenil muy prolongada, pudiendo ser superior a los 100 años. Individuos dominantes pueden alcanzar los 25-30 m de altura, presentan acrotonía. Alta ocurrencia de traumatismos apicales, pueden presentar el fuste con deformaciones y se pueden formar árboles multi-fuste o multi vástagos.

RECUADRO 4

Deformaciones del hábito de crecimiento de los árboles por efecto del ambiente restrictivo y perturbaciones en la montaña



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



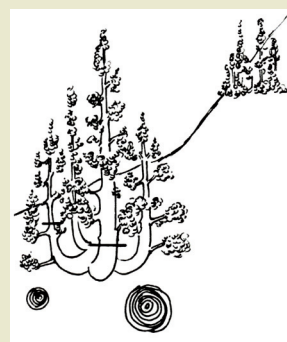
(f)



(g)



(h)



(i)

(a) Crecimiento de forma de sable; (b) Forma de bandera; (c) Fuste desnudo por nieve y hongos; (d) Forma de tenedor; (e) Forma de candelabro; (f) forma de arpa; (g) Forma arrodillada; (h): Forma agrupada (Cluster); (i): Crecimiento en colonias (modificado de Schönenberger et al. (1994); Dibujo: Susan Márquez).

Los principales factores ambientales que afectan el desarrollo de ciprés de la cordillera son: la luz, disponibilidad de agua, fertilidad del suelo y densidad poblacional. Las características morfo-arquitecturales que presentan mayor variación cuantitativa son:

- El desarrollo relativo del tronco versus ramificaciones laterales.
- El grado de abscisión de los ejes.
- Las dimensiones de la copa y la edad en que ocurre la máxima expresión de la unidad arquitectural.
- La expresión de la reiteración parcial.

En particular, la reiteración permite cambiar las características de los ejes secundarios (ramas laterales) a lo largo del eje principal (tronco). Esto, para facilitar el reemplazo de las partes dañadas de la copa por un disturbio.

2.4.6 Micorrizas

Fontenla et al. (1998) determinan la presencia de micorrizas arbusculares en ciprés de la cordillera creciendo en poblaciones naturales en el Parque Nacional Nahuel Huapi en Argentina, así también la mayoría de las especies acompañantes presentan preferentemente micorrizas del tipo vesículo arbusculares (*Maytenus boaria*, *Aristotelia chilensis*, *Mutisia decurrens*, *Mutisia spinosa*, etc.).

2.5 Variación genética

En condiciones medioambientales más desfavorables, la variación genética de una especie tendería a ser más restringida, dada la selección natural hacia aquellos genotipos de mayor aptitud reproductiva, y por ende, en mejores situaciones, la variación genética debería ser mayor. Sin embargo, diversos estudios indican que poblaciones marginales de ciprés de la cordillera en ambientes más pobres son las de mayor variación en el nivel genético analizado (isoenzimático) (Gallo et al., 2004).

Las variaciones fenotípicas y genéticas encontradas en ciprés de la cordillera y la diversidad de ambientes en los que se puede desarrollar la especie, revelan una alta plasticidad y, consecuentemente, capacidad

de adaptación a condiciones ambientales extremas a través de modificaciones fenotípicas. Sin embargo, los resultados preliminares sobre una tendencia de variación en características ecofisiológicas relacionadas con la mayor resistencia a la sequía en poblaciones marginales xéricas y con particularidades genéticas (por ejemplo, alelos exclusivos), sugiere la ocurrencia de adaptaciones de tipo evolutivo, es decir, con modificación de la estructura genética (Gallo et al., 2004).

2.6. Enfermedades

Existen diversos agentes biológicos que causan daño al ciprés de la cordillera, entre estos se encuentran:

- ***Cinara cupressi*:** Corresponde a un insecto succionador que afecta al follaje de la especie, pudiendo matar al individuo. Este áfido es una de sus principales plagas, afectándola a lo largo de toda su área de distribución (Holmgren, 2006).
- ***Nanodacna austrocedrella*:** Microlepidóptero que ataca frutos y semillas, afectando a la regeneración natural (Gajardo y Serra, 2009). El ataque de la larva se produce al formarse el fruto, terminando con la perforación de la semilla. Si bien no se tienen cuantificaciones del daño posible, se conocen dos ectoparasitoides controladores: un microhimenóptero y un ácaro (Donoso et al., 2006).
- **Mal del ciprés:** Aun cuando no existe claridad sobre el agente causal, es posible la ocurrencia de un agente biótico de la rizósfera, un proceso natural no patogénico, o una enfermedad de declinación, provocando mortalidad en los individuos. Este daño podría relacionarse a los hongos *Pythium* y *Phytophthora pseudotsugae*. La sintomatología corresponde al cambio de color del follaje, desde verde a amarillo-marrón, acompañada por la defoliación gradual desde la base hacia el ápice, y desde el centro a la periferia de la copa; resinación del fuste; y pudrición cúbica castaña y/o blanca en las raíces principales, pudiendo ocasionar la caída de los árboles por falta de sustentación (Donoso et al., 2006).

Otros patógenos que afectan al ciprés de la cordillera son: *Seiridium cardinale*, *Mikronegeria alba*, *Caliciopsis cochlearis*, *Phellinus andinopatagonicus*, *Piptoporus portentosus*, *Postia venata*, *Traemetes versicolor* var. *antarticus*, *Traemetes versicolor* var. *azureus*, además del parásito *Appendiculella austrocedri* (Becker, 2010).

Según estudios realizados por Araya et al. (2011) los principales problemas fitosanitarios de ciprés de la cordillera, encontrados en bosque mixto en las Sierras de Bellavista, Región de O'Higgins fueron defoliación, escoba de brujas y clorosis, mientras que en bosques ubicados en San Felipe, Región de Valparaíso (límite norte de la distribución de la especie) son exudación, defoliación y daño mecánico (antropogénicas y no antropogénicas). En esta última población relict, en San Felipe, Gazmuri (2012), encontró 23 especies de insectos asociados a ciprés de la cordillera, de los cuales 12 especies eran fitófagas, cinco omnívoros, cinco zoófagos y una sin clasificar.

2.7. Uso de los bosques

En Chile Central la regresión que han sufrido las poblaciones de la especie es considerable, atribuyéndose las causas de esta disminución a la explotación forestal, la acción del fuego y el pastoreo de ganado (Hechenleitner et al., 2005). Los incendios intencionales para despejar terreno para actividades forestales (Hechenleitner et al., 2005), agrícolas o ganaderas, han sido históricamente las principales amenazas de las poblaciones ubicadas en la Depresión Intermedia del país (Muñoz y Serra, 2006). Por otro lado, su madera es de excelente calidad y durabilidad, y en muchas ocasiones, por los ambientes que ocupa, ha sido la única especie arbórea disponible para uso maderero (Serra et al., 1986; Hechenleitner et al., 2005).

La madera de ciprés de la cordillera presenta textura fina, fibra derecha, siendo liviana y fácil de trabajar, perfumada y resistente al deterioro. La albura es de color blanco-amarillenta, mientras que el duramen, castaño-ocráceo claro, con anillos de crecimiento notorios y más bien anchos. Dada sus características, la especie es utilizada en la fabricación de puertas interiores,

revestimientos, mueblería, juguetes, instrumentos musicales, artesanía y utensilios de cocina (Hall y Witte, 1998); así como también, en la elaboración de tejuelas y construcción de cercas. Actualmente, se siguen explotando, a muy pequeña escala, los bosques remanentes para producción de postes o polines (Cruz, 2010). Además, se señala que por su hábito y color del follaje esta especie presenta una excelente aptitud para uso ornamental (Rodríguez, 2004). Del mismo modo, Schlegel (1962), señaló que esta conífera presenta grandes posibilidades de forestar zonas inhóspitas de la cordillera, y así, otorgar productividad a laderas rocosas, áridas e inutilizables.

2.8 Estado de conservación

Según la clasificación legal vigente realizada por el Ministerio del Medio Ambiente, ciprés de la cordillera ha sido clasificada en la categoría NT, correspondiente a Casi Amenazada, mediante el D.S. N°42 (Chile, Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

Con anterioridad la especie fue clasificada en categoría de especie Vulnerable en el Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Benoit, 1989). A través del Tercer Proceso de Clasificación de Especie, la especie fue reevaluada, catalogándose como "Fuera de Peligro"¹, mediante el D.S. N° 51 (Chile, Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 2008) (Gajardo y Serra, 2009).

Tanto la especie como sus poblaciones son consideradas en un estado de gran vulnerabilidad, especialmente en su distribución norte, esto es, las subpoblaciones de las regiones de Valparaíso y Metropolitana (Serra et al., 1986; Hechenleitner et al., 2005).

Esto históricamente ha dado pie a otras instancias de clasificación referenciales, aportados por diversos autores, quienes proponen lo siguiente:

- Hechenleitner et al. (2005) proponen a la especie en la categoría de Vulnerable, por los criterios IUCN versión 3.1: VU A2c; B2ab(iii) (IUCN, 2001).

1. Según el D.S. N° 75 (Chile, Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 2004), una especie se considerará "Fuera de Peligro" cuando haya estado incluida en alguna de las categorías señaladas en los artículos anteriores ("Extinta", "En Peligro de Extinción", "Vulnerable", "Insuficientemente Conocidas") y en la actualidad se la considere relativamente segura por la adopción de medidas efectivas de conservación o en consideración a que la amenaza que existía ha cesado, definición revalidada por el D.S. N° 29 (Chile, Ministerio del Medio Ambiente, 2012).

- Rodríguez (2004), la estima como especie "Vulnerable".
- Segun UICN 1997 (Walter y Gillet, 1998) y Conifers Specialist Group (1998) la consideran "Vulnerable".
- Lista Roja UICN y según criterios 1994 en Hechenleitner et al. (2005) es definida como "Vulnerable: VU A1 C".
- Souto y Gardner (2013), lista Roja IUCN es considerada NT "Casi Amenazada".

plantaciones, y la corta ilegal de madera e incendios (Faúndez et al., 2007).

La presencia de la especie en los Tipos Forestales Ciprés de la Cordillera, Roble-Hualo, Roble- Raulí-Coihue, Coihue-Raulí-Tepa, Araucaria y Siempreverde, contemplados en el Reglamento Técnico del D.L. 701 del año 1974, involucra la aplicación de diversos artículos y reglamentos que afectan a su protección y conservación (Rodríguez, 2004).

Según el Libro Rojo de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, la especie se encuentra categorizada como "En Peligro", debido a las amenazas históricas y actuales del cambio de uso del suelo, tales como la urbanización, agricultura y

Se han propuesto, en distintos documentos, sitios de interés botánico, o de interés para la conservación de la biodiversidad, teniendo como fundamento la presencia de esta especie tabla 2.3.

Tabla 2.3. Sitios de interés botánico o de interés para la conservación de la biodiversidad fundamentados en la presencia de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*).

Lugar	Región	Fuente
Cerro Tabaco	Región de Valparaíso	Muñoz et al. (1996); Hechenleitner et al. (2005)
San Gabriel	Región Metropolitana	Rodríguez (2004)
Cipresitos (Reserva Nacional Río de Los Cipreses)	Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Serey et al. (2007)
La Rufina	Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Hechenleitner et al. (2005)
Sierras de Bellavista	Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Hechenleitner et al. (2005)
Radal-7 Tazas	Región del Maule	Benoit (1989) y Muñoz et al. (1996)
Altos de Vilches	Región del Maule	Benoit (1989) y Muñoz et al. (1996)
Río Ancoa	Región del Maule	Benoit (1989) y Muñoz et al. (1996)
Bullileo y Laguna Suárez	Región del Maule	Benoit (1989) y Muñoz et al. (1996)
Nevados de Chillán desde Las Trancas hasta el límite vegetacional superior	Región del Biobío	Muñoz et al. (1996)
Cerro Adencul	Región de la Araucanía	Muñoz et al. (1996)
Poblaciones reducidas y dispersas en la Cordillera de la Costa	Regiones de Biobío y Los Lagos	Hechenleitner et al. (2005)

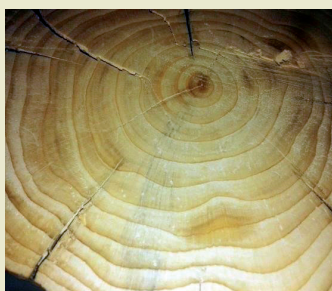
RECUADRO 5

ANATOMÍA DE LA MADERA EN CIPRÉS DE LA CORDILLERA (*Austrocedrus chilensis*)

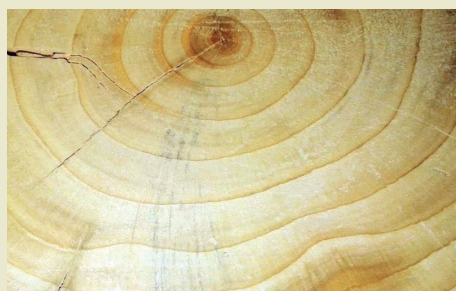
Autor: Magda Orell

Anatomía macroscópica

La madera de ciprés de la cordillera, presenta tonalidad castaño a café claro heterogénea, dado principalmente por sus anillos de crecimiento. Madera poco brillante, con veteado suave, liviana, blanda y de poca consistencia. Presenta anillos de crecimiento visible, sinuoso, claramente delimitados por una banda terminal muy fina de madera tardía, más oscura. Presenta diferencia marcada entre albura (amarillenta) y duramen (castaño claro). La madera de ciprés de la cordillera presenta un olor característico, sin embargo, éste es más suave que en ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*).



(a)

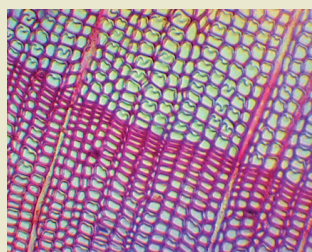


(b)

(a) Corte transversal; madera de tonalidad castaño claro, incipiente coloración de albura y duramen. (b) Detalle de los anillos de crecimiento visibles y sinuosos (Fotografías: Magda Orell).

Anatomía microscópica

Microscópicamente, la madera de ciprés de la cordillera, presenta anillos de crecimiento semi notorios, traqueidas longitudinales de forma rectangular con puntuaciones areoladas de tipo uniseriadas. Parénquima longitudinal de paredes lisas, ubicado principalmente en la madera tardía. Radios leñosos uniseriados y parcialmente biseriados. El campo de cruce corresponde a puntuaciones semi areoladas de tipo cupressoides.



(a)



(b)



(c)

(a) Corte transversal (10x); anillos de crecimiento semi notorios, radios uniseriados traqueidas longitudinales rectangulares y parénquima longitudinal en madera tardía. (b) Corte longitudinal tangencial (10x); radios leñosos uniseriados, parénquima longitudinal de paredes lisas. (c) Corte longitudinal radial (10x); Puntuaciones de Campo de cruce cupressoides, traqueidas longitudinales con puntuaciones areoladas, de tipo uniseriadas (Fotografías: Magda Orell).

3.

Comunidades de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal

Gustavo Cruz M., Álvaro Promis B., María Teresa Serra V., Juan Pablo Fuentes E.



3.1 Distribución y tamaño de las comunidades

Las comunidades de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal se han segregado en tres grupos:

- **Bosques:** Corresponde a rodales o bosquetes, muy abiertos a semidensos de la especie, que ocupan un área definida y se asocian a otras especies acompañantes, así como a un ambiente particular. Estas comunidades han sido identificadas por el nombre geográfico más cercano a las cartas IGM, escala 1:50.000 y se ha estimado la superficie de cada una de ellas (Figura 3.1 a).
- **Pequeñas agrupaciones:** Corresponde a pequeños grupos de individuos de ciprés de la cordillera, que se desarrollan dispersos en laderas asociados a derrumbes y/o en sectores con alteraciones hidrotermales de las rocas, al interior de la Reserva Nacional Río de Los Cipreses. Estas agrupaciones han sido ubicadas espacialmente sin un nombre geográfico (Figura 3.1 b).
- **Individuos aislados:** Corresponde a superficies con individuos aislados de ciprés de la cordillera, que en general, se encuentran asociados a roqueríos en las partes más altas de la cuenca y/o se presentan en las partes bajas de las laderas cercanos a los cursos de agua. Estos ejemplares se han ubicado espacialmente sin un nombre geográfico (Figura 3.1 c).

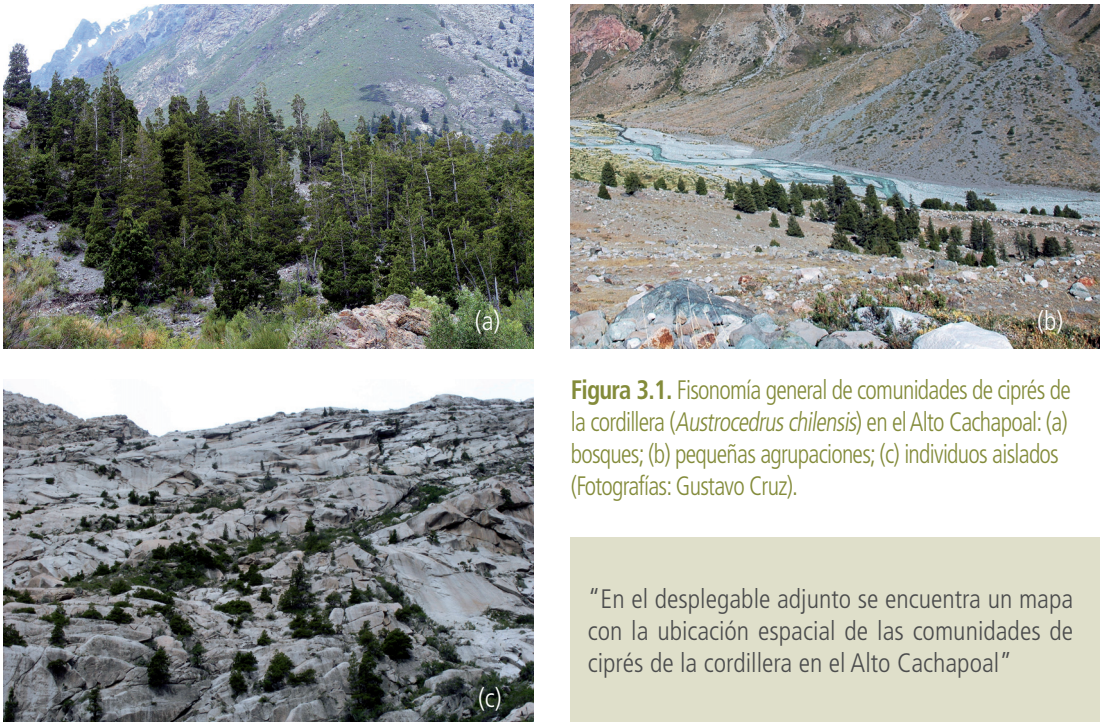


Figura 3.1. Fisonomía general de comunidades de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal: (a) bosques; (b) pequeñas agrupaciones; (c) individuos aislados (Fotografías: Gustavo Cruz).

“En el desplegable adjunto se encuentra un mapa con la ubicación espacial de las comunidades de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal”

Gran parte de los individuos de ciprés de la cordillera se distribuyen en forma dispersa, siendo sólo una baja proporción los que se agrupan en bosquetes de

reducida superficie (Tabla 3.1) las cuales fluctúan entre 3,4 y 25,3 ha, distribuyéndose mayoritariamente en la cuenca del río de Los Cipreses (54,1%), al interior de la Reserva Nacional homónima.

Tabla 3.1. Superficie de bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), en las distintas cuencas del Alto Cachapoal.

Bosque	Superficie (ha)	%	Cuenca
Cipresito 1	12,1	13,0	Río Cachapoal
Cipresito 2	16,2	17,5	Río Cachapoal
Vega chica	6,0	6,5	Río Cortaderal
Matancilla	3,4	3,7	Río Cortaderal
Cipresillo	4,9	5,3	Río Cortaderal
Urriola Oeste	3,8	4,1	Río de Los Cipreses
Urriola Este	25,3	27,2	Río de Los Cipreses
Agua de la Muerte	21,1	22,7	Río de Los Cipreses
Total	92,8	100,0	

3.2 Características ambientales de los bosques

Los bosques de ciprés de la cordillera estudiados se insertan en el Tipo Climático Mediterráneo, Subtipo Templado Frío con lluvias invernales, donde la temperatura media anual es de 9,6° C, con una temperatura promedio para los meses de invierno de 4 °C. Las precipitaciones anuales alcanzan los 1.000 mm concentrándose mayoritariamente en los meses de invierno. Igualmente, es común la precipitación en forma de nieve.

Estos bosques se distribuyen entre los 1.270 y 1.659 msnm, encontrándose cinco de los ocho bosques por sobre los 1.500 msnm (Tabla 3.2). Ocupan mayoritariamente medias y bajas laderas con exposición Sur (Sur, Sur-Este y Sur-Oeste) y en menor medida, Oeste (75 y 25% respectivamente), con pendientes fuertes entre 15 y 70°. En los sectores de depósitos fluvio-glaciales y terrazas, las pendientes son más suaves (6 a 15°) y están expuestos mayoritariamente al Sur y Sur-Oeste, y en menor medida al Sur-Este.

El basamento geológico corresponde principalmente a depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa del Pleistoceno-Holoceno. En menor medida se

ubican en la zona de contacto entre estos depósitos y las zonas de rocas intrusivas y volcano-sedimentarias de la formación Coya-Machalí (Charrier, 1983; SERNAGEOMIN, 2003). En particular, las agrupaciones de individuos dispersos que se distribuyen en roqueríos en las partes más altas de la cuenca, se asocian a cuerpos intrusivos graníticos y granodioríticos de colores claros, que instruyen en parte a las rocas de la Formación Coya Machalí, como ocurre en el valle del río Cortaderal (Figura 3.2). Por otra parte, las comunidades existentes en el valle del río de Los Cipreses se ubican parcialmente en zonas con alteraciones hidrotermales² (Figura 3.3) (SERNAGEOMIN, 2003).

Desde el punto de vista geomorfológico, las comunidades de ciprés de la cordillera se desarrollan preferentemente en zonas de derrubio, abanicos y conos aluviales, caracterizadas por una distribución caótica de los materiales rocosos, que en general son de tamaño considerable (40 cm o más de espesor) (Figura 3.4). También es posible encontrar comunidades de ciprés de la cordillera asociadas a terrazas fluviales caracterizadas por una marcada estratificación de sedimentos arenosos (Figura 3.5), como también por depósitos fluviales más gruesos y de menor grado de ordenación en terrazas localizadas en sectores de mayor gradiente.



Figura 3.2. Presencia y ausencia de individuos aislados de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), en relación al tipo de roca parental. Línea roja marca contacto entre roca volcánica (a) y roca intrusiva (b), se aprecian individuos de ciprés de la cordillera creciendo sobre roca intrusiva. Río Cortaderal (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.3. Grupos de individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) creciendo sobre roca afectada por alteraciones hidrotermales. Reserva Nacional Río de Los Cipreses (Fotografía: Gustavo Cruz).

2. Alteración Hidrotermal: Cambios mineralógicos, texturales y químicos de una roca en respuesta a un cambio ambiental, en térmicos químicos y termales, en la presencia de agua caliente, vapor o gas (Barnes, 1967).

Tabla 3.2. Características ambientales de los bosques con ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) estudiados en el Alto Cachapoal.

Bosque	Altitud (msnm)	Exposición	Pendiente (°)	Geología (*)	Geomorfología	Suelos (**)	Drenaje	Erosión	Perturbaciones naturales
Cipresito 1	1.466	Sur-Oeste	65°	Msg-Q1	Depósitos morrénicos	Haplic xerarents	Bien drenado	De manto	Reptación de materiales
Cipresito 2	1.659	Sur	40°	Msg-Q1	Depósitos morrénicos	Haplic xerarents	Bien drenado	De manto	Reptación de materiales
Vega Chica	1.270	Sur-Este	11°	Q1-Msg	Depósitos coluviales	Haplic xerarents	Excesivamente bien drenado	No aparente	Caída y movimiento de rocas por gravedad
Matancilla	1.306	Sur-Oeste	6°	Q1-Msg	Depósitos coluviales + terraza fluvial	Haplic xerarents + Oxyaquic xerofluvents	Excesivamente bien drenado + Imperfectamente drenados	No aparente	Caída y movimiento de rocas por gravedad + Inundaciones esporádicas
Cipresillo	1.548	Sur-Este	60°	Msg-Q1	Coluvios en base de ladera de roca intrusiva	Haplic xerarents	Excesivamente bien drenado	No aparente	Caída y movimiento de rocas por gravedad
Urriola Oeste	1.501	Sur- Este	15°	Q1-OM2Ci	Ladera de roca Intrusiva	Haplic xerarents	Bien drenado	De manto	Reptación de materiales
Urriola Este	1.555	Oeste	35°	Q1-OM2Ci	Base de ladera de roca intrusiva	Haplic xerarents	Bien drenado	De manto	Reptación de materiales
Agua de la Muerte	1.621	Oeste	15°	Q1-OM2C	Base de ladera de roca intrusiva	Haplic xerarents	Bien drenado	De manto	Reptación de materiales

(*) Q1: Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa. Pleistoceno-Holoceno; Msg: Graniodorita intrusivo. Mioceno superior; OM2C: Roca Volcano-sedimentaria, Formación coya-Machali. Oligoceno- Mioceno (SERNAGEOMIN, 2003).
(**): Haplic Xerarents: Es un suelo perteneciente al orden Entisol (de génesis muy reciente y escaso desarrollo del perfil edáfico), al suborden de los Arents (tienen más de un 3% en volumen de fragmentos rocosos mayores a 2 mm con horizontes diagnóstico poco discernibles), con un régimen de agua xérico (típico régimen de humedad de climas mediterráneos, en que el suelo se encuentra seco por lo menos 45 días luego del solsticio de verano). Oxyaquic Xerofluvents: Perteneciente al orden Entisol y al suborden de los Fluvents (es este caso con menos de 25% de pendiente y más de 0,2% de materia orgánica en el perfil), Oxyaquic indica que parte del perfil está saturado de agua por 20 o 30 días.



Figura 3.4. Presencia de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) sobre substratos pedregosos en zonas de derrubio. Agua de la Muerte, Reserva Nacional Río de Los Cipreses (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.5. Individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) creciendo en substratos arenosos y en márgenes de ríos. Matancilla, río Cortaderal (Fotografía: Gustavo Cruz).

3.2.1 Suelos

Morfología y clasificación taxonómica

Los sistemas edáficos en los que se desarrollan las comunidades de ciprés de la cordillera se caracterizan por ser preferentemente substratos de materiales no consolidados con escaso desarrollo genético. Desde el punto de vista taxonómico, los suelos pertenecen al orden de los Entisols (sistema de clasificación Soil Taxonomy). Los suelos en este orden se caracterizan por sólo presentar un desarrollo incipiente de un horizonte A (de acumulación de materia orgánica), el cual, es denominado horizonte ócrico debido al escaso monto de materia orgánica existente (ochros significa pálido en griego). Otros procesos de desarrollo del perfil son inexistentes y básicamente los sustratos subsuperficiales corresponden a materiales no consolidados poco intemperizados. Los Entisols ocurren en áreas de depósitos recientes de materiales, que en el caso de los bosques de ciprés de la cordillera

en el Alto Cachapoal corresponden a depósitos morrénicos (Ej. Cipresito 1 y 2), depósitos de derrubios (Ej. Matancilla, Agua de la Muerte, Urriola) o terrazas fluviales (Ej. Matancilla). En todas estas áreas las tasas de depositación de materiales (rocas o sedimentos) son mayores que las tasas de desarrollo edáfico.

Dado el clima regional y local, los suelos del área en estudio se clasifican de manera más específica dentro de dos sub-grupos taxonómicos:

Haplic xerarents: Entisols caracterizados por tener más de un 3% en volumen de fragmentos rocosos mayores a 2 mm, con horizontes diagnóstico poco discernibles (de un solo color en los primeros 0,5 m de profundidad), un régimen de agua xérico (típico régimen de humedad de climas mediterráneos, en que el suelo se encuentra seco por lo menos 45 días luego del solsticio de verano). Perfiles representativos de este subgrupo se muestran en la Figura 3.6.

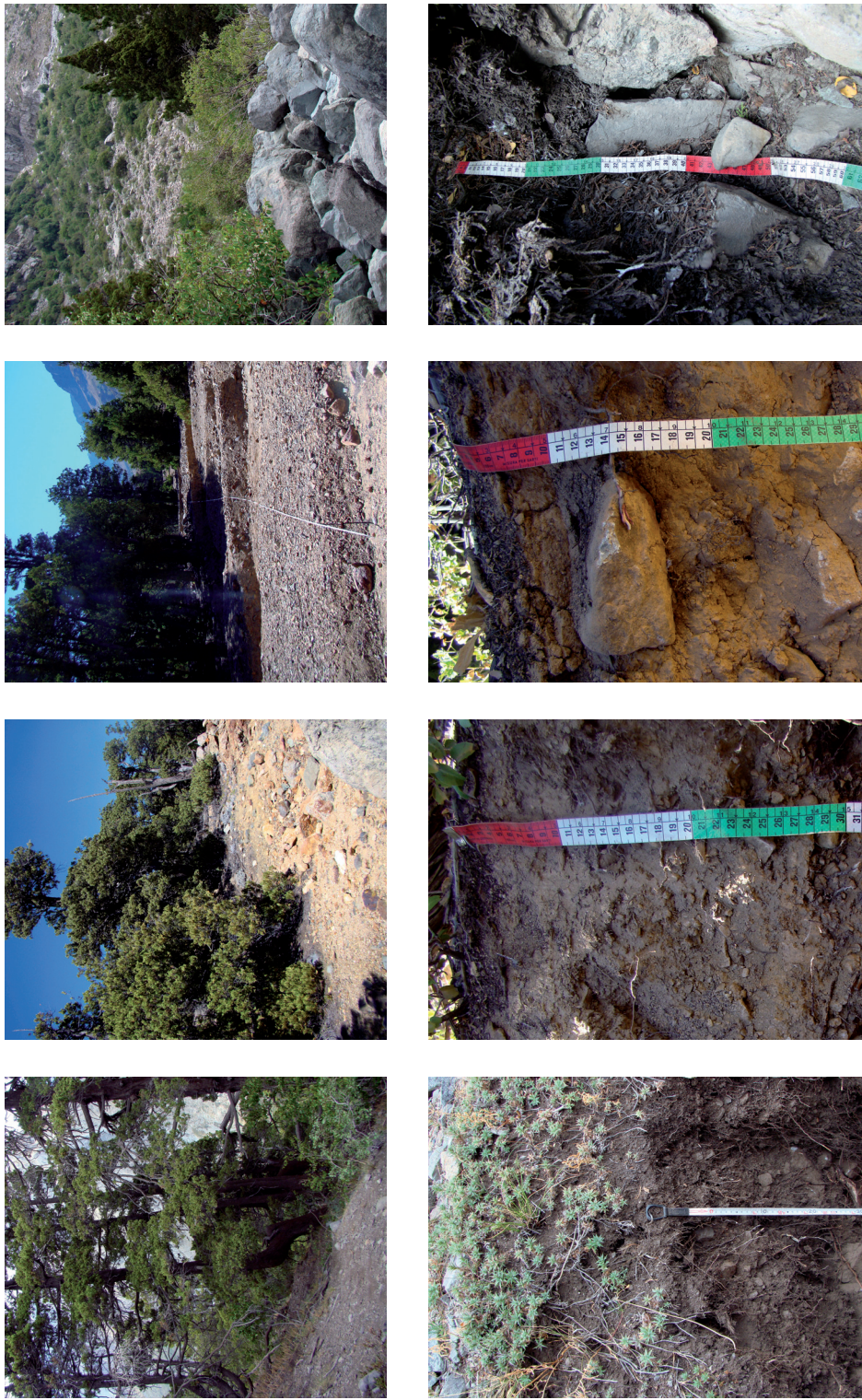


Figura 3.6. Paisajes y perfiles representativos de los suelos desarrollados bajo los bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), en el Alto Cachapoal. De izquierda a derecha, suelos Haplic xerarents en los sectores de Cipresito 1, Urriola, Agua de la Muerte y Matancilla (Fotografías: Juan Pablo Fuentes).

Oxyaquic Xerofluvents: Originados a partir de depósitos fluviales que, en este caso, tienen menos de 25% de pendiente y más de 0,2% de materia orgánica en el perfil.

Oxyaquic indica que parte del perfil está saturado de agua por 20 o 30 días en un año normal. Un perfil representativo de este subgrupo se entrega en la Figura 3.7.



Figura 3.7. Paisaje (a) y perfil representativos de los suelos (b) desarrollados bajo los bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en sectores de terrazas fluviales en el Alto Cachapoal. En detalle suelos Oxyaquic xerofluvents en el sector de Matancilla (Fotografías: Juan Pablo Fuentes).

La morfología específica de los suelos se caracteriza por la presencia de un horizonte A, variable en su grado de acumulación de materia orgánica (con la presencia de capas orgánicas Oi, Oe, Oa/A bajo la cobertura de ciprés de la cordillera, de texturas mayoritariamente franco arenosas (Figura 3.8), y moderadamente estructurados. Los horizontes C subyacentes son altamente gravosos

y pedregosos, ocupando un 80 a 90% de la matriz de suelo, con débil a nula estructuración. Dadas las limitaciones edáficas, principalmente causadas por la gran cantidad de material grueso, el sistema radicular de ciprés de la cordillera tiende a seguir un patrón de búsqueda de la matriz fina del suelo, principalmente en los primeros 30 cm. A esta profundidad, es posible encontrar raíces en todo el rango de espesores.

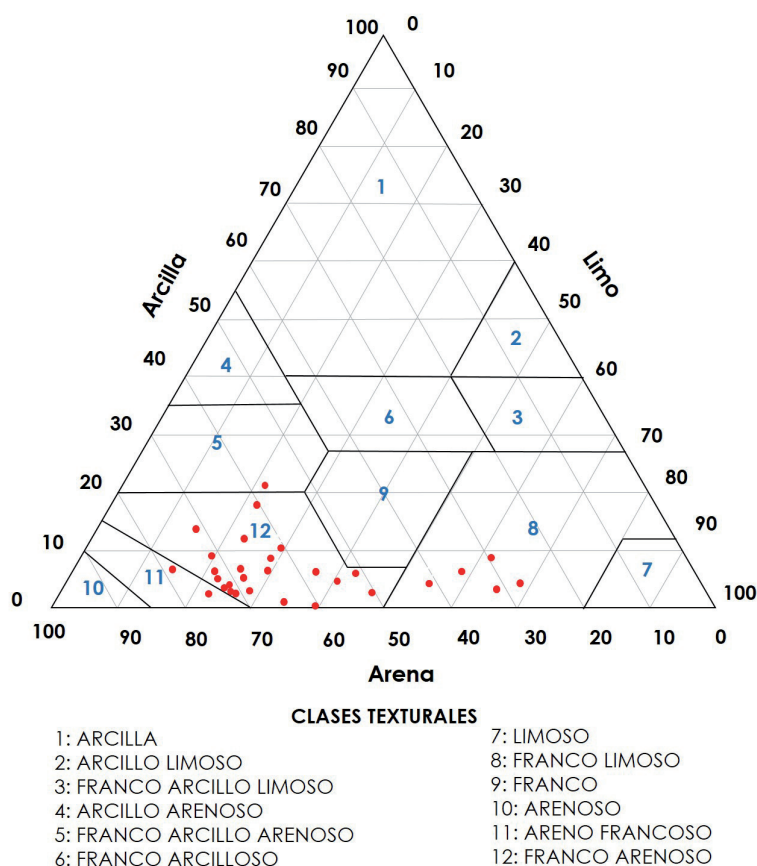


Figura 3.8. Distribución de tamaño de partículas (según clases texturales) en las distintas muestras de suelo obtenidas bajo los bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal.

En los sectores de terrazas fluviales con poco gradiente, ciprés de la cordillera se asocia a suelos estratificados, principalmente de texturas arenosas en superficie y con rasgos redoximórficos distintivos que demuestran el permanente ciclo de inundación y desecación de estas áreas. Los suelos desarrollados sobre depósitos morrénicos o materiales de derrubio (ambos con alta pendiente), tienen un drenaje externo rápido y están sometidos a una alta inestabilidad, la cual se ve reflejada por altas tasas de erosión geológica y a procesos recurrentes de movimiento de materiales, estos últimos principalmente causados por actividad sísmica (Figura 3.9).

Propiedades químicas

Estos suelos son en su mayoría moderada a débilmente ácidos. Existen, sin embargo, situaciones en que se dan

rangos muy ácidos (Ej. Urriola, Cipresito 2) (Tabla 3.3). Este fenómeno podría estar ligado al tipo de materia orgánica producida por ciprés de la cordillera, la cual es principalmente un humus de tipo MODER (con presencia de capas Oi y Oe sobre un horizonte A superficialmente rico en materia orgánica) (Figura 3.10). Las relaciones C/N son en algunos perfiles y particularmente en los horizontes superficiales, superiores a 20 (Ej. Urriola, Agua de la Muerte, Cipresito 2), lo cual está preferentemente asociado a la baja cantidad de N total en la materia orgánica producida por la especie. Por lo tanto, en estos suelos predominan los procesos de inmovilización por sobre la mineralización de la materia orgánica. En otras situaciones, tales como Cipresito 1, la relación C/N es cercana a 20.



Figura 3.9. Inestabilidad edáfica causada por la constante reptación de materiales. (a) y (b) Muestran el movimiento de rocas de aproximadamente un metro de diámetro producto del terremoto del 27 de febrero de 2010. (c) Raíces desnudas en superficie, producto de la erosión hídrica laminar y reptación de materiales. (d) La alta pendiente sumado a la alta heterogeneidad y poca cohesión de los materiales rocosos, crean las condiciones óptimas para el movimiento de éstos (Fotografías: Juan Pablo Fuentes).

Los valores de materia orgánica y contenido de intercambio catiónico (CIC) están dentro del rango encontrado para ecosistemas forestales australes de la Cordillera y precordillera Andina (Ej. Sadzawka et al., 1995). Al existir una muy pequeña participación de arcillas en el complejo coloidal, es la materia orgánica del suelo la que se asocia con el complejo de intercambio y explicaría las variaciones de CIC y las variaciones en N, P y K disponibles. En términos de fertilidad básica,

los niveles de N, P y K disponibles, se encuentran en cantidades usualmente consideradas deficitarias. Esto demuestra la gran plasticidad de la especie y de su carácter de pionera, capaz de crecer en condiciones edáficas limitadas. Dicha plasticidad ha sido reportada para comunidades de ciprés de la cordillera de zonas más australes, donde la especie crece en suelos arcillosos, suelos con altos contenidos de gravas y piedras o bien en suelos volcánicos profundos con alto contenido de gravas y piedras (La Manna, 2005).



Figura 3.10. Desarrollo edáfico bajo condiciones de rocosidad extrema. En este caso, el mayor desarrollo de suelo está restringido a las áreas bajo las copas de individuos adultos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) (a), los cuales, a través del tiempo aportan materia orgánica, que se introduce por gravedad a través de las concavidades de las rocas (b). Nótese en la fotografía (c), la acumulación de hojarasca y posterior conversión en una capa de fermentación (capa F, Oe). Se considera una capa de fermentación a aquella acumulación de materia orgánica que está descompuesta de tal forma que los tejidos originales de las plantas que causan dicha acumulación son casi imposibles de diferenciar o identificar (Fotografías: Juan Pablo Fuentes).

Tabla 3.3 Propiedades químicas de los suelos en que se desarrollan los bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal.

BOSQUE	N	P	K	MO (%)	Nt (%)	C/N	pH (H ₂ O 1:1)	CIC (cmol(+)/ kg)	
	(mg/kg)								
Cipresito 1									
A1 0-42 cm	9,28	5,07	208,43	9,51	0,28	19,70	5,80	31,97	
A2 42-72 cm	4,40	2,50	161,47	4,08	0,19	12,70	5,81	34,15	
C 72-97 cm	6,63	0,27	89,56	1,15	0,07	9,10	5,82	29,80	
Cipresito 2									
A 0-10 cm	20,18	10,77	286,55	21,12	0,59	20,90	5,15	45,03	
AC 10-30 cm	8,93	0,56	181,03	8,59	0,30	16,60	4,89	24,78	
C 30-50 cm	2,29	0,28	171,30	5,70	0,25	13,10	5,03	27,58	
Matancilla (derrubios)									
CA 0-10 cm	4,56	17,17	92,48	4,78	0,15	19,10	5,89	60,53	
C/R 10-50 cm	1,06	4,86	99,86	4,36	0,12	21,60	5,70	15,92	
Matancilla (Terraza fluvial)									
AC 0-11 cm	n.d.	1,73	88,84	1,31	0,05	15,50	6,09	9,08	
C 11-31 cm	0,35	n.d.*	79,09	0,96	0,05	10,90	6,17	6,04	
Ab 20-26 cm	n.d.*	n.d.*	46,02	0,89	0,02	22,50	5,91	7,26	
2C 31-49 cm	2,82	0,26	78,89	0,83	0,04	12,30	6,16	9,70	
3C 49-90 cm	2,82	0,53	32,82	0,48	0,02	14,70	6,18	5,43	
Urriola Este									
AC 0-12 cm	9,82	8,28	115,72	5,01	0,09	32,30	5,33	25,06	
C1 12-28 cm	4,88	5,84	119,44	3,25	0,09	21,00	5,05	22,63	
C2 28-45 cm	6,73	9,91	140,67	7,85	0,20	22,30	4,64	26,57	
Agua de la Muerte									
A1 1-4 cm	10,25	16,60	211,56	13,54	32,29	42,20	5,38	35,29	
A2 4-6 cm	10,67	10,93	176,34	9,32	20,95	88,60	5,54	26,33	
C1 6-14 cm	0,46	6,49	142,28	2,29	22,32	22,50	6,64	18,28	
C2 14-43 cm	4,41	1,81	82,50	0,43	32,29	32,00	4,12	17,86	
*n.d: No determinado									

Efecto de ciprés de la cordillera en el desarrollo edáfico

Los individuos de ciprés de la cordillera tienden a crecer de manera aislada o dispersa, particularmente en situaciones de mayor restricción ambiental. En estos sectores, la especie tiende a generar, a nivel morfológico, un sistema edáfico distintivo bajo el dosel arbóreo, el cual se caracteriza por la presencia de humus MODER sobre el material mineral subyacente. Este tipo de humus debiese tender a producir cambios químicos en el perfil, sin embargo, pruebas de comparación entre muestras de suelo obtenidas en los primeros 10 cm, tanto fuera como bajo dosel de ciprés de la cordillera, arrojan diferencias significativas ($p < 0,05$) sólo para N y K disponibles, los cuales son significativamente mayores bajo las copas. El resto de las propiedades químicas se mantienen en rangos similares. Esto demuestra el lento desarrollo edáfico bajo las condiciones ambientales existentes y la poca injerencia del origen de los aportes de materia orgánica al suelo.

3.2.2 Perturbaciones

Las disturbios naturales que afectan a las comunidades de ciprés de la cordillera corresponden a aquellas geológicas inherentes a las regiones montañosas,

tales como de procesos de derrumbes y deslizamientos (Figura 3.11), avalanchas de nieve y flujos aluvionales encauzados por esteros laterales y zanjones o cauces de drenaje de los conos de deyección laterales, por donde se encauzan inicialmente las avalanchas (Figura 3.12). La presencia de conos de derrubios, junto a las precipitaciones nivales durante la temporada invernal, potencian la ocurrencia de deslizamientos debido a la saturación de la capacidad de carga de las laderas y los conos de recepción en las partes altas de las laderas.

Las perturbaciones antrópicas son de larga data y corresponden en su mayoría a incendios (Figura 3.13), pastoreo (Figura 3.14), y corta de árboles (Figura 3.15), las cuales afectan o han afectado a todas las comunidades con ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal, han modificado la estructura original de estas comunidades. En una menor proporción algunos bosques son usados con fines recreativos (camping, picnic, pesca) (Figura 3.16).

En parte, estas perturbaciones son comunes a aquellas que afectan los bosques de ciprés de la cordillera en el noroeste de la Patagonia, donde se mencionan entre las más relevantes, el fuego, la herbivoría por ungulados exóticos y las prácticas forestales (Veblen et al., 1992).



Figura 3.11. Individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) afectados por rodado de piedras y rocas. Río Cortaderal (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.12. Rodados de piedras y rocas en las laderas adyacentes al río Cachapoal. Mosaico fotográfico Pacific Hydro.



Figura 3.13. Individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) afectados por incendios derivados de actividades ganaderas. Río Pangal (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.14. Presencia de ganado bovino en inmediaciones a bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) (Fotografía: Patricio Tapia).



Figura 3.15. Corta y quema de individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.16. Actividades de pesca y camping en río Cortaderal (Fotografía: Carolina Olivares).

3.3 Estructura de los bosques

Conceptualmente, la denominación de estructura de bosque, hace referencia al modo en que las diferentes especies vegetales que conforman una comunidad boscosa, ocupan el espacio horizontal y vertical, así como a su expresión fisonómica. Su conocimiento es fundamental en el estudio de la dinámica de la vegetación, generando además la base para la aplicación de medidas y tratamientos para la conservación y/o recuperación de las comunidades.

En el Alto Cachapoal, los bosques de ciprés de la cordillera se desarrollan en forma de pequeños bosquetes casi monoespecíficos, abiertos, conformados por individuos arbóreos mono o plurifustales³, con densidades comprendidas entre los 76 y 856 fustes/ha, y cuya altura en promedio varía entre 2 y 19 m (Tabla 3.4). En los bosques evaluados fue muy frecuente encontrar individuos plurifustales, donde cada individuo plurifustal presentó entre 2 y 13 fustes o vástagos⁴. Estos individuos plurifustales son

3. Se denomina monofustales a aquellos Individuos arbóreos con un fuste o tronco único, por el contrario aquellos que presentan dos o más fustes se denominan plurifustales.

4. Brote(s) nuevo(s) originado a partir de una rama, raíz, fuste o tronco cortado o destruido y que da origen a uno o varios individuos.

originados por raíces superficiales, ramas basales y por la reiteración (rebrote) de los fustes después de su total o parcial destrucción, como respuesta a la acción de algún agente perturbador. Sin embargo, el rebrote también podría corresponder a un proceso natural de mantención de la especie a lo largo del tiempo, en estos ambientes tan restrictivos (Figura 3.17 y 3.18).

El área basal de ciprés de la cordillera en las comunidades de estudio fluctúa entre 5 y 37 m²/ha, lo que origina para las densidades existentes, diámetros medio cuadráticos (DMC) para los fustes vivos entre 17 y 28 cm. En las comunidades donde existió corta de árboles en el pasado, se aprecia que estas intervenciones se concentraron en los individuos de diámetros mayores. Por otra parte, las existencias volumétricas fluctúan entre 18 y 179 m³/ha.

En los bosques se presenta una cierta cantidad de individuos muertos en pie aislados o en grupos, lo cual

le imprimen una fisonomía particular a los bosques (Figura 3.19). Esta proporción de individuos muertos varía entre 0 y 20%, siendo más frecuente en los bosques de Cipresito 2, Agua de la Muerte y Urriola Este. Se advierte que la presencia de individuos muertos es mayor en aquellos bosques más densos, lo que reflejaría una competencia por recursos entre los individuos plurifustales. También se presentan individuos muertos en las inmediaciones de los márgenes de los ríos, los cuales han sufrido anoxia originada por las crecidas y cambios naturales del curso de éstos (Figura 3.20). En las laderas se presentan individuos muertos debido a heridas en su corteza producto de golpes de las piedras durante aludes y derrumbes del área (Figura 3.21). La muerte por la cosecha del fuste para la construcción, cercos y leña, parece haber sido más frecuente en el pasado. En la actualidad parece ser ocasional y asociada a actividades ganaderas extensivas o recreacionales, las cuales han incidido en la muerte de individuos por incendios, muchos de los cuales también han sido cortados (Figura 3.22).



Figura 3.17. Individuo plurifustal de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) originado por reiteración después de corta e incendio (Fotografía: Gustavo Cruz).

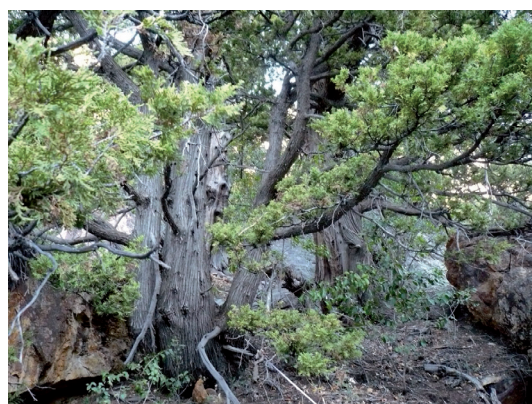


Figura 3.18. Individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) conformados por un fuste principal y dos vástagos laterales de menor dimensión (Fotografía: Gustavo Cruz).

Tabla 3.4. Características estructurales de bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal.

BOSQUE								
PARAMETRO	Cipresito 1	Cipresito 2	Vega Chica	Matancilla	Cipresillo	Urriola Oeste	Urriola Este	Agua de la Muerte
Densidad (N°/ha)								
Individuos	157	303	44	270	87	67	296	509
Fustes vivos	430	699	73	283	216	156	513	686
Fustes muertos en pie	23	130	3	10	0	20	73	167
Fustes cortados	13	10	0	0	0	0	37	3
Total fustes	466	839	76	293	216	176	623	856
DMC (cm)								
Fustes vivos	21,3	24,0	27,9	19,7	17,9	17,1	26,6	23,8
Fustes muertos en pie	11,4	22,9	20,2	27,4	0,0	27,7	17,9	17,5
Fustes cortados	33,9	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	26,0
G (m² /ha)								
Fustes vivos	15,2	31,4	4,4	8,6	5,4	3,6	28,4	30,2
Fustes muertos en pie	0,2	5,3	0,1	0,6	0,0	1,2	1,8	4,0
Fustes cortados	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,2
Total	16,6	36,8	4,5	9,2	5,4	4,8	31,0	34,4
V (m³ /ha) (*)								
Fustes vivos	65,5	150,2	17,9	26,7	25,5	13,1	116,4	139,2
Fustes muertos en pie	0,7	28,5	0,3	1,7	0,0	7,4	8,5	18,5
Fustes cortados (**)	6,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,9
Total	72,6	179,2	18,2	28,4	25,5	20,5	128,3	158,6
H rango (m)								
Edad (años) (***)	2-17	2-19	3-12	2-11	4-16	3-13	2-17	2-19
	187	237	119	145	109		340	193
Otras especies (****)								
			QS	QS;AH;LC	QS			EM;KA;AP;MB
N° Individuos/ha	0	0	7	67	43	0	0	83
Total								
N° Individuos/ha	430	699	80	350	259	156	513	769
(*) Volumen bruto (m³) = 0,000072045*((DAP²)*HT)*0,922728 (Chauchard et al., 1991). (**) Estimado por extrapolación a partir del diámetro basal del tocón remanente. (***) Edad del individuo mayor medido en terreno. (****) QS: <i>Quillaja saponaria</i> ; AH: <i>Aristotelia chilensis</i> ; LC: <i>Lithraea caustica</i> ; EM: <i>Escallonia myrtoidea</i> ; KA: <i>Kageneckia angustifolia</i> ; AP: <i>Azara petiolaris</i> ; MB: <i>Maytenus boaria</i> .								



Figura 3.19. Aspecto de los individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) muertos en pie (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.20. Individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) muertos en pie por efecto de crecidas o cambios en el cauce de río (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.21. Detalle de la corteza de los individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) dañados o muertos en pie por golpes de piedras y rocas de aludes y derrumbes (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.22. Individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) muertos en pie por efecto de fuego. Algunos también han sido cortados (Fotografía: Gustavo Cruz).

La distribución de frecuencias diamétricas de los individuos mono y plurifustales es variable y presenta en general una forma de "J inversa", que es característica de bosques multietáneos (Figura 3.23). En las clases diamétricas de mayor tamaño (< 50 cm), se presentan clases sin individuos. Los fustes secos en pie se distribuyen a lo largo de todas las clases diamétricas, aunque se advierte una cierta concentración entre los 5 y 50 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho o 1,3 m sobre el suelo).

Se observa una mayor frecuencia de fustes muertos en pie en los individuos plurifustales en las clases diamétricas inferiores. Esta mortalidad no tendría una relación directa con la competencia interespecífica (con otras especies de la comunidad) o intraespecífica (entre individuos de ciprés de la cordillera), debido a las bajas densidades de individuos mono y plurifustales. En contraste, esta estrategia de crecimiento vegetativo, con la conformación de individuos plurifustales con alta densidad de fustes, favorece una alta mortalidad entre éstos. Por otro lado, se debe tener en consideración la acción local del fuego, disturbios naturales (erosión, rodados, inundación, etc.) en la mortalidad de los

individuos. En algunos bosques (Cipresito1, Vega Chica, Urriola Este y Agua de la Muerte), es posible observar la presencia de un colectivo remanente de muy baja densidad, con diámetros mayores a 60 cm. La frecuencia de fustes en la clase diamétrica (entre 5 y 15 cm de DAP) es inferior a la de la clase siguiente, lo que origina que la distribución difiera de la clásica "J inversa", característica de los bosques multietáneos. Esta situación estaría indicando restricciones en el reclutamiento de la regeneración (clase DAP <5 cm), hacia las clases diamétricas superiores.

La estructura vertical de algunos bosques es multiestratificada, donde en promedio en el estrato bajo (tercio inferior de la altura total del bosque), se concentra un 38 y 27% de los fustes de los individuos mono y plurifustales respectivamente (sin considerar la regeneración). En el estrato medio (segundo tercio de la altura total del bosque), esta proporción es mayor alcanzando 46 y 59% respectivamente. Una menor proporción de individuos se presentan en el estrato superior (tercio superior de la altura total del bosque), siendo sólo de 16%, para los fustes de los individuos mono y plurifustales (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Porcentaje de individuos mono y plurifustales, según estrato en los bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), en el Alto Cachapoal.

Bosque	Estrato bajo			Estrato medio			Estrato superior			Total	
	M	P	H (m)	M	P	H (m)	M	P	H (m)	M	P
Cipresito1	42	41	4,1	46	41	7,6	12	18	12,1	100	100
Cipresito 2	35	26	3,8	42	48	7,7	23	26	13,1	100	100
Vega Chica	21	13	3,9	63	76	7,5	16	11	11,4	100	100
Matancilla	51	31	3,2	47	63	6,7	2	6	8,5	100	100
Cipresillo	21	8	4,7	58	84	7,5	21	8	13,2	100	100
Urriola Oeste	38	21	4,0	49	79	6,4	13	-	12,8	100	100
Urriola Este	49	44	3,1	26	38	6,7	25	18	12,8	100	100
Agua de la Muerte	50	32	3,5	36	42	7,2	14	26	13,6	100	100
Promedio	38	27	3,8	46	59	7,2	16	16	12,2	100	100

M: % Individuos monofustales; P: % Individuos plurifustales; H (m): Altura promedio del estrato.



Figura 3.23. Distribuciones diamétricas (DAP) de los bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal, según tipo de individuos y mortalidad. Se incluyen sólo individuos con DAP > 5cm, Individuos de menor diámetro se consideraron plantas juveniles o regeneración.

La estructura horizontal se caracteriza por una baja cobertura, la cual fluctúa entre 10 y 35%,

distribuyéndose los individuos de ciprés de la cordillera en forma agrupada y/o aleatoria sobre la superficie del terreno (Figura 3.24 a y b).

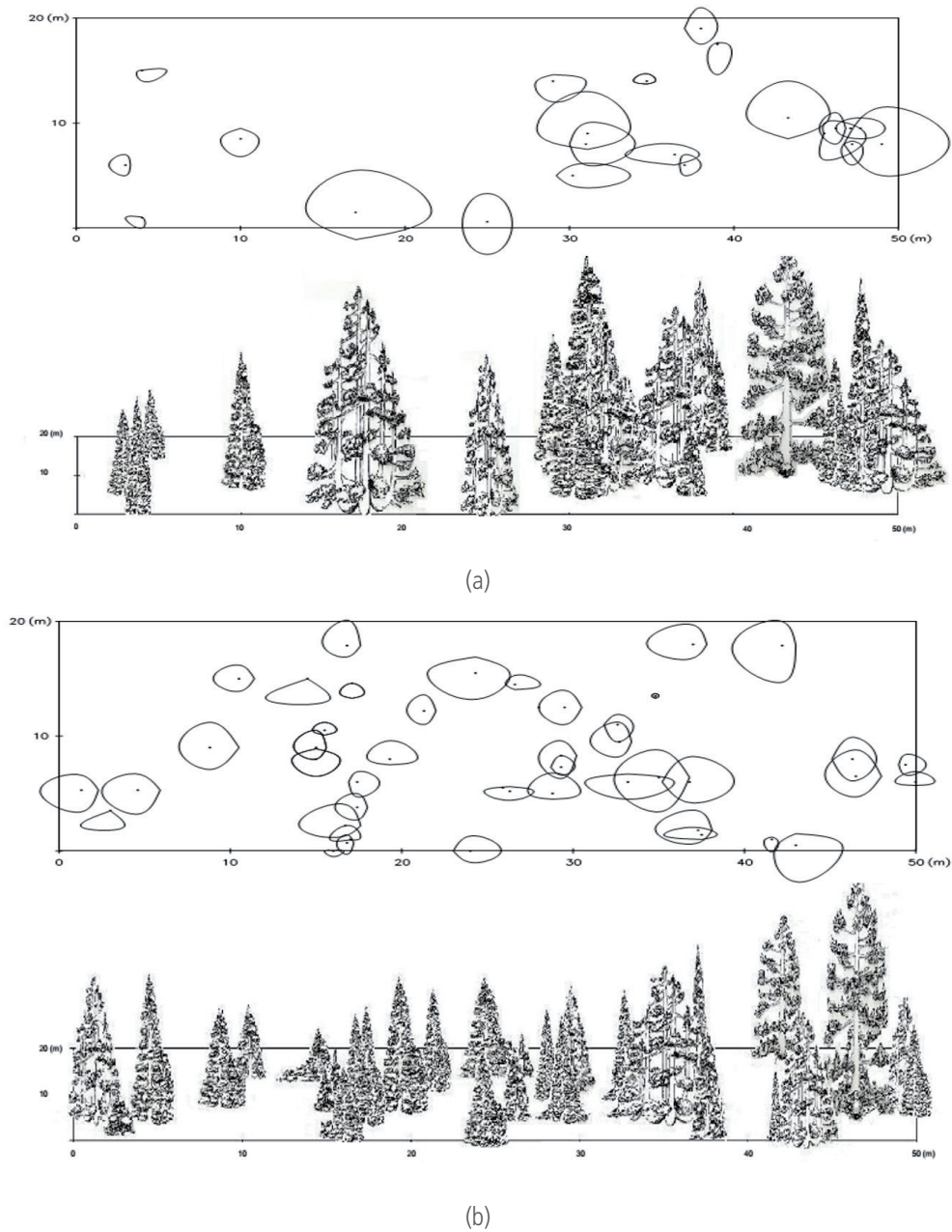


Figura 3.24. Esquema representativo de la estructura horizontal y vertical de dos bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal (a) Cipresito 2 y (b) Urriola Este (Dibujo: Susan Márquez).

De acuerdo a la presencia de individuos con conos masculinos y femeninos, se tiene una razón sexual promedio en relativo equilibrio, con leve predominio de individuos masculinos por sobre los femeninos (1,2:1; sin considerar los individuos indeterminados). Sin embargo, entre las distintas comunidades esta razón fluctúa entre 1,1:1 y 3,7:1 (Figura 3.25). Esta

heterogeneidad en la proporción de sexos en las distintas comunidades, puede deberse a la proporción de individuos juveniles sin la presencia de órganos florales y/o a que existe una cierta proporción de los individuos que no participa en la reproducción todos los años. Por otro lado, esta proporción podría variar según las características del sitio.

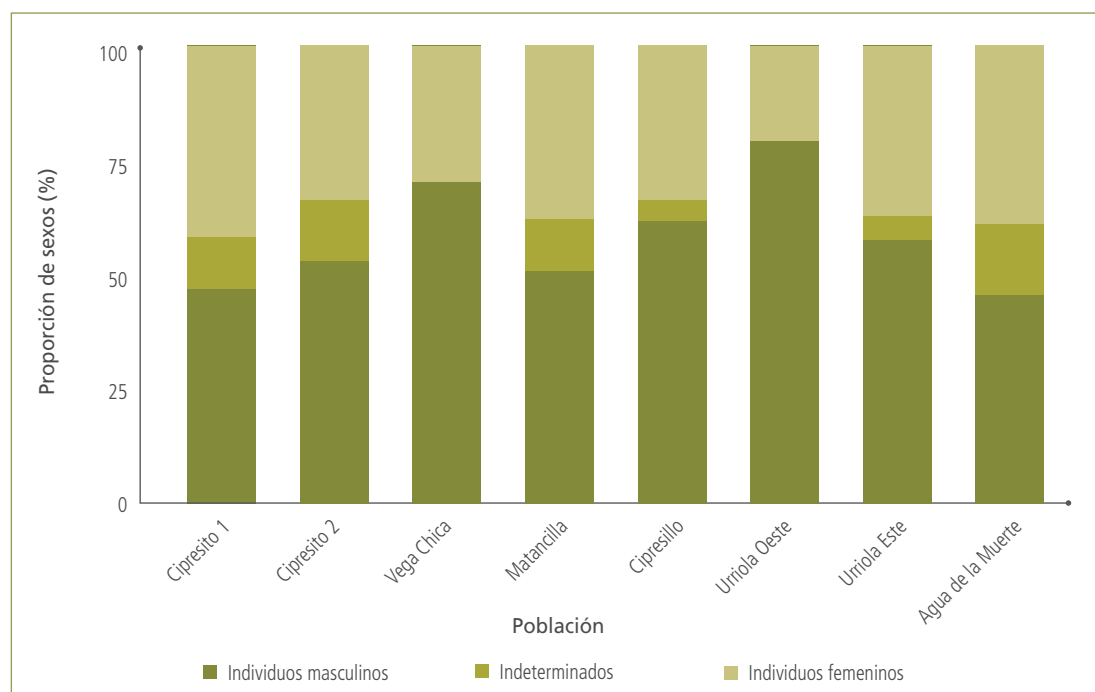


Figura 3.25. Proporción (%) de individuos masculino, indeterminados y femeninos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en los distintos bosques estudiados, en el Alto Cachapoal.

A partir de un análisis dendrocronológico realizado se determinó que la edad de los individuos muestreados, (a la altura de 0,3 m sobre el suelo), fluctúa entre 28 y 300 años, reclutándose la mayor parte de éstos entre los años 1920 y 1940. Igualmente, se aprecia un reclutamiento continuo pero variable de los individuos

durante los últimos 250 años, lo cual implica que la regeneración a pesar de ser escasa, ha sido suficiente para mantenerse en las comunidades del área (Figura 3.26). Es importante señalar, que por tratarse de un muestreo de individuos con distinto tamaño, no se tiene una secuencia completa de las edades.

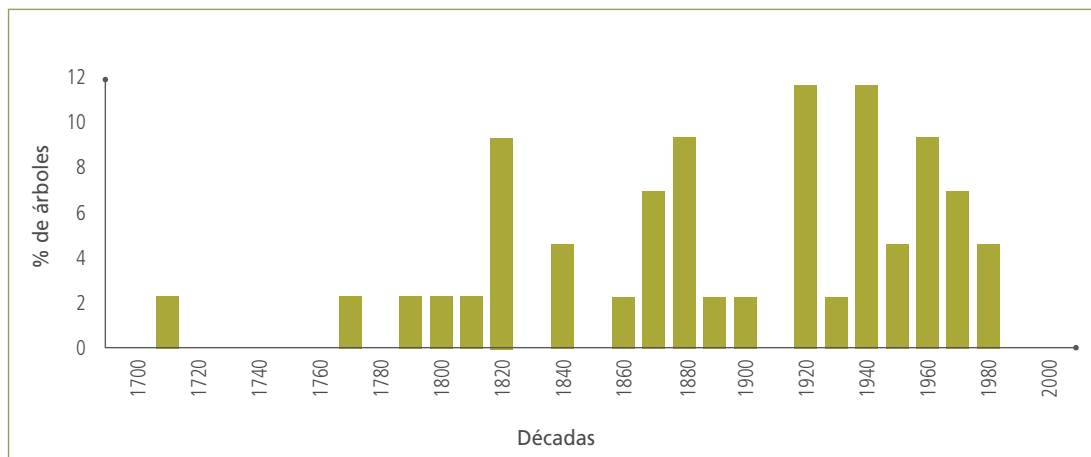


Figura 3.26. Período de establecimiento de los individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) durante los últimos 300 años (n=50) en el Alto Cachapoal.

3.4 Dinámica regenerativa de los bosques

Las poblaciones vegetales se mantienen y expanden en el tiempo debido al proceso de regeneración. Éste puede ser por reproducción sexual o vegetativa. En la reproducción sexual la producción de semillas es seguida de la dispersión de los frutos y semillas, la formación de un banco de semillas (activo o latente), la germinación y finalmente el establecimiento de las plántulas en el piso del bosque. En la regeneración vegetativa se desarrollan fustes (rebrotos) a partir de los individuos existentes. El proceso de regeneración se ve fuertemente afectado por factores físicos del medio ambiente (abióticos) tales como luz, temperatura, humedad, disponibilidad de nutrientes, viento y régimen de perturbaciones, así como también por factores bióticos como herbivoría, enfermedades, competencia y mutualismo con plantas y animales (Barnes et al., 1998).

La dinámica regenerativa de ciprés de la cordillera ha sido estudiada en la región centro sur de Chile y Argentina, en relación a los regímenes de disturbios a gran escala en la Patagonia, como lo son el fuego, el viento y los sismos (Veblen y Lorenz, 1987; Veblen et al., 1992; Kitzberger, 1994; Veblen et al., 1995; Dezzotti, 1996). Esto se debe a que ciprés de la cordillera presenta algunas características propias de las especies que

regeneran después de disturbios (Pickett y White, 1985), tales como la temprana madurez sexual y la producción de semillas livianas de dispersión anemocórica. Ciprés de la cordillera se reproduce principalmente por vía sexual y la propagación vegetativa es considerada rara. Sin embargo, esta última forma de propagación ha sido observada en comunidades marginales del norte de Chile (Le Quesne et al., 1999) y de la estepa patagónica argentina (Pastorino y Gallo, 1997), y es indicada como una estrategia reproductiva que adopta la especie cuando su capacidad de reproducción sexual presenta restricciones. En estas situaciones ciprés de la cordillera conforma agrupamientos con individuos plurifustales de hasta 13 fustes interconectados a nivel de subsuelo.

3.4.1 Reproducción sexual de ciprés de la cordillera

Producción de semillas

Como una forma de verificar en términos generales, si la ausencia de regeneración reportada para la especie, podría radicar en la existencia y viabilidad de las semillas, en bosques de la Reserva Nacional Río de Los Cipreses se colectaron conos y semillas la especie procedentes de tres localidades: El Colorado, Urriola Este y Agua de la Muerte. A partir de éstas se realizó una caracterización local de los conos y de la semilla,

así como de la germinación de semillas de la especie de acuerdo con las normas ISTA (2010) (Tabla 3.6).

En todas las localidades se encontraron individuos con producción de semillas, sin embargo, el peso de éstas fue mayor en la comunidad El Colorado⁵, mientras que las de Urriola Este y Agua de la Muerte fueron muy similares.

La viabilidad germinativa de las semillas colectadas, de acuerdo al ensayo de corte, fue mayor en las

semillas provenientes de Agua de la Muerte (53% de las semillas) y menor en Urriola Este (28%). Estos valores son algo inferiores (sin considerar Urriola Este) a los reportados por Acuña (2001), quien determinó viabilidades promedio de 59%. Cabe considerar que para los bosques argentinos donde ocurre ciprés de la cordillera, se ha observado que la producción de semillas de esta especie es muy variable entre los distintos tipos de bosques en relación a un gradiente de precipitación (Rovere, 1991; Lucero, 1996).

Tabla 3.6 Caracterización, viabilidad y capacidad germinativa de las semillas de ciprés de la cordillera para 3 comunidades en el Alto Cachapoal.

Variable	Urriola Este	Agua de la Muerte	El Colorado
Nº de conos / kilo	23.258	21.702	20.912
Nº de semillas / cono	3	2	3
Gramos de semilla / kilo cono	154	123	212
Nº de semillas / kilo	178.269	142.481	159.668
Peso de semillas (gr)	0,003	0,004	0,008
% Viabilidad	28	53	45
Capacidad germinativa (%) (*)	25,0 (3,3)	14,2 (3,2)	16,7 (5,4)
Energía germinativa (%) (**)	0,7 (0,2)	1,8 (0,0)	1,4 (0,5)
(*) Tratamiento: Remojo en agua y estratificación fría a 5 °C por 30 días. Todos los valores son promedios (n=200). Entre paréntesis desviación estándar. (**) Según Índice de Czabator. Entre paréntesis desviación estándar.			

En los ensayos de germinación realizados en el laboratorio se determinó una capacidad germinativa entre 14,2% y 25,0%, con una energía germinativa de 0,7 a 1,8%. Estos resultados son inferiores, a valores para la especie sometidos a similar período de estratificación reportados por la literatura para Chile y Argentina (Donoso et al., 1980; Pastorino y Gallo, 2000; Acuña, 2001; Donoso, 2013). Por otro lado, se señala que la capacidad germinativa de la especie variaría de acuerdo con el año y probablemente con el sitio (Donoso et al., 2006; Donoso, 2013). De acuerdo

a antecedentes recientes (Donoso, 2013), no hay información sobre la producción anual de semillas de ciprés de la cordillera en bosques naturales en Chile, en tanto en Argentina se han observado ciclos entre años de alta producción y prácticamente nula en el año siguiente (Pastorino y Gallo, 2000).

En relación al peso de las semillas se han registrado rangos entre 200.000 a 230.000 semillas/kg en los Andes mediterráneos de Chile, entre los 35°-36° 30'S, bastante más livianas que las observadas en el área de estudio que oscilan entre 142.481-178.269 semillas/kg.

5. Esta comunidad de la Reserva Nacional Río de Los Cipreses no fue caracterizada en este estudio.

Regeneración por semillas

En todos los bosques se observan plantas de regeneración provenientes de semillas. Sin embargo, ésta es escasa, variando en promedio entre 13 (Cipresito 2) y 143 plantas/ha (Matancilla) (Tabla 3.7).

La falta de plantas en regeneración ha sido reportada como un gran problema en los bosques montañosos (Kräuchi et al., 2000). Esto debido a que para el límite altitudinal

arbóreo, se ha observado, que el éxito de la regeneración natural por semillas, se debería a una secuencia de eventos favorables, entre los que se incluyen un año de buena producción de semillas, lo que ocurre esporádicamente (3 a 11 años) y con semillas de bajo porcentaje de viabilidad; una buena cama de semillas; disponibilidad de micrositios adecuados para la germinación de semillas y el establecimiento de las plántulas y buenas condiciones climáticas (Wieser y Tausz, 2007).

Tabla 3.7 Caracterización de plantas de regeneración de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) provenientes de reproducción sexual, en densidad promedio (número de plantas por hectárea), diámetro a la altura del cuello (DAC) y altura, en bosques en el Alto Cachapoal (entre paréntesis desviación estándar).

Bosque	Densidad N° plantas/ha	DAC (cm)		Altura (cm)	
		Promedio	Rango	Promedio	Rango
Cipresito 1	27	3,0 (3,6)	0,1-11,0	82 (58,3)	28-200
Cipresito 2	13	4,8 (1,7)	3,0-7,0	150 (33,7)	130-200
Vega Chica	40	1,1 (0,5)	0,5-1,6	38 (22,7)	25-72
Matancilla	143	3,5 (1,6)	0,8-7,5	69 (44,7)	15-200
Cipresillo	17	3,3 (2,5)	0,1-7,0	141 (95,7)	65-300
Urriola Oeste	90	2,8 (2,8)	0,3-9,0	65 (52,8)	12-170
Urriola Este	10	4,7 (3,0)	2,3-8,0	40 (0,0)	-
Agua de la Muerte	43	4,6 (2,2)	0,5-8,0	130 (70,8)	15-220

Los diámetros a la altura del cuello de las plantas de regeneración y los individuos juveniles variaron entre 0,1 y 11,0 cm y la altura de las plantas entre 12 y 300 cm. Considerando que la altura de las plantas está en gran medida influenciado por su edad, se puede señalar que existiría un amplio rango de edades en las plantas de regeneración.

El establecimiento de la regeneración de semillas ocurre preferentemente en áreas despejadas sobre sustratos minerales, pedregosos y con abundantes rocas (Figura

3.27), donde sus raíces buscan los intersticios entre las piedras y rocas, para acceder al sustrato mineral (Figura 3.28 a). En menor medida, se establecen entre piedras, utilizándolas como protección lateral (Figura 3.28 b) y sobre grietas y/o oquedades de las rocas (Figura 3.28 c), donde aprovechan la acumulación de materia orgánica en descomposición y la humedad acumulada.

Es sorprendente la baja proporción de regeneración que crece entre la vegetación del sotobosque, ya que para

las poblaciones más australes de la especie, la utilización de arbustos del sotobosque como plantas nodrizas, tiene relevancia como una estrategia de regeneración (Gobbi y Schlichter, 1998; Rovere et al., 2005); así como para la recolonización de áreas incendiadas (Gobbi, 1993; Kitzberger, 1994). Al respecto, se han estudiado los efectos positivos de los arbustos sobre el estrés hídrico en las primeras etapas de la regeneración (Núñez et al., 2009), así como la relación directa que existe entre la densidad de plántulas e individuos juveniles en relación a la presencia y cobertura del sotobosque (Rovere, 2000). En estos estudios también se encontró muy escasa regeneración creciendo en las inmediaciones de tocones o de individuos mono o plurifustales de ciprés de la cordillera. Esto contrasta con la aseveración, de que la regeneración proveniente de semillas puede verse facilitada por la presencia de grupos de árboles provenientes de regeneración vegetativa (Griggs, 1938; Earle, 1993), debido a que la mayor radiación infrarroja emitida por el borde del grupo de individuos promueve

un rápido derretimiento de la nieve en su área adyacente, lo que conlleva a que exista un período de crecimiento vegetativo más largo en esa área, incrementando la probabilidad para el establecimiento de la regeneración (Brooke et al., 1970; Earle, 1993). Por lo tanto, las plantas de regeneración se verían favorecidas por el perímetro de los grupos de árboles (Earle, 1993).

Por otro lado, en los bosques argentinos donde habita la especie, se indica que la frecuencia de individuos tiende a aumentar levemente bajo el dosel arbóreo, que bajo claros, siendo particularmente más frecuentes bajo adultos de la misma especie, que bajo otras especies (Damascos, 1998; Arturi et al., 2001). Es importante señalar, la presencia de abundante regeneración de semilla en zonas adyacentes a los bosques de Urriola Este, y Agua de la Muerte (Reserva Nacional Río de Los Cipreses), donde las plantas de regeneración crecían sobre sustratos arenosos en las inmediaciones de cursos de agua (Figura 3.28 d).

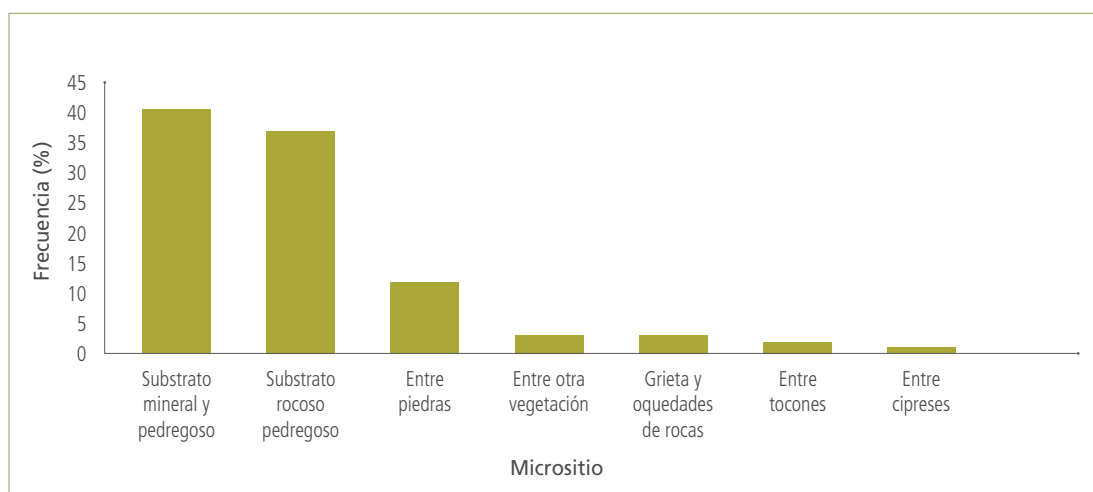


Figura 3.27. Frecuencia de micrositios de regeneración donde han podido germinar las semillas y establecerse las plantas de regeneración de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), en bosques en el Alto Cachapoal.



Figura 3.28. Micrositios de regeneración ocupados por las plantas de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) proveniente de germinación de semillas: (a) Entre piedras sobre suelo mineral; (b) Al lado de rocas; (c) en grietas de rocas; (d) sobre sustrato arenoso (Fotografías: Gustavo Cruz).

3.4.2 Reproducción vegetativa de ciprés de la cordillera

En todas las comunidades donde habita ciprés de la cordillera se observó la presencia de vástagos originados por la reiteración (rebrote aéreo) de los fustes después de su total o parcial destrucción, debido al efecto de alguna perturbación (Figura 3.29). Entre éstas y más comunes en la zona, se cuentan los deslizamientos de tierra, derrumbes, avalanchas de nieve (Figura 3.30), incendios y corta, así como

también el enterramiento parcial de las ramas bajas de los árboles, que se ven presionadas hacia el suelo por el peso de la nieve y/o material de rodados, las cuales posteriormente adoptan una dominancia apical (Figura 3.31). Estas ramas constituyen fustes que se mantienen unidos al fuste o tocón original a través de interconexiones radiculares (Figura 3.32). Este tipo de regeneración podía provenir de un solo árbol padre, aparentando islas de árboles (Marr, 1977). Una forma de crecimiento de este tipo se presentaría cuando

está limitada la capacidad de reproducción sexual de la especie y algunos individuos desarrollan la capacidad de propagarse vegetativamente por medio de un proceso de acodo terrestre ("layering") (Wieser y Tausz, 2007) (Figura 3.33). El proceso de acodo conduce a la formación de estructuras boscosas agrupadas (también llamadas colonias⁶), como lo son los grupos de árboles ("clumps" o "atolls"), que presentan distintas edades, con uno o dos árboles muy

antiguos y varios jóvenes de diferentes clases de edad (Griggs, 1938; Earle, 1993) (Figura 3.34). Al igual que con la regeneración proveniente de semillas, se pudo observar, que este tipo de regeneración vegetativa, también es escasa, variando entre 0 (Vega Chica) y 130 plantas/ha (Agua de la Muerte). Los diámetros a la altura del cuello de las plantas de regeneración variaron entre 0,2 y 15,0 cm, y la altura de las plantas entre 28 y 400 cm (Tabla 3.8).

Tabla 3.8 Caracterización de plantas de regeneración de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) provenientes de reproducción vegetativa en densidad promedio (número de plantas por hectárea), diámetro a la altura del cuello (DAC) y altura, en bosques en el Alto Cachapoal (entre paréntesis desviación estándar).

Bosque	Densidad Número plantas/ha	DAC (cm)		Altura (cm)	
		Promedio	Rango	Promedio	Rango
Cipresito 1	30	3,8 (2,5)	0,2-8,0	125 (92,6)	28-250
Cipresito 2	30	5,5 (4,0)	0,9-14,0	143 (83,5)	29-250
Vega Chica	0	-	-	-	-
Matancilla	27	5,7 (3,7)	1,0-10,0	127 (88,5)	30-260
Cipresillo	3	8,0	-	160	-
Urriola Oeste	20	9,5 (0,7)	9,0-10,0	165 (91,9)	100-230
Urriola Este	10	11,0 (3,6)	7,0-14,0	163 (63,5)	90-200
Agua de la Muerte	130	7,5 (3,9)	1,0-15,0	186 (84,8)	28-400

El criterio adoptado para considerar un individuo en regeneración (<5 cm de DAP) junto a la tendencia a curvarse y a manifestar un crecimiento reptante por

parte de los individuos de regeneración vegetativa, origina que tanto los diámetros a la altura del cuello como las alturas de los individuos sean superiores a aquellos originados por semillas.

6. Una colonia es un conjunto muy compacto de individuos o fustes que crecen muy juntos, conformando una copa común. Los fustes resultan del enraizamiento y posterior erección de ramas basales interconectadas. En general todos los fustes de una colonia son idénticos (clones) y se presentan en laderas escarpadas, expuestas al viento y libres de nieve, donde este agrupamiento constituye una estrategia de sobrevivencia frente al rigor del ambiente (modificado de Schönenberger et al., 1994).



Figura 3.29. Individuo plurifustal de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) originado por regeneración vegetativa después de ser afectado por un disturbio. Se observan algunos fustes cortados (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.30. Individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) originados vegetativamente, después de ser afectados por rodados de piedra y/o avalanchas de nieve (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.31. Rama baja, con crecimiento horizontal de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) adulto (derecha), la cual ha generado una raíz y adoptado una posición erecta, con dominancia apical (izquierda) (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.32. Individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) creciendo en grupo (Fotografía: Gustavo Cruz).

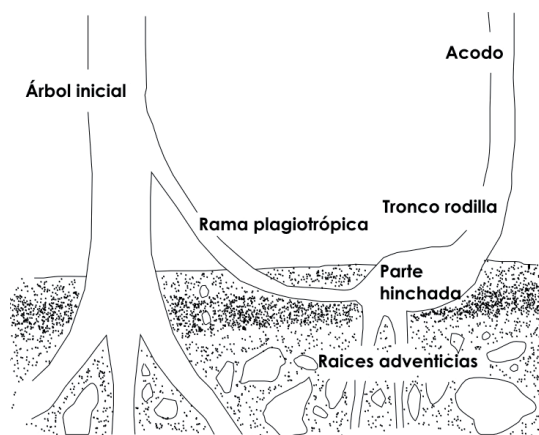


Figura 3.33. Esquema descriptivo de la propagación vegetativa por medio de acodo terrestre ("layering") (modificado de Holtermeier (2009)).



Figura 3.34. Formación de estructuras boscosas de ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) agrupadas (colonias), con individuos de distintas edades en el Alto Cachapoal (Fotografía: Gustavo Cruz).

Como se mencionó anteriormente, este tipo de crecimiento ha sido también observado en otras comunidades marginales donde domina ciprés de la cordillera del norte de Chile (Le Quesne et al., 1999) y de la estepa patagónica argentina (Pastorino y Gallo, 1997). En algunas de estas comunidades se detectó un genotipo similar (clones) en los individuos dentro de los grupos (Pastorino y Gallo, 1997).

Es importante señalar, que la prevalencia de este proceso de reiteración de los fustes destruidos, así como el de acodo, si bien permite la reproducción y mantención de la especie en ambientes desfavorables, restringe el crecimiento o avance de la población hacia otras áreas (Earle, 1993). Complementariamente, se debe considerar que este tipo de regeneración es más rápida, que aquella proveniente de semillas (Shankman 1984; Earle, 1993). Sin embargo, constituye una forma plausible de desarrollarse como técnica silvícola para la recuperación in situ de la especie.

Dado que las estrategias de reiteración y reproducción por acodo limitan la colonización de nuevas áreas, la

regeneración proveniente de semillas es fundamental para la mantención de las comunidades en el largo plazo. El establecimiento de ésta estaría asociado a eventos mesoclimáticos favorables, así como a la disponibilidad periódica de humedad, proporcionada por un sinnúmero de microcauces o vertientes temporales y/o semipermanentes (Figura 3.35), las cuales generan las condiciones de humedad por un lapso de tiempo suficiente, permitiendo el establecimiento y desarrollo inicial de la regeneración (Figura 3.36). La existencia y periodicidad de estos cauces guarda relación con los disturbios del área tales como tectonismos, derrumbes y rodados, los cuales puede interrumpir o cambiar la dirección del flujo de agua, interrumpiendo y/o desplazando las condiciones de humedad favorable para el éxito de la regeneración. Así, la dinámica regenerativa seguiría un patrón espacial y temporal en la superficie en relación a la existencia de individuos femeninos aptos para la producción y dispersión de semillas y la disponibilidad de humedad en el área gatillada por el tipo, magnitud y periodicidad de los disturbios que afecten los microcauces en el área.



Figura 3.35. Establecimiento de individuos de regeneración de semilla de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) siguiendo pequeños cursos de agua semitemporales. Urriola, Reserva Nacional Río de Los Cipreses (Fotografía: Gustavo Cruz).



Figura 3.36. Plántula de semilla de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) creciendo en las márgenes de pequeños cursos de agua. Urriola, Reserva Nacional Río de Los Cipreses (Fotografía: Gustavo Cruz).

3.5 Características vegetacionales y florísticas

Vegetacionalmente, según Gajardo (1994), todos los bosques de ciprés de la cordillera estudiados, se encuentran insertos dentro de la Región Ecológica de la Estepa Alto Andina, Sub-región de los Andes Mediterráneos (Formación del Matorral Esclerófilo Andino), Asociación *Austrocedrus chilensis* – *Schinus montanus* (Ciprés - Litrecillo). Considerando otro criterio de clasificación, Luebert y Pliscoff (2006) ubican los bosques de la especie en el Alto Cachapoal como componentes de las comunidades zonales del

Bosque Esclerófilo Mediterráneo Andino de *Kageneckia angustifolia* y *Guindilia trinervis*.

La flora de un área particular alude al listado de especies vegetales que es posible encontrar en un ámbito geográfico definido. Esta se puede caracterizar desde el punto de vista de su representatividad taxonómica, es decir, indicando la presencia de grupos de plantas (taxones) que se segregan en función de determinadas características comunes y hereditarias. Por otro lado, es interesante agrupar a las plantas en relación a su origen geográfico o patrón de distribución o dispersión a una escala amplia de tipo continental

o mundial. También es importante caracterizarlas por sus formas de crecimiento, basadas en fisonomía o apariencia externa y que responde a adaptaciones ambientales de la especie. Estas adaptaciones permiten a las plantas colonizar y desarrollarse en distintos ambientes preferentes. Finalmente, es posible agrupar las especies de acuerdo a la labilidad de sus poblaciones frente al riesgo de extinción en base a su categoría de conservación.

Teniendo en consideración lo anteriormente expuesto, se realizó un análisis de la composición florística y singularidad de la flora de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Este análisis se basa en un listado de especies de flora vascular, muestreadas y colectadas en terreno durante el mes de abril del 2010, en los distintos bosques de ciprés de la

cordillera estudiados. Las muestras herborizadas fueron determinadas taxonómicamente y los ejemplares mejor conservados han sido depositados en el Herbario EIF de la Universidad de Chile⁷. Para la elaboración del listado florístico se han consultado los catálogos de la flora de Chile (Marticorena y Quezada, 1985) y las actualizaciones taxonómicas de acuerdo a Zuloaga et al. (2008), así como literatura taxonómica particular para la identificación de las especies.

3.5.1 Representatividad taxonómica

El total de especies de flora vascular registradas en bosques de ciprés de la cordillera asciende a 91 especies (Tabla 3.9), distribuidas en 73 géneros y 44 familias (Tabla 3.10). Ello representa sólo el 7,7% de la flora total de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

Tabla 3.9. Catálogo de la flora vascular de las especies registradas en bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), en el Alto Cachapoal. OG = origen geográfico: A = adventicia, E = endémica en Chile, N = nativa. FV = forma de vida: A = árbol, Ar = arbusto, Arb = arborescente, Arp = arbusto parásito, En = enredadera, Ha = hierba anual, Hp = hierba perenne, Sar = subarbusto, Suc = suculenta.

DIVISIÓN/CLASE	FAMILIA	ESPECIE	OG	FV
POLYPODIOPHYTA A) Polypodiopsida	Pteridaceae	<i>Adiantum chilense</i> Kaulf. var. <i>chilense</i>	N	Hp
		<i>Cheilanthes glauca</i> (Cav.) Mett.	N	Hp
	Blechnaceae	<i>Blechnum cordatum</i> (Desv.) Hieron.	N	Sar
		<i>Blechnum hastatum</i> Kaulf.	N	Hp
PINOPHYTA A) Pinopsida	Cupressaceae	<i>Austrocedrus chilensis</i> (D.Don) Pic. Serm. et Bizarri	N	A
B) Gnetopsida	Ephedraceae	<i>Ephedra chilensis</i> C. Presl	N	Ar
MAGNOLIOPHYTA A) Magnoliopsida	Anacardiaceae	<i>Lithraea caustica</i> (Mol.) Hook. & Arn.	E	A
		<i>Schinus montanus</i> (Phil.) Engler	E	Ar
		<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	N	Arb
	Apiaceae	<i>Bowlesia incana</i> Phil.	N	Ha
		<i>Mulinum spinosum</i> (Cav.) Pers.	N	Ar

7. EIF: Herbario Escuela de Ingeniería Forestal. Fac. Cs. Forestales y Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile. Determinación taxonómica M. Teresa Serra V.

DIVISIÓN/ CLASE	FAMILIA	ESPECIE	OG	FV
MAGNOLIOPHYTA A) Magnoliopsida	Apocynaceae	<i>Diplolepis nummulariifolia</i> (Hook. & Arn.) Liede & Rapini	N	Sar
		<i>Tweedia andina</i> (Phil.) G.H. Rua	E	Hp
	Asteraceae	<i>Aldama revoluta</i> (Meyen) E.E.Schill. & Panero	N	Sar
		<i>Baccharis linearis</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	N	Ar
		<i>Baccharis racemosa</i> (Ruiz & Pav.) DC.	N	Ar
		<i>Baccharis rhomboidalis</i> J. Remy	E	Ar
		<i>Chaetanthera chilensis</i> (Willd.) DC.	E	Hp
		<i>Chuquiraga oppositifolia</i> D. Don.	N	Ar
		<i>Cichorium intybus</i> L.	A	Ha
		<i>Gamochoeta andina</i> (Phil.) Cabrera	E	Hp
		<i>Gochnatia foliolosa</i> (D. Don) D. Don ex Hook. & Arn.	E	Ar
		<i>Haplopappus integerimus</i> (Hook. & Arn.) H.M. Hall	N	Ar
		<i>Haplopappus glutinosus</i> Cass	N	Ar
		<i>Haplopappus velutinus</i> J. Remy	N	Ar
		<i>Leucheria viscida</i> (Bert. ex Colla) Crisci	N	Hp
		<i>Mutisia acerosa</i> Poepp. ex Less.	N	Ar
		<i>Mutisia ilicifolia</i> Hook var. <i>ilicifolia</i>	E	Ar
		<i>Mutisia ilicifolia</i> Hook. var. <i>decandolleana</i> (Phil. ex Reiche) Cabrera	E	Ar
		<i>Mutisia subulata</i> Ruiz & Pav.	N	Sar
		<i>Nardophyllum lanatum</i> (Mey.) Cabrera	E	Ar
		<i>Nassauvia aculeata</i> (Less.) Poepp. & Endl.	N	Hp
		<i>Senecio anthemidiphyllus</i> J. Remy	N	Ar
		<i>Senecio polygaloides</i> Phil.	N	Sar
	Berberidaceae	<i>Berberis montana</i> Gay	N	Ar
	Brassicaceae	<i>Draba gilliesii</i> Hook. & Arn.	N	Hp
	Buddlejaceae	<i>Buddleja globosa</i> Hope	N	Ar
	Cactaceae	<i>Pyrrhocactus curvispinus</i> (Bert. ex Colla) A. Berger ex Backeb.	E	Suc
	Calceolariaceae	<i>Calceolaria dentata</i> Ruiz & Pav.	N	Sar
		<i>Calceolaria thysiflora</i> Graham	E	Ar
	Caryophyllaceae	<i>Silene gallica</i> L.	A	Ha

DIVISIÓN/ CLASE	FAMILIA	ESPECIE	OG	FV
MAGNOLIOPHYTA A) Magnoliopsida	Celastraceae	<i>Maytenus boaria</i> Mol.	N	A
	Elaeocarpaceae	<i>Aristotelia chilensis</i> (Mol.) Stuntz	N	Arb
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtoidea</i> Bert. ex DC.	N	Arb
	Euphorbiaceae	<i>Colliguaja integerrima</i> Gill. & Hook.	N	Ar
		<i>Colliguaja salicifolia</i> Gill. & Hook.	E	Ar
	Fabaceae	<i>Adesmia papposa</i> (Lag.) DC. var. <i>radicifolia</i> (Clos) M.N. Correa	N	Hp
		<i>Lathyrus magellanicus</i> Lam.	N	E
	Grossulariaceae	<i>Ribes punctatum</i> Ruiz & Pav.	N	Ar
	Gunneraceae	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	N	Hp
	Ledocarpaceae	<i>Balbisia gracilis</i> (Meyen) Hunziker & Ariza	N	Ar
	Loasaceae	<i>Loasa triloba</i> Dombey ex Juss.	E	Ha
	Loranthaceae	<i>Tristerix corymbosus</i> (L.) Kuijt	N	Arp
	Oxalidaceae	<i>Oxalis rosea</i> Jacq.	E	Ha
	Plantaginaceae	<i>Plantago grandiflora</i> Meyen	N	Hp
		<i>Plantago hispidula</i> Ruiz & Pav.	E	Ha
	Polygalaceae	<i>Polygala gnoidioides</i> Willd.	N	Hp
		<i>Muehlenbeckia hastulata</i> (Sm.) I.M. Johnst.	N	Ar
	Quillajaceae	<i>Quillaja saponaria</i> Mol.	E	A
	Rhamnaceae	<i>Discaria chacaye</i> (G. Don) Tortosa	N	Arb
	Rosaceae	<i>Acaena alpina</i> Poepp. ex Walp.	N	Hp
		<i>Acaena pinnatifida</i> Ruiz & Pav.	N	Hp
		<i>Acaena splendens</i> Hook. & Arn.	N	Hp
		<i>Kageneckia angustifolia</i> D. Don	E	A
		<i>Kageneckia oblonga</i> Ruiz & Pav.	E	A
		<i>Tetraglochin alatum</i> (Gill. ex Hook. & Arn.) Kuntze	N	Ar
	Rubiaceae	<i>Galium suffruticosum</i> Hook. & Arn.	N	Sar
		<i>Galium trichocarpon</i> DC.	E	Hp
	Salicaceae	<i>Azara petiolaris</i> (D. Don) I.M. Johnst.	E	Arb
	Santalaceae	<i>Myoschilos oblongum</i> Ruiz & Pav.	N	Ar
	Schoepfiaceae	<i>Quinchamalium chilense</i> Mol.	N	Hp

DIVISIÓN/ CLASE	FAMILIA	ESPECIE	OG	FV
MAGNOLIOPHYTA A) Magnoliopsida	Sapindaceae	<i>Guindilia trinervis</i> Gill. ex Hook. & Arn.	N	Ar
	Solanaceae	<i>Nicotiana acuminata</i> (Graham) Hook.	N	Hp
		<i>Solanum crispum</i> Ruiz & Pav.	N	Ar
	Valerianaceae	<i>Valeriana laxiflora</i> DC.	N	Hp
		<i>Valeriana stricta</i> Clos	N	Sar
	Vivianaceae	<i>Viviania marifolia</i> Cav.	N	Ar
B) Liliopsida	Alstroemeriaceae	<i>Alstroemeria ligtu</i> L. ssp. <i>simsii</i> (Spreng.) Ehr. Bayer	E	Hp
	Bromeliaceae	<i>Puya berteroniana</i> Mez	E	Hp
	Cyperaceae	<i>Carex setifolia</i> Kunze ex. Kunth	E	Hp
	Juncaceae	<i>Luzula racemosa</i> Desv.	N	Hp
	Orchidaceae	<i>Brachystele unilateralis</i> (Poir.) Schltr.	N	Hp
		<i>Chloraea alpina</i> Poepp.	N	Hp
		<i>Gavilea venosa</i> (Lam.) Gary & Ormed.	E	Hp
	Poaceae	<i>Aira caryophyllea</i> L.	A	Ha
		<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.) Asch. & Graebn.	N	Hp
		<i>Elymus angulatus</i> J. Presl.	N	Hp
		<i>Festuca acanthophylla</i> E. Desv.	N	Hp
		<i>Pappostipa chrysophylla</i> (E. Desv.) Romasch.	N	Hp
		<i>Paspalum distichum</i> L.	N	Hp
		<i>Vulpia myurus</i> (L.) C.C. Gmel.	A	Ha

Tabla 3.10. Número de familias, géneros y especies en bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), en el Alto Cachapoal y en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. En paréntesis se indica el porcentaje (%) respecto de la flora regional.

Nivel taxonómico	Flora bosques de ciprés de la cordillera	Flora Regional (*)
Familias	44 (34,9)	126
Géneros	73 (15,3)	476
Especies	91 (7,7)	1.189
(*) Faúndez et al. (2007).		

Del total de especies de la flora vascular presente en los bosques de ciprés de la cordillera, 85 corresponden a la División Magnoliophytas o Angiospermae, siendo las más abundantes las Magnoliopsida o

Dicotiledoneae, dos de ellas, pertenecen a la División Pinophyta o Gymnospermae y 4 especies a la División Polypodiophyta o helechos (Tabla 3.11).

Tabla 3.11. Número de especies según División y Clase, en bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), en el Alto Cachapoal y en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. En paréntesis se indica el porcentaje (%) respecto de la flora regional.

División	Clase	Flora bosques de ciprés de la cordillera	Flora Regional (*)
MAGNOLIOPHYTA	Magnoliopsida	71 (8,0)	883
	Liliopsida	14 (5,0)	281
PINOPHYTA	Gnetosida	1(100,0)	1
	Pinopsida	1 (50,0)	2
POLYPODIOPHYTA	Polypodiopsida	4 (20,0)	20
	Esphenopsida	0 (0,0)	2
Total especies		91 (7,7)	1.189
(*) Faúndez et al. (2007).			

Las familias con mayor diversidad de géneros y especies (>3 especies) corresponden a Anacardiaceae, Asteraceae, Rosaceae, Orchidaceae y Poaceae, las que

en conjunto representan 44,0% del total de especies observadas (Tabla 3.12).

Tabla 3.12 Familias y géneros con mayor número de especies en bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal.

Familia	Género	Número de Especies
Anacardiaceae	<i>Lithraea</i>	1
	<i>Schinus</i>	2
Asteraceae	<i>Aldama</i>	1
	<i>Baccharis</i>	3
	<i>Chaethanthera</i>	1
	<i>Chuquiraga</i>	1
	<i>Cichorium</i>	1
	<i>Gamochoeta</i>	1
	<i>Gochnatia</i>	1
	<i>Haplopappus</i>	3
	<i>Leucheria</i>	1
	<i>Mutisia</i>	4
	<i>Nardophyllum</i>	1
	<i>Nassauvia</i>	1
	<i>Senecio</i>	2
Rosaceae	<i>Acaena</i>	3
	<i>Kageneckia</i>	2
	<i>Tetraglochin</i>	1
Orchidaceae	<i>Brachystele</i>	1
	<i>Chloraea</i>	1
	<i>Gavilea</i>	1
Poaceae	<i>Aira</i>	1
	<i>Cortaderia</i>	1
	<i>Elymus</i>	1
	<i>Festuca</i>	1
	<i>Pappostipa</i>	1
	<i>Paspalum</i>	1
	<i>Vulpia</i>	1

3.5.2 Origen geográfico

Respecto al origen geográfico de las especies, se destaca el escaso número de plantas alóctonas o adventicias anuales (Tabla 3.13), las cuales generalmente en alta proporción tienden a ser alóctonas. No obstante, la naturalidad del área también se evidencia en la ausencia de especies leñosas cultivadas asilvestradas frecuentes en

terrenos alterados de la región andina de Chile central (Ej. *Rosa rubiginosa*, *Rubus ulmifolius*, etc.).

Las especies autóctonas o nativas (62) son mayoritarias y conforman el 68,1% del total de plantas observadas. Por otro lado, el número de especies endémicas (25), representa sólo el 27,5% del total. Sin embargo, si se consideran en conjunto

Tabla 3.13 Número de especies según origen geográfico en los bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), en el Alto Cachapoal y en la Región del L. G. B. O’Higgins. En paréntesis se indica el % respecto a la flora regional.

Origen geográfico (*)	Flora bosques de ciprés de la cordillera	Flora Regional (**)
Endémicas	25 (27,5)	908 (76,4) (***)
Autóctonas	62 (68,1)	
Alóctonas	4 (4,4)	281 (23,6)
Total	91 (100,0)	1.189 (100,0)
(*) Endémicas: Sólo crecen en Chile; Autóctonas: Crecen en Chile y en países vecinos (Ej. Argentina, Perú, Bolivia); Alóctonas: especies exóticas introducidas voluntaria o involuntariamente a Chile. (**) Faúndez et al. (2007). (***) No diferencia entre Endémicas y Autóctonas.		

la cantidad de especies endémicas y autóctonas, gran parte (95%) de la flora asociadas a los bosques de ciprés de la cordillera, son nativas, generalmente compartidas entre Chile y Argentina. Esta situación es bastante frecuente en la flora presente en la cordillera de Los Andes (Villagrán et al., 1982). En la flora regional se evidencia igual tendencia con 908 especies autóctonas (incluidas las endémicas), que representan el 76,4% de la flora total regional.

3.5.3 Formas de crecimiento

Las comunidades vegetales se pueden caracterizar por el aspecto y por las adaptaciones morfológicas externas

visibles, es decir, por la fisonomía o apariencia externa. Las formas de crecimiento de las plantas que dominan en las diferentes comunidades son el resultado de las adaptaciones al ambiente en que deben sobrevivir y reproducirse. Así, la mayor parte de las especies presentes en los bosques de ciprés de la cordillera, exhiben una forma de crecimiento herbáceo (44,0%), y sólo 12,1% corresponde a formas de crecimiento arbóreo, estando los de mayor tamaño representados por cuatro especies arbóreas: ciprés de la cordillera, maitén (*Maytenus boaria*), quillay (*Quillaja saponaria*) y litre (*Lithraea caustica*). Sin embargo, debido a la fecha de realización del muestreo de flora en terreno (otoño), es posible que algunas especies de hábito herbáceo y bulboso puedan estar subrepresentadas (Figura 3.37).

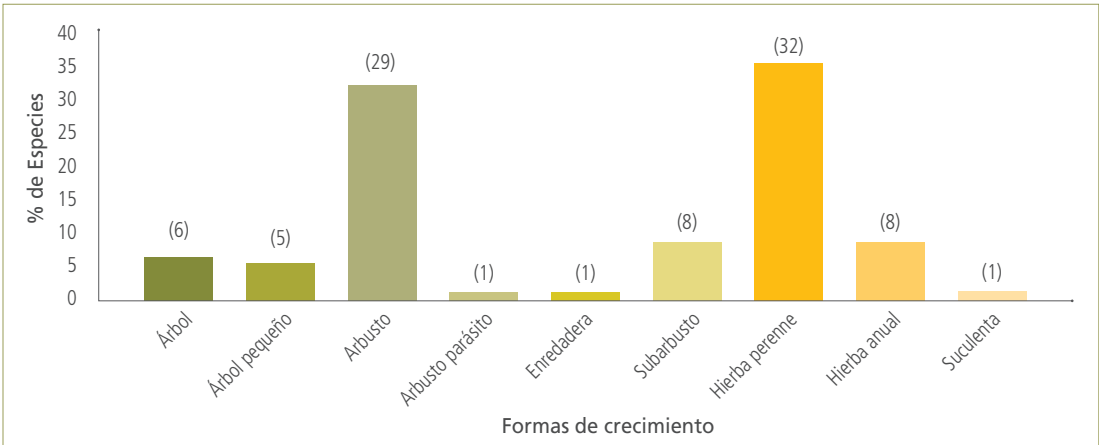


Figura 3.37. Frecuencia de las especies de flora en los bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), según forma de crecimiento (en paréntesis, y sobre las barras se indica el número de especies), en el Alto Cachapoal.

3.5.4 Tipo de ambiente preferente de las especies

En un análisis bibliográfico respecto a la distribución y ambientes preferenciales de las especies presentes en los bosques de ciprés de la cordillera estudiados, se tiene que, mayoritariamente éstas se distribuyen en ambientes esclerófilos de Chile central (38,5%) y sólo un 9,9%, corresponde a especies esclerófilas montanas. Esto estaría indicando que desde el punto de vista florístico, los bosques de ciprés de la cordillera estudiados serían ecológicamente más afines a las comunidades esclerófilas y no a aquellas que presentan características altoandinas (Figura 3.38). Por otro lado, casi un cuarto de las especies presenta

preferencia por ambientes más méxicos, típicos de las comunidades con ciprés de la cordillera de más al sur. Aquellas especies con preferencia de ambientes higrófilos y xéricos presentan una participación similar, pero baja (14,3 y 13,2%, respectivamente).

La connotación esclerófila de las especies acompañantes de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal (Figura 3.39), se ve reflejada por Gajardo (1994), quien define estas comunidades más septentrionales de la especie dentro de la Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo, Sub- región del Bosque Esclerófilo, formación del Bosque Esclerófilo Andino. Esta es una región con alta riqueza de especies a nivel regional, debido a la diversidad de ambientes que presenta.

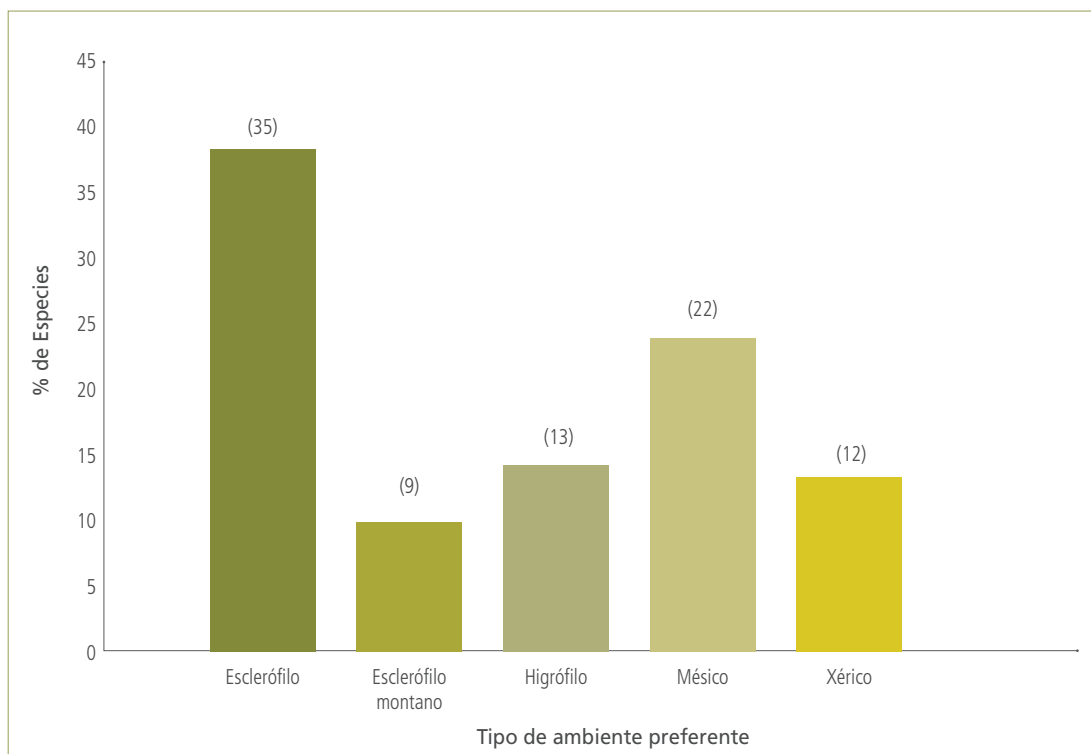


Figura 3.38. Frecuencia de las especies de flora en las comunidades de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), según tipo de ambiente preferencial, en el Alto Cachapoal (en paréntesis se indica el número de especies).



Figura 3.39. Algunas especies de flora vascular acompañante de *Austrocedrus chilensis* (ciprés de la cordillera).
 (a) *Cheilanthes glauca* (doradilla) (b) *Lithraea caustica* (litre) (c) *Colliguaja odorifera* (colliguay) (d) *Aristotelia chilensis* (maqui) (e) *Schinus polygamus* (huingán) (f) *Baccharis linearis* (romerillo).

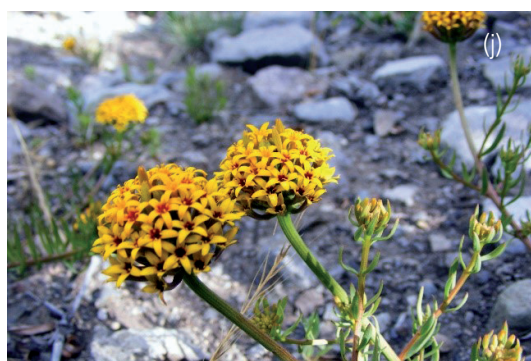
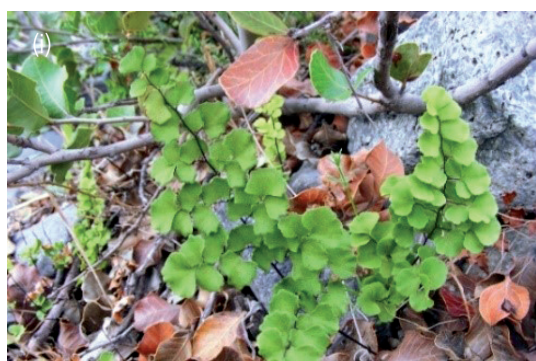
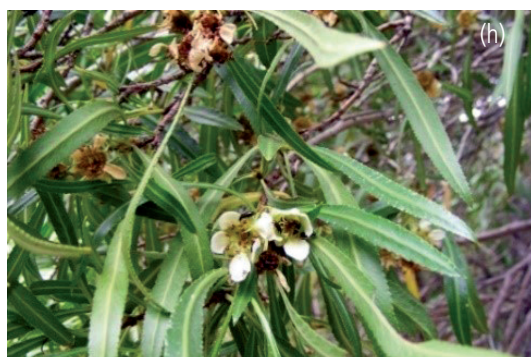
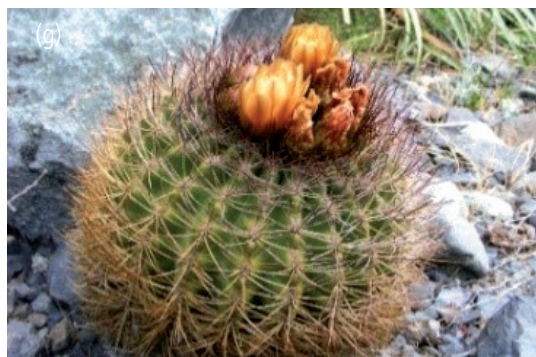


Figura 3.39. continuación. Algunas especies de flora vascular acompañante de *Austrocedrus chilensis* (ciprés de la cordillera). (g) *Pyrrhocactus curvispinus* (quisquito) (h) *Kageneckia angustifolia* (franjel) (i) *Adiantum chilense* (palito negro) (j) *Quinchamalium chilense* (quinchamali); (k) *Chuquiraga oppositifolia* (hierba blanca) (l) *Azara petiolaris* (maquicillo).

3.5.5 Especies en categoría de conservación

Entre las taxas observadas se ha determinado la presencia de 8 especies (8,8% del total de especies) con algún nivel de amenaza de su estado de conservación. De éstas, ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) se encuentra en la categoría Casi Amenazada según el séptimo proceso de clasificación de especies (Chile, Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 2008) y en “Peligro” a nivel regional de acuerdo al Libro Rojo de la Región del L.B.

O’Higgins (Faúndez et al., 2007). Así mismo, quisquito (*Pyrrhocactus curvispinus*) se encuentra clasificado como especie “Preocupación Menor” a nivel nacional y regional (Benoit, 1989; Hechenleitner, 2005; Ministerio del Medio Ambiente, 2011). Además, *Kageneckia angustifolia* presenta categoría de “Casi Amenazada” y cinco están como “Vulnerables” a nivel de la Región del L. B. O’Higgins, aunque no se encuentran registradas con amenaza a nivel nacional (Faúndez et al., 2007) (Tabla 3.14).

Tabla 3.14. Especies en Categoría de Conservación de la Flora vascular en los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal.

DIVISIÓN/FAMILIA	ESPECIE	ESTADO DE CONSERVACIÓN	
		NIVEL NACIONAL	NIVEL REGIONAL (****)
PINOPHYTA			
Cupressaceae	<i>Austrocedrus chilensis</i> (D. Don) Pic. Serm. et Bizz.	Casi Amenazada(*)	En Peligro
MAGNOLIOPSIDA			
Cactaceae	<i>Pyrrhocactus curvispinus</i> (Bertero ex Colla) A. Berger ex Backeb.	Preocupación Menor (**)	Preocupación Menor
Asteraceae	<i>Haplopappus arbutioides</i> J. Remy		Vulnerable
	<i>Mutisia acerosa</i> Poepp. ex Less		Vulnerable
	<i>Senecio anthemidiphyllus</i> J. Remy		Vulnerable
Euphorbiaceae	<i>Colliguaja integerrima</i> Gill. et Hook.		Vulnerable
	<i>Colliguaja salicifolia</i> Gill et Hook.		Vulnerable
Rosaceae	<i>Kageneckia angustifolia</i> D. Don	Casi Amenazada (***)	Vulnerable
(*) Según D.S. N° 42 (Chile, Ministerio del Medio Ambiente, 2011) (**) Según D.S. N° 41 (Chile, Ministerio del Medio Ambiente, 2011) (***) Según D.S. N° 19 (Chile, Ministerio del Medio Ambiente, 2012) (****) Según Faúndez et al. (2007)			

4.

Singularidad e importancia para la conservación de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal

Gustavo Cruz M., María Teresa Serra V.,
Álvaro Promis B., Paulette I. Naulin G.



La recuperación de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal requerirá de un esfuerzo coherente y sostenido en el tiempo, el cual deberá comprometer recursos políticos, técnicos y financieros, con el fin de iniciar el proceso de “reparación”, que tardará algunas décadas en manifestarse. Por este motivo, es importante saber cuáles son las características peculiares que presentan los bosques de esta especie, que justifican la realización de este esfuerzo de conservación. En este contexto, la singularidad e importancia para la conservación de las comunidades de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal, ha sido estudiada mediante el análisis de los siguientes aspectos:

- Historia evolutiva de ciprés de la cordillera.
- Singularidad vegetal y florística de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal.
- Estado actual de los bosques de ciprés de la cordillera a nivel nacional y local.
- Vulnerabilidad de los bosques de ciprés de la cordillera.

4.1 Historia evolutiva de ciprés de la cordillera

Las coníferas (Gimnospermas) del hemisferio sur, catalogadas como relictos o fósiles vivientes, han sido gradualmente reemplazadas por las Angiospermas, lo que supone que no se han regenerado adecuadamente (Hill, 1995). La familia Cupressaceae, que está presente en ambos hemisferios, en las altitudes templadas del sur de Chile y Argentina, se encuentra representada por tres géneros monotípicos endémicos de los bosques subantárticos de ambos países, cuyas especies son: alerce (*Fitzroya cupressoides* (Molina) I. M. Johnst.), ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum* (D. Don Florin)) y ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don.) Pic. Serm. et. Bizzarri), representando esta última, el límite septentrional de las coníferas nativas, a los 32° 29'S (Serra, 1987; Hill, 1995; Muñoz y Serra, 2006).

La familia Cupressaceae se originó durante el Triásico, cuando Pangea se estaba consolidando como supercontinente. Posteriormente aparecen las dos subfamilias, Cupressoideae y Callitroideae, alrededor de 153 Ma⁸ (124-183 Ma), cuando Gondwana y Laurasia se estaban separando. La subfamilia Cupressoideae se

asocia al hemisferio norte y Callitroideae al hemisferio sur (Mao et al., 2012; Yang et al., 2012). En este escenario los tres géneros monotípicos presentes en Chile se encuentran en la subfamilia Callitroideae. *Austrocedrus chilensis* junto a *Papuacedrus papuana* son las especies basales de esta subfamilia (Mao et al., 2012) (Figura 4.1).

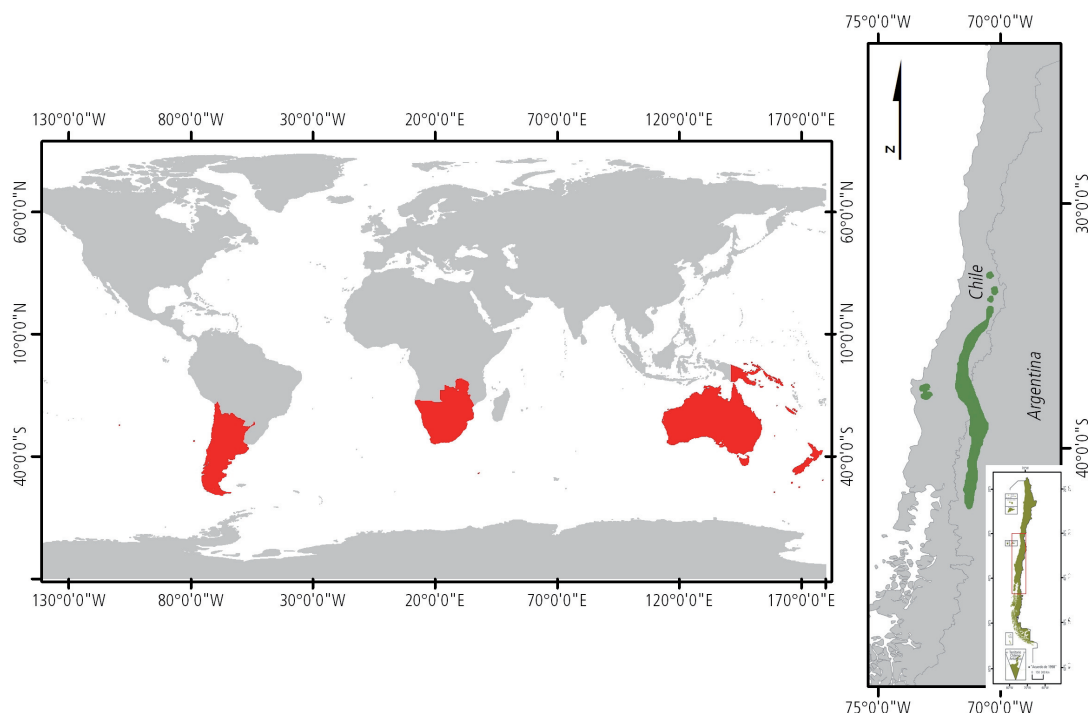


Figura 4.1. Distribución de la subfamilia Callitroideae presente en el hemisferio sur (izquierda) y de *Austrocedrus chilensis* en Sud América (derecha) (modificado de Veblen et al. (1995); Mao et al. (2012)).

Se ha propuesto que las poblaciones de ciprés de la cordillera habrían presentado una distribución originalmente continua, y que disturbios naturales y antrópicos habrían alterado esta distribución, generando los presentes patrones de diversidad genética de las poblaciones actuales (Pastorino y Gallo, 2002). Entre estos disturbios se cuentan: glaciaciones; actividad volcánica y sísmica; incendios naturales y antrópicos; y patologías específicas como por ejemplo "el mal del ciprés" (Markgraf y Anderson, 1994). En un escenario de cambio climático la susceptibilidad

de los individuos puede aumentar. Por ejemplo, se ha descrito que el número de rodales afectados por "el mal del ciprés" se incrementaría con la disminución de las precipitaciones (Mundo et al., 2010).

Respecto a las glaciaciones, el ecotono entre el bosque deciduo de *Nothofagus* y el bosque lluvioso mixto en las inmediaciones del Lago Calafquén (comuna de Panguipulli, Región de los Ríos), coincide con el límite norte del último máximo glacial (Villagrán y Varela, 1990). Por esta razón, las poblaciones del norte de ciprés

8. Ma: (abreviación proveniente del latín *Mega annum*), que se refiere a una unidad de tiempo equivalente a un millón de años

de la cordillera son consideradas relictos (Dodd et al., 1998; Pastorino y Gallo, 2002), incluyendo a aquellas que se encuentran en el Alto Cachapoal. Las poblaciones pequeñas y aisladas muestran altos niveles de diversidad genética y pool genéticos divergentes de las poblaciones continuas más australes, sugiriendo que constituyen antiguos refugios glaciales (Arana et al., 2010).

En las comunidades del sur se indica que los incendios ocurridos en la zona y la acción del ganado sobre la regeneración (Blackhall et al., 2008) podrían fragmentar el bosque activando mecanismos microevolutivos como la pérdida de haplotipos raros por azar (deriva genética) y/o la adaptación o fijación de alelos generando razas locales. A su vez, “*el mal del ciprés*”, patología que genera mortalidad en parches (Havrylenko et al., 1989), también podría ocasionar discontinuidades en el patrón actual de la distribución afectando la reserva genética que poseen las poblaciones de ciprés de la cordillera. Según Pastorino (2000), la variación poblacional-latitudinal (valles transversales en la Cordillera de Los Andes) explicaría de mejor manera las diferencias entre las características de las semillas y su producción. Por otra parte, la viabilidad del polen está inversamente relacionada con la edad de los árboles, entonces si los bosques no regeneran adecuadamente se produce un envejecimiento de la población y un detrimento en la viabilidad del polen, lo cual acentúa su vulnerabilidad (Aizen y Rovere, 1995). Además, las poblaciones de ciprés de la cordillera del Alto Cachapoal se encuentran en sectores que presentan mayor aridez que aquellas continuas del sur, lo que podría afectar el establecimiento de las plántulas, disminuyendo el número de individuos nuevos que se agregan a la población.

Los individuos de ciprés de la cordillera son longevos y no se desplazan en busca de mejores sitios para su sobrevivencia y/o reproducción. Por tanto, frente a situaciones cambiantes del ambiente en el que viven, cada población actúa como unidad adaptativa que contiene la variación genética y los procesos ecológicos que permitieron la sobrevivencia particular de esos individuos (Pastorino, 2000). Considerando las limitaciones anteriores, las diferentes comunidades donde existe la especie podrían tener un rol importante para la conservación, permitiendo la protección del

material genético y los procesos ecológicos asociados a cada situación (Dodd et al., 1998; Pastorino, 2000). Los antecedentes expuestos anteriormente, indicarían la existencia de un grado de singularidad para las poblaciones del norte de ciprés de la cordillera, las cuales serían refugios de las glaciaciones y por lo tanto conservarían características genéticas de las poblaciones originales de la especie, y posiblemente de sus procesos ecológicos asociados.

4.2 Singularidad vegetacional y florística de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal

Vegetacionalmente el ciprés de la cordillera se encuentra inserto como representativo a nivel nacional dentro de las siguientes Regiones Ecológicas definidas por Gajardo (1994):

- **Región de la Estepa Alto Andina**, Sub-región de los Andes Mediterráneos, Formación del Matorral Esclerófilo Andino; Asociación *Austrocedrus chilensis* – *Schinus montanus* (Ciprés – Litrecillo). Ocupa situaciones excepcionales en laderas de exposición sur y en los valles cordilleranos. Las especies representativas son *Austrocedrus chilensis*, *Maytenus boaria* (Maitén) y *Schinus montanus* (Litrecillo).
- **Región del Bosque Caducifolio**, Sub-región del Bosque Caducifolio Montano; (1) Formación Bosque Caducifolio de La Montaña, Asociación *Austrocedrus chilensis* – *Nothofagus obliqua* (Ciprés – Roble). Es una de las comunidades más distribuidas y características de la formación cuya composición florística es muy variable. Las especies más representativas son *Austrocedrus chilensis* y *Nothofagus obliqua*. (2) Formación Bosque Caducifolio de la Precordillera, Asociación *Austrocedrus chilensis* – *Nothofagus glauca* (Ciprés – Hualo). Comunidad que se encuentra muy modificada y que se ubica en laderas bajas de escasa pendiente. Su fisionomía es la de un renoval alto de densidad variable siendo *Austrocedrus chilensis* y *Nothofagus glauca* las especies representativas.

- **Región del Bosque Andino Patagónico**, Sub-región de las Cordilleras Patagónicas, Formación Bosque Patagónico con Coníferas, Asociación *Austrocedrus chilensis* – *Lomatia hirsuta* (Ciprés – Radal). Representa a una comunidad sub-arbórea de densidad variable que exhibe un dosel arbóreo ralo dominado por ciprés de la cordillera, siendo esta especie la representativa de la asociación.

Sin embargo, se advierte que las especies características de los bosques presentes en el Alto Cachapoal, exhiben una mayor afinidad florística con las formaciones pertenecientes a la subregión de los Andes

mediterráneos adscritos a la Región de la Estepa Alto-Andina (Gajardo, 1994) (Tabla 4.1). Particularmente, son más cercanas con las asociaciones descritas para el Matorral Esclerófilo Andino, compartiendo en conjunto un total de 32 especies (Tabla 4.1). Situación opuesta respecto a las asociaciones de la mediterránea Región del Bosque Caducifolio y la austral Región del Bosque Andino Patagónico, con los cuales exhiben una media y casi nula afinidad florística respectivamente. De acuerdo con lo anterior, estos bosques con elementos esclerófilos resultan ser florísticamente singulares, ya que podrían constituir relictos de formaciones vegetales más difundidas de la zona central de país y que son necesarias de conservar.

Tabla 4.1. Especies representativas de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal y comunes con otras comunidades vegetales en que participa la especie, según Gajardo (1994).

ESPECIES CARACTERÍSTICAS DE LOS BOSQUES DE <i>Austrocedrus chilensis</i> EN EL ALTO CACHAPOAL	REGIÓN ESTEPA ALTO ANDINA				REGIÓN BOSQUE CADUCIFOLIO	REGIÓN BOSQUE ANDINO PATAGONICO
	Asociación <i>Kageneckia angustifolia</i> - <i>Guindilia trinervis</i> (Franjel-Guindillo)	Asociación <i>Colliguaja integerrima</i> - <i>Tetraglochin alatum</i> (Duraznillo-Horizonte)	Asociación <i>Escallonia myrtoidea</i> - <i>Maytenus boaria</i> (Lun-Maitén)	Asociación <i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Schinus molle</i> (Ciprés - Litrecillo)	Asociación <i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Nothofagus obliqua</i> (Ciprés - Roble)	Asociación <i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Nothofagus glauca</i> (Ciprés - Hualo)
<i>Acaena pinnatifida</i> Ruiz et Pav.	●			●		
<i>Acaena splendens</i> H. et Arn.	●	●				
<i>Aristotelia chilensis</i> (Mol.) Stuntz				●	●	●
<i>Austrocedrus chilensis</i> (D. Don) Pic. Serm. et Bizz.				●	●	●
<i>Azara petiolaris</i> (D. Don) I.M. Johnst.					●	
<i>Baccharis linearis</i> (R. et Pav.) Pers.			●			
<i>Baccharis rhomboidalis</i> Remy				●	●	●
<i>Chusquea oppositifolia</i> D. Don						
<i>Colliguaja integerrima</i> Gill. et Hook.	●	●				
<i>Colliguaja salicifolia</i> Gill. et Hook.					●	

<i>Elymus angulatus</i> Presl.							
<i>Ephedra chilensis</i> C. Presl.		●					
<i>Escallonia myrtoidea</i> Bert. ex DC.			●				
<i>Gavilea cf. venosa</i> (Lam.) Gary & Ormerod							
<i>Gochnatia foliolosa</i> (D. Don) D. Don ex Hook. & Arn.						●	
<i>Guindilia trinervis</i> Gill. ex Hook. et Arn.	●	●	●				
<i>Kageneckia angustifolia</i> D. Don	●						
<i>Kageneckia oblonga</i> R. et P.				●	●		
<i>Lithraea caustica</i> (Molina) Hook. & Arn.					●	●	
<i>Maytenus boaria</i> Mol.			●	●	●		●
<i>Muehlenbeckia hastulata</i> (J. M. Sm.) J.			●				
<i>Mulinum spinosum</i> (Cav.) Pers.	●	●					
<i>Myoschilos oblonga</i> Ruiz et Pav.						●	
<i>Puya berteroniana</i> Mez							
<i>Quillaja saponaria</i> Mol.	●			●	●		
<i>Quinchamalium chilense</i> Mol.							
<i>Ribes punctatum</i> Ruiz et Pav.				●			
<i>Schinus montanus</i> (Phil.) Engler	●			●			
<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera							
<i>Senecio polygaloides</i> Phil.							
<i>Tetraglochin alatum</i> (Gill. ex Hook. et Arn.) Kuntze	●	●					
<i>Valeriana stricta</i> Clos		●					
<i>Viviania marifolia</i> Cav.	●	●					
Número de especies comunes	10	8	5	9	8	6	3

4.3 Estado actual de los bosques de ciprés de la cordillera a nivel nacional y local

A nivel nacional, la distribución de ciprés de la cordillera es discontinua, presentándose bajo la forma de poblaciones aisladas más o menos densas (Gajardo et al., 1987). Si bien las poblaciones de esta especie se consideran frecuentes y numerosas, y la especie posee una distribución relativamente extensa, con un área de ocupación estimada de 450 km², es fundamental su conservación, debido a una significativa disminución de sus poblaciones a lo largo de su distribución natural (Hechenleitner et al., 2005).

En las regiones del Libertador General Bernardo O'Higgins y del Maule, la distribución original de los bosques se ha sobrepuesto con actividades silvoagropecuarias, urbanización y la corta ilegal de madera e incendios (Le Quesne et al., 2000; Bustos, 2007; Faúndez et al., 2007), con la consecuente destrucción y/o regresión de los bosques. En particular, en las áreas más bajas ha existido una fuerte presión sobre estos bosques debido al reemplazo de ellos para el establecimiento de plantaciones de especies de rápido crecimiento (Serra et al., 1986).

De acuerdo con el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF, 2011), el Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera representa sólo

el 0,3% del total de bosque nativo. En su distribución norte, este tipo forestal, se registra a partir de la Región Metropolitana con solamente 47 ha (0,1% de la superficie nacional del tipo forestal). En la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, presenta un total de 2.418 ha, lo que representa sólo el 5,1% de superficie nacional. A pesar de la presencia de la especie en la Región de Valparaíso, no se registra la existencia de bosques de este tipo, debido a que por su poca superficie y baja densidad, las poblaciones fueron incorporadas en otros tipos forestales.

Por otro lado, ciprés de la cordillera es la especie de conífera nativa menos representada en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) (CONAF, 2011), ya que sólo se incluyen en este sistema 3.705 ha, equivalentes al 7,9% de su superficie nacional de bosques (CONAF, 2011). A pesar de esta baja representación, la especie está presente en 12 unidades del Sistema Nacional de áreas Protegidas del Estado (SNASPE) (Muñoz y Serra, 2006):

- Región Metropolitana: Reserva Nacional Río Clarillo.
- Región del Libertador General Bernardo O'Higgins: Reserva Nacional Río de Los Cipreses.
- Región del Maule: Reserva Nacional Rada Siete Tazas; Reserva Nacional Altos del Lircay; Reserva Nacional Los Bellotos del Melado.
- Región del Biobío: Parque Nacional Laguna del Laja; Reserva Nacional Ralco.
- Región de la Araucanía: Parque Nacional Conguillío; Parque Nacional Nahuelbuta; Parque Nacional Tolhuaca.
- Región de los Lagos: Parque Nacional Puyehue, Reserva Nacional Futaleufú.

Además, se han identificado preliminarmente ocho comunidades fuera del SNASPE, en la porción norte de la distribución de la especie. Estas constituyen relictos de escasa superficie y densidad, y en muchos casos no cuentan con una adecuada protección (Figura 4.2).

Estos bosques relictos serían ambiental y florísticamente comparables con aquellas del Alto Cachapoal. Si bien existen otros bosques con ciprés de la cordillera en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (Sierras de Bellavista, Las Peñas, entre otras), éstas no se han incluido, porque se estima preliminarmente que presentan características ambientales y florísticas distintas, y pertenecerían a la Región ecológica del Bosque Caducifolio (Gajardo, 1994).

Sólo en el caso de la comunidad del cerro Tabaco, definida junto a San Gabriel (Región Metropolitana), como Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad, existen iniciativas para la protección de la especie. La comunidad del cerro Tabaco fue declarado Santuario de la Naturaleza en mayo de 2006 (Decreto N° 698, Chile, Ministerio de Educación, 2006). Por otro lado, en el Alto Cachapoal, sólo las comunidades incluidas dentro de la Reserva Nacional Río de Los Cipreses, gozan de una protección específica. Las otras comunidades incluidas en este documento están sujetas sólo a normativas sectoriales vigentes DL 701 (Chile, 1974); Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente (Chile, Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 1994); Ley 20.283, Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal (Chile, Ministerio de Agricultura, 2008). Además, existe un decreto que prohíbe la corta de los árboles situados en quebradas u otras áreas no susceptibles de aprovechamiento agrícola o ganadero, existentes dentro del fundo denominado "La Vacada de Huelquén" (Decreto N° 552 (Chile, Ministerio de Agricultura, 1967)), sin embargo, se desconoce su eficacia.

De acuerdo con lo anterior, la especie así como gran parte de sus poblaciones más septentrionales, como las del Alto Cachapoal, pueden considerarse bosques relictos, y presentan un alto grado de amenaza, ya que no existen medidas concretas para su conservación.

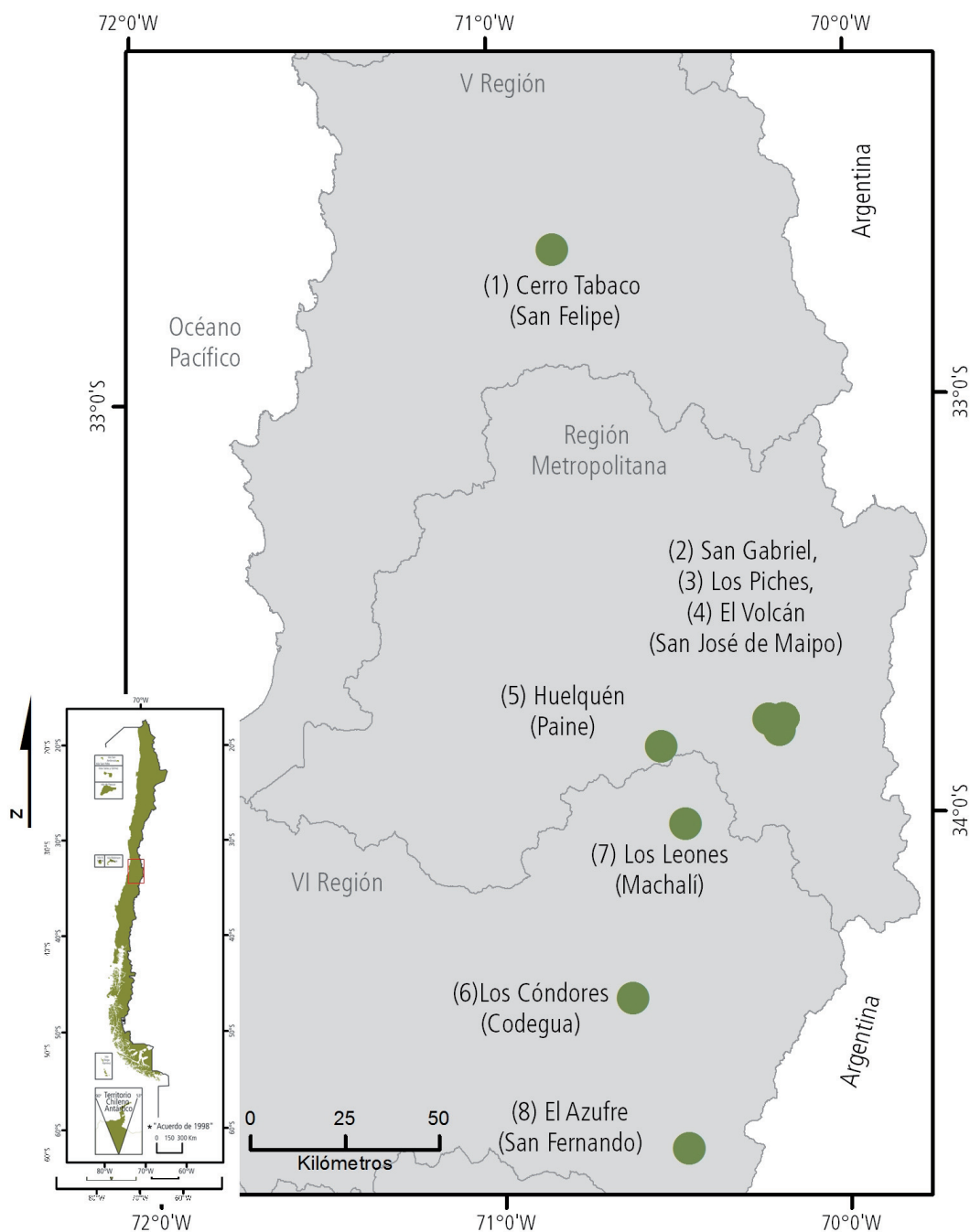


Figura 4.2. Localidades con bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) que se encuentran fuera del SNASPE. Entre paréntesis se indica la comuna a la que pertenecen (modificado de (1) Schlegel 1962; (2) EIF, FCFCN U. de Chile; (3) (4) (5) M. Gallardo, SAG (comunicación personal); (6)(7) M. Lemus CONAF (comunicación personal); (8) Hidroeléctrica la Confluencia (2010)).

4.4 Vulnerabilidad de los bosques de ciprés de la cordillera

En Chile, se ha sugerido la necesidad de establecer medidas de protección para la conservación de ciprés de la cordillera en la zona norte de su distribución. Tal es el caso de la comunidad del cerro Tabaco (Región de Valparaíso), la cual representa el límite norte de distribución. En esta zona, ciprés de la cordillera crece en un hábitat con fuertes limitaciones hídricas y su regeneración ha sido amenazada por el pastoreo y el uso del fuego. Otras poblaciones amenazadas y que requieren de protección son las que se ubican en San Gabriel (Cajón del Maipo, Región Metropolitana) (Muñoz y Serra, 2006), en Sierra de Bellavista y en La Rufina (Región del Libertador General Bernardo O'Higgins). Además, las poblaciones ubicadas en la Cordillera de la Costa entre las regiones del Biobío y de Los Ríos, representan áreas importantes para la conservación, puesto que se encuentran muy dispersas y poseen superficies muy reducidas (Hechenleitner et al., 2005).

En el Alto Cachapoal, ciprés de la cordillera se desarrolla principalmente en forma aislada, entre los 900 y 2.200 msnm, ubicándose en sectores con pendientes fuertes, con sustratos pedregosos en los valles de los ríos Cachapoal, Cortaderal y de Los Cipreses. En estos ambientes, las perturbaciones naturales son las características de las regiones montañosas, tales como derrumbes, deslizamientos, avalanchas de nieve, entre otras, y la especie estaría adaptada para prosperar en estas condiciones.

Por otro lado, en esta misma zona, las perturbaciones antrópicas (incendios, pastoreo, corta de madera), son de larga data y han afectado la estructura y regeneración natural de casi todos los bosques de ciprés de la cordillera. En muchos casos, las especies que conforman estas comunidades están en riesgo de desaparecer. Además, se estima que las actividades ganaderas extensivas, así como la trashumancia de ganado hacia la alta cordillera, se mantendrán en el futuro, existiendo incluso presiones para incluir ciertas áreas que hoy son protegidas. Por otro lado, el funcionamiento de las actuales centrales hidroeléctricas, así como también de aquellas proyectadas en la zona del Alto Cachapoal (Gajardo y Serra, 2009), favorecerán el acceso y uso de algunas de estas comunidades con fines recreativos regulados y no regulados, lo cual aumentaría su vulnerabilidad. A estas perturbaciones antrópicas se suman los agentes biológicos que causan daño a la especie, como *Cinnara cupressi*, *Nanodacna austrocedrella*, el "Mal del ciprés" (La Manna et al., 2008) e insectos que dañan las semillas y disminuyen sus posibilidades de regeneración natural (Gajardo y Serra, 2009).

En virtud de los antecedentes anteriormente expuestos, se puede considerar tanto a ciprés de la cordillera, como a las comunidades vegetacionales donde ocurre, bajo un estado de gran vulnerabilidad. Por lo tanto, las comunidades de las regiones de Valparaíso, Metropolitana (Serra et al., 1986) y del Libertador General Bernardo O'Higgins son las que requieren de mayor atención y ser priorizadas en los futuros planes de conservación de nuestro país.

5.

Estrategia de conservación de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal

Horacio Bown I., Gustavo Cruz M., Álvaro Promis B.



5.1 Lineamientos estratégicos

La conservación de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal no puede ser lograda por medios pasivos. Es decir, la exclusión del uso o medidas parciales de protección no garantizará que las poblaciones no sean degradadas a través del tiempo. Como primer paso, se requerirá identificar los principales agentes causales de daño y reducir sus efectos. Además, se requerirán otras medidas de conservación, que deliberadamente intervengan el ambiente para favorecer la recuperación de las poblaciones que han sido objeto de degradación. Estas medidas son agrupadas bajo un marco de restauración (reparación) ecológica, definido por la Sociedad Internacional de Restauración Ecológica (Apostol y Sinclair, 2006) como el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (Figura 5.1).

Como se mencionó en otros capítulos, los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal han sido sometidos a la ganadería y la extracción maderera a lo largo de la historia, por lo que actualmente se encuentre clasificada como Casi Amenazada mediante el D.S. N° 42 (Chile, Ministerio del Medio Ambiente, 2011). Adicionalmente, el fuego ha causado o ha agravado el estado de degradación de estos bosques, que en muchos casos ha sido utilizado

para la habilitación de terrenos con fines ganaderos. En algunas situaciones la combinación de agentes causales de degradación ha actuado a tal grado que la recuperación por medios naturales no es posible.

La restauración en un ecosistema busca, en la medida de lo posible, retornar el ecosistema a la trayectoria histórica, la cual constituye el punto de partida ideal para diseñar su restauración. En ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal, la trayectoria histórica resulta difícil de precisar, pero los bosques encontrados en la Reserva Nacional Río de Los Cipreses, si bien fueron sometidos a disturbios antrópicos en el pasado, por estar protegidos por un período de aproximadamente 30 años, representan una buena aproximación, particularmente aquellos menos degradados, localizados en el sector de Agua de la Muerte y Urriola. Estos bosques permiten establecer una trayectoria aproximada, al combinar los conocimientos sobre la estructura (Figura 5.2), composición y funcionamiento del ecosistema; condiciones ambientales de la región y análisis de otras informaciones ecológicas, culturales e históricas relevantes. La suma de esta información constituye una referencia, o ecosistema de referencia, con el cual se pueden comparar los esfuerzos de restauración en ecosistemas degradados de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal.



Figura 5.1. Signos de perturbación antrópica observados en el Alto Cachapoal: (a) Un incendio reciente reduce la cobertura, la regeneración, la diversidad y la cantidad de materia orgánica disponible en los suelos (Las Cayanas); (b) extracción maderera y leña combinado con fuego parecen haber sido los principales agentes históricos de degradación (Río Cachapoal) (Fotografías: a. Álvaro Promis; b. Gustavo Cruz).

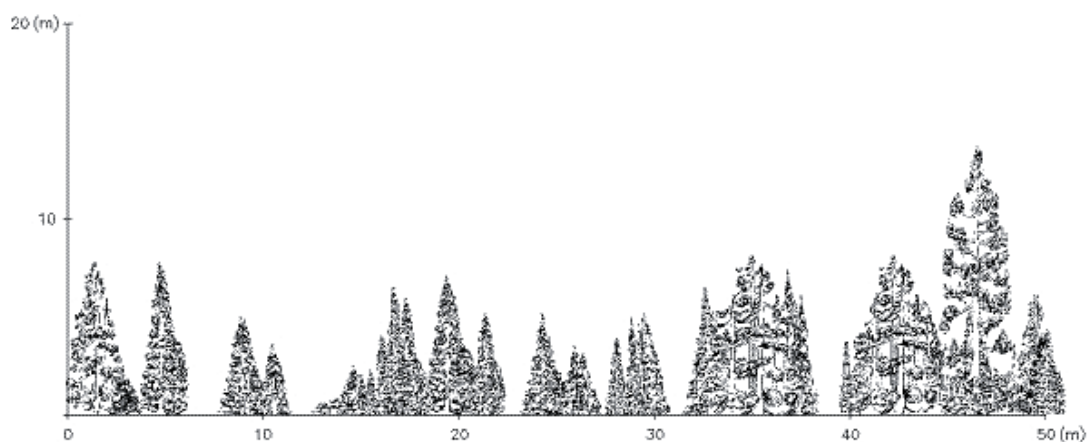


Figura 5.2. Un ejemplo de perfil vertical de la condición estructural deseable (referencia) de los bosques de Urriola Este en la Reserva Nacional Río de Los Cipreses (Dibujo: Susan Márquez).

Chile ha tenido un sostenido crecimiento económico desde el año 1985. Sin embargo, sólo a partir de la promulgación de la Ley de Bases del Medio Ambiente (Chile, Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 1994) y su Reglamento (Chile, Ministerio Secretaría General de la Presidencia

de la República, 1997), se ha incluido realmente la dimensión ambiental en los proyectos de desarrollo económico. En esta perspectiva, cabe señalar que los estudios de impactos ambientales que se han realizado han empleado una gran cantidad de recursos y energías en la realización de las líneas bases y en la

identificación y evaluación de los impactos, pero han sido deficientes en la estructuración de medidas de recuperación ambiental. Esta situación se ha producido parcialmente, debido al desconocimiento de cómo funcionan y cómo se pueden recuperar ecosistemas degradados, siendo éste el principal objetivo de este estudio en ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal.

La restauración de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal requerirá de un esfuerzo coherente, deliberado y sostenido en el tiempo. Este esfuerzo demandará comprometer potenciales usos, adquirir y/o administrar tierras y comprometer recursos financieros. La restauración de estos bosques, para su éxito, deberá comprometer además a la comunidad. Al respecto, la Sociedad de Restauración Ecológica plantea que las decisiones colectivas tienen mayor probabilidad de ser acatadas y ejecutadas que aquellas tomadas unilateralmente, por lo cual, es necesario involucrar y convocar a todos los actores para consensuar la decisión de iniciar un proyecto de restauración. Una vez que la decisión de restaurar ha sido consensuada, el proyecto requerirá una planificación cuidadosa y sistemática de las acciones a seguir y un plan de seguimiento y control asociado a dichas actividades.

Whisenant (1999) argumenta que la restauración de ecosistemas debe considerar tres aspectos fundamentales:

- un enfoque orientado a procesos,
- buscar iniciar la reparación autogénica y
- considerar interacciones con el paisaje.

Con respecto al primer aspecto planteado por Whisenant (1999), la mayor parte de los programas de restauración difieren de este enfoque, en el que se enfatiza el retorno a la estructura original (Ej. nutrientes y especies), en vez de reparar los **procesos**. Además, tienden a focalizarse en sitios específicos, sin considerar el contexto del paisaje y consideran el programa de restauración como completo, una vez que se han establecido las especies propuestas. Por lo tanto, es frecuente que los programas consideren o apunten sólo al comienzo del proceso de reparación natural, desestimando situaciones tardías que se manifestaran en algunas decenas de años más.

El segundo aspecto de Whisenant (1999), plantea el inicio de la **reparación autogénica** por parte de las plantas.

Los procesos autogénicos hacen referencia al cambio sucesional, debido a la modificación del ambiente por la vegetación (Ej. producir humus, dar protección contra el viento o proveer de sombra). En muchos casos se requerirá de tratamientos en la superficie del suelo que permitan cambiar las condiciones alogénicas (abiótico), lo suficiente para facilitar desarrollo autogénico (biótico). Una aproximación para la restauración la constituye el modelo agrícola tradicional, en el cual se fijan las especies a cultivar (repoblar) y se les proporcionan todas las condiciones requeridas en términos de riegos y fertilización. Whisenant (1999) entiende que este enfoque es impracticable en restauración, y propone que se debe hacer sólo aquello que es requerido para que el ecosistema comience a recuperarse a sí mismo (reparación autogénica).

El tercer aspecto descrito por Whisenant (1999), plantea que en muchos casos los esfuerzos de restauración se focalizan en sitios específicos sin considerar el contexto del **paisaje**. Sin embargo, los flujos de recursos, como agua, nutrientes, materia orgánica y propágulos, son controlados por las formas del paisaje y la microtopografía. Por lo tanto, se requiere comprender, anticipar, manipular, y dirigir estos flujos, basados en la comprensión de los atributos del paisaje, para facilitar la recuperación en los procesos ecosistémicos.

Estos tres aspectos debieran guiar la restauración de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Esto implicaría que para restaurar estos bosques no basta con devolver los elementos que éstas tenían antes de ser perturbados, por lo tanto, instaurar las mismas especies removidas, aun cuando estas sean acompañadas de subsidios como fertilización, riego y enmiendas, no será suficiente para recuperar estos ecosistemas. Esto debido a que en muchos casos existirán limitaciones físicas que recuperar, antes de intentar repoblar con el ensamble original de especies vegetales. Usar procesos naturales como una herramienta para reparar ecosistemas degradados es útil ya que se auto-sustentarán, operarán a bajo costo y serán efectivos a gran escala.

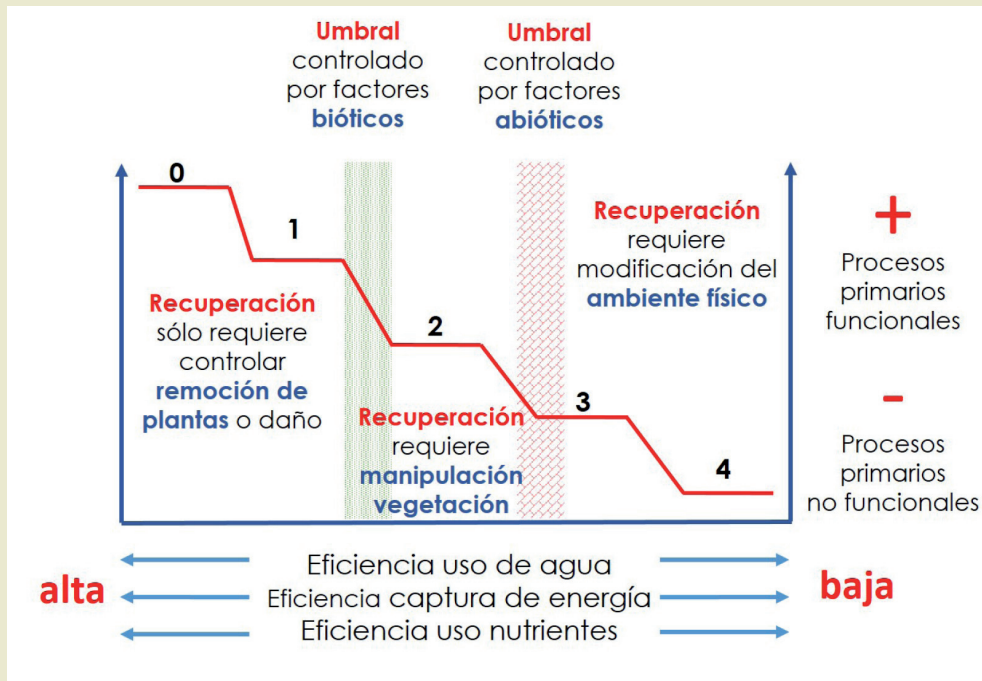
Este esquema hipotético de degradación de ecosistemas propuesto por Whisenant (1999) (Recuadro 6) es útil para posicionar el estado de conservación de los bosques estudiados de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Proposición de estado de conservación para los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal, de acuerdo al esquema hipotético de degradación de ecosistemas (Whisenant, 1999).

Etapas	Descripción	Síntomas	Opciones de manejo	Foco de las actividades iniciales de reparación	Comunidades
0	Biomasa y composición de la vegetación varía con los ciclos climáticos y eventos estocásticos.	Cambios en la vegetación perenne están asociados a cambios en las condiciones climáticas más que al consumo de la productividad primaria. Los procesos primarios se encuentran intactos.	Manejo adaptativo de herbivoría, cosecha de fibra y forraje.	Productores secundarios (consumidores de la productividad primaria).	
1	Consumo selectivo reduce reclutamiento de especies más deseadas, permitiendo a poblaciones de especies menos deseadas expandirse.	Las distribuciones de edad de las poblaciones cambian hacia poblaciones de mayor edad. Procesos primarios no están dañados.	Control estricto de herbivoría, cosecha de fibra, forraje, u otra forma de consumo selectivo de plantas.	Productores secundarios (consumidores de la productividad primaria).	Agua de la Muerte, Urriola Oeste, Urriola Este, Cipresillo
2	Especies vegetales que no reclutan se pierden así como sus predadores y simbioses.	Hay pérdidas vegetales y animales con productividad secundaria reducida. Los procesos primarios están dañados pero aún funcionando.	Manejo de la vegetación (Ej. agregar, remover o modificar) mediante plantación, herbicidas, medidas biológicas o culturales.	Productores primarios.	Matancilla, Vega Chica, Cipresito 1, Cipresito 2
3	Biomasa y productividad de la vegetación fluctúa en la medida que las plantas efímeras se benefician de la pérdida de la cubierta perenne.	Biomasa perenne se ve reducida (plantas de corta vida e inestabilidad aumenta). Procesos primarios son funcionales parcialmente.	Manipular la cobertura del suelo (Ej. mulching, barreras a la erosión, aumentar la rugosidad de la superficie del suelo). Usar y seleccionar cuidadosamente vegetación leñosa para modificar las condiciones microambientales.	Ambiente físico.	Las Cayanas Cipresito 1, Cipresito 2
4	Pérdida de cubierta vegetal genera cambios en la función de los suelos y actividad microbiana.	Suelo desnudo, erosión y aridificación. Procesos primarios no son funcionales.	Manipular la cobertura del suelo (Ej. mulching, barreras a la erosión, aumentar la rugosidad de la superficie del suelo). Usar vegetación leñosa para modificar las condiciones microambientales.	Ambiente físico.	

RECUADRO 6

Esquema hipotético de degradación de ecosistemas propuesto por Whisenant (1999).



La abscisa muestra la disminución de izquierda a derecha en la eficiencia en la captura y uso de recursos como agua, energía y nutrientes en un ecosistemas. De esta forma, el estado cero representa ecosistemas bien conservados, mientras que el estado 4 serían ecosistemas fuertemente degradados. La ordenada muestra el aumento en la funcionalidad de los procesos primarios como son la captura de carbono, energía, agua y nutrientes. En esta figura además, se ilustran dos umbrales que separan los cinco estados en tres grupos. Existe un umbral controlado por factores bióticos, más allá del cual se requiere un esfuerzo deliberado de manipulación de la vegetación para recuperar el ecosistema. Existe un segundo umbral, controlado por factores abióticos, que requiere de la manipulación física del ambiente, como por ejemplo aumentar la infiltración, reducir la erosión, capturar materiales orgánicos y regular extremos microambientales, entre otros.

Al respecto se tiene que ninguna de las comunidades estudiadas puede ser clasificada como prístinas (estado Cero).

En el estado Uno se podrían encontrar los bosques ubicados al interior de la Reserva Nacional Río de Los Cipreses, fundamentalmente aquellos ubicados en los sectores de Agua de la Muerte y Urriola (Este y Oeste). Éstos, a pesar de mostrar algunos signos de perturbación por fuego, ganadería y extracción maderera en el pasado, no presentan signos de que sus procesos primarios se encuentren dañados, por lo tanto, estos ecosistemas pueden autorecuperarse sin ser asistidos. Estos bosques

muestran una distribución de edades con mayor proporción de individuos añosos, por esto, se requiere de un control estricto de la herbivoría, cosecha de fibra, forraje, u otra forma de consumo selectivo de plantas. El enfoque fundamental, es por tanto, en estos bosques el de restauración pasiva, donde se pretende controlar los agentes causales de perturbaciones. El bosque de Cipresillo en el río Cortaderal también se encontrarían en un buen estado de conservación (estado Uno), probablemente asociado a su inaccesibilidad, pero de cambiar esta condición estaría sujeto a mayores riesgos de degradación producto del fuego, pastoreo y extracción de leña.

Los bosques de Vega Chica y Matancilla en el río Cortaderal, se ubicarían en un estado Dos, donde se requiere manipulación de la vegetación al agregar, remover o modificar el ensamble actual de especies. Los bosques de Cipresito 1 y Cipresito 2 se ubicarían entre los estados Dos y Tres, dónde se requiere en ambos, la manipulación de la vegetación, así como también modificaciones en el ambiente físico.

Finalmente los individuos remanentes de la comunidad de Las Cayan⁹ se ubicarían en el estado Tres, al encontrarse fuertemente degradada por efecto del fuego, pastoreo y extracción de leña. En este caso, se requiere urgentemente realizar un control estricto de la herbivoría y cosecha de fibra, manipulación de la vegetación mediante plantación, y manipulación

del ambiente físico, para potenciar la eficiencia en la captura de recursos y recuperación de este ecosistema. Ninguna de las comunidades presentó procesos primarios no funcionales (Estado Cuatro).

5.2 Objetivos de la conservación

Varios objetivos deben guiar los esfuerzos de conservación de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. El proponer los objetivos es la etapa más importante en el proceso de planificación, debido a que permite explicitar la intención del programa de conservación. Además, permite comunicar eficazmente a la comunidad rural aledaña un compromiso ambiental, y al mismo tiempo se explicita el lugar donde se van a focalizar los esfuerzos de conservación (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Objetivos de la conservación de los bosques de ciprés de la cordillera estudiados en el Alto Cachapoal.

Objetivo General A) Reducir presiones antrópicas actuales sobre los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal.
Objetivo específico A1) Reducir los riesgos de incendios en el área de influencia del proyecto. Objetivo específico A2) Reducir los riesgos de extracción de leña en el área de influencia del proyecto. Objetivo específico A3) Reducir los riesgos de extracción de forraje, tierra de hoja, vegetación arbustiva y evitar el sobrepastoreo en el área de influencia del proyecto.
Objetivo General B) Proteger las comunidades actuales de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal.
Objetivo específico B1) Identificar comunidades de la especie no protegidas que se encuentren en terrenos públicos y gestionar su protección. Objetivo específico B2) Identificar comunidades de la especie no protegidas que se encuentren en propiedades privadas y gestionar su protección.
Objetivo General C) Restaurar comunidades actuales de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal
Objetivo específico C1) Identificar ecosistemas de referencia, contra los cuales se evaluarán los avances de la restauración en zonas degradadas. Objetivo específico C2) Modificar el medio físico para facilitar el establecimiento de una cobertura vegetal. Objetivo específico C3) Establecer plantaciones de ciprés de la cordillera y especies leñosas arbóreas y arbustivas en grupos (clúster) en las comunidades existentes. Objetivo específico C4) Monitorear en forma permanente el avance de la restauración.
Objetivo General D) Establecer un programa de investigación en conservación de la diversidad genética de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal.
Objetivo específico D1) Establecer los patrones reproductivos y fenológicos del ciprés de la cordillera en las diferentes condiciones ambientales en que se ubican las diferentes comunidades. Objetivo específico D2) Colectar semillas y estaquillas para establecer un banco de germoplasma o huertos semilleros donde conservar la diversidad genética de las poblaciones de ciprés de la cordillera del Alto Cachapoal. Objetivo específico D3) Establecer un programa de propagación sexual y asexual de ciprés de la cordillera.
Objetivo General E) Mejorar la conectividad entre las comunidades actuales.
Objetivo específico E1) Establecer plantaciones en grupos (clúster) para aumentar o mejorar la conectividad. Objetivo específico E2) Monitorear el avance de la conectividad.

9. Esta comunidad ubicada en el valle del río Pangal, está totalmente degradada por ganadería e incendios y prácticamente carece de individuos de ciprés de la cordillera, por ese motivo no fue tratada detalladamente en los capítulos anteriores.

El primer objetivo general de conservación consiste en reducir las presiones antrópicas actuales sobre los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Esto es, reducir los riesgos de incendios, controlar la extracción de leña y sobrepastoreo. Lo anterior se requiere para garantizar que los esfuerzos directos de manipulación de la vegetación y del ambiente físico, que son intensivos en capital, se mantengan en el tiempo.

El segundo objetivo general de conservación consiste en proteger los bosques actuales de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Una vez controlados los agentes de perturbación (fuego, extracción de leña y sobrepastoreo), se requerirá establecer una figura legal que permita situar los bosques no protegidos en terrenos públicos o privados bajo protección permanente. Lo anterior puede significar una organización sin fines de lucro que reciba aportes privados y públicos que permita impulsar un programa de adquisición o administración de comodatos de tierras para la conservación de ciprés de la cordillera. Esto es importante para asegurar que los esfuerzos de restauración sean independientes de quien administre hoy dicho programa.

El tercer objetivo general de conservación es restaurar los bosques actuales de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Para ello se requiere establecer ecosistemas de referencia contra el cual se evaluarán los avances de la restauración, modificar el medio físico para facilitar el establecimiento de una cobertura vegetal permanente, establecer plantaciones en grupos (clusters) de ciprés de la cordillera en las comunidades existentes y monitorear en forma permanente el avance de la restauración.

El cuarto objetivo general de conservación, consiste en establecer un programa de investigación en conservación de la diversidad genética de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Establecer un banco de germoplasma que permita conservar la diversidad genética de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Para ello se requerirá coleccionar semillas y estacas de todos los bosques de la especie en el Alto Cachapoal, establecer un banco de germoplasma o de huertos semilleros para preservar la diversidad genética de la especie para las futuras generaciones y establecer un programa de propagación sexual y asexual de la especie.

El quinto objetivo general de conservación, consiste en propender a una mayor conectividad biológica entre los bosques actuales mediante la plantación de la especie. Lo anterior se requiere para que éstos se mantengan en una condición de viabilidad y para permitir el intercambio genético entre poblaciones. Para ello se requerirá establecer corredores biológicos que permitan flujos de materia, energía y germoplasma entre las poblaciones actuales. Esto permitiría que se vayan expandiendo las poblaciones, hasta lograr la conectividad completa. Finalmente, estas actividades requerirán del monitoreo permanente para evaluar el avance de los esfuerzos de conectividad. En estos grupos de plantación, además de ciprés de la cordillera, se pueden incorporar en distintas proporciones, especies arbóreas y/o arbustivas acompañantes presentes en el Alto Cachapoal. Entre éstas se encuentran las arbóreas maitén (*Maytenus boaria*), quillay (*Quillaja saponaria*), franjel (*Kageneckia angustifolia*); subarbóreas como lilén (*Azara petiolaris*); y arbustivas como litrecillo (*Schinus molle*), entre otras.

5.3 Sistema de restauración

Para el establecimiento de ciprés de la cordillera, tanto en los bosques existentes, como en aquellas plantaciones destinadas a aumentar la conectividad, se propone la técnica de plantación en grupos (clúster). Esta técnica permitiría aprovechar de mejor manera los micrositios generados por la heterogeneidad de la topografía del sector, incrementando las posibilidades de sobrevivencia de la plantación. La cantidad de micrositios favorables, para las plantas se pueden incrementar mediante pequeñas terrazas y labores en el suelo, para favorecer la captura de agua. Por otro lado, esta técnica permite simular las condiciones naturales de regeneración de ciprés de la cordillera, el cual presenta una estrategia de propagación o reiteración clonal, que le permitiría una mayor estabilidad frente a los disturbios naturales del área.

La Figura 5.3 muestra la secuencia hipotética del establecimiento de grupos de plantas que progresivamente van avanzando en la ocupación del paisaje. El horizonte de tiempo para lograr la etapa más avanzada (D) con ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal superaría los 100 años. Mediante

esta técnica se establecen grupos de 5 - 50 plantas distribuidas a una distancia de 50 - 100 cm unas de otras. En todos los casos, las áreas en recuperación debieran ser cercadas para evitar daños por el ganado doméstico. Además, las plantas deberán ser protegidas individualmente (ejemplo con tubos protectores o repelentes), para evitar los posibles daños causados

por lagomorfos y las temperaturas extremas. Las plantas utilizadas requieren de un alto estándar para sobrevivir las condiciones de estrés hídrico y temperaturas extremas, y deben ser establecidas tan pronto ocurran los deshielos en octubre, necesitando en algunos casos riego. Por otra parte, se requieren plantas de dos temporadas en contenedor (mínimo 15 cm de altura y 4 mm diámetro de cuello) (Figura 5.4).

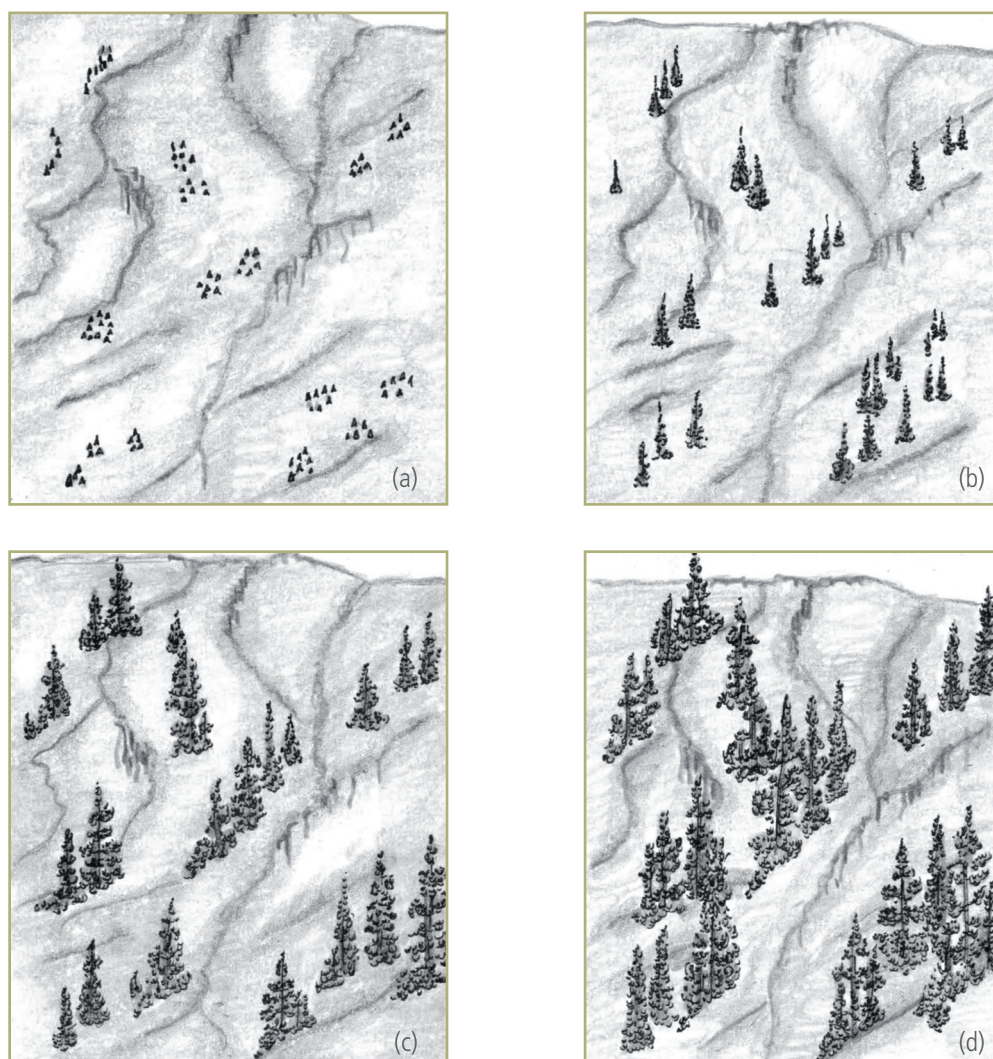


Figura 5.3. Secuencia hipotética del establecimiento de plantaciones en grupos que progresivamente van avanzando hacia la ocupación del terreno (a: Estadio inicial; d: Estadio final). Esta técnica propuesta para el establecimiento de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), se asemeja a la forma natural de regeneración de la especie en el Alto Cachapoal (modificado de Schöenberger (2001); Dibujo: Susan Márquez).

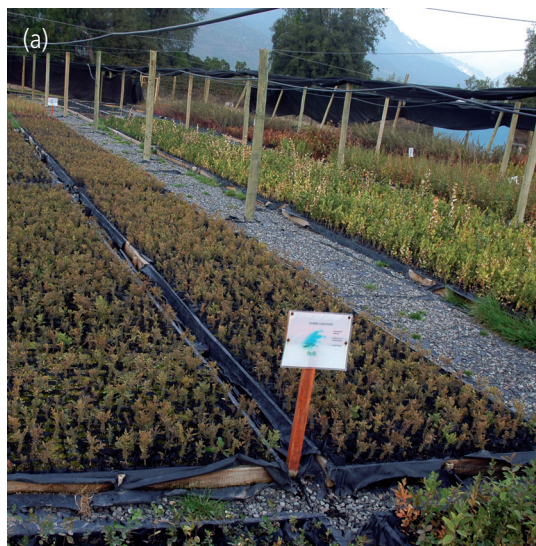


Figura 5.4. (a) Sistema de producción de plantas de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en contenedor, Vivero Pacific Hydro; (b) Detalle de plantas de ciprés de la cordillera en contenedor.

Para establecer los grupos de plantación, se plantea la necesidad de realizar casillas de plantación de 30 x 30 x 30 cm. Idealmente la disposición de plantación no debiera ser exactamente rectangular y debe buscarse

aquellos micrositios donde pueda existir un efecto protector para las plantas de la excesiva insolación y exposición al viento (Ej., rocas, piedras, troncos y otra vegetación) (Figura 5.5).



Figura 5.5. Establecimiento de individuos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en grupos en el Alto Cachapoal. (a) Plantación en grupos aprovechando los claros naturales con protección lateral de la vegetación acompañante; (b) Detalle del lugar de plantación. Río Cachapoal septiembre 2010 (Fotografías: Gustavo Cruz).

Una fertilización balanceada con macro y micro nutrientes también es recomendable probablemente con fertilizantes de lenta liberación o con fertilizantes tradicionales aplicados en forma balanceada siguiendo las formulaciones de Ingestad (1979) o de Hoagland (Marschner, 1995).

Resulta importante considerar protocolos de monitoreo en todas las acciones de restauración. Esto es establecer algunas medidas de desempeño y monitorearlas permanentemente, con lo cual se permitiría utilizando un enfoque de manejo adaptativo, reestudiar, por ejemplo, el tipo de plantas a utilizar para lograr una mayor sobrevivencia y crecimiento. Igualmente, es recomendable establecer algunas parcelas permanentes, debidamente marcadas y monitorearlas periódicamente, particularmente en el período seco, siendo los factores críticos a evaluar la supervivencia, el vigor, el estado sanitario y el crecimiento.

5.4 Plan de restauración

Un plan de restauración es un documento y su cartografía asociada que describe la situación actual del sitio a restaurar, la visión de cómo será el sitio restaurado, los objetivos y metas que se pretenden ir logrando para materializar la visión, y los protocolos de monitoreo y evaluación que permitirán seguir avanzando hacia la visión objetivo del sitio a restaurar. Los planes serán requeridos, porque son el respaldo técnico y económico a la propuesta de restauración. Además este documento permite que el proyecto sea independiente de las personas. Así, nuevos gestores podrán saber qué se ha hecho y qué es lo que se debe hacer en el futuro mediano.

Dado que un proyecto de restauración en ecosistemas de montaña llevará varias décadas, se debiera actualizar el plan cada 5 años de manera de incorporar el nuevo conocimiento adquirido, redirigir aquellas actividades que hayan fracasado y potenciar aquellas experiencias exitosas.

El lenguaje del plan debe ser sencillo y directo; haciendo uso intensivo de elementos visuales (Ej. esquemas, figuras, tablas, mapas, diagramas de flujo, etc.) que permitan su mejor comprensión. En la Figura 5.6 se presenta un esquema general con las etapas de un Plan de restauración.

Un plan de restauración debiera contemplar cuatro grandes etapas (Figura 5.6). Por simplicidad identificamos estas cuatro etapas con la sigla ASPE: (A) Análisis, (S) Síntesis, (P) Programa de Actividades y (E) Evaluación Económica.

En general, análisis se define como el procedimiento de separar un todo o sistema en partes o componentes; mientras que la síntesis corresponde al procedimiento opuesto, que es combinar elementos separados de manera de formar un todo coherente (Ritchey, 1991). Así la **etapa de análisis (A)** contempla una descripción del contexto legal e institucional, una descripción del contexto ecológico y una descripción del contexto socioeconómico del sitio a restaurar.

La **etapa de síntesis (S)** integra estos componentes y establece la estrategia a utilizar para restaurar el sitio de estudio. Por estrategia nos referimos a los grandes lineamientos que deben guiar la restauración, a la visión del sitio restaurado, al ecosistema de referencia, a los objetivos y a las metas que se persiguen. El horizonte de planificación de dicha estrategia involucrará varias décadas y no debiera (aunque podría) cambiar sustancialmente durante este tiempo.

La siguiente etapa corresponde al **programa (P) de actividades** (Figura 5.6), que involucra a la secuencia de actividades o intervenciones que ocurren espacial y temporalmente, pero para un período relativamente pequeño (Ej. 5 años), comparado con el horizonte total de tiempo que requerirá el proceso de restauración (50-100 años). La idea es elaborar planes de restauración que tengan horizontes móviles de planificación. Esto es, por ejemplo, considerar que se actualizarán los planes de restauración cada cinco años, revisando la estrategia, y programando las actividades para los siguientes cinco años. Así un proyecto de restauración de 50 años podría dividirse en 10 etapas consecutivas de 5 años cada una, de las cuales posee un plan que se actualiza en forma secuencial. El conocimiento adquirido en cada etapa se utiliza para retroalimentar la elaboración del siguiente plan, los aspectos positivos se refuerzan, mientras que los aspectos negativos se minimizan. La planificación secuencial permite llevar a cabo un manejo adaptativo. El manejo adaptativo es

una estrategia que permite lidiar con la incertidumbre de los resultados que producirán las actividades de restauración. En cierta forma consiste en reconocer que no sabemos exactamente cómo funcionan, ni cómo detalladamente se pueden recuperar los ecosistemas, en este caso las comunidades de ciprés de la cordillera. Así el conocimiento adquirido en una etapa previa, retroalimenta los planes futuros.

El programa (P) de actividades (Figura 5.6) pretende responder el ¿Cómo?, el ¿Cuándo? y el ¿Dónde? se realizarán las intervenciones. La visión más sencilla de dicho programa se representa mediante mapas que indican dónde, con qué extensión y cuándo ocurren las intervenciones (Figura 5.7). La representación del programa de actividades mediante mapas es probablemente la mejor forma de visualizar las intervenciones en el tiempo y en el espacio.

Además, de las actividades directas de restauración (Ej. plantación, construcción de obras físicas, laboreo del suelo, mulching), se consideran actividades de

mantención de la obra física como diques, empalizadas, zanjas de infiltración, asociadas a las plantaciones, así como también, de los caminos que acceden al sitio de restauración.

También se debe considerar que, pueden llegar a existir inversiones en infraestructura como por ejemplo en caminos, estaciones meteorológicas, guarderías, entre otras, que también deben ser consideradas en el programa de actividades.

La **etapa de evaluación económica (E)** corresponde a la última etapa del plan de restauración (Figura 5.6). Considera los costos, los beneficios y las externalidades del plan de restauración para el período aplicado al programa de actividades de restauración (Ej. 5 años). Los costos son el resultado directo en materiales, mano de obra, maquinaria, plantas e insumos, entre otros, considerados en el programa de actividades. Los beneficios serán aquellos que el proyecto genera al compararlo con el escenario base (Ej. no hacer nada).



Figura 5.6. Esquema propuesto para la elaboración de planes de restauración en bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Diagrama basado en esquema de ordenación de bosques de la Oficina Nacional de Bosques de Francia (modificado de Dubourdieu (1997); Whisenant (1999)).

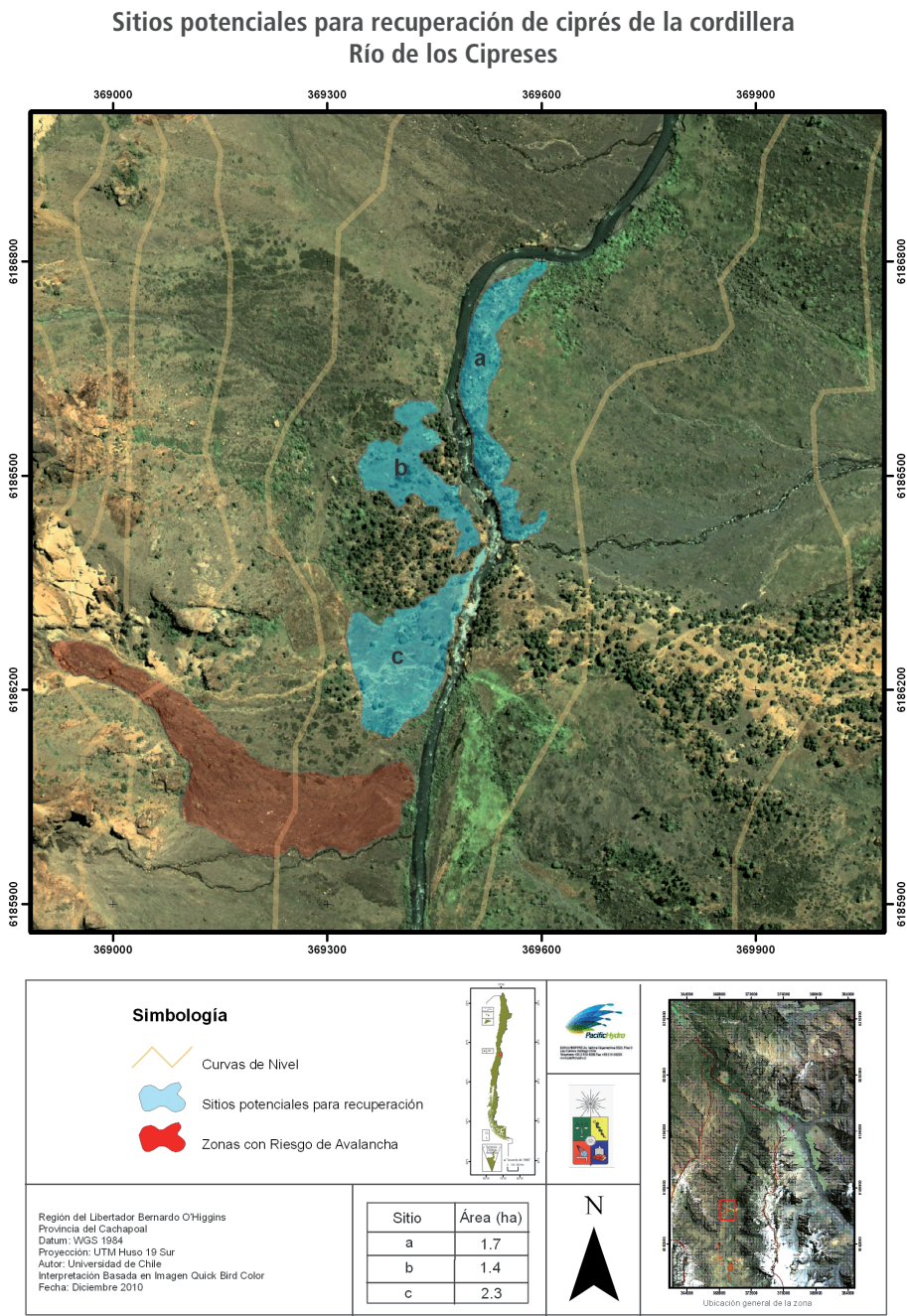


Figura 5.7. Ejemplo de un mapa ubicación con sitios potenciales para la recuperación de poblaciones de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en la Reserva Nacional Río de Los Cipreses, contenido en un plan de restauración propuesto. Se indican las superficies a plantar y los posibles riegos (avalanchas) para la faena.

6.

Síntesis y proyecciones

Gustavo Cruz M.



Con el desarrollo de este libro se da un paso fundamental para abordar la recuperación de ciprés de la cordillera en la cuenca del Alto Cachapoal. Esta información debería sentar las bases para formular las estrategias para la conservación de las poblaciones septentrionales de la especie.

Al hacer un análisis consolidado de la información presentada en este libro, se advierte que gran parte de los individuos de ciprés de la cordillera en el área del Alto Cachapoal se distribuyen en forma dispersa, siendo sólo una baja proporción los que conforman bosques o bosquetes de reducida superficie, distribuyéndose mayoritariamente en la cuenca del río de Los Cipreses, al interior de la Reserva Nacional Río de Los Cipreses. Climáticamente se desarrollan en condiciones extremas de montaña, donde la precipitación media anual fluctúa entre los 1.000 y 2.500 mm/año, con una temperatura media anual de 9,6° C. Estos bosques se distribuyen entre los 1.270 y 1.621 msnm, encontrándose la mayor parte de ellos por sobre los 1.500 msnm, ocupando laderas medias y bajas con pendientes fuertes en zonas de derrubio, abanicos y conos aluviales, caracterizadas por una heterogeneidad de los materiales rocosos. También ocupan sectores más planos en terrazas fluviales conformadas por sedimentos arenosos estratificados, así como también por depósitos fluviales más gruesos y desordenados. En particular,

las agrupaciones de individuos dispersos que se distribuyen en roqueríos en las parte más altas de la cuenca, se asocian a cuerpos intrusivos graníticos y granodioríticos de colores claros, que instruyen en parte a las rocas volcano-sedimentarias de la formación Coya-Machalí. Por otra parte, las comunidades existentes en el valle del río de Los Cipreses se ubican parcialmente en zonas con alteraciones hidrotermales. Los suelos donde se desarrollan los bosques de ciprés de la cordillera, se caracterizan por ser preferentemente sustratos de materiales no consolidados con escaso desarrollo edáfico, perteneciendo desde el punto de vista taxonómico, al orden de los Entisols.

Ciprés de la cordillera conforma bosques de poca extensión casi monoespecíficos, abiertos, conformados por individuos mono o plurifustales, con densidades comprendidas entre los 76 y 856 fustes por hectárea y cuya altura en promedio varía entre 2 y 19 m. Estos individuos plurifustales son originados por la reiteración (rebrote) de los fustes después de su total o parcial destrucción, debido al efecto de algún agente perturbador. La estructura vertical de las distintas comunidades es multiestratificada, caracterizándose su estructural horizontal por una baja cobertura, la cual fluctúa entre 10 y 35%, distribuyéndose los individuos de ciprés de la cordillera en forma agrupada y/o aleatoria sobre la superficie del terreno.

Las plantas de regeneración provenientes de semillas son muy escasas variando en promedio entre 13 y 143 plantas por hectáreas. Estas se establecen preferentemente en áreas despejadas, sobre sustratos minerales, pedregosos y con abundantes rocas, donde sus raíces buscan los intersticios entre las piedras y rocas, para acceder al sustrato mineral. En menor medida, las plantas se establecen entre piedras, utilizándolas como protección lateral y sobre grietas y/u oquedades de las rocas, donde aprovechan el detritus y la humedad acumulada. Se encontró una baja proporción de las plantas de regeneración utilizando arbustos del sotobosque como plantas nodrizas.

Al igual que la regeneración proveniente de semillas, las plantas provenientes de regeneración vegetativa son escasas (variando entre 0 y 130 plantas por hectárea) en los bosques estudiados. Esta se manifiesta por la presencia de varios vástagos originados por la reiteración (rebrote aéreo) de los fustes después de su total o parcial destrucción, debido al efecto de alguna perturbación (Ej. deslizamiento de tierra, derrumbes, avalanchas de nieve, incendios y corta), así como también, por raíces superficiales o por el enterramiento parcial de ramas bajas de los árboles (acodos), por efecto del peso de la nieve y/o el material de los rodados. Estos vástagos dan origen a individuos plurifustales que se mantienen unidos al fuste original a través de interconexiones radiculares. Esta sería la causa de la existencia de una estructura horizontal agrupada donde coexisten grupos de árboles junto a individuos aislados. Es importante señalar, que desde el punto de la estrategia de conservación de la especie, este proceso de reiteración de los fustes destruidos, así como el de reproducción por acodo, si bien permiten en forma rápida la reproducción y mantención de la especie en ambientes desfavorables, restringirían el avance de la población hacia otras áreas acentuando la presencia de individuos clonales producto de la propagación vegetativa.

La edad de los individuos muestreados, (a la altura de 0,3 m sobre el suelo), fluctúa entre 28 y 300 años, reclutándose la mayor parte de éstos entre los años 1920 y 1940. Este reclutamiento de los individuos ha sido variable en monto, pero continuo durante los últimos 250 años, por lo que la regeneración a pesar

de ser escasa, ha sido suficiente para mantenerse en los bosques del área. Esto sugiere que esfuerzos en facilitar la regeneración natural de la especie podrían tener buenos resultados para la recuperación de las poblaciones.

Desde el punto de vista florístico, el total de especies de flora vascular registradas en los bosques de ciprés de la cordillera asciende a 91 especies, distribuidas en 73 géneros y 44 familias. Se destaca el escaso número de plantas alóctonas o adventicias. Si bien colectas repetidas en distintas temporadas podrían cambiar esta afirmación, la naturalidad del área también se evidencia en la ausencia de especies leñosas cultivadas asilvestradas frecuentes en terrenos alterados de la región andina de Chile central.

Se determinó la presencia de 8 especies (8,8% del total de especies) con algún nivel de amenaza de su estado de conservación. De éstas a nivel nacional, ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) se encuentra en la categoría NT o Casi Amenazada (D.S. 42, Chile, Ministerio del Medio Ambiente, 2011). Así mismo, quisquito (*Pyrrhocactus curvispinus*) se encuentra clasificado como especie LC o Preocupación Menor (D.S. 41, Chile, Ministerio del Medio Ambiente, 2011) a nivel nacional. Además, *Kageneckia angustifolia* presenta categoría de "Casi Amenazada" a nivel nacional.

La recuperación de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal requerirá de un esfuerzo coherente y sostenido en el tiempo, el cual deberá comprometer recursos políticos, técnicos y financieros, con el fin de iniciar el proceso de "reparación", que tardará algunas décadas en manifestarse. Por este motivo y teniendo en consideración la historia evolutiva, la singularidad de la flora y de la vegetación, el estado actual y la vulnerabilidad de los bosques de ciprés de la cordillera, se determinaron cuáles son las características peculiares que éstos presentan, que justifican la realización de este esfuerzo de conservación. En virtud de este análisis, se puede considerar que los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal y en su distribución septentrional, como singulares y bajo un estado de gran vulnerabilidad que requieren ser priorizadas en planes de conservación.

Sin embargo, la conservación de los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal no puede ser lograda por medios pasivos. Es decir, la exclusión del uso o medidas de protección no garantizará que algunas poblaciones se recuperen en el futuro. De acuerdo con lo anterior, se requiere de una conservación activa, que identifique los principales agentes causales de daño y sea capaz de reducir sus efectos. Es más, se requerirán otras medidas activas, sostenidas en el tiempo de conservación, que intervengan el hábitat para favorecer la recuperación de las poblaciones degradadas. Como se mencionó anteriormente, este esfuerzo demandará comprometer potenciales usos, adquirir y/o administrar terrenos y comprometer recursos económicos y a la comunidad. Por otro lado, los planes de conservación deberán considerar un enfoque orientado a procesos, buscar iniciar la reparación autogénica y considerar en la restauración las interacciones con el paisaje. Estos planes deberían considerar los siguientes objetivos:

- Reducir presiones antrópicas actuales sobre los bosques de ciprés de la cordillera en Alto Cachapoal,
- Proteger los bosques actuales de la especie en el Alto Cachapoal,
- Restaurar los bosques actuales de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal,
- Establecer un programa de investigación en conservación de la diversidad genética de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal y
- Mejorar la conectividad entre las comunidades actuales de la especie.

Como sistema de restauración se propone y discute la técnica de plantación en grupos (clúster), para el establecimiento de ciprés de la cordillera y especies acompañantes, tanto en las comunidades existentes, como en aquellas destinadas a aumentar la conectividad. Esta técnica permitiría aprovechar de mejor manera los micrositios favorables para plantas, generados por la heterogeneidad de la topografía del sector, incrementando las posibilidades de supervivencia de los individuos en la plantación. Además, esta técnica permite simular las condiciones naturales de regeneración de ciprés de la cordillera, el cual presenta una estrategia de propagación o reiteración clonal,

que le permitiría una mayor estabilidad frente a los disturbios naturales del área.

La información contenida en los capítulos precedentes determinó la distribución de las comunidades de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Además, se describieron las características ambientales y estructurales de los bosques; la dinámica regenerativa de la especie y la composición y singularidad florística de sus comunidades. Si bien estos resultados dan cuenta de una serie de interrogantes sobre estas comunidades, generan al mismo tiempo un sinnúmero de nuevas preguntas ecofisiológicas de la especie y de la sinecología entre las comunidades donde ella participa. Para afrontar estas interrogantes, mucha de la información inédita generada para este libro puede en el futuro ser complementada y seguir siendo analizada desde otra perspectiva, de manera de generar un mayor conocimiento científico para apoyar la gestión ambiental y de conservación del área, por parte de Pacific Hydro y las entidades gubernamentales sectoriales.

Entre las posibles líneas de investigación complementarias factibles de realizar en el futuro se encuentran:

Singularidad genética: En base a los antecedentes revisados se infiere que existiría una singularidad en los bosques septentrionales de ciprés de la cordillera, dado que éstos serían refugios de las glaciaciones y por tanto conservarían características genéticas de las poblaciones originales de la especie. Se esperaría que las poblaciones marginales de una especie diverjan de las poblaciones centrales como resultado de los efectos interconectados del aislamiento, la deriva genética y la selección natural. Entonces es posible que la conservación a largo plazo de la especie dependa de la protección de estas poblaciones marginales, distintas genéticamente. Por otro lado, estas poblaciones serían potencialmente importantes para la protección de los procesos evolutivos y ambientales que afecten la diversidad evolutiva futura. En virtud de lo anterior, resulta de interés estudiar en profundidad la diversidad genética y las relaciones de parentesco entre las poblaciones del Alto Cachapoal y otras poblaciones del área septentrional y/o austral de distribución de la especie en Chile.

Hábitat de la especie: Sería de interés determinar las principales variables abióticas que influyen en la distribución de las comunidades de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal. Esto debido a que existe una serie de variables ambientales, que en el estudio que llevó a este libro, sólo se abordaron en términos globales, debido a que su análisis en profundidad trascendía los alcances del estudio realizado. En particular la modelación de las variables climáticas, geomorfológicas y edafológicas, permitiría desarrollar un modelo de hábitat potencial para la especie. Relacionado con esto, resulta de interés verificar si las formas de crecimiento exhibidas por la especie, guardan relación con el ambiente en que se desarrolla ésta a lo largo de su distribución.

Dinámica regenerativa: En la mantención y recuperación de los bosques de ciprés de la cordillera, tiene una gran relevancia sus posibilidades de regeneración natural. En este sentido cobra interés el evaluar más intensivamente la cantidad y calidad del reclutamiento de ciprés de la cordillera en poblaciones presentes en el Alto Cachapoal. También sería adecuado estudiar los patrones en la regeneración de la especie y el efecto de la radiación fotosintéticamente activa, la humedad y otras variables meteorológicas sobre el establecimiento, la supervivencia y crecimiento de las plantas. Por otro lado, sería necesario verificar si la regeneración por rebrote (acodo), en vez de la natural por semillas, constituye una estrategia para la mantención de la especie en su área de distribución septentrional (xérica) o mediterránea.

Propagación de la especie: Como se mencionó anteriormente, las posibilidades de regeneración natural de la especie son vitales para la recuperación de los bosques de ciprés de la cordillera en forma natural o asistida en el Alto Cachapoal, sin embargo, para planes de restauración de áreas muy degradadas, es necesario contar con semillas y plantas con una procedencia local que faciliten la supervivencia de las plántulas ante factores ambientales locales. Si bien en el vivero de Pacific Hydro, existe actualmente el conocimiento y la capacidad técnica para producir plantas de la especie, resulta de relevancia complementar y potenciar estos conocimientos con estudios sobre la fenología de

la especie con objeto de determinar la existencia de añerismo en la producción de semillas, participación de individuos femeninos y masculinos en las poblaciones, así como también determinar las características básicas de la calidad de la semilla en las diferentes poblaciones de la especie o respecto a patrones de distribución altitudinal de las comunidades.

Singularidad estructural: Los resultados del estudio realizado indican un patrón estructural particular para los bosques de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Sin embargo, surge la interrogante si existen diferencias en estos patrones (árboles muertos en pie, caídos, número de árboles individuales, número de individuos plurifustales, vástagos por individuo, etc.) y de flora entre las comunidades de cipreses septentrionales, del centro y del sur de su distribución en Chile. De manifestarse más claramente estas diferencias, se contribuiría a dar un mayor sustento a la necesidad de conservar estas comunidades septentrionales de la especie.

Micorrizas: Desde el punto de vista edáfico, se demostró la gran plasticidad de la especie y su carácter de pionera, capaz de crecer en condiciones edáficas con grandes limitantes, tales como suelos con altos contenidos de gravas y piedras. Para entender mejor el comportamiento de la especie en estas condiciones, así como también el balance de nutrientes, se plantea estudiar si la presencia de micorrizas, incide positivamente en el establecimiento, sobrevivencia y desarrollo de la especie en estos suelos. Esa información sería de gran utilidad para apoyar las actividades de recuperación de la especie mediante plantación.

Balance de carbono: En este estudio se colectaron algunos datos de carácter exploratorio, como análisis químicos de suelos y follaje, flujos de CO₂ desde los suelos e índice de área foliar, entre otros. Sería de interés en una etapa posterior estimar acumulación y secuestro de carbono en ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. También se podría entender mejor el balance de agua en el suelo y en la planta, así como también el balance de nutrientes, para entender de mejor forma como estos factores afectan el secuestro de carbono, establecimiento y sobrevivencia de la especie.

Restauración: De acuerdo a los resultados, en ciertas áreas del Alto Cachapoal, pueden implementarse actividades para una restauración activa. Posteriormente, estas actividades deberían, evaluarse como una estrategia para recuperar la composición florística y la estructura de la vegetación en comunidades vegetales de ciprés de la cordillera y de las especies de la Región

del Bosque y el Matorral Esclerófilo de la Precordillera Andina. Esto podría ser implementado en la Reserva Nacional Río de Los Cipreses. Como una manera de ganar experiencia en las labores de restauración de la especie, se deben estudiar y efectuar ensayos de plantación e iniciar el monitoreo de éstas (o de aquellas realizadas) a largo plazo.

Bibliografía

- ACUÑA, M. 2001. Formulación de un protocolo de trabajo para el análisis de semillas de especies leñosas nativas. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 87 p.
- AIZEN, M. y ROVERE, A. 1995. Does pollen viability decrease with aging? A cross-population examination in *Austrocedrus chilensis* (Cupressaceae). *International Journal of Plant Science* 156 (2): 227-231.
- APOSTOL, D. y SINCLAIR, M. 2006. Restoring the Pacific Northwest: The art and science of ecological restoration in Cascadia. Island Press, USA. 475 p.
- ARANA, M.V.; SEBASTIANI, F.; GALLO, L.; MARCHELLI, P.; VENDRAMIN, G. y PASTORINO, M. 2010. High genetic variation in marginal fragmented populations at extreme climatic conditions of the Patagonian Cypress *Austrocedrus chilensis*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 941–949.
- ARAYA, J.; HUERTA, A.; PUGA, K. y GAZMURI, C. 2011. Assessment of Damage by Insects and Fungi from *Austrocedrus chilensis* (Cupressaceae) in Central Chile. Abstract Book from the 4th superindice Annual International Symposium on Agricultural Research, 18-21 July 2011, Athens, Greece. Athens Institute for Education and Research. Athens, Greece, 87 p.
- ARAYA-VERGARA, J. 1985. Análisis de la carta geomorfológica de la cuenca del Mapocho. En: Revista Informaciones Geográficas N° 32. Santiago. pp. 31-44.
- ARRUÉ, L. 2000. Historia del territorio que hoy ocupa la Reserva Nacional Río de Los Cipreses. Corporación Nacional Forestal. Rancagua, Chile. 84 p.
- ARTURI, M.F.; FERRANDO, J.; GOYA, J.; YAPURA, P. y FRANGI, J. 2001. Tendencias espaciales de la regeneración de *Austrocedrus chilensis* en relación con el dosel arbóreo. *Ecología Austral* 11:31-38.
- BARNES, B.V.; ZAK, D.R.; DENTON, S.R. y SPURR, S.H. 1998. Forest ecology. 4th Edition. Wiley, New York, USA. 774 p.
- BARNES, H.L. 1967. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, Primera Edición, Hubert L. Barnes (Eds.). Holt, Rinehart and Winston Inc. Publication.
- BECKER, C. 2010. Caracterización fitosanitaria del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. et Bizz.) en Sierras de Bellavista, San Fernando, Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Santiago, Chile. 63 p.
- BENOIT, I. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura. Santiago. 151 p.
- BLACKHALL, M.; RAFFAELE, E. y VELEN, T.T. 2008. Cattle affect early post-fire regeneration in a *Nothofagus dombeyi*-*Austrocedrus chilensis* mixed forest in northern Patagonia, Argentina. *Biological Conservation* 141: 2251–2261.

BLIKRA, L.H. y NEMEC, W. 1998. Postglacial colluvium in Western Norway: depositional processes, facies and paleoclimatic record. *Sedimentology*. 45: 909-959.

BONACIC, C.; IRIARTE, J. y BAS, F. 1996. Endangered guanaco (*Lama guanicoe*) population habitat use in the Andean Mountains of Chile. En: *Journal of Wildlife Research*. Vol.1, N°1. pp 85-88.

BRION, C.; GRIGERA, D. y ROSSO, P. 1993. La reproduction d'*Austrocedrus chilensis* (D.Don) Florin et Boutelje. C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Vie, 316: 721-724.

BROOKE, R.C.; PETERSON, E.B. y KRAJINA, V.J. 1970. The subalpine mountain hemlock zone. *Ecology of western North America* 2: 151-307.

BUSTOS, C. 2007. Historia de incendios en bosques de *Austrocedrus chilensis* (D. Don.) Pic. Serm. et Biz. en la cuenca andina del río Cachapoal, Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad Austral. Valdivia, Chile. 52 p.

BYERS, A.C.; PRICE, L.W. y PRICE, M.F. 2013. An introduction to mountains. In: Price, M.F., Byers, A.C.; Friend, D.A.; Kohler, T. y Price, L.W. (Eds.). *Mountain geography. Physical and human dimensions*. University of California Press, Berkeley, USA, pp. 1-10.

CÁCERES, I.; ASPILLAGA, E.; DEZA, A. y ROMÁN, A. 1993. Un sitio agroalfarero tardío en la cuenca del río Cachapoal, Chile Central. *Actas de XII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*. 2: 423-428.

CÁCERES, I.; WESTFALL, C. y GALLARDO, F. 1994. Asentamientos cerámicos tardíos en el curso medio del río Cachapoal, Chile Central. *Actas del 2° Taller de arqueología de Chile Central*. 14 p.

CASTOR, C.; CUEVAS, J.; ARROYO, M.; RAFII, Z.; DODD, R. y PEÑALOZA, A. 1996. *Austrocedrus chilensis* (D. Don.) Pic.-Serm. et Bizz. (Cupressaceae) from Chile and Argentina: monoecious or dioecious? *Revista chilena de historia natural*. 69: 89-95.

CHARRIER, R. 1983. Estratigrafía, evolución tectónica y significado de las discordancias de los Andes Chilenos entre 32° y 36°S durante el Mesozoico y Cenozoico. En: Frutos, J. y Pincheira, M. (Eds.). *Geología y Recursos Minerales del Chile*, Editorial de la Universidad de Concepción. 1: 101-133, Concepción.

CHAUCHARD, L.; REY, M. y PEÑALBA, M.G. 1991. Funciones de volumen para ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (Don.) Flor. et Boutelje). En: *Actas de las VI Jornadas Técnicas: Inventarios-Modelos de Producción y Crecimientos Forestales*. Eldorado. Misiones. pp 40-48.

CHAVEZ, C. 2005. Amenazas naturales en media y baja montaña asociados al corredor de comercio Las Leñas, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Memoria para optar al título de Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo Escuela de Geografía. Universidad de Chile. 105 p.

CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1974 Decreto Supremo N° 701. Fija régimen legal de los terrenos forestales o preferentemente aptos para la forestación, y establece normas de fomento sobre la materia. 15 de octubre 1974.

CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1967. Decreto N° 552. Prohíbe la corta de árboles situados en quebradas u otras áreas no susceptibles de aprovechamiento agrícola o ganadero del predio La Vacada de Huelquén, comuna Paine, Provincia de Santiago. 1 de septiembre 1967.

CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2008. Ley N° 20.283. Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. 30 de julio 2008.

CHILE. MINISTERIO DE EDUCACIÓN. 2006. Decreto N° 698. Declara Santuario de la Naturaleza la "Serranía el ciprés", ubicada en la Quebrada el Asiento y el Cerro el Tabaco, Comuna y Provincia de San Felipe, V Región de Valparaíso. 30 de mayo 2006.

CHILE. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2011. Decreto N° 29. Aprueba reglamento para la clasificación de especies según su estado de conservación. 27 de abril 2012.

CHILE. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2011. Decreto Supremo N° 41. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, sexto proceso. 11 de abril 2012.

CHILE. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2011. Decreto Supremo N° 42. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, séptimo proceso. 11 de abril 2011.

CHILE. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2012. Decreto Supremo N° 19. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, octavo proceso. 26 de junio 2012.

CHILE. MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. 1994. Ley N° 19.300. Ley sobre bases generales del medio ambiente. 9 de marzo 1994.

CHILE. MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. 1997. Decreto N°30. Reglamento de Sistema de Evaluación Ambiental. 27 de marzo 1997.

CHILE. MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. 2004. Decreto Supremo N° 75. Aprueba reglamento para clasificación de especies silvestres. 11 de mayo 2005.

CHILE. MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. 2008. Decreto Supremo N° 51. Aprueba y oficializa, nombra para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. 30 de julio 2008.

CONAF. 2000. Plan de manejo Reserva Nacional Río de Los Cipreses período 2000-2004. 61 p.

CONAF. 2011. Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Monitoreo de cambios y actualizaciones. Período 1997 - 2011. Santiago, Chile. 25 p.

CONIFER SPECIALIST GROUP. 1998. *Austrocedrus chilensis*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 20 December 2010.

COVAS, G. 1995. Podocarpaceae, Araucariaceae, Cupressaceae. En: Proflora (Eds.). Flora fanerogámica argentina 4, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Córdoba, pp. 1-14.

CRUZ, G. 2010. Programa de recuperación del ciprés de la cordillera. Informe de avance. Central Hidroeléctrica Chacayes. Pacific Hydro Chacayes S. A. VI Región. Santiago, 43 p.

DAMASCOS, M. 1998. Morfología de las plantas de los claros y áreas sombreadas del bosque de *Austrocedrus chilensis*, Argentina. Ecología Austral 8: 13-22.

DEZZOTTI, A. 1996. *Austrocedrus chilensis* and *Nothofagus dombeyi* stand development during secondary succession, in northwestern Patagonia, Argentina. *Forest Ecology and Management* 89: 125 – 137.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. 1985. Catastro general usuarios de aguas de la ribera sur del Río Cachapoal y sus afluentes Cuenca del Río Rapel – VI Región. Tomo 1-6. 244 p.

DODD, R.S.; RAFII, Z.A. y POWER, A.B. 1998. Ecotypic adaptation in *Austrocedrus chilensis* in cuticular hydrocarbon composition. *New Phytologist* 138: 699-708.

DOMEYKO, I. 1849. Viajes a las Cordilleras de Talca y de Chillán. Santiago, Chile. Fac. de Medicina y de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 2ª Parte. 28 p.

DONOSO, C. 1981. Investigación y desarrollo forestal. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de trabajo 38. Santiago (Chile), Corporación Nacional Forestal. 82 p.

DONOSO, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina: Variación, estructura y dinámica. *Ecología Forestal*. Santiago (Chile), Universitaria. 484 p.

DONOSO, C. 2013. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. *Autoecología*. Ed. Marisa Cúneo. Valdivia. (2º ed.). 678 p.

DONOSO, C.; CORTÉS, M. y SOTO, L. 1980. Antecedentes sobre semillación y germinación de alerce, ciprés de las Guaitecas, ciprés de la cordillera y tino. *Bosque* 3(2): 46-100.

DONOSO, C.; ESCOBAR, B. y GONZALEZ, M. 1995. Técnicas de vivero y plantación para Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Chile Forestal, CONAF, Documento técnico 88. 11 p.

DONOSO, C.; ESCOBAR, B.; PASTORINO, M.; GALLO, L. y AGUAYO, J. 2006. *Austrocedrus chilensis* (D.Don) Pic. Serm. et Bizzarri. Ciprés de la Cordillera, Len. Familia: Cupressaceae. En: DONOSO, C. 2006. Las especies arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. *Autoecología*. Marisa Cúneo Ediciones. Valdivia, Chile. pp 54-64.

DUBOURDIE, J. 1997. Manuel d'aménagement forestier. Gestion durable et intégrée des écosystème forestiers. Office National des Forêts. Lavoisier TEC& DOC, Paris, Francia. 244 p.

EARLE, C.J. 1993. Forest Dynamics in a Forest-Tundra ecotone, Medicine Bow Mountains, Wyoming. Ph.D. Dissertation, University of Washington, USA. 141 p.

ECHEVARRÍA, E. 1988. Leyendas de los Andes de Chile. 1ª ed. Santiago (Chile), Arancibia. 155 p.

ESPINOSA, G.A.; HAJEK, E.R. y FUENTES, E.R. 1985. Distribución geográfica de los deslizamientos de tierra asociados a desastres en Chile. *Ambiente y Desarrollo* 1(2): 81-90.

FALABELLA, F. 1994. La Cordillera de los Andes: Ruta de Encuentros. Dos puntas tiene el camino: Antiguas relaciones trasandinas en el centro de Chile y Argentina. Museo Chileno de Arte Precolombino. Santiago, Chile. 96 p.

FAO. 2012. Diagnóstico nacional de montaña. Fortalecimiento de la gestión participativa para el desarrollo sostenible de los Andes. Informe Chile. FAO, Santiago, Chile. 188 p.

- FARJON, A. 2005. A monograph of Cupressaceae and Sciadopitys. London: Royal Botanic Gardens, Kew. 643 p.
- FAÚNDEZ, L.; SERRA, M.T. y TEILLIER, S. 2007. Estado de conservación de la flora vascular de la Región de O'Higgins. En: Serey, I.; Ricci, M. y Smith-Ramírez, C. (Eds.). 2007. Libro Rojo de la Región de O'Higgins. Corporación Nacional Forestal – Universidad de Chile, Rancagua, Chile, 222 p. < <http://www.librorojo.cl/lista-de-especies> > Downloaded on 20 December 2010.
- FONTENLA, S.; GODOY, R.; ROSSO, P. y HAVRYLENKO, M. 1998. Root associations in *Austrocedrus* forests and seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizas, *Mycorrhiza* 8: 29-33.
- GADEK, P.A.; ALPERS, D.L.; HESLEWOOD, M.M. y QUINN, C.J. 2000. Relationships within Cupressaceae sensu lato: a combined morphological and molecular approach. *Amer. J. Bot.* 87: 1044-1057.
- GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución Geográfica. Editorial Universitaria. 165 p.
- GAJARDO, R. y SERRA M.T. 2009. Informe experto respecto de la amenaza a la continuidad de especies con problemas de conservación *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. y Bizzarri. *Pacific Hydro*. Santiago. 23 p.
- GAJARDO, R.; SERRA, M.T. y GREZ, I. 1987. Fichas técnicas de lugares específicos con presencia de especies leñosas amenazadas de extinción. Corporación Nacional Forestal. Programa de Protección y Recuperación de la Flora Nativa de Chile. 628 p.
- GALLO, L.; PASTORINO, M. y DONOSO, C. 2004. Variación en *Austrocedrus chilensis* (D.Don) Pic. Serm. et Bizzarri (Ciprés de la Cordillera). En: Donoso, C.; Premoli, A.; Gallo, L. y Ipinza, R. 2004. Variación Intraespecífica en las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp 233-251.
- GARDNER, M. y LARA, A. 2003. The conifers of Chile: An Overview of their distribution and ecology. *Proc. 4 on Conifer. Acta Hort* 615. ISHS. 165-170.
- GAY, C. 1980. Imágenes de Chile: 10 láminas del Atlas de la historia física y política de Chile. Santiago, Chile. Universitaria. 7 p.
- GAZMURI, M.C. 2012. Caracterización fitosanitaria del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el cerro Tabaco, San Felipe, Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile. Santiago, Chile, 46 p.
- GOBBI, M. 1993. Estado actual de un bosque de "ciprés de la cordillera" (*Austrocedrus chilensis*) a los 70 años de su incendio. *Actas Seminario de Ecología y Manejo de Fuego en Ecosistemas Naturales y Modificados*, INTA. pp 58-63.
- GOBBI, M. y SCHLICHTER, T. 1998. Survival of *Austrocedrus chilensis* seedlings in relation to microsite conditions and forest thinning. *Forest Ecology and Management* 111: 137-146.
- GOLDER ASSOCIATES. 2009. Estudio de Riesgo y Peligros Naturales del Proyecto Hidroeléctrico Nido de Águilas – Las Leñas – Alto Cachapoal Rec. O. Preparado para Pacific Hydro S.A. 84 p.

GRÊT-REGAMEY, A.; BRUNNER, S.H. y KIENAST, F. 2012. Mountain ecosystem services: Who cares? Mountain Research and Development 32(S1): S23-S34.

GRIGGS, R.F. 1938. Timberlines in the northern Rocky Mountains. Ecology 19(4): 548-564.

GROSFELD, J. 2002. Análisis de la variabilidad morfológica y arquitectural de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. et Bizarri, *Fitzroya cupressoides* (Molina) I. M. Johnst., *Pilgerodendron uviferum* (D. Don) Florin y *Cupressus sempervirens* L. (Cupressaceae). Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue, Argentina. 314 p.

GROSFELD, J. y BARTHÉLÉMY, D. 2005. Variación arquitectural de *Austrocedrus chilensis* en función de sus principales tipos forestales en Argentina. En: I Reunión sobre ecología, conservación y uso de los bosques de ciprés de la cordillera. Esquel, Chubut (Argentina). Abril 28-30 de 2005. Argentina, CIEFAP. pp 89-95.

HALLÉ, F. 2010. Arquitectura de los árboles. Bol. Soc. Argent. Bot. 45 (3-4): 405-418.

HALL, M. y WITTE, J. 1998. Maderas del Sur de Chile. IER Ediciones. Santiago, Chile. 92 p.

HANISCH, W. 1974. Historia de la Compañía de Jesús en Chile. Francisco de Aguirre Santiago, Chile y Buenos Aires, Argentina. 263 p.

HAVRYLENKO, M.; ROSSO, P. y FONTENLA, S. 1989. *Austrocedrus chilensis*: Contribución al estudio de su mortalidad en Argentina. Bosque 10 (1): 29-36.

HECHENLEITNER V.; GARDNER, M. F.; THOMAS, P. I.; ECHEVERRÍA, C.; ESCOBAR, B.; BROWNLESS, P. y MARTÍNEZ, C. 2005. Plantas Amenazadas del Centro-Sur de Chile. Distribución, Conservación y Propagación. Primera Edición. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo. 188 p.

HIDROELÉCTRICA LA CONFLUENCIA S.A. 2010. Anexo Censo de *Austrocedrus chilensis* en Bocatoma Azufre, Matancilla. 21p.

HILL, R.S. 1995. Conifer origin, evolution and diversification in the southern hemisphere. In: ENRIGTH, N.J. y HILL, R.S. (Eds.). 1995. Ecology of the Southern Conifers. Melbourne University Press, Carlton, Victoria. pp. 10-29.

HOLMGREN, A. 2006. Evaluación del efecto de *Cinara cupressi* (Bruckton) (Hemiptera, Aphididae) post control químico, sobre *Austrocedrus chilensis* (D. Don). Tesis Ing. Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 65 p.

HOLTERMEIER, F.K. 2009. Mountain Timberlines, ecology, patchiness, and dynamics. Advance in global change reserch Vol 36, Springer. 437 p.

HORTA-PIZARRO, I.; SOFFIA, M.F.; MORA, M.; AGUILAR, A.; LOBOS, P. y VALDOVINOS, C. 2014. Antecedentes preliminares del estudio de la batracofauna en la Reserva Nacional Río de Los Cipreses y el Alto Cachapoal, Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Biodiversidata 2: 117-119.

HUECK, K. 1978. Los bosques de Sud América: ecología, composición e importancia económica. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (Eschborn). 476 p.

INGESTAD, T. 1979. Mineral nutrient requirements of *Pinus silvestris* and *Picea abies* seedlings. *Physiologia Plantarum*. 45:373-380.

IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri RK, Reisinger A (directores de publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. 104 p.

ISTA. 2010. Internacional Rules for Seed Testing. P.O. Box. 308,8303 Basserdorf, CH-Switzerland. 300 p.

IUCN. 2001. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 33 p. <<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/31359/0>> Downloaded on 20 December 2010.

KAPOS, V.; RHIND, J.; EDWARDS, M.; RAVILIOUS, C. y PRICE, M.F. 2000. Developing a map of the world's mountain forests. In: Price M.F. y Butt, N. (Eds.). *Forests in sustainable mountain development: A state-of- knowledge report for 2000*. CAB International, Wallingford, UK 4-9.

KITZBERGER, T. 1994. Fire regime variation along a northern Patagonian forest steppe gradient: stand and landscape response. Ph.D. thesis, University of Colorado, Boulder.

KLOHN, C. 1960. Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central. Provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó. Boletín N° 8, Instituto de Investigaciones Geológicas.

KÖRNER, C. y OHSAWA, M. 2005. Mountain systems. In: Hassan, R., Scholes, R. y Ash, N. (Eds.). *Ecosystems and human well-being: current State and trends. Findings of the Conditions and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment*. Island Press, Washington DC, USA, pp. 681-716.

KÖRNER, C.; PAULSEN, J. y SPEHN, E.M. 2011. A definition of mountains and their bioclimatic belts for global comparisons of biodiversity data. *Alp Botany* 121: 73-78.

KRÄUCHI, N.; BRANG, P. y SCHÖNENBERGER, W. 2000. Forest of mountainous regions: Gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management* 132: 73-82.

LA MANNA, L. 2005. Caracterización de los suelos bajo bosque de *Austrocedrus chilensis* a través de un gradiente climático y topográfico en Chubut, Argentina. *Bosque* 26:137-153.

LA MANNA, L.; CARABELLI, F.; GÓMEZ, M. y MATEUCCI, S. 2008. Disposición espacial de parches de *Austrocedrus chilensis* con síntomas de defoliación y mortalidad en el Valle. 16 de Octubre (Chubut, Argentina). *Bosque* 29(1): 23-32.

LE QUESNE, C.; ARAVENA, J.; JIMÉNEZ, H.; VILLA, R. y VERGARA, J. 1999. Caracterización de un rodal de *Austrocedrus chilensis* (D.Don) Pic. Ser. et Bizz. en la Reserva Nacional Río de Los Cipreses, VI Región, Chile. CONAF. Serie Técnica 3: 1-19.

LE QUESNE, C.; ARAVENA, J.C.; ÁLVAREZ, M. y FERNÁNDEZ, J. 2000. Dendrocronología de *Austrocedrus chilensis* (Cupressaceae) en Chile Central. En: Roig, F. (Eds.). *Dendrocronología en América Latina*. EDIUNC. Mendoza, Argentina. pp. 159-175.

LUCERO, M. 1996. Regeneración temprana del bosque de ciprés de la cordillera. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Comahue. 46 p.

LUEBERT, F. y PLISCOFF, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile. Ed. Universitaria. Santiago. 316 p.

LUZIO W.; CASANOVA M. y SEGUEL O. 2010. Suelos de Chile. Luzio W. (Editor). Universidad de Chile. 346 p.

MAO, K.; MILNE, R.I.; ZHANG, L.; PENG, Y.; LIU, J.; THOMAS, P.; MILL, R.R. y RENNER, S.S. 2012. Distribution of living Cupressaceae reflects the breakup of Pangea. *Proceedings of the National Academy, USA* 109(20): 7793-7798.

MARKGRAF, V. y ANDERSON, L. 1994. Fire history of Patagonia: Climate versus Human cause. *Rev. Inst. Geol.* 15 (1-2). 35-47.

MARR, J.W. 1977. The development and movement of tree islands near the upper limit of tree growth in the southern Rocky Mountains. *Ecology* 58: 1159-1164.

MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London. 889 p.

MARTICORENA, C. y QUEZADA, M. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 42: 5 –157.

MARTICORENA, C. y RODRÍGUEZ, R. 1995. Flora de Chile. Vol. 1. Pteridophyta-Gymnospermae. Universidad de Concepción, Chile. 351 p.

MEYBECK, M.; GREEN, P. y VÔRÔSMARTY, C.J. 2001. A new typology for mountains and other relief classes: An application to global continental water resources and population distribution, *Mt. Res. Dev.*, 21(1), 34 – 45.

MUNDO, I.A.; EL MUJTAR V.A.; PERDOMO, M.H.; GALLO, E.L.; VILLALBA, R. y BARRERA, M.D. 2010. *Austrocedrus chilensis* growth decline in relation to drought events in Northern Patagonia, Argentina. *Trees* 24: 561-570.

MUÑOZ, C. 1973. Chile: Plantas en Extinción. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 247 p.

MUÑOZ, M. y SERRA, M.T. 2006. *Austrocedrus chilensis*. Documento de Trabajo. Estado de Conservación de las Plantas de Chile. MNHN-CONAMA. 8 p.

MUÑOZ, M.; NÚÑEZ, H. y YÁÑEZ, J. 1996. Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad en Chile. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 203 p.

NUÑEZ, C.; RAFFAELE, E.; NUÑEZ, M. y CUASSOLO, F. 2009. When do nurse plants stop nursing? Temporal changes in water stress levels in *Austrocedrus chilensis* growing within and outside shrubs. *Journal of Vegetation Science* 20: 1064–1071.

PASTORINO, M. 2000. Genetic variation and reproduction system of *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Florin et Boutelje a cypress endemic to the Andean-Patagonian Forest. Göttingen, Alemania. 166 p.

PASTORINO, M.; FARIÑA, M.; BRAN, D. y GALLO, L. 2006. Extremos geográficos de la distribución natural de *Austrocedrus chilensis* (Cupressaceae). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 41 (3-49): 307- 311.

- PASTORINO, M. y GALLO, L. 1997. Natural vegetative propagation of *Austrocedrus chilensis* (Cupressaceae) in marginal populations (resumen). II Southern Connection Congress, Valdivia, pp. 6-11.
- PASTORINO, M. y GALLO, L. 2000. Variación geográfica en peso de semilla en poblaciones naturales argentinas de "Ciprés de la Cordillera". Bosque 21(2): 95-109.
- PASTORINO, M. y GALLO, L. 2002. Quaternary evolutionary history of *Austrocedrus chilensis*, a cypress native to the Andean-Patagonian forest. Journal of Biogeography 29 (9): 1167-1178.
- PAVEZ, E. 2008. Atlas del Alto Cachapoal. Relatos de la Flora y Fauna. Pacific Hydro, Santiago. 94 p.
- PICKETT, S. y WHITE, P. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. 1ª ed. San Diego (EEUU), Academic Press. 472 p.
- PISSIS, A. 1860. Descripción topográfica i jeográfica de la provincia de Colchagua. Imprenta Nacional. Santiago, Chile. 45 p.
- REGATO P. y SALMAN R. 2008. Mediterranean Mountains in a Changing World: Guidelines for developing action plans. Malaga, Spain: IUCN Centre for Mediterranean Cooperation. 88 p.
- RITCHEY, T. 1991. Analysis and Synthesis - On Scientific Method based on a Study by Bernhard Riemann. Systems Research 8(4), 21-41.
- RODRÍGUEZ, R. 2004. Monografía Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Especie con Problemas de Conservación en Chile. Endesa. Santiago, Chile. 71 p.
- RODRÍGUEZ, R.; MATHEI, O. y QUEZADA, M. 1983. Flora Arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. Chile. 408 p.
- ROVERE, A. 1991. Estudio experimental de germinación y desarrollo temprano del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Comahue. 79 p.
- ROVERE, A. 2000. Condiciones ambientales de la regeneración del Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Revista Bosque. Volumen 21 (1): 57-64.
- ROVERE, A.; GOBBI M. y RELVA, A. 2005. Regeneración de *Austrocedrus chilensis*. En: Arturi M.F.; Frangi, J.L. y Goya, J.F. (Eds.). Ecología y manejo de bosques de la Argentina. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. pp. 1-15.
- ROVERE, A. y SANCHOLUZ, L. 1991. Relación entre lluvia, banco de semillas y regeneración del ciprés de la Cordillera *Austrocedrus chilensis*. XVI Reunión Argentina de Ecología, Rosario, Argentina.
- SADZAWKA, M.A.; PERALTA, M.; IBARRA, M.; PERALTA, J.M. y FUENTES, J.P. 1995. Características químicas de suelos forestales chilenos. Bosque 9:16-28.
- SCHLEGEL, F. 1962. Hallazgo de un bosque de cipreses cordilleranos en la Provincia de Aconcagua. Bol. Univ. Chile 32: 43-46.

SCHÖNENBERGER, W. 2001. Cluster afforestation for creating diverse mountain forest structures a review. *Forest Ecology and Management* 145: 121-128.

SCHÖNENBERGER, W.; SCHWEINGRUBER, F. y MATTHECK, C. 1994. Baumformen an der oberen Waldgrenze. - *Bündnerwald* 47, 1: 35-42.

SEREY, I.; SMITH-RAMÍREZ, C.; DE LA BARRERA, F.; MORAGA, S.; RICCI, M.; LOBOS, P. y GONZÁLEZ, T. 2007. Sitios prioritarios de la región de O'Higgins. En: Serey, I.; Ricci, M. y Smith-Ramírez, C. (Eds.). *Libro Rojo de la Región de O'Higgins*. Corporación Nacional Forestal (CONAF) y Universidad de Chile. Emaras Impresoras. pp. 123-137.

SERNAGEOMIN. 2003. Mapa geológico de Chile. Versión digital. Publicación geológica digital, N° 4, 2003 Cd-rom, versión 1.0. <<http://www.ipgp.fr/~dechabal/Geol-millon.pdf>>

SERRA, M.T. 1987. Dendrología de Coníferas y Otras Gimnospermas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Depto. de Silvicultura. Apuntes Docentes N° 2. 176. < http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_forestales/serram02/index.html> Downloaded on 20 December 2010.

SERRA, M.T.; GAJARDO, R. y CABELLO, A. 1986. *Austrocedrus chilensis*. Programa de Protección y Recuperación de la Flora Nativa de Chile. Ficha Técnica de Especies Amenazadas. Corporación Nacional Forestal. 23 p.

SHANKMAN, D. 1984. Tree regeneration following fire as evidence of timberline stability in the Colorado Front Range, USA. *Arctic and Alpine Research* 16: 413-417.

SOTO, M.V.; CASTRO, C. y CHÁVEZ, C. 2004. Caracterización geomorfológica del corredor de comercio Las Leñas, Valle del río Cachapoal, Andes de Chile Central. *Revista de Geografía, Norte Grande*. N° 031: 85-98.

SOUTO, C. y GARDNER, M. 2013. *Austrocedrus chilensis*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 16 January 2015.

UNEP-WCMC (World Conservation Monitoring Centre). 2002. *Mountain Watch: environmental change and sustainable developmeny in mountains*. Cambridge, UK. 88 p.

URIBE, J. M.; CABRERA, R.; DE LA FUENTE, A. y PANEQUE, M. 2012. *Atlas Bioclimático de Chile*. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 232 p.

VARELA, J. 1986. Estudio Geológico-geomorfológico de los depósitos de relleno cuaternario del valle del río Las Leñas en el sector Laguna del Yeso-Borbollones, VI Región. Departamento de Geología, Universidad de Chile.

VEBLEN, T. y LORENZ, D. 1987. Post-fire stand development of *Austrocedrus-Nothofagus* forests in northern Patagonia. *Vegetatio* 71: 113-126.

VEBLEN, T.; BURNS B.; KITZBERGER, T.; LARA, A. y VILLABA, R. 1995. The Ecology of the Conifers of Southern South America. En: Enright, N. y Hills, R. *The Ecology of Souhtern Conifers*. Ed. Melbourne Univ. Press. pp 120-155.

VEBLEN, T.T.; KITZBERGER, T. y LARA, A. 1992. Disturbance and vegetation dynamics along a transect from rainforest to Patagonian shrublands. *Journal of Vegetation Science* 3: 291-301.

VEBLEN, T.T.; YOUNG K.R. y ORNE A.R. 2007. Future environments of South America. In: Veblen T.T.; Young K.R. y Orne A.R. (Eds.). *The Physical Geography of South America*. Oxford University Press, New York, USA, pp. 340-352.

VILLAGRÁN, C. y VARELA, J. 1990. Palynological evidence for increased aridity on the central Chilean coast during the Holocene. *Quaternary Research* 34: 198-207.

VILLAGRÁN, C.; ARROYO, M. y ARMESTO, J. 1982. La vegetación de un transecto altitudinal en los Andes del norte de Chile (18°-19°S). En: Veloso, A. y Bustos, E. (Eds.). "El Ambiente Natural y las Poblaciones Humanas de los Andes del Norte Grande de Chile (Arica, Lat. 18°28'S)", Volume 1, Rostlac, Montevideo, pp. 13-70.

WALTER, K.S. y GILLETT, H.J. 1998. 1997 IUCN Red List of Threatened Plants. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre. IUCN – The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 862 p.

WHISENANT, S.G. 1999. *Repairing damaged wildlands: A process-orientated, Landscape-Scale Approach*. Cambridge University Press, UK. 312 p.

WIESER, G. y TAUSZ, M. 2007. Current concepts for treeline limitation at the upper timberline. In: Wieser, G. y Tausz, M. (Eds.). *Trees at their upper limit. Treeline limitation at the Alpine Timberline*. Springer, Dordrecht, Netherlands. pp. 1-18.

YANG, Z.Y.; RAN, J.H. y WANG, X.Q. 2012. Three genome-based phylogeny of Cupressaceae s.l.: further evidence for the evolution of gymnosperms and Southern Hemisphere biogeography. *Mol. Phylogenet. Evol.* 64:452-470.

YRARRÁZVAL, J. 1940. *El Marqués de Larraín y su descendencia*. Imprenta Chile. Santiago, Chile. 110 p.

ZULOAGA, F.; MORRONE, O. y BELGRANO, M. 2008. *Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107. 3 volúmenes. 3846 p.

Vista del río de Los Cipreses cerca de su confluencia con el río Cachapoal. Fotografía: Pacific Hydro.





CIPRÉS DE LA CORDILLERA

(Austrocedrus chilensis (D. Don) Pic. Serm. et Bizarri)

ANTECEDENTES ECOLÓGICOS PARA LA CONSERVACIÓN
DE LAS COMUNIDADES EN EL ALTO CACHAPOAL

Gustavo Cruz Madariaga (Editor)