



Informe Final

PROYECTO N° 028/2011

Evaluación de la sustentabilidad de intervenciones silvícolas tradicionales en el tipo forestal Roble-Hualo

Investigadora responsable

Ursula Doll¹

Co-investigadores

Darío Aedo¹, Oscar Vallejos¹, José San Martín², Luis Soto¹, Iván Urzúa¹

¹**Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca**

²**Instituto de Biología Vegetal y Biotecnología, Universidad de Talca**

Índice

1. Resumen ejecutivo	1
2. Hipótesis de trabajo	1
3. Formulación del proyecto, marco teórico y discusión bibliográfica	2
3.1. Bibliografía	4
4. Objetivos	6
4.1. Objetivo general	6
4.2. Objetivos específicos	6
5. Metodología	7
5.1. Revisión bibliográfica	7
5.2. Sitios de estudio	7
5.3. Caracterización de condiciones de sitio	9
5.4. Inventarios dasométricos	9
5.5. Regeneración actual de las especies arbóreas y arbustivas	9
5.6. Vegetación acompañante	10
5.7. Evaluación y análisis de datos	10
5.8. Difusión	11
6. Resultados	11
6.1. Caracterización de condiciones de sitio	11
6.2. Inventarios dasométricos	12
6.3. Regeneración actual de las especies arbóreas y arbustivas	16
6.4. Vegetación acompañante	18
6.5. Evaluación de las intervenciones	19
7. Conclusiones	21
8. Recomendaciones	21
Anexo I. Revisión Bibliográfica	23
Anexo II. Información sobre predios medidos	42
Anexo III. Caracterización geomorfológica de los predios	44
Anexo IV. Antecedentes bioclimáticos	46
Anexo V. Resumen de datos dasométricos por clase diamétrica	57
Anexo VI. Regeneración actual de árboles y arbustos distintos de <i>Nothofagus</i>	62
Anexo VII. Análisis de varianza no paramétrico con datos de rodales intervenidos	64
Anexo VIII. Evaluación de rodales sin intervención reciente	67

1. Resumen ejecutivo

En respuesta a la escasa información existente en el país sobre cómo manejar en forma sustentable los distintos tipos forestales nativos, el proyecto pretende definir métodos de intervención acordes a la condición de sitio para bosques del tipo forestal Roble-Hualo. En el marco Proyecto de Cooperación entre Chile y Alemania "Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo", CONAF Región del Maule recopiló 32 experiencias silvícolas. A 10 años de la mayoría de estas intervenciones silvícolas y sobre la base de la información existente, se seleccionó las dominadas por Roble y/o Hualo para realizar un completo inventario de su estado actual. Se recopiló la información necesaria para caracterizar las condiciones de sitio de cada rodal, se realizó el inventario dasométrico y un análisis florístico de la vegetación acompañante. Paralelamente se seleccionaron rodales sin intervención reciente evidente cercanos a cada situación para ser contrastadas con las parcelas intervenidas. De esta forma fue posible evaluar las respuestas a las intervenciones realizadas y comparar el estado de desarrollo ecológico y dasométrico de los módulos intervenidos y no intervenidos.

2. Hipótesis de trabajo

Se postuló que:

Aumentos en la intensidad de intervención de los rodales de Roble-Hualo hasta cierto umbral, se traducen en un aumento del crecimiento de los árboles, dependiendo de la especie y de la condición de sitio.

Aumentos en la intensidad de intervención de los rodales hasta cierto umbral, favorecen la regeneración natural de los árboles, dependiendo de la especie y de la condición de sitio.

Aumentos en la intensidad de intervención de los rodales se traducen en distintas respuestas de la vegetación acompañante, favoreciéndose un incremento de la diversidad florística, con la participación de esclerófilas y exóticas.

3. Formulación del proyecto, marco teórico y discusión bibliográfica

El tipo forestal Roble-Hualo ocupa 188.000 ha en Chile central, 79% de las cuales se ubican en la Región del Maule (CONAF - CONAMA 1999). La mayor parte de esta área (87 %, CONAF – CONAMA 1999) está representada por renovales de Hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser) y Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst). Por el norte este tipo forestal se extiende hasta la Región de Valparaíso donde se encuentra el Roble en los cerros La Campana y El Roble, mientras que el límite sur está marcado por la presencia del Hualo en la Región del Biobío Donoso 1993). Esta formación boscosa crece en ambas cordilleras, siempre dentro del clima mediterráneo o bajo su influencia cuando supera altitudes de 1.000 m.s.n.m.

El Roble presenta un radio de distribución más amplio, formando parte de otros tipos forestales (Donoso 1981) a diferencia del Hualo que es un árbol endémico de la región mediterránea de Chile, creciendo en la Cordillera de los Andes y en la Cordillera de la Costa hasta los 1.200 m s.n.m., entre los 34°01' S y 37°27' S (Le-Quesne and Sandoval 2001). En el pasado los bosques de Hualo estuvieron sujetos a una fuerte extracción y sustitución por cultivos y plantaciones exóticas (Donoso 1993, Amigo *et al.* 2000). Actualmente la especie está restringida a poblaciones sujetas a un intenso proceso de fragmentación (Le-Quesne and Sandoval 2001). Tales motivos gatillaron su inclusión en el estado de conservación vulnerable en la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza IUCN (González 1998).

Mientras que el género decíduo *Nothofagus* es un componente característico de los bosques templados del sur de Chile, Hualo es la especie de *Nothofagus* mejor adaptada a las condiciones mediterráneas secas y calurosas. Presenta hojas ásperas de margen ondulado, acercándose a la apariencia de especies xerofíticas resistentes al estrés hídrico mediante un retardo a la desecación (Larcher 1994). Se lo encuentra habitando suelos delgados sobre fuertes pendientes, pero también suelos más profundos y húmedos. Fajardo y Alaback (2005) determinaron que *N. glauca* puede comportarse como especie pionera en sitios desfavorables o colonizando claros en bosques maduros. Estos hechos pueden indicar que se trata de una especie plástica capaz de adaptarse a diferentes situaciones microclimáticas.

La madera de *N. glauca* presenta una alta densidad, con propiedades físicas y mecánicas aptas para la construcción (Diaz 2005). También presenta excelentes propiedades para ser utilizada como pisos del tipo parquet (Rodríguez 2007). Razones que garantizarían un alto valor comercial de productos madereros provenientes de un manejo sustentable del recurso. Sin embargo la especie se continúa utilizando principalmente para leña y carbón, siendo el único ingreso económico para muchas familias rurales (Cea 2008).

Para asegurar su manejo y conservación sustentable, es importante contribuir con información al conocimiento sobre la estructura y el funcionamiento de los bosques de Hualo en sus diferentes sitios de distribución (Fajardo y Alaback 2005) y promover la forestación comercial de sitios desfavorables usando esta especie. Pimstein (1974) avanzó en la caracterización ecosistémica de bosques de *N. glauca*. Villaseñor (1975) describió la anatomía de la cutícula foliar de *N. glauca*. Gomez (1976) midió la producción de biomasa de bosques de Hualo de tres diferentes

edades en Bullilleo (sud-este de la Región del Maule), reportando 366 ± 306 ton/ha de biomasa aérea y una producción foliar anual de $3,6 \pm 3,0$ ton/ha. Litton y Satelices (1996) describieron las comunidades vegetales que acompañan los bosques de Hualo en la Región del Maule. Existe información sobre la propagación de la especie vía semilla (González *et al.* 2009) y vía enraizamiento de estacas (Santelices y Cabello 2006). Burgos *et al.* (2008) informaron sobre la producción de semillas y la germinación de Hualo en un rodal de *N. glauca*.

Desde el año 2005 se están llevando a cabo estudios para la cuantificación de la acumulación de biomasa en raíces y mantillo de un renoval dominado por Hualo, situado en la Estación Experimental "El Picazo", determinándose una acumulación de $12,47$ Ton ha^{-1} de mantillo y $20,99$ Ton ha^{-1} de biomasa de raíces en los 20 cm superiores del perfil del suelo (Doll *et al.* 2008). En el mismo renoval se está cuantificando la producción de hojarasca, obteniéndose una producción promedio anual de $6,57$ Ton ha^{-1} (Doll *et al.* 2009).

En el marco del proyecto FPA 7-003-2009 se voltearon todos los individuos de Hualo contenidos en una parcela de 100 m^2 en tres renovales de Hualo de la Estación Experimental "El Picazo" respectivamente. Los renovales presentaban una densidad promedio de $1666,7$ ejemplares por ha y un área basal promedio de $38,0648$ m^2 ha^{-1} . Cada ejemplar fue trozado, desramado y deshojado para determinar la biomasa por componente. Además se cosechó las raíces principales de seis individuos por parcela. Estos datos se utilizaron para ajustar funciones de biomasa. Paralelamente se desarrolló un modelo para la cuantificación anual de biomasa en base al análisis fustal realizado con rodajas obtenidas cada un décimo de la altura total de cada individuo (Vallejos 2010).

Existe en el país escasa información sobre métodos y técnicas de manejo viables y sustentables para los distintos tipos forestales nativos. Esta escasez es aún más marcada cuando se trata de la formación boscosa objetivo del proyecto.

Daziano y Carrasco (1998) evaluaron durante 3 años distintas intensidades de raleo en 3 renovales dominados por Hualo y 3 renovales dominados por Roble respectivamente. En la mayoría de los casos se obtuvieron los mayores incrementos diametrales en las parcelas raleadas al 50% del área basal. Solís (2008) evalúa la respuesta de los renovales de Hualo a 10 años de las intervenciones de raleo.

En el marco del Proyecto de Cooperación entre Chile y Alemania "Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo", CONAF Región del Maule realizó una recopilación de 32 intervenciones realizadas en el marco del D.L. 701 en la Región del Maule con la finalidad de que sirvan como módulos demostrativos (Aguilera y Benavides 2005). Bajo un marco de sustentabilidad, el criterio de selección de las experiencias silvícolas fue que en su ejecución compatibilicen aspectos ambientales, sociales y económicos.

A 10 años de la mayoría de las intervenciones silvícolas mencionadas y sobre la base de la información existente, el presente proyecto seleccionó las parcelas dominadas por Roble y/o Hualo entre las 32 parcelas recopiladas por CONAF, realizando un completo inventario de su estado actual. Se recopiló la información

necesaria para caracterizar las condiciones de sitio de cada rodal, se realizó el inventario dasométrico y un análisis florístico de la vegetación acompañante. Paralelamente se seleccionaron rodales contiguos a cada situación que no presentaban evidencia de intervención reciente, para ser contrastadas con las parcelas intervenidas. Esto permitió evaluar las respuestas a las intervenciones realizadas y comparar el estado de desarrollo ecológico y dasométrico de los módulos intervenidos y no intervenidos. Con estos antecedentes se pretende definir métodos de intervención y manejo acordes a cada condición de sitio que favorezcan el crecimiento y la regeneración de las especies arbóreas con fines de producción y/o protección.

3.1. Bibliografía

Aguilera M, G Benavides. 2005. Recopilación de Experiencias Silvícolas en el "Bosque Nativo Maulino". Proyecto Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo. CONAF, Chile, 144 p.

Amigo J, J San Martín, L García. 2000. Estudio fitosociológico de los bosques de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasse del Centro-Sur de Chile. *Phytocoenologia* 30(2): 193-221.

Burgos A, A Grez, O Bustamante. 2008. Seed production, pre-dispersal seed predation and germination of *Nothofagus glauca* (Nothofagaceae) in a temperate fragmented forest in Chile. *Forest Ecology and Management* 255: 1226–1233.

Cea F. 2008. Comparación de distribuciones SB Johnson y Logit-logistic en renovales de *Nothofagus oblicua* y *Nothofagus glauca* en la precordillera de la Región del Maule. Memoria de Título. Talca, Chile. Universidad de Talca. 28 p.

CONAF – CONAMA (Corporación Nacional Forestal, CL – Comisión Nacional del Medio Ambiente, CL). 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe Regional Séptima Región. Santiago, Chile. Corporación Nacional Forestal – Comisión Nacional del Medio Ambiente. 116 p.

Bilbao N. 2005. Estimación de biomasa radical acumulada bajo un bosque nativo del tipo forestal Roble-Hualo de la estación experimental "El Picazo", de la comuna de San Clemente, VII Región. Memoria de Título. Talca, Chile. Universidad de Talca. 58 p.

Daziano C, L Carrasco. 1998. Evaluación de distintas intensidades de raleo en bosque nativo de Roble-Hualo de la Región del Maule. Informe Final. CONAF. Departamento Forestal Región del Maule. 31p.

Díaz P. 2005. Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes. Memoria de Título. Talca, Chile. Universidad de Talca. 168 p.

Doll U, O Vallejos, N Bilbao, C Jara. 2008. Estimación preliminar de la retención de carbono en raíces finas y mantillo de un renoval de *Nothofagus glauca* de la precordillera andina de la Región del Maule, Chile. *Bosque* 29 (1): 91-96.

Doll U, P Araya, O Vallejos. 2009. Producción de hojarasca bajo un renoval de *Nothofagus glauca* de la precordillera andina de la Región del Maule. VII Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe. Pucón, Chile, 28-30 octubre 2009.

Donoso C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Santiago, Chile. CONAF, FAO, FO:DP/CHI/76/003. Documento de Trabajo N° 38. Corporación Nacional Forestal. 83 p.

Donoso C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 483 p.

Fajardo A, P Alaback. 2005. Effects of natural and human disturbances on the dynamics and spatial structure of *Nothofagus glauca* in south-central Chile. *J. Biogeogr.* 32: 1811-1825.

Gomez H. 1976. Estimación de algunos componentes de la biomasa vegetal en *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Tesis de Título. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 50 p.

González M. 1998. *Nothofagus glauca*. In: IUCN 2007. 2007 IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. Consultado 18 enero de 2011. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>

González M, I Quiroz, E García, H Soto. 2009. Plantas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser, ensayos de germinación y producción. *Chile Forestal* 344: 40-44.

Jara A. 2006. Estimación de la biomasa de hojarasca acumulada bajo el dosel de un bosque nativo del tipo Roble-Hualo en el Centro Experimental el Picazo en la Precordillera Andina de la Comuna de San Clemente, VII Región. Memoria de Título. Talca, Chile. Universidad de Talca. 48 p.

Larcher W. 1994. Ökophysiologie der Pflanzen. Leben, Leistung und Stressbewältigung der Pflanzen in ihrer Umwelt. Regensburg: Ed. Eugen Ulmer GmbH & Co. Überleben bei Dürre, p. 306-312.

Le-Quesne C, L Sandoval. 2001. Extensión del límite sur para *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. *Gayana Bot.* 58(2): 139-142.

Litton C, R Santelices. 1996. Comparación de las comunidades vegetales en bosques de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser en la Séptima Región de Chile. *Bosque* 17(2): 77-86.

Pimstein R. 1974. Contribución al estudio de ecosistemas en comunidades de *Nothofagus glauca* Roble Maulino. Tesis de Título. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 96 p.

Rodríguez G. 2007. Factibilidad técnica y económica para fabricar dos pisos de madera nativa de hualo. Memoria de Título. Talca, Chile. Universidad de Talca. 102 p.

Santelices R, A Cabello. 2006. Efecto del ácido indolbutírico, del tipo de la cama de arraigamiento, del substrato, y del árbol madre en la capacidad de arraigamiento de estacas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 55-64.

Solís I. 2008. Evaluación de la respuesta de renovales de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser transcurridos 10 años de intervenciones de raleo. Tesis. Talca, Chile. Universidad Católica del Maule.

Vallejos O. 2010. Análisis temporal de la biomasa acumulada y carbono absorbido aéreo y radicular, en un renoval de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Proyecto FPA 7-003-2009.

Villaseñor R. 1975. La cutícula foliar de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. *Anales del Museo de Historia Natural* 8: 94-99.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Definir métodos de intervención acordes a la condición de sitio para bosques del tipo forestal Roble-Hualo, que favorezcan el crecimiento y la regeneración de las especies arbóreas con fines de producción y protección.

4.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar distintas condiciones de sitio en que se encuentran rodales del tipo forestal Roble-Hualo.
2. Medir la respuesta de crecimiento de Hualo y Roble a distintas intensidades de intervención en diferentes condiciones de sitio.
3. Determinar la regeneración espontánea de Hualo y Roble en respuesta a diferentes intervenciones del rodal.
4. Determinar la respuesta de la vegetación acompañante a diferentes intervenciones del rodal en términos de biodiversidad.
5. Definir métodos de intervención para las distintas condiciones de sitio que favorezcan el crecimiento y la regeneración de Hualo y Roble y sus especies acompañantes.

5. Metodología

5.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una extensa revisión bibliográfica con la finalidad de reunir antecedentes sobre manejos realizados en distintos tipos de bosques, tanto coetáneos como heteroetáneos, con especial énfasis en especies afines al Roble y el Hualo.

La información recopilada y agrupada en las áreas temáticas ecología, silvicultura y manejo de *Nothofagus* en Chile y Argentina, mensura, sustentabilidad y silvicultura de *Nothofagus* y especies afines se adjunta en el ANEXO I.

5.2. Sitios de estudio

De los 32 rodales registrados por CONAF para la Región del Maule¹ en el marco del Proyecto de Cooperación Chile-Alemania: "Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo", se seleccionaron las parcelas con presencia de Hualo y Roble. Con el apoyo de las oficinas de Conaf Regional y Provinciales se recopilaron las coordenadas de los predios, caminos de acceso y datos de contactos con los respectivos propietarios. Con esta información se realizaron salidas de reconocimiento para ubicar las parcelas y obtener el permiso de los propietarios para acceder a los sitios. A su vez se ubicaron rodales cercanos sin evidencia de intervención reciente, para contrastarlas con los rodales intervenidos (cuadro 1, figura 1). En no todos los casos se obtuvo el permiso para acceder al predio, pero fue posible ubicar algunos rodales alternativos (ANEXO II).

Cuadro 1. Número de sitios y parcelas dasométricas inventariadas en cada provincia.

Provincia	Nº de sitios	Nº parcelas sin intervención	Nº parcelas intervenidas
Cauquenes	12	17	24
Curicó	2	6	6
Talca	7	14	15
Linares	12	29	33
Total	33	66	78

1. ¹ Aguilera M, G Benavides. 2005. Recopilación de Experiencias Silvícolas en el "Bosque Nativo Maulino". Proyecto Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo. CONAF, Chile, 144 p.



Figura 1. Ubicación de los sitios inventariados.

La mayoría de los sitios inventariados fueron sometidos entre 1994 y 2002 a cortas intermedias (raleo por lo bajo, por lo alto o mixto y corta de liberación) y algunos a cortas finales (tala rasa, árbol semillero y reforestación) (cuadro 2).

Cuadro 2. Intervenciones realizadas en cada provincia

Provincia	Cortas intermedias	Cortas finales
Cauquenes	Raleo por lo bajo Raleo mixto	
Curicó		Tala rasa Árbol semillero
Talca	Raleo por lo bajo Raleo por lo alto Raleo mixto Corta de liberación	Entresaca selectiva
Linares	Raleo por lo bajo Raleo por lo alto Raleo mixto Raleo selectivo y poda	Entresaca selectiva Reforestación y enriquecimiento

5.3. Caracterización de condiciones de sitio

Cada sitio fue geo-referenciado y caracterizado en base a su geomorfología, determinando su posición fisiográfica, ubicación en el relieve, forma de la ladera, elevación, exposición y pendiente².

En cada sitio se realizaron 10 pozos de 20x20x20 cm aproximadamente, equidistantes a unos 5 m entre sí. Se midió espesor del mantillo, espesor del horizonte mineral enriquecido en MO, observando además arraigamiento, actividad biológica y pedregosidad. Con un barreno de suelos se determinó la profundidad del perfil. De cada sitio se recolectó una muestra de suelo compuesta, para su análisis físico y químico en el laboratorio del Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos de la Universidad de Talca.

Para la caracterización climática se utilizaron los registros de las estaciones pluviométricas de la Dirección General de Aguas y de las estaciones meteorológicas de la Dirección Meteorológica más cercanas a cada rodal. Con estos datos se confeccionaron los diagramas ombrotérmicos correspondientes (Anexo III).

5.4. Inventarios dasométricos

En cada rodal intervenido y no intervenido se ubicaron 3 parcelas de 400 m², dentro de las cuales se inventariaron todos los individuos arbóreos de DAP \geq 7,5 cm. En algunos casos se ubicaron sólo 2 parcelas. Para cada árbol se determinó su DAP, altura, altura del fuste (altura comercial) y 2 diámetros de copa perpendiculares. Además se evaluó la forma del fuste según las siguientes categorías: único, bifurcado, recto, torcido.

Con taladro de incremento se extrajeron tarugos de hualo y roble a altura de pecho de cada clase diamétrica representada en las respectivas parcelas. Se pretendía determinar el crecimiento de los últimos 10 años de ambas especies en los diferentes rodales. Sin embargo no fue posible distinguir los anillos de crecimiento. Los tarugos secos fueron pesados con balanza de precisión y se determinaron sus dimensiones. Con ambos parámetros se calculó la densidad de la madera de cada tarugo.

5.5. Regeneración actual de las especies arbóreas y arbustivas

En cada rodal intervenido y no intervenido se ubicaron 20 parcelas de 1 m² distanciadas a 5 m entre sí en 2 transectas equidistantes a 10 m. En cada parcela se contabilizaron todos los individuos de DAP menor a 7,5 cm, diferenciando si correspondían a regeneración a partir de rebrote de tocón o a partir de semilla. En el caso de roble y hualo además se midió DAC y altura.

2. ² Schlatter J, R Grez, V Gerding. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. Ed. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 114 p.

5.6. Vegetación acompañante

Con el método del Sondeo Botánico Rápido³, se registraron todas las especies vasculares en parcelas circulares, cuya extensión era determinada por el nivel de repitencia de las especies. Las especies censadas en cada rodal se clasificaron en base a su forma de crecimiento, al carácter del hábitat (mésico, esclerófilo), su origen (nativa, endémica, invasora) y su estado de conservación. Además se identificaron aquellas que tuvieran algún interés de uso alternativo no maderable.

5.7. Evaluación y análisis de datos

Para discriminar y establecer diferencias dentro de cada tratamiento con intervención y sin intervención, así como entre ellos, se aplicaron análisis de varianza o análisis no paramétricos dependiendo en cada caso de la naturaleza de la variable respectiva. Se realizaron a su vez análisis estadísticos de asociación de variables ambientales con variables dasométricas y comparaciones entre sitios intervenidos con diferente intensidad de manejo.

Mediante un análisis de varianza no paramétrico (Prueba de Kruskal-Wallis) se comprobó la similitud entre los rodales intervenidos en base a los parámetros dasométricos evaluados (Anexo VII).

Los bosques sin signos de intervención reciente (contrastes) fueron evaluados (19 sectores) con el propósito de determinar las relaciones existentes entre variables de interés, ya sea determinadas en terreno, laboratorio o producto de transformaciones. Se generó: 1.- estadística descriptiva de cada una de las variables analizadas (21 variables), 2.- análisis de componentes principales y correlaciones de las mismas, para finalmente obtener 3.- un sistema de regresiones múltiples en secuencia.

Las 21 variables de interés analizadas y sus respectivas unidades de medida fueron: latitud [m], longitud [m]), altitud [msnm], pH del suelo [-], exposición [-], arena [%], pendiente [%], materia orgánica [%], limo [%], arcilla [%], nitrógeno [ppm], fósforo [ppm], potasio [ppm], densidad [n/ha], cantidad de especies introducidas [-], cantidad de especies nativas [-], área basal [m²/ha], área de copa [m²/ha], volumen [m³/ha], volumen comercial [m³/ha], volumen de copa [m³/ha] (Anexo VIII).

3. ³ Gordon J, D Hawthorne, A Reyes-García, G Sandoval, A Barrance. 2004. Assessing landscapes: a case study of tree and shrub diversity in the seasonally dry tropical forest of Oaxaca, Mexico and southern Honduras. *Biol. Conserv.* 117: 429 – 442.

5.8. Difusión

Se presentaron los avances arribados hasta la fecha en el 1º Seminario del Fondo de Investigación del Bosque Nativo realizado en Temuco (29-30 de mayo 2013). Una exposición oral y un poster fueron presentados en el III Congreso Nacional de Flora Nativa (Santiago, 5-6 de Septiembre). En la XXIV Reunión Anual de la Sociedad Botánica de Chile, se presentó la información recopilada en los rodales intervenidos y no intervenidos, sobre diversidad florística y regeneración (Talca, 7-10 de Noviembre). En el III Encuentro Temático del Fondo de Investigación del Bosque Nativo se presentaron los resultados alcanzados en el proyecto (Talca, 21 de Noviembre).

En el marco de la ejecución del proyecto se organizó en Talca (25 de Septiembre) un Seminario de Divulgación del mismo, que contó con la participación de Mauricio Aguilera (Jefe de la Sección Bosque Nativo, CONAF-Región del Maule), como expositor, además de los investigadores integrantes del equipo ejecutor del proyecto.

6. Resultados

6.1. Caracterización de condiciones de sitio

La mayoría de los sitios se caracterizó por presentar pendientes pronunciadas, con laderas que favorecen un drenaje externo rápido (Anexo III). Por otro lado las características geomorfológicas de las parcelas intervenidas respecto de su par de contraste, generalmente difieren tanto en elevación, como exposición y pendiente, lo que determinaría condiciones de sitio disímiles. Este hecho es consecuencia de la gran dificultad de ubicar rodales sin intervención reciente evidente.

Cuadro 3. Textura, pH y dotación promedio de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica para los rodales intervenidos y no intervenidos según provincia.

Provincia	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	MO (%)	pH	textura
Cauquenes						
sin intervención	4,0	4,0	151,0	10,34	5,50	franco arenosa
bosque intervenido	4,0	4,4	137,7	10,50	5,91	
Curicó						
sin intervención	5,0	5,0	278,5	9,31	6,38	franco arenosa
bosque intervenido	9,0	28,5	351,5	7,81	6,63	
Talca						
sin intervención	14,5	14,5	211,5	12,89	6,04	franco arenosa
bosque intervenido	13,8	5,8	96,2	9,56	6,20	
Linares						
sin intervención	6,0	6,0	121,8	12,96	5,80	franco arenosa
bosque intervenido	7,1	6,2	118,2	13,69	5,90	

Los suelos de los predios inventariados que son de tipo metamórfico en la costa y trumao en la precordillera de los Andes, se caracterizaron por presentar textura franco arenosa (cuadro 3). Sólo los predios El Florido en Longaví (no intervenido) y San Jorge 1 en Cauquenes, presentaron textura franco arcillo arenosa. El pH resultó neutro en los rodales muestreados de Curicó, mientras que medianamente ácido en las restantes provincias. Mientras que en la Provincia de Talca, se observó una clara tendencia de una mayor dotación de N, P, K y materia orgánica en los rodales no intervenidos respecto de los intervenidos, estos parámetros fueron muy variables en los predios de las demás provincias. En el predio Nirvana de Curicó se registraron 52 ppm de P, consecuencia de quemas ocurridas previo a la intervención, lo que elevó el promedio de P para la provincia de Curicó (cuadro 2).

Respecto de la caracterización climática se constatan las condiciones más desfavorables para el crecimiento vegetal en Cauquenes, donde el período de sequía estival se prolonga por 5 meses (Anexo IV). Por el lado de la precordillera andina, mientras que en el norte de la provincia de Curicó este período seco dura 4 meses, al sur de la provincia de Linares desciende a sólo 1 mes de sequía estival.

6.2. Inventarios dasométricos

Con la información proveniente de los inventarios dasométricos se calcularon la densidad de los rodales (Nº árboles por rodal), el área basal (m^2/ha), el volumen total (m^3/ha) y el volumen comercial (m^3/ha), este último teniendo en cuenta la altura de los fustes sin nudo (Anexo V).

Se observó una tendencia general a que las cortas intermedias y finales favorecieron estos parámetros, no así en el caso de Talca, donde aunque las intervenciones resultaron en un aumento del número de árboles, éstos son de menores dimensiones que en los bosques no intervenidos de la misma provincia (Figuras 2 a 5). Sin embargo, para evaluar la respuesta a los distintos tipos de intervención, es necesario realizar un análisis detallado de cada situación en particular, ya que los valores promedios ocultan gran parte de la información. Dicho análisis se encuentra en el archivo adjunto "Caracterización de rodales inventariados en el marco del Proyecto 028/2011".

Producto de las intervenciones, que en muchos casos se realizaron con el objetivo de concentrar el crecimiento en los mejores ejemplares, se observó que en las parcelas intervenidas un mayor porcentaje de árboles presentó un fuste único y recto que en los rodales no intervenidos (cuadro 4).

Siendo una menor densidad de la madera, indicio de una mayor tasa de crecimiento, se evaluó la densidad de la madera de los tarugos extraídos de Hualo y Roble. Por un lado se evidenciaron diferencias entre provincias, que serían consecuencia de diferentes condiciones climáticas (cuadro 5). Tanto Cauquenes como Curicó presentan el período más prolongado de sequía estival, siendo ambos ambientes más estresantes para el desarrollo vegetal, lo que podría explicar el menor crecimiento para ambas especies. Hualo generalmente supera en densidad

al Roble en condiciones similares, dando cuenta de un menor crecimiento que este último. A su vez, ambas especies presentan menor densidad en el bosque intervenido que en los bosques contraste, evidenciando un mayor crecimiento en los primeros.

Respecto de los distintos tipos de intervenciones, se observó las mayores densidades de la madera de los tarugos en las intervenciones de mayor intensidad: tala rasa, árbol semillero y reforestación. Por otro lado los distintos tipos de raleo, clareo y la entresaca selectiva, habrían favorecido el crecimiento de los árboles remanentes (cuadro 5).

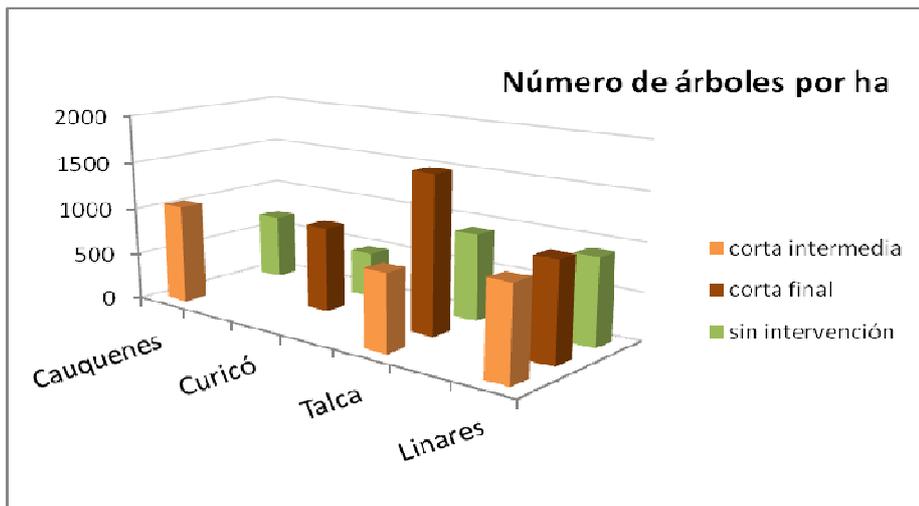


Figura 2. Número de árboles por ha en rodales no intervenidos y rodales intervenidos con cortas intermedias y cortas finales.

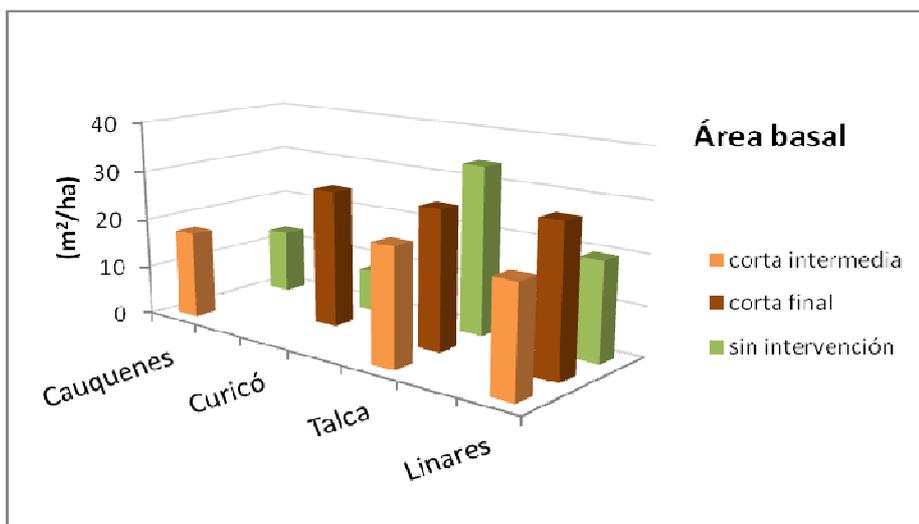


Figura 3. Área basal (m^2/ha) en rodales no intervenidos y rodales intervenidos con cortas intermedias y cortas finales.

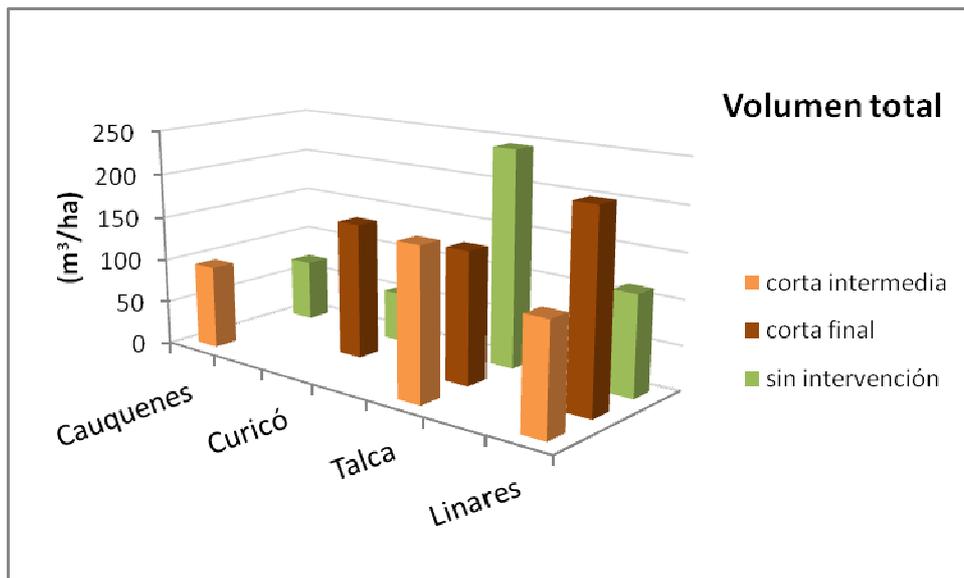


Figura 4. Volumen total (m³/ha) en rodales no intervenidos y rodales intervenidos con cortas intermedias y cortas finales.

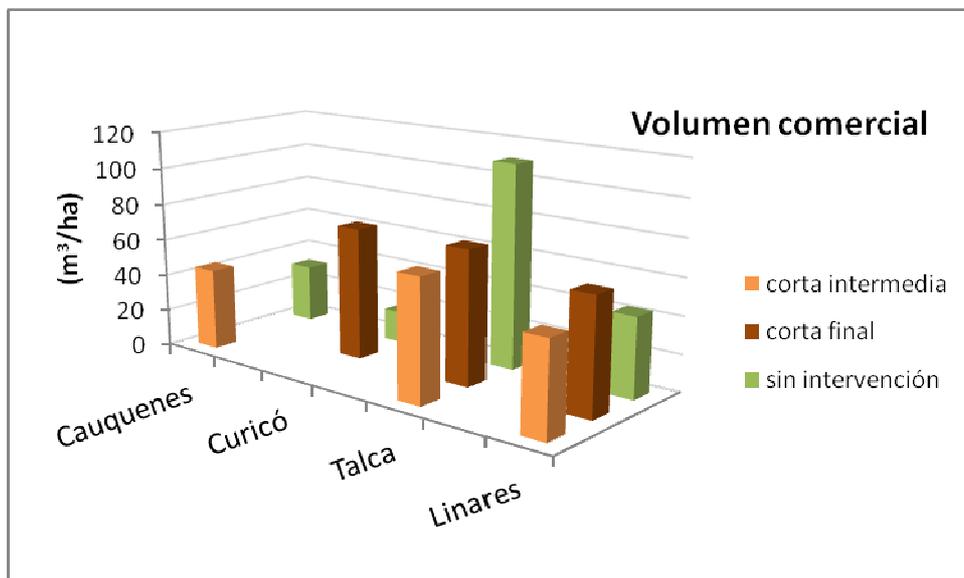


Figura 5. Volumen comercial (m³/ha) en rodales no intervenidos y rodales intervenidos con cortas intermedias y cortas finales.

Cuadro 4. Porcentaje de individuos de *Nothofagus* con fuste único y recto.

Provincia	Árboles con fuste único y recto (%)	
	Bosque intervenido	Sin intervención
Cauquenes	81,7	71,3
Curicó	65,0	64,8
Talca	77,8	68,6
Linares	77,4	70,5

Cuadro 5. Densidad de tarugos extraídos de individuos de Hualo y Roble¹.

	Densidad del tarugo (g/cm ³)	
	Hualo	Roble
<i>Cauquenes</i>	0,679 a	0,712 a
<i>Curicó</i>		0,711 a
<i>Talca</i>	0,649 b	0,614 c
<i>Linares</i>	0,677 a	0,663 b
<i>Bosque no intervenido</i>	0,688 a	0,658
<i>Bosque intervenido</i>	0,666 b	0,644
<i>Sin intervención</i>	0,688 a	0,658 b
<i>Raleo por lo bajo</i>	0,669 abc	0,626 c
<i>Raleo por lo alto, clareo</i>	0,665 bc	0,609 c
<i>Entresaca selectiva</i>	0,654 c	
<i>Reforestación</i>	0,708 ab	0,717 ab
<i>Árbol semillero</i>		0,751 a
<i>Tala rasa</i>		0,756 a

¹ Letras distintas en la columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre provincia, entre bosque intervenido y no intervenido y entre distintos tipos de intervenciones.

6.3. Regeneración actual de las especies arbóreas y arbustivas

La regeneración espontánea puede ser un buen indicio de la capacidad de recuperación o mantenimiento de una cubierta vegetal. En este sentido se puede afirmar que en general se observó una abundante regeneración en los rodales inventariados, superando las 10.000 plántulas por hectárea (cuadro 6). Sólo en el caso del bosque no intervenido en la provincia Curicó y en el rodal sometido a una corta final en la provincia de Talca se observó una regeneración menor.

Como tendencia general puede observarse una mayor germinación actual de las especies de *Nothofagus* en las cortas intermedias que en las cortas finales (provincias de Talca y Linares, cuadro 6). Esta tendencia podría explicarse por la reducción más drástica de la cubierta vegetal como resultado de una corta final y la protección que requiere *Nothofagus* en sus etapas juveniles para establecerse exitosamente. Tanto en Cauquenes como en Curicó, se evidencia que con una cobertura menor al 50% (área de copa 5000 m²/ha) no se registra regeneración actual por semilla del género *Nothofagus*.

La mayor parte de la regeneración corresponde al género *Nothofagus*, es decir hualo y roble (figura 6). Sin embargo es importante destacar el avance de especies esclerófilas, especialmente en las provincias de Cauquenes, Curicó y Talca. Entre ellas cobra especial importancia *Cryptocaria alba*, el peumo, cuyo avance también puede observarse en el bosque no intervenido (Anexo 6).

Cuadro 6. Plántulas arbóreas y arbustivas provenientes de regeneración por semilla (plántulas/m²) en el bosque intervenido y el bosque sin intervención.

Plántulas/m ²	Bosque intervenido		Sin intervención
	corta final	cortas intermedias	
Cauquenes			
<i>Nothofagus</i>		0,74	1,30
Esclerófilas		0,71	0,41
Plántulas totales		1,63	1,71
Curicó			
<i>Nothofagus</i>	0,0		0,25
Esclerófilas	1,85		0,03
Plántulas totales	1,90		0,28
Talca			
<i>Nothofagus</i>	0,25	1,80	3,70
Esclerófilas	0,20	0,29	4,53
Plántulas totales	0,45	2,39	8,70
Linares			
<i>Nothofagus</i>	2,78	3,79	3,13
Esclerófilas	0,17	0,42	0,81
Plántulas totales	3,55	7,67	4,06

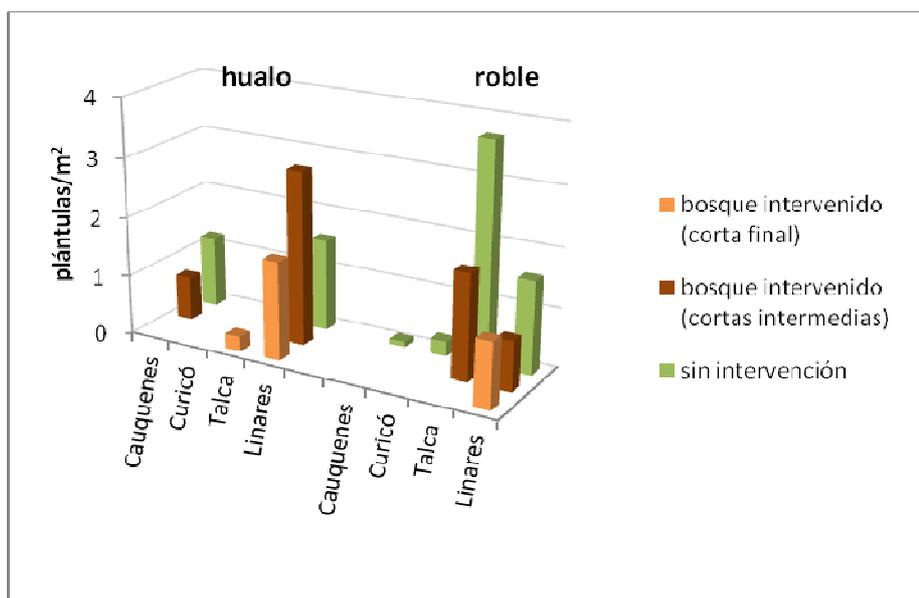


Figura 6. Regeneración por semilla de hualo y roble en bosque intervenido y sin intervención reciente.

Cuadro 7. Origen de las plántulas arbóreas y arbustivas provenientes de regeneración por semilla en el bosque intervenido y el bosque sin intervención.

Origen de las plántulas	Bosque intervenido		Sin intervención
	corta final	cortas intermedias	
Cauquenes			
endémicas		63,08*	94,56
nativas		13,85	5,44
introducidas		23,08	
		100	100
Curicó			
endémicas	97,37		
nativas	2,63		100
	100		100
Talca			
endémicas	100	6,28	45,32
nativas		92,15	53,20
introducidas		1,57	1,48
	100	100	100
Linares			
endémicas	51,17	43,41	57,87
nativas	48,83	56,59	42,13
	100	100	100

* datos expresados en porcentaje del total de plántulas.

En la provincia de Cauquenes es importante destacar la invasión de *Pinus radiata* desde las plantaciones que componen la matriz circundante del bosque nativo (Anexo 6). Esta última, junto con *Crataegus monogyna* en la provincia de Talca, son las especies arbóreas introducidas que se encontraron regenerando en el bosque nativo. Por otro lado destaca la alta proporción de especies endémicas que se encontraron en los inventarios (cuadro 7). Este hecho destaca la importancia del bosque maulino como refugio de especies nativas y endémicas.

6.4. Vegetación acompañante

La diversidad total en los rodales inventariados está representada por 218 especies vasculares, entre las cuales predominan las hierbas y los arbustos (cuadro 8). Los bosques intervenidos presentaban mayor riqueza, con 184 especies vs. 165 censadas en los bosques sin intervención reciente. Este hecho confirma la hipótesis planteada, de que las intervenciones favorecerían un incremento de la diversidad florística.

Respecto del origen biogeográfico de las especies censadas, destaca el alto grado de endemismos encontrado en los distintos rodales de bosque nativo (cuadro 9). Este hecho destaca la importancia del bosque maulino como refugio de especies autóctonas.

Se puede observar también un incremento en la participación de especies introducidas en los rodales intervenidos respecto los no intervenidos, especialmente en los bosques dominados por hualo, hecho que también confirma la hipótesis planteada, que la intervención de los rodales favorecería la participación de exóticas.

Un informe detallado sobre los resultados de los sondeos botánicos se anexa en el archivo "Análisis de los resultados del Sondeo Botánico"

Cuadro 8. Diversidad según forma de crecimiento y especie dominante.

Forma de crecimiento	Diversidad total	Bosques con manejo			Bosques sin manejo		
		Roble	Hualo	Total	Roble	Hualo	Total
Árboles	44	25	32	40	28	33	38
Arbustos	68	32	41	54	41	39	57
Hierbas	70	30	41	58	33	26	41
Trepadoras	36	20	25	32	23	22	29
Total	218	107	139	184	125	120	165

Cuadro 9. Distribución de las especies según origen biogeográfico y condición del bosque.

Origen biogeográfico	Diversidad total	Bosques con manejo			Bosques sin manejo		
		Roble	Hualo	Total	Roble	Hualo	Total
Nativa	104	54	68	90	64	61	85
Endémica	85	39	52	70	48	47	62
Introducida	29	14	19	24	13	12	18
Total	218	107	139	184	125	120	165

6.5. Evaluación de las intervenciones

Las intervenciones de mayor intensidad evaluadas, fueron las **cortas finales**, que corresponden a cosechas para aprovechar los individuos del bosque. Estas intervenciones durante su ejecución deben asegurar el repoblamiento del sitio.

Entre ellas se contó con una tala rasa efectuada en el Fundo Nirvana de la provincia de Curicó después de un incendio forestal. El objetivo de dicha práctica fue formar rápidamente una nueva masa boscosa. Aunque hubo efectivamente un repoblamiento del área en base al rebrote de tocones, se logró un muy bajo número de individuos por hectárea, sólo 392 árboles. Además se registra actualmente una importante germinación de especies esclerófilas (peumo), casi 4 plántulas por metro cuadrado. Todo ello indica que debería de todas maneras evitarse efectuar una intervención de esa magnitud en el bosque de roble, teniendo en cuenta que para prosperar, los *Nothofagus* requieren de cierto grado de protección (sombra) en sus etapas juveniles.

También en la provincia de Curicó se realizó una intervención de tipo árbol semillero en el predio Montegrande, para fomentar la repoblación del sitio con árboles jóvenes de buena forma. En este caso se logró una mejor respuesta, ya que aumentó ostensiblemente el número de individuos de las clases diamétricas inferiores, alcanzando un total de 542 árboles por hectárea en las clases de 10, 15 y 20 cm de diámetro. Además se logró un incremento del área basal de 1,5 m²/ha a 13,1 m²/ha, especialmente de las clases superiores (clases 35 a 55) que corresponden a los árboles dejados como padres y que sumaron un total 7,7 m²/ha. Posiblemente un mayor número de árboles semilleros (sólo se dejaron 12 por hectárea al momento de la intervención) hubiera mejorado la respuesta al aumentar la protección que requieren estas especies en su etapa juvenil. Los árboles padres actualmente suman un área de copa de 3154 m²/ha, los que al momento de la intervención deben haber ofrecido una cobertura menor al 30% de la superficie total. En este predio actualmente no se observa regeneración espontánea de semilla.

En El Florido de la provincia de Linares se efectuó una reforestación artificial con raulí, con la finalidad de establecer un nuevo recurso forestal y generar a futuro

productos de mayor valor agregado, pero actualmente sobreviven sólo algunos de los ejemplares plantados.

Otra corta final, pero de menor intensidad es la entresaca selectiva, realizada en Armerillo (provincia de Talca) y Los Canelos (provincia de Linares). El objetivo de esta intervención fue favorecer la regeneración y el desarrollo del bosque remanente. En ambas situaciones se observó una respuesta que se tradujo en un aumento del área basal de las clases diamétricas superiores (de 11,5 m²/ha a 21,9 m²/ha en las clases superiores a 10 cm de diámetro en Armerillo y de 9,3 m²/ha a 14,3 m²/ha en las clases superiores a 25 cm en Los Canelos). No fue posible visualizar si la intervención favoreció la regeneración natural, sin embargo se constata regeneración actual por semilla en ambas situaciones, más abundante en Los Canelos con 4,3 plántulas por m² contra sólo 0,4 en Armerillo. Esta diferencia podría deberse por un lado a que el sitio plano de Los Canelos puede permitir el reclutamiento de plántulas, mientras que la pendiente de 33% en Armerillo puede favorecer el arrastre de propágulos por una mayor escorrentía superficial. Por otro lado la menor densidad registrada en Los Canelos (863 árboles por hectárea contra 1642 en Armerillo), favorecería la producción de semillas, por la mayor entrada de radiación a la canopia. Además en este caso el 13% de los individuos corresponde a clases diamétricas superiores a 20 (posiblemente en fase reproductiva), mientras que sólo el 5% de los ejemplares registrados en Armerillo se encuentran en las clases mayores a 20 cm de diámetro.

Las **cortas intermedias** a grandes rasgos persiguen el objetivo de mejorar la estructura del rodal para concentrar el crecimiento en los mejores ejemplares.

En los predios La Quinta 1 y San Jorge 1 (provincia de Cauquenes) se realizó una intervención consistente en limpia y clareo, cuyo objetivo fue disminuir la competencia y homogeneizar el espaciamiento para concentrar el crecimiento en los mejores ejemplares. En ambos casos se logró un aumento del área basal en las clases diametrales superiores (en La Quinta 1 el área basal a partir de la clase 20 pasó de 1,7 m²/ha a 6,3 m²/ha y en San Jorge 1 de 1,0 m²/ha se aumentó a 12,8 m²/ha en las clases 10 y mayores). Sin embargo, especialmente el estado actual de La Quinta 1 evidencia intervenciones posteriores.

De los raleos mixtos consistentes en un raleo de copas más un raleo por lo bajo evaluados en Cauquenes, en los predios La Plazoleta, Hijuela 10 Salto de Agua y San Jorge 2, el primero de ellos alcanzó el objetivo de concentrar el crecimiento en los mejores ejemplares, evidenciando un aumento en las clases diamétricas superiores (a partir de la clase 15 aumentaron de 8,1 m²/ha a 14,3 m²/ha). También en San Jorge 2 se evidencia un leve aumento en las clases diamétricas superiores a 15 cm (de 1,5 m²/ha a 4,5 m²/ha). Sin embargo tanto en San Jorge 2 y especialmente en Hijuela 10 Salto de Agua se evidencian intervenciones posteriores.

Dos cortas de liberación que se realizaron en la provincia de Talca (Los Romerillos Lo Beño y Picazo Conaf), tenían por objetivo disminuir la competencia que ejercía un dosel superior mal formado sobre el estrato inferior, favoreciendo el desarrollo de la regeneración. El primer caso, que además contempló una limpia y clareo, se logró concentrar el crecimiento en los individuos seleccionados (el área basal total

aumentó de 9,4 m²/ha a 14,1 m²/ha). El estado actual del Picazo evidencia intervenciones posteriores.

En Higuera 3 Vega Las Casas (provincia de Linares) se realizó un raleo por lo alto para concentrar el crecimiento en los individuos intermedios de buenas características. Este objetivo fue logrado ya que el estado actual muestra un fuerte incremento del área basal en las clases intermedias (a partir de la clase diamétrica 20 el área basal aumentó de 18,0 m²/ha a 39,3 m²/ha).

También en Los Guindos Lote 6B (provincia de Linares) se logró el objetivo de concentrar el crecimiento en los mejores individuos, a través de un raleo mixto que afectó todas las especies y clases diamétricas (el área basal aumentó de 1,4 m²/ha a 21,5 m²/ha a partir de la clase diamétrica 15).

Varios son los rodales intervenidos mediante un raleo por lo bajo, que pretende favorecer el desarrollo de los individuos de clases diamétricas intermedias y superiores. Sin embargo son escasas las situaciones en que se logró dicho objetivo.

El estado actual de 2 intervenciones con raleo por lo bajo en la provincia de Cauquenes (El Carmín y El Avellano El Aromo) muestran una fuerte reducción del área basal original, evidenciando intervenciones posteriores. Otras 2 intervenciones mediante raleo por lo bajo en la provincia de Talca (Higuera 4 y 5 Sucesión Sazo Poblete) muestran actualmente cierta concentración del área basal en clases diamétricas mayores (de 19,1 m²/ha que presentaban las clases diamétricas a partir de 25 cm, aumentaron a 28,3 m²/ha y 21,4 m²/ha en las Higuera 4 y 5 respectivamente).

En la provincia de Linares frente a 4 intervenciones realizadas mediante raleo por lo bajo, se constatan actualmente respuestas disímiles. El estado actual del predio Coironal demuestra que se realizaron fuertes extracciones posteriores a la intervención.

En Higuera 3 Lote A no se observa un aumento del área basal, que se mantuvo a 20,1 m²/ha posiblemente debido a extracciones posteriores a la intervención. Sin embargo el mismo se concentra en los árboles de clase diamétrica mayor (62% a partir de la clase diamétrica 20).

En otras 2 situaciones (Higuera 6 Los Canelos y Villegas), se cumplieron los objetivos de la intervención, ya que se observa un aumento del área basal concentrado en las clases diamétricas mayores. En Higuera 6 Los Canelos el área basal total aumentó de 6,0 m²/ha a 15 m²/ha, concentrando 9 m²/ha a partir de la clase 20. En Villegas aumentó de 15,7 m²/ha a 30,6 m²/ha, contribuyendo con 22,7 m²/ha las clases 25 y mayores.

En estos últimos 3 casos los manejos aparentan haber sido correctamente ejecutados. Las diferencias encontradas entre los predios pueden deberse por un lado a que se partió con áreas basales distintos, lo que explicaría por ejemplo la diferencia entre Higuera 6 Los Canelos y Villegas. Por otro lado, la diferente exposición de Higuera 3 Lote A y Villegas (NE y SE respectivamente), afectaría su régimen hídrico resultando en un ambiente más estresante para el primero de ambos.

7. Conclusiones

- Aunque en forma global se evidenció un leve aumento de los parámetros dasométricos (número de árboles, área basal, volumen) a consecuencia de las intervenciones realizadas, no es posible determinar una clara tendencia según tipo de manejo aplicado, ya que en muchos casos intervenciones posteriores enmascararon las respuestas.
- Las intervenciones resultaron en un aumento del porcentaje de fustes únicos y rectos.
- Una menor densidad de la madera de tarugos extraídos, indicarían un mayor crecimiento de los individuos de *Nothofagus* en los rodales intervenidos.
- La regeneración espontánea actual de especies arbóreas y arbustivas, garantizaría la permanencia del bosque maulino.
- La regeneración por semilla de las especies del género *Nothofagus* depende de la existencia de una cobertura de protección.
- En la costa y en las regiones preandinas de Curicó y Talca, se evidencia un importante regeneración de especies de carácter esclerófilo.
- En la cordillera de la Costa se evidencia una fuerte invasión de pino desde la matriz de plantaciones circundante.
- El bosque maulino representa un hábitat y refugio para una rica flora vascular, con un alto porcentaje de endemismos.
- La intervención silvícola favoreció la diversidad florística absoluta siendo el grupo más beneficiado el de las nativas de tipo esclerófilo.
- Tanto en bosques manejados como no manejados se encuentran especies invasoras.

8. Recomendaciones

Las fuerte explotación y reemplazo que ha sufrido el bosque maulino, dificultó enormemente la ubicación de rodales sin intervención reciente y que presentaran condiciones de sitio (geomorfológicas, topográficas, edáficas) equivalentes a los rodales intervenidos y recopilados en el marco del proyecto "Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo". Por otro lado, muchas de las experiencias silvícolas recopiladas en el marco de dicho proyecto, muestran evidencias de intervenciones

posteriores no documentadas, lo que no permite evaluar hoy día, la respuesta a las intervenciones recopiladas originalmente.

En dichos casos no existen o no fue posible acceder a registros que documenten las intervenciones posteriores, evidenciándose en terreno y en el análisis de los parámetros dasométricos, que efectivamente se realizaron extracciones posteriores a la intervención inicial. Este hecho es especialmente relevante en la costa de la Región del Maule, donde existe una fuerte presión de explotación sobre el bosque nativo. Esta tendencia también se evidencia en menor grado en precordillera, especialmente en predios de más fácil acceso.

Sin embargo, teniendo en cuenta el estado actual de algunos predios, puede afirmarse que debería evitarse de todas maneras intervenciones que reduzcan drásticamente la cubierta arbórea, como en el caso de las cortas finales reportadas, especialmente al norte del área de distribución del bosque de roble hualo. Cortas de cosecha como la entresaca selectiva o árbol semillero, serían posibles de realizar, siempre en cuando exista evidencia de una buena capacidad de regeneración del bosque y dejando un número importante de árboles semilleros en el segundo caso, que garanticen una eficiente protección a la nueva repoblación. Es necesario garantizar una cobertura de al menos un 50% del sitio para lograr el exitoso establecimiento de las especies de *Nothofagus* vía germinación.

En el caso de las cortas intermedias, como lo son los distintos tipos de raleo, se observaron los mejores resultados en un raleo por lo alto, un raleo mixto y tres raleos por lo bajo realizados en la precordillera de Linares. Esto indicaría por un lado que, además de un manejo correctamente ejecutado, las condiciones climáticas más favorables en la región preandina de Linares, garantizan una mejor respuesta a las intervenciones silvícolas. En general se observó una mayor sobre explotación del bosque y menor capacidad de reacción en la cordillera de la Costa (provincia de Cauquenes) que en la precordillera de los Andes, encontrándose en la provincia de Linares, los rodales en mejor estado de conservación.

En base a los resultados exitosos observados en varios casos, es posible recomendar la realización de raleos (por lo bajo, por lo alto o mixtos, dependiendo de la estructura del rodal y del estado de las clases diamétricas mayores), siempre y cuando se garantice la adecuada ejecución del plan de manejo y su registro. Por otro lado debe velarse por la mantención de las funciones ecosistémicas del bosque, como por ejemplo su capacidad de regeneración. Esto se logra manteniendo un número adecuado de individuos en etapa reproductiva y evitando la excesiva apertura del dosel. Además debe garantizarse la capacidad de recuperación de la vegetación, evitando intervenciones sucesivas en lapsos de tiempo muy cortos.

La gran riqueza florística encontrada en los bosques, a pesar de su carácter de fragmento y remanente, y su alto grado de endemismos, hacen hincapié en la necesidad de su protección y conservación, especialmente en la zona costera. Tarea especialmente imperante al evidenciarse actualmente un fuerte avance de especies esclerófilas e invasoras exóticas.

ANEXO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA⁴

PARTE I.

ECOLOGÍA

(biodiversidad, sistemática, dinámica del bosque, conservación, muestreo vegetacional)

Se confirma la presencia de especies leñosas endémicas en la cordillera de la Costa de la Región del Maule. Esta área no destaca por su gran riqueza de plantas vasculares, ya que la diversidad es mayor en sitios con mayores gradientes altitudinales, como la cordillera de los Andes. El mayor número de colecciones botánicas del siglo XX para la zona corresponden al aporte del Dr. José San Martín y sus colegas. Es posible que muchas especies hayan desaparecido de la zona como consecuencia del impacto de la agricultura y el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. Las reservas forestales de la Región no protegen eficientemente la diversidad de la zona, sin embargo su aporte no es para nada despreciable, especialmente al considerar que protegen el límite norte de la distribución de muchas especies, lo que confirma el carácter transicional del bosque maulino. Se sugiere establecer nuevas áreas de protección, de forma que se favorezca la conectividad entre los distintos fragmentos de bosque nativo, así como la recuperación de la flora nativa en cursos de agua y la protección de zonas de dunas, en donde suelen encontrarse muchas especies herbáceas endémicas [1].

La regeneración de hualo es cíclica, reconociéndose cinco años como un ciclo estándar. Bajo condiciones de densidad normal en bosques adultos, puede haber una mortalidad del 50% de las plántulas a los tres años. La densidad relativamente baja de estos bosques favorece una luminosidad más o menos alta en el interior, lo que permite el establecimiento de brinzales densos, por lo tanto los bosques de hualo son multietáneos, donde la regeneración se establece aprovechando huecos en el dosel, estrategia reproductiva de especies de tolerancia media que se ubican en una posición intermedia entre la estrategia de pioneros y colonizadores y la de especies extremadamente tolerantes. Los estudios realizados en la zona de Bullileo debieron continuarse, para facilitar el conocimiento del tipo forestal [2].

Por medio de comparaciones de morfología de hoja y madera, del uso del índice de hibridación de Anderson y análisis cromatográfico de flavonoides en hojas se evidencia la hibridación entre *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina* en individuos provenientes de

⁴ Luis Soto

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca

renovales con individuos de características intermedias provenientes de renovales de la provincia de Talca en zonas donde ambas especies comparten hábitat como consecuencia de la alteración antrópica en los últimos 50 años. También se menciona la hibridación entre *N. glauca* y *N. obliqua* observada en la precordillera de Parral (Bullileo). Esta capacidad de hibridación puede ofrecer interesantes perspectivas desde el punto de vista silvícola [3].

La fragmentación del bosque nativo puede definirse en términos de número de fragmentos, tamaño, forma, grado de aislamiento de los fragmentos y características de la matriz circundante. Fragmentos pequeños tienen una relación perímetro/área mayor que fragmentos grandes, lo que se traduce en una mayor influencia de la matriz circundante. El efecto de la matriz sobre los fragmentos se conoce como “efecto borde” y se puede manifestar en cambios abióticos y bióticos. La fragmentación de bosques puede afectar las condiciones abióticas de los fragmentos, y con ello, la composición y abundancia de especies asociadas (p.e.: disminución de número de individuos e introducción de especies invasoras), así como, indirectamente, algunas interacciones biológicas (mutualismo, depredación y competencia). Un ejemplo dramático de esto es el caso de la fragmentación en rodales de *Nothofagus alesandri* en la costa de la Región del Maule, donde el bosque dominado por *Nothofagus* ha sido sobreexplotado y sustituido exitosamente por plantaciones de *Pinus radiata*. Para minimizar los efectos de la fragmentación se sugiere aumentar la conectividad entre fragmentos, proteger corredores biológicos y árboles aislados remanentes del bosque original y minimizar los efectos de borde plantando especies nativas de rápido crecimiento alrededor de los fragmentos [4].

Los análisis de riqueza de taxa en distintas categorías taxonómicas, los niveles de endemismos y los rangos de distribución geográfica, permiten establecer una serie de características que define a los bosques del Cono Sur de Sudamérica como producto de un prolongado aislamiento geográfico. La gran diversidad de familias representadas en estos bosques (48,9% de la flora vascular de Chile continental) en contraste con la pobreza de especies (7,8%), la elevada proporción de géneros aislados taxonómicamente (monotípicos 21%) y el elevado porcentaje de especies endémicas (cerca del 90% de las plantas con semilla) sugieren antigüedad geológica del aislamiento de estos bosques y altas tasas de extinción de su flora. El análisis fitogeográfico muestra la importancia del componente endémico en estos bosques (32%); destacan también el elemento neotropical (28%) y australasiano (20%), lo que deja de manifiesto relaciones pretéritas con territorios distantes, Sudamérica tropical y Australasia. El aislamiento geográfico generado por la deriva continental, el surgimiento de la “Diagonal árida de Sudamérica”, el desplazamiento hacia el norte del cinturón tropical del Hemisferio Sur y por el levantamiento final de los Andes, junto con los repetidos avances de los glaciares habrían contribuido a determinar los actuales patrones de distribución de los bosques chileno-argentinos del sur de Sudamérica [5]

La fitosociología y sus métodos, originados en Europa, han sido aplicados en los bosques chilenos para determinar estructura, valor de importancia de especies y afinidad fitosociológica [6].

En 1998 se determinó la existencia de una nueva subespecie para *Nothofagus*, *Nothofagus obliqua* subsp *andina* y dos combinaciones adicionales: *Nothofagus obliqua* subsp *valdiviana* y *Nothofagus macrocarpa*. Las poblaciones pubescentes corresponderían al concepto típico de *N. obliqua*, mientras que las glabras son definidas como *Nothofagus obliqua* subsp *valdiviana*[7].

Estudios fitosociológicos realizados en poblaciones de raulí en las regiones del Biobío y La Araucanía, mostraron asociaciones en rodales de coihue y ocho situaciones distintas en donde la especie se regenera por semillas, según características de sitio, en especial sitios sombríos. Se destaca la importancia de especies del género *Chusquea* como fuentes de protección lateral para la regeneración de raulí[8].

Los bosques de hualo se encuentran poco representados en SNASPE. Estos bosques, junto con ser los más adaptados para tolerar un clima mediterráneo, son capaces de existir tanto en costa como en *preandes*, donde las condiciones climáticas (oscilación térmica y precipitaciones) son distintas[9].

Se ha demostrado que los procesos de fragmentación del bosque maulino afectan también la producción y descomposición de la hojarasca (el tiempo que demoraría en descomponerse el 99% de la hojarasca es de 11 años en bosque continuo y 15 años en bosque fragmentado); esto es relevante dado que semillas, corteza y líquenes son más abundantes en bosque continuo[10].

Los bosques de *Nothofagus* son relevantes desde el punto de vista taxonómico y biogeográfico[11].

Para el caso de *Nothofagus macrocarpa*, se reconocen tres hechos: a) es una especie relevante desde el punto de vista de la biogeografía histórica; b) es preciso estudiar en profundidad su distribución y características ecológicas y; c) en términos evolutivos, pareciera ser más próximo a *N. alpina* que a *N. obliqua* [12, 13].

De acuerdo a estudios de regeneración por semillas, los bosques actualmente dominados por roble y hualo serán dominados, en el futuro, por especies esclerófilas, entre las cuales se encuentra el peumo, dado que las plántulas (abundantes) son tolerantes a la sombra y sus agentes dispersores (aves y zorros) no son afectados por la fragmentación del bosque [14].

Hacia el sector de Villa Baviera, en bosques de roble y hualo se ha reconocido la presencia de 26 especies distintas de aves, descartando rapaces, de matorral y otras menos frecuentes. La sustitución se considera como una amenaza para la conectividad de poblaciones costeras y preandinas [15].

La flora del río Cayurranquil (provincia de Cauquenes) se cuentan 63 especies, siendo el 93,7% nativo. Se encuentran variaciones de asociaciones valdivianas y presencia de *Pitavia punctata* y *Gomortega keule* [16].

Desde el punto de vista entomológico, el tipo forestal roble-hualo ha sido poco estudiado. Recientemente, para la comuna de Empedrado, se determinó la presencia de 85 especies de insectos, ampliándose la distribución para 13 de ellas y describiendo una especie nueva. Del total de especies determinadas, 11 realizan “daño significativo” a la especie hualo [17].

Los bosques de quebrada del tipo forestal roble-hualo (bosques del tipo *Pitavio-Nothofagetum dombeyi*), naturalmente fragmentados, se encuentran en estado “casi natural” de conservación con una condición semiconservada [18].

El hotspot chileno, que incluye bosques valdivianos del sur, matorral esclerófilo y formaciones vegetales de sabana en el norte chico, así como bosques dominados por *Nothofagus* en el centro de Chile, incluye gran cantidad de endemismos, así como taxa monotípicos; además, incluye especies importantes para la comprensión de la evolución de la vida en el planeta [19].

Con respecto a las invasiones biológicas, si bien se conocen las especies introducidas, hace falta realizar ensayos de campo para conocer en detalle el impacto de las especies invasoras [20].

Un estudio de biocondición realizado en los bosques costeros de la región del Maule se encontró un total de 166 especies leñosas, de las cuales 14 tienen prioridad de conservación, además de un 50% de endemismo [21].

El diagnóstico de la Iniciativa Darwin para el bosque costero de la región del Maule destaca: a) la costa del Maule ha sufrido las mayores tasas de transformación de bosques nativos en otros usos a nivel nacional; b) el alto grado de fragmentación y la entremezcla de plantaciones con remanentes de bosque nativo sugieren la opción de incorporar objetivos de conservación en los planes de gestión productiva de las empresas; c) las poblaciones de especies nativas, excepto roble y hualo, se presentan con reducidos números de individuos, pudiendo estar por debajo del umbral mínimo para la mantención de su capacidad evolutiva; d) más que la degradación genética, son los peligros demográficos (destrucción de hábitat, falta de regeneración natural, sobreexplotación, etc.) los que representan una mayor amenaza para especies como michay rojo, pitao, queule y ruil y; e) se contabilizan 475 especies de flora, siendo el 44% de carácter endémico [22].

Se reconocen varias especies invasoras para el centro sur de Chile [23].

La precordillera de Linares es un punto importante para la conservación de la biodiversidad; en un sondeo botánico se determinó una riqueza florística de 83 especies; con problemas de conservación se encontró *Laurelia sempervirens*, *Nothofagus alpina* y *Eucryphia glutinosa* [24].

Para asignar valores de conservación en el bosque maulino costero se han aplicado tres metodologías: a) índice de calor genético; b) sondeo botánico rápido y; c) categorización de especies según rareza, endemismo y distribución. En este sector se identificó 468 especies (más taxones intraespecíficos) de los cuales 14 son de gran relevancia para la conservación (estrella negra) [25].

El proceso de sustitución favorece la invasión de *Pinus radiata* hacia los fragmentos de bosque nativo, en especial gracias a la gran producción anual de semillas (desde los 5 – 6 años de vida) que se dispersan anemocóricamente. Se ha detectado, en el bosque maulino, gran cantidad de individuos que no superan los tres años de edad y la presencia de individuos reproductivos en los fragmentos [26].

Para el caso de *Teline monspessulana*, el tamaño de los fragmentos de bosque nativo no parece relacionarse con el potencial invasor de la especie, razón por la cual es urgente profundizar el conocimiento sobre variables ambientales y de paisaje en el reclutamiento de la especie [27].

Se ha determinado la existencia de diferencias entre los bosques dominados por hualo en costa y precordillera andina. Los bosques costeros presentan mayor riqueza, dominancia y diversidad de especies entre rodales; estos bosques, también, presentan la mejor semillación (cantidad y calidad). En todos los bosques, *N. glauca* fue la especie principal en todos los estratos de copa (dominante, codominante y suprimido) [28].

Hay (o había) evidencia morfológica y de distribución para considerar a la huala como un híbrido entre el roble y el hualo [29].

Puede considerarse a las áreas silvestres protegidas como “fragmentos” de bosques o ecosistemas que se busca conservar, sin embargo, evidencia reciente indica que son superficies insuficientes para conservar la biodiversidad. Se argumenta que los fragmentos fuera de las áreas protegidas son relevantes para la conservación de la biodiversidad. Se recomienda la estrategia de “desfragmentar” el entorno, tanto desde el punto de vista biológico como social del paisaje [30].

La producción de semillas puede verse alterada en bosques fragmentados, con consecuencias en el reclutamiento de plantas y estructura del bosque [31].

1. ARROYO, M.K., et al., *Flora de cuatro Reservas Nacionales en la Cordillera de la Costa de la VII Región (35º-36º S), Chile, y su papel en la protección de la biodiversidad regional*. Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editorial Universitaria, 2005: p. 225-244.
2. Donoso, C., *Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile*. Bosque, 1982. **4**(2): p. 117-146.
3. Donoso, C., J. Morales, and M. Romero, *Hibridación natural entre roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) y raulí (*N. alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst.), en bosques del sur de Chile*. Revista Chilena de Historia Natural, 1990. **63**: p. 49-60.
4. Bustamante, R. and A. Grez, *Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos*. Ambiente y desarrollo, 1995. **11**(2): p. 58-63.
5. Villagrán, C. and L.F. Hinojosa, *Historia de los bosques del sur de Sudamérica, II: Análisis fitogeográfico*. Revista Chilena de Historia Natural, 1997. **70**(2): p. 1-267.
6. Ramírez, C., C. San Martín, and P. OJEDA, *Muestreo y tabulación fitosociológica aplicados al estudio de los bosques nativos*. Bosque, 1997. **18**(2): p. 19-27.
7. VÁZQUEZ, F.M. and R.A. RODRÍGUEZ, *A new subspecies and two new combinations of *Nothofagus Blume* (*Nothofagaceae*) from Chile*. Botanical Journal of the Linnean Society, 1999. **129**(1): p. 75-83.

8. RAMIREZ, P.W.Y.C., *Sinecología de la regeneración natural del raulí (Nothofagus alpina) Fagaceae, Magnoliopsida*. Revista Chilena de Historia Natural, 1999. **72**: p. 337-351.
9. Amigo, J., J. San Martín, and L. García Quintanilla, *Estudio fitosociológico de los bosques de Nothofagus glauca (Phil.) Krasser del Centro-Sur de Chile [A phytosociological study of the Nothofagus glauca (Phil.) Krasser woodlands of South-Central Chile]*. Phytocoenologia, 2000. **30**(2): p. 193-222.
10. Palacios-Bianchi, P., *Producción y descomposición de hojarasca en un bosque maulino fragmentado*. revista Biología Ambiental (en línea), 2002.
11. San Martín, J., *Caracterización florístico-estructural de remanentes de bosques de Nothofagus alpina, Fagaceae, del área costera de Chile central*. Bosque (Valdivia), 2003. **24**(1): p. 71-85.
12. Moreira-Muñoz, A., *Nothofagus Bl., pieza clave en la reconstrucción de la biogeografía del hemisferio austral*. o Aldunate, 2004. **II**(2): p. 48-56.
13. Gajardo, R., *Antecedentes sobre el roble de Santiago o roble blanco (Nothofagus macrocarpa) y sus problemas de conservación*. Revista del Jardín Botánico Chagual, 2004. **2**(II): p. 42 - 47.
14. Bustamante, R.O., et al., *Fragmentación y dinámica de regeneración del bosque maulino: diagnóstico actual y perspectivas futuras*. Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile, 2005: p. 555-564.
15. Meynard, C.N., *Avifauna de un bosque de roble-hualo en Chile Central*. Boletín Chileno de Ornitología, 2005. **11**: p. 18-22.
16. Stoll, A., C. Sepúlveda, and J. San Martín, *Patrón florístico-estructural de la vegetación nativa remanente en el límite norte del Bosque Templado Costero de Chile: el caso de la quebrada Cayurranquil (VII Región, Chile)*. Bosque (Valdivia), 2006. **27**(1): p. 64-71.
17. Valdivia, N. and W. Alejandro, *Caracterización entomológica de renovables de Nothofagus glauca (Phil.) Krasser (Comuna de Empedrado, VII Región)*. 2006.
18. Stoll, A., *Hemerobia, un ejemplo de cálculo: el estado de conservación del bosque de pitao y coigüe (Pitavio-Nothofagetum) en Quebrada Honda, Región del Maule (VII), Chile*. Chloris chilensis, 2008. **11**(1).
19. ARROYO, M.T., et al., *El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación*. Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos, 2008: p. 90-93.
20. QUIROZ, C.L., et al., *Análisis cuantitativo de la investigación en invasiones biológicas en Chile: tendencias y desafíos*. Revista Chilena de Historia Natural, 2009. **82**(4): p. 497-505.
21. Izquierdo Ossandon, P. and J. San Martín Acevedo, *Evaluación de la biocondición para la conservación en un bosque nativo costero, Región del Maule*. 2009.
22. Arnold, F.E., et al., *PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN PARA LOS BOSQUES NATIVOS DE LA SUB-REGIÓN COSTERA DEL MAULE*. 2009.
23. Quiroz, C., et al., *Manual de plantas invasoras del centro-sur de Chile* 2009: Laboratorio de Invasiones Biológicas.
24. MONASTERIO, P.B., G.B. HORTA, and P.J.G. VÁSQUEZ, *FLORA Y VEGETACIÓN DE ACHIBUENO ESTUDIO PRELIMINAR*. 2011.
25. Sepúlveda, C.A., et al., *Índice de calor genético y prioridades de conservación para el bosque maulino costero, Chile*. 2010.
26. Gómez, P., et al., *Estructura poblacional de Pinus radiata D. Don en fragmentos de Bosque Maulino en Chile central*. Gayana Bot, 2011. **68**: p. 1.
27. Gómez, P., R. Bustamante, and J. San Martín, *Estructura poblacional de Teline monspessulana (L.) K. Koch en fragmentos de bosque maulino en Chile central*. Gayana Botánica, 2012. **69**(1): p. 197-200.

28. Muñoz, F., et al., *Composición, estructura y diversidad de poblaciones de Nothofagus glauca ubicadas en la zona mediterránea de Chile*. Gayana. Botánica, 2013. **70**(1): p. 82-91.
29. Donoso, C. and L. Landrum, *Nothofagus leoni Espinosa, a natural hybrid between Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst. and Nothofagus glauca (Phil.) Krasse*. New Zealand Journal of Botany, 1979. **17**(3): p. 353-360.
30. Simonetti, J.A., *Conservación de biodiversidad en ambientes fragmentados: el caso del bosque maulino*. Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas. Editorial Universitaria, Santiago, 2006: p. 213-229.
31. Burgos, A., A.A. Grez, and R.O. Bustamante, *Seed production, pre-dispersal seed predation and germination of *Nothofagus glauca* (Nothofagaceae) in a temperate fragmented forest in Chile*. Forest Ecology and Management, 2008. **255**(3): p. 1226-1233.

PARTE II.

SILVICULTURA Y MANEJO DE NOTHOFAGUS EN CHILE Y ARGENTINA

Nothofagus macrocarpa, en la Región Metropolitana, presenta un incremento medio anual de 0,18 cm/año, valores inferiores a roble y raulí, aunque semejante a los registrados para hualo. El bosque presenta una estructura de monte bajo irregular con alta “rebrotación”, presentando un incremento medio anual de 32 cm/año [1].

Una evaluación del crecimiento de renovales de roble y raulí realizada en el sector de las “Siete Tazas” (provincia de Curicó) reveló que el roble presenta un crecimiento diamétrico inicial de 0,5 a 0,7 cm/año, mientras que en altura crece entre 0,4 y 0,7 cm/año (raulí crece más rápido). La productividad media de los bosques es de 13 m³/ha/año. Los factores que más inciden en el sitio son la altitud y luego la exposición, sin encontrarse una relación clara con los suelos. Se propone realizar 2 a 3 raleos en los renovales, en los cuales debe extraerse entre 30 y 45% de los árboles y entre 25 y 30% del área basal, determinándose la posibilidad de llegar a una cosecha final entre los 60 y los 80 años [2].

Para la provincia de Talca, en renovales de roble, se evaluaron cortas intermedias (raleo por lo alto, raleo por lo bajo y raleo selectivo) en los sectores de Vilches y La Suiza. El raleo por lo bajo y el raleo selectivo producen un efecto positivo en la estructura horizontal de los rodales, logrando una distribución entre regular y aleatoria, lo que implicaría un mejor aprovechamiento del sitio [3].

Un estudio de durabilidad natural de la madera de roble realizado en la X región, evidenció que la mayor parte de la madera de 45 años de edad presenta una alta resistencia en relación a la presencia del hongo xilófago *Gloeophyllum trabeum*. Entre los 45 y los 50 años presenta una pérdida de masa promedio del árbol de 9,4%; en árboles entre 60 y 65 años el valor promedio es de 5,3% y en árboles entre 65 y 70 años este valor es de 7,66%. Como referencia, un árbol de roble sobre 100 años presentó buena resistencia al deterioro hasta el grupo de anillos entre 60 y 70 años,; luego comenzó a disminuir su resistencia en la madera cercana a la médula [4].

Para *Nothofagus pumilio*, se evaluó, en Tierra del Fuego (Argentina), la evolución en incremento y calidad de fustes de un rodal en fase de crecimiento óptimo inicial bajo manejo silvícola. Las intervenciones silvícolas tempranas permitieron duplicar los incrementos en diámetro (0,23 a 0,45 cm/año) y elevar los incrementos volumétricos por hectárea (hasta 12,7 m³/ha/años). Sin embargo, la calidad de las plantas se vio fuertemente disminuida. Al momento de la intervención se dejaron árboles de excelente calidad forestal, pero al cabo de 14 años la calidad de los mismos disminuyó hasta llegar a un 17% de árboles de buen porte. Se sugiere realizar podas en las primeras etapas de crecimiento del rodal [5]. Para la misma zona, se evaluó el rendimiento de *Nothofagus betuloides* frente a distintas intensidades de corta. Un rodal sin intervención de 46 años tuvo un incremento diamétrico de 0,1 a 0,2 cm/año, un incremento volumétrico de 6,3 m³/ha/año y un autoraleo natural de 350 árboles/año. Este bosque respondió favorablemente a la aplicación de distintos niveles de raleo. En el tratamiento más intenso (2000 individuos/ha) el incremento diamétrico alcanzó 0,52 cm/año (para los tratamientos de 3500 y 5000 individuos/ha el crecimiento fue de 0,37 y 0,31 cm/año). La menor intensidad de raleo presentó los mayores incrementos volumétricos (13,5 m³/ha/año) comparados con la mayor intensidad (9,5 m³/ha/año) [6].

Un estudio sobre el desarrollo del área basal y la estructura vertical de renovales de *Nothofagus* mostró que el área basal de rodales dominados por coihue fue cerca de un 50% superior a aquellos rodales de edad similar pero dominados por roble y/o raulí [7].

En Argentina, en un renoval (diámetro en la base del tallo < 10 cm) dominado por roble, raulí y coihue se estimó una densidad de 90 individuos/ha en 1994. Posteriormente, se implementaron cortas selectivas en bosquetes y los 10 claros artificiales resultantes de entre 1587 y 4322 m² se cerraron al ganado. En 2002, se estimó, mediante muestreos sistemáticos y aleatorios, las estructuras de tamaño y edad. Las tres especies se establecieron en forma simultánea en los claros artificiales. Raulí resultó ser más tolerante a la sombra y presentó una edad media ligeramente mayor. La densidad de los rodales se estimó en 97006 individuos/ha (68% coihue, 20% roble y 12% raulí). Los renovales mostraron una abundancia y composición independiente de la forma y tamaño de los claros, y de la abundancia relativa de árboles adultos que conformaban el rodal y el límite de los claros [8]. En este mismo rodal, se evaluó la distribución espacial de la regeneración. Se observó una escasa presencia de renovales en el centro y en el borde meridional, situación que se vería explicada por los efectos de la temperatura alta en el día y en el verano y baja por las noches y en invierno, que causaría mortalidad por descalce, estrés hídrico y congelamiento. Se indica, también, que el importante aumento de la cantidad de renovales producido después de las cortas es indicativo de la eficiencia del sistema silvicultural, aunque se recomienda, para optimizar el establecimiento de plantas en toda la superficie, que los claros se dispongan a lo largo de una dirección E-O, con un ancho máximo entre 40 y 50 m, que correspondería aproximadamente con hasta una y media veces la altura de los árboles adyacentes [9].

Se evaluó la respuesta al raleo en renovales de roble luego de seis años en la comuna de Loncoche, Novena Región. Se observó un incremento diamétrico de 19% en los individuos dominantes y un 17,5% en los codominantes [10].

Bajo condiciones de vivero, se ha probado exitosamente la inoculación de cepas de hongos micorrícicos en roble [11].

Se evaluó patrones de crecimiento en renovales de roble y raulí en el sur de Chile usando técnicas dendrocronológicas junto con el análisis de 17 variables edáficas, topográficas y climáticas. El mayor crecimiento diamétrico estuvo asociado con precipitaciones anuales medias, con un período seco corto y suelo arenoso. Los menores valores se asociaron con un período libre de heladas de duración intermedia, con baja humedad estival y un largo período seco y suelo limoso [12].

Con respecto a la biomasa radical para el tipo forestal roble-hualo, se determinó que el promedio para raíces finas fue de 1,6831 gr por muestra y para raíces gruesas fue de 1,6757 gr. Las raíces finas se concentran a menor profundidad (0 – 5 cm), con un 25% de la biomasa radical, mientras que las raíces gruesas se ubican en un estrato inferior (10 – 20 cm), con un 23% de la biomasa radical [13].

Se evaluó el crecimiento de una plantación de raulí de 20 años en las inmediaciones de Valdivia en tres sitios distintos: a) área de mayor crecimiento (DMC=16,5 cm; altura dominante=14 m.); b) área intermedia (DMC=9,1 cm; altura dominante=9 m) y; c) área de menor crecimiento (DMC=8,1 cm; altura dominante=8 m). El volumen (ssc = stereo sin corteza) para el sitio a fue de 112 m³/ha, cuatro veces superior para los sitios b y c. El menor crecimiento en los sitios b y c se explica por la falta de protección lateral otorgada por bosques aledaños contra la radiación y, en particular para el sitio c, también por la mayor resistencia del suelo a la penetración y la menor profundidad de arraigamiento. La sanidad y el estado nutricional de los rodales no explicaron las diferencias de crecimiento [14].

En bosques mixtos de coihue, roble y raulí, localizados entre los 37°30' y 42°00' de latitud sur, en Chile, se recopiló información de 214 parcelas temporales y permanentes para obtener un modelo de tamaño-densidad. El modelo final consideró una pendiente común e interceptos específicos para tres diferentes composiciones: raulí mixto, roble y coihue [15].

En la precordillera de Valdivia se evaluó el efecto de la fertilización y las malezas en el desarrollo inicial de una plantación de coihue. Se observó que las plantas respondieron mejor a una dosis intermedia de fertilizante y que la cobertura de malezas no afectó significativamente el crecimiento ni la sobrevivencia de las plantas. Se observó una interacción significativa del fertilizante con la maleza, ya que con niveles bajos de maleza la respuesta de las plantas a la fertilización fue positiva, no así con coberturas altas de maleza [16].

Se caracterizó y tipificó a los productores forestales de tres localidades de la provincia de Cauquenes (Pilén, el Trozo y Canelillo). Se determinó que las actividades más relevantes son la elaboración de carbón (tanto de bosque como de plantaciones), la recolección de

callampas y de rosa mosqueta. En cuanto a los ingresos, las actividades productivas asociadas al subsistema forestal son relevantes, aunque sólo representan el 39% del ingreso total de los productores. Los productos forestales provenientes del bosque nativo son carbón, leña y vigas; de plantaciones se obtienen metro ruma de pino y eucalipto, así como carbón de pino. Los productos forestales no madereros del bosque son miel, avellanas, dihueños y rosa mosqueta; para el caso de plantaciones, hongos y rosa mosqueta [17].

En la región de la Araucanía se evaluó el rendimiento y la regeneración producto de la aplicación de raleos de intensidad variable, en un renoval de roble y raulí transcurridos 20 años desde su intervención (1980). Los tratamientos son: testigo, área basal residual de 10 m²/ha, 20 m²/ha, 30 m²/ha y 40 m²/ha. El mejor tratamiento, para crecimiento individual, fue T10, mientras que para reclutamiento, los mejores tratamientos fueron T10 y T20, que reclutaron mayor número de especies de interés económico (roble y raulí). La mayoría de los individuos reclutados provienen de tocón, seguido por regeneración de semilla. Sólo el testigo mostró proporciones equiparadas en el origen de los individuos. El tratamiento con la mejor proporción de individuos de buena calidad fue T10, seguido de T20, T30, T40 y testigo. Se sugiere T20 para privilegiar la producción de madera de alto valor y T30 para producción de biomasa [18].

En la precordillera de la región del Maule se cuantificó el carbono absorbido por un bosque nativo del tipo forestal roble-hualo. En un renoval dominado por hualo, con AB=10,8 m²/ha y DMC=12,3 cm, se determinó el peso del mantillo y la distribución de raíces. Para el mantillo se determinó que la biomasa de hojas duplica el peso de las ramas. Para la biomasa radical se determinó que la distribución de raíces finas es inversamente proporcional al aumento de la profundidad y la de las raíces medianas uniforme en el perfil. Se estimó que la absorción de carbono ascendió a 14,72 Mg/ha, equivalente a 53,97 Mg/ha de CO₂ no emitidos [19].

Se ha observado, para la provincia de Curicó, que flores y semillas de roble son parte de la dieta de los trichahues, aunque hay evidencia que sugiere que podría tratarse de una conducta oportunista que se da cuando escasean otros tipos de alimento. La misma conducta se ha observado en las especies de aves choroy y cachaña [20].

Se evaluó, en Monte Alto (cerca de Punta Arenas) tres situaciones: el microclima de un rodal virgen de lenga (BV), el efecto de una corta de regeneración (CR) y un sector desarbolado (SD), a lo largo de un período de siete años. Se registraron las siguientes variables: radiación solar global (RSG), temperatura del aire (T_a) y del suelo a 15 (TS₁₅) y 30 cm (TS₃₀) de profundidad, humedad relativa (HR_a) y velocidad del viento (V). BV presentó diferencias estadísticamente significativas con SD en todas las variables microclimáticas, excepto con T_a. Las mayores diferencias entre BV y CR fueron que RSG aumentó en promedio 4,4 y 3,5 veces en CR durante períodos de crecimiento y receso vegetativo, respectivamente; y que la V aumentó 1,2 veces en CR. Las diferencias en las condiciones microclimáticas sugieren que en CR se verifica un microclima distinto al del BV. Debido a que el microclima y el balance hídrico en el rodal influyen en la vegetación, las disparidades

encontradas entre BV y CR son importantes y entregan una base útil para evaluar las implicancias de la práctica forestal más utilizada en estos bosques [21].

Se determinó que los insectos asociados al bosque de hualo en la región del Maule se agrupan en tres órdenes, 13 familias y 25 especies, con predominio de coleópteros (siete familias, 19 especies), seguido de lepidópteros (tres familias, tres especies) y hemípteros (tres familias, tres especies). Los insectos de follaje son más abundantes (16 especies), causando daño moderado, seguido de aquellos de corteza y madera, con siete y seis especies cada uno, dos de las cuales causan daño significativo. Cerca del 60% de los frutos cosechados presentaron daño por *Perzelia* sp. (Lepidóptera, Oecophoridae), un insecto que afecta los procesos de regeneración de hualo [22].

Se evaluó la factibilidad de establecer hualo en cultivo *in vitro*. Sobre microtallos provenientes de subcultivos sucesivos en medio MS como sustrato, se establecieron seis tratamientos: 1 mg/l, 3 mg/l, 5 mg/l de ANA y AIB, más un control libre de hormonas y cuatro réplicas de cada uno. Se obtuvo un 87,5% de enraizamiento adventicio con 1 mg/l de AIB y un 75% con 3 mg/l de Ana. Se concluye que la presencia de auxinas en el medio de cultivo es indispensable para la formación de raíces *in vitro* y establece la posibilidad de mantener el potencial rizogénico en condiciones *ex vitro* [23].

INFOR ha evaluado métodos de regeneración para el tipo forestal roble-hualo en la región del Maule. Se sugieren métodos silviculturales diversos para lograr equilibrios estructurales en los bosques y calidad maderera y no maderera (PFNM) [24].

Diagramas de densidad para roble en la región del Biobío sugieren que no parece admisible efectuar más de dos raleos en una misma década [25].

Se ha mostrado la eficiencia del uso de imágenes satelitales Landsat para cuantificar y caracterizar la evolución espacial de los bosques nativos en la región del Maule, secano interior [26].

Los PFNM han experimentado un crecimiento importante y sostenido en los últimos 20 años, reflejado en avances de relevancia en torno a nuevos emprendimientos comerciales destinados al mercado nacional e internacional y en menor medida por acciones de investigación y desarrollo focalizadas en la agregación de valor. Las Exportaciones al año 2012 registran montos por sobre los 74 MM US\$, representando una cartera de 60 productos, los cuales se envían a más de 50 países. El mercado interno genera ingresos a 200.000 personas del mundo rural y posee fuerte connotación de género. El consumo interno es creciente, catastrándose un total de 480 productos, de los cuales el 90% provienen del bosque nativo [27].

Se evaluó el efecto de las cortas de protección en fajas en las inmediaciones de Valdivia. Se determinó que existe un efecto de protección lateral del bosque hacia la faja intervenida, que permite mantener en cierta medida las condiciones ambientales del bosque original. Las condiciones ambientales varían según los diferentes anchos de las fajas. Las cortas

equivalentes a 1 y 2 veces la altura del dosel (30 y 60 m), ofrecen las mejores condiciones desde el punto de vista ambiental [28].

En la provincia de Llanquihue, en dos plantaciones de roble y raulí de 30 años, se evaluó el diámetro y la altura de los árboles. Se determinó que la tasa de crecimiento media en altura es de aproximadamente 65 cm. El crecimiento medio en diámetro es de aproximadamente 0,8 cm. La plantación de raulí crece a una tasa de 6,7 m³/ha/año y la de roble a 7,6 m³/ha/año [29].

Se investigó el efecto de un incendio forestal sobre las propiedades físicas y químicas de un bosque de hualo en la zona costera de la zona centro sur de Chile. Las propiedades del suelo varían en su respuesta inicial. MO y humedad decrecen luego del incendio. El potasio intercambiable se incrementa y luego disminuyen, mientras que el fósforo intercambiable y el pH del suelo aumentan inmediatamente luego del incendio y permanecen así. El nitrógeno intercambiable alcanza niveles altos en el sector quemado. La densidad no varía. Los mayores cambios ocurren a nivel superficial (0-5 cm), y se relacionan con la combustión/oxidación del horizonte A [30].

La viverización de hualo debe considerar la generación de condiciones de semisombra para favorecer la sobrevivencia y un mayor desarrollo de las plantas. El espaciamiento también es relevante: a mayor espaciamiento entre plantas, mayor es el incremento del DAC [31].

1. Delgado Flores, C.T., *Crecimiento de un Bosque Secundario de Nothofagus macrocarpa, en el Cerro el Roble, Región Metropolitana*. 2008.
2. DONOSO, P., *Caracterización y proposiciones silviculturales para renovales de roble (Nothofagus obliqua) y raulí (Nothofagus alpina) en el área de protección Radal Siete Tazas*. Bosque, 1988. **9**(2): p. 103-114.
3. Leon, D., C. David, and F. Zamudio Arancibia, *Estudio de distribución horizontal en renovales de Nothofagus obliqua (Mirbel) de la precordillera de la Septima Region*. 1997.
4. JUACIDA, R., H. SIEBERT, and M. TORRES, *Edad y durabilidad natural de renovales de Nothofagus obliqua*. Bosque (Valdivia), 2000. **21**(1): p. 73-77.
5. Martínez Pastur, G., et al., *Modificación del crecimiento y de la calidad de fustes en un raleo fuerte de un rodal en fase de crecimiento óptimo inicial de Nothofagus pumilio*. Ecología austral, 2001. **11**(2): p. 95-104.
6. Pastur, G.J.M., et al., *Response of nothofagus betuloides (mirb.) oersted to different thinning intensities in tierra del fuego, argentina*. INTERCIENCIA-CARACAS-, 2002. **27**(12): p. 679-685.
7. Lusk, C.H. and A. Ortega, *Vertical structure and basal area development in second-growth Nothofagus stands in Chile*. Journal of Applied Ecology, 2003. **40**(4): p. 639-645.
8. DEZZOTTI, A., et al., *Regeneración de un bosque mixto de Nothofagus (Nothofagaceae) después de una corta selectiva*. Revista Chilena de Historia Natural, 2003. **76**(4): p. 591-602.
9. Dezzotti, A. and R. Sbrancia, *Patrón espacial de la regeneración de un rodal mixto de Nothofagus en claros artificiales del dosel*. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, 2006. **106**: p. 1.

10. Jerez, J.A.S., *Estudio de seis años de respuesta al raleo en renovales de Roble (Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst.) en el predio Aillapán, comuna de Loncoche, Novena Región.* 2003.
11. ALARCON, M.S.B., *Ensayos de inoculación micorrízica en Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst., en condiciones de invernadero.* 2004.
12. Echeverría, C. and A. Lara, *Growth patterns of secondary Nothofagus obliqua—N. alpina forests in southern Chile.* Forest Ecology and Management, 2004. **195**(1): p. 29-43.
13. Bilbao Arancibia, N.C. and U. Doll, *Estimación de biomasa radical acumulada bajo un bosque nativo del tipo forestal roble-hualo de la Estación Experimental "El Picazo", de la Comuna de San Clemente, VII región.* 2006.
14. Ga, R.R., V. Gerdingb, and C.D. Zb, *Crecimiento de una plantación de Nothofagus nervosa durante 20 años en Valdivia.* Bosque, 2007. **28**(2): p. 129-138.
15. Gezan, S., A. Ortega, and E. Andenmatten, *Diagramas de manejo de la densidad para renovales de roble, raulí y coigüe en Chile.* Bosque, 2007. **28**(2): p. 97-105.
16. Donoso, P., et al., *Efecto de la fertilización y cobertura de malezas en el crecimiento inicial y la mortalidad de una plantación de Nothofagus dombeyi en la Cordillera de Los Andes.* Bosque, 2007. **28**(3): p. 249-255.
17. Guerra Marín, G. and P.C. Vallejo Vargas, *CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE PRODUCTORES FORESTALES, EN EL ÁREA DE DESARROLLO CAUQUENES COSTA, VII REGIÓN.* 2007.
18. TRAEGER, H.C.S., *Evaluación de Raleos en un Renoval de Raulí (Nothofagus alpina poepp. et endl.) y Roble (Nothofagus obliqua (mirb) oerst) en la Provincia de Malleco, IX Región.* 2008.
19. Doll, U., et al., *Estimación preliminar de la retención de carbono en raíces finas y mantillo de un renoval de Nothofagus glauca de la precordillera andina de la Región del Maule, Chile.* Bosque, 2008. **29**(1): p. 91-96.
20. CORVALÁN, P. and J.E. JIMÉNEZ, *CONSUMO DE SEMILLAS DE ROBLE (Nothofagus obliqua) POR TRICAHUES (Cyanoliseus patagonus) EN LA PRECORDILLERA DE CURICÓ.* Boletín Chileno de Ornitología, 2010. **16**(1): p. 17-20.
21. Promis, A., J. Caldentey, and M. Ibarra, *Microclima en el interior de un bosque de Nothofagus pumilio y el efecto de una corta de regeneración.* Bosque, 2010. **31**(2): p. 129-139.
22. FUENTES, A.H., et al., *Composición y clasificación de daño de insectos en Nothofagus glauca (Fagaceae), Región del Maule, Chile.* 2010.
23. Uribe, M.E., et al., *Influencia de las auxinas sobre el enraizamiento in vitro de microtallos de Nothofagus glauca (Phil.) Krasser.* Gayana. Botánica, 2012. **69**(1): p. 105-112.
24. Quiroz, I., et al., *EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE REGENERACIÓN APLICADOS EN EL TIPO FORESTAL ROBLE-HUALO EN LA REGIÓN DEL MAULE.* 2011.
25. Müller-Using, B., R. Rodríguez, and P. Gajardo, *Desarrollo de una guía de manejo de la densidad en bosques de segundo crecimiento de roble (Nothofagus obliqua) en la región del Biobío.* Bosque (Valdivia), 2013. **34**(2): p. 201-209.
26. Ormazábal, Y., et al., *Caracterización y cuantificación de fragmentos de bosque nativo, en un sector del secano interior de la Región del Maule, Chile.* Ciência Florestal, 2013. **23**(3).
27. Valdebenito, G., *"EXISTENCIA, USO Y VALOR DE LOS PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS (PFNM) DEL BOSQUE NATIVO EN CHILE.* 2013.

28. Otero, L., A. Contreras, and A. Barrales, *Efectos ambientales de diferentes tipos de cortas en bosque nativo. El caso de las cortas de protección en fajas*. Ciencia e Investigación Forestal, 1994. **8**(1): p. 87-118.
29. DONOSO, S. and N. GUTIERREZ, *CRECIMIENTO DE PLANTACIONES DE NOTHOFAGUS SPP Y RENDIMIENTO VOLUMETRICO AL APLICAR TRATAMIENTOS SELVICOLAS*. Sin año.
30. Litton, C.M. and R. Santelices, *Effect of wildfire on soil physical and chemical properties in a Nothofagus glauca forest, Chile*. Revista Chilena de Historia Natural, 2003. **76**(4): p. 529-542.
31. Santelices, R., L. Herrera, and J. Osoreo, *Cultivo en vivero del hualo (Nothofagus glauca (Phil.) Krasser) bajo diferentes gradientes de luminosidad y espaciamento*. Ciencias Forestales, 1995. **10**: p. 3-13.

PARTE III.

MENSURA

(modelos y valores)

Para un bosque de *Nothofagus macrocarpa* de una edad promedio de 39 años, ubicado en el límite norte de su distribución, se determinó que el crecimiento diamétrico es de 0,23 cm/año y el crecimiento en altura es de 32,3 cm/año con un crecimiento en volumen de 0,43 m³/ha/año, que fue menor para otras especies del género. El incremento en biomasa fue de 35,2 ton/ha. Estos valores bajos se explicarían por la condición marginal del bosque y la degradación causada por la intervención humana [1].

Para *Nothofagus alessandrii* se determinó que para un rodal de 57 años la densidad es de 1516 árboles/ha. Por medio de un muestreo que incluyó la corta de 15 árboles representativos, se desarrollaron funciones de volumen, altura y crecimiento confiables. El crecimiento en diámetro arrojado por el modelo es de 4,3 mm/año [2].

En 2003 se publicó una serie de funciones dendrométricas para distintas especies del bosque nativo, adaptadas a la situación de cada región de Chile [3].

En Valdivia, se evaluó el estado de desarrollo y se proyectó la situación de plantaciones de rui, hualo y huala, sobre ejemplares del Arboretum de la Universidad Austral en Valdivia. Se relacionó la compactación del suelo con la baja altura de los individuos. Se sugiere que el pH ácido del suelo, los bajos niveles de bases, potasio y fósforo disponibles, así como la alta saturación de aluminio se pueden relacionar con impedimentos a nivel de raíces finas [4].

Se usó datos de análisis de tallo para bosques de roble de 60 a 100 años y de 260 y 460 años. Se determinó que el DAP es el mejor indicador para proyectar crecimiento de robles [5].

Para determinar crecimiento diamétrico en roble, se ajustó el modelo Bertalanffy-Richards. Con datos independientes se puede predecir incremento diamétrico en corto plazo y con

series de crecimiento se obtienen modelos de alta significancia biológica. Esto permite interpretar la dinámica de crecimiento del roble bajo diferentes estados de competencia. Con este modelo se puede perfeccionar la definición de regímenes silvícolas para roble. El orden de tolerancia a la sombra es menor en roble que en coihue y raulí. Roble puede mantenerse creciendo en estratos dominante e intermedio hasta la fase de madurez; en masas regulares la diferenciación de dominantes e intermedios se produce a los 5 años (edad al DAP) y hasta los 15 años se produce la diferenciación entre dominantes e intermedios, por lo tanto se concluye que roble es sensible a la competencia, produciéndose su mortandad y autorraleo antes de los 130 años de edad al DAP [6].

En un bosque antiguo dominado por roble, se usó patrones espaciales de árboles vivos y muertos usando la función de Ripley. Los individuos de roble tienden a distribuirse homogéneamente en el sitio, sin embargo, no hay valores significativos para corroborar esta idea [7].

1. Donoso, S., et al., *ABOVE-GROUND BIOMASS ACCUMULATION AND GROWTH IN A MARGINAL Nothofagus macrocarpa FOREST IN CENTRAL CHILE*. Interciencia, 2010. **35**(01).
2. Santelices, R. and M. Riquelme, *Antecedentes dasométricos de Nothofagus alessandrii de la procedencia Coipué*. Bosque, 2007. **28**(3): p. 281-287.
3. Drake, F., P.E. Avilés, and E. Acuña, *Compendio de funciones dendrométricas del bosque nativo 2003*: Universidad de Concepción.
4. WYNEKEN, S.W., *Estado de desarrollo de Nothofagus alessandrii Espinosa, Nothofagus glauca (Phil.) Korner y Nothofagus leonii Espinosa ex-situ, en Valdivia*. 2004.
5. Salas, C. and O. García, *Modelling height development of mature <i>Nothofagus obliqua</i>*. Forest ecology and management, 2006. **229**(1): p. 1-6.
6. CHAUCHARD, L. and R. SBRANCIA, *Modelos de crecimiento diamétrico para Nothofagus obliqua*. Bosque (Valdivia), 2003. **24**(3): p. 3-16.
7. Salas, C., et al., *Spatial patterns in an old-growth <i>Nothofagus obliqua</i> forest in south-central Chile*. Forest ecology and management, 2006. **231**(1): p. 38-46.

PARTE IV.

SUSTENTABILIDAD

En el sector Fundo Riquelme⁵, en la precordillera de Linares, se estudió la producción de carbón vegetal en pequeños propietarios. El costo de producir un saco de carbón es muy similar al precio de venta, esto indica que la producción de carbón debe abordarse bajo un concepto de rentabilidad social (cuestión agravada por la escasa presencia de alternativas

⁵ En este sector se ubica el predio Los Guindos Lote 6B y está relativamente cerca de los predios Los Canelos e Hijuela 3 Vega Las Casas.

laborales). Los productores dependen económicamente del bosque, que presenta altos signos de degradación [1].

El estudio de curvas IDF para la región del Maule, determinó diferencias significativas entre las distintas estaciones pluviográficas de la región del Maule. Hay grandes diferencias entre las estaciones de las regiones de O'Higgins y del Maule (90,9%). Las menores diferencias se encontraron entre las estaciones de las regiones de Valparaíso y del Maule (50%). Las intensidades máximas de precipitación aumentan levemente según aumenta la latitud. En sentido longitudinal, para la región del Maule se determinó dos conjuntos, uno compuesto por las estaciones de la depresión intermedia (Parral, Péncahue, Melozal, San Javier y Talca) con intensidades entre 11 y 15 mm/hr para un período de retorno de 5 años, y 16 y 24 mm/hr para 100 años; el otro grupo está compuesto por las estaciones San Manuel, Embalse Digua⁶, Embalse Ancoa, Colorado, Embalse Bullileo⁷, Potrero Grande⁸ y Los Queñes, con intensidades que oscilan entre 17 y 20 mm/hr para un período de retorno de 5 años, y entre 26 y 31 mm/hr para 100 años. Las intensidades más altas se registraron para sectores cercanos a cuerpos de agua [2].

Se define que el bosque nativo es una fuente de biomasa viable desde una perspectiva técnica. Existe la tecnología y la técnica necesaria para la explotación sustentable del bosque [3].

A nivel mundial se espera un escenario de demandas sostenidas y crecientes de madera, así como una presión sobre el medio ambiente y un interés por proteger y definir las funciones del bosque. La superficie del bosque nativo es de 13,4 millones de ha. La superficie posible de ser intervenida es inferior debido a restricciones de uso por altitud, pendiente, tipos forestales, estructura de bosques, áreas incluidas en SNASPE y vecindad a cursos y cuerpos de agua. Se señala que sólo un 29% de los bosques tienen un aprovechamiento comercial, cifra que aún se considera sobrevalorada. En relación con la composición florística, las especies comerciales (de mayor dimensión y calidad maderera), sólo representan entre el 10 y el 20% del volumen bruto total del bosque. Por la localización de los bosques, no es factible extender el trabajo de terreno por más de 6 meses, aumentando los costos de cosecha, construcción de caminos y transporte. En general, los rendimientos para madera aserrada no superan el 35%; el tipo de especie, la corteza y la pudrición de madera hacen que los rendimientos sean bastante más bajos que los obtenidos para pino y eucalipto. Se estima que la tasa de disminución del bosque en las décadas pasadas era de 14.000 ha/año (transformación a plantaciones) y 3.500 ha/año (agricultura y ganadería). A esto se suma una disminución paulatina de la calidad y la capacidad productiva en cerca de 10.000 ha de bosques todos los años, por una explotación selectiva (floreo), sin manejo silvícola. Los

⁶ Cerca de Bullileo.

⁷ Cerca de Bullileo.

⁸ Cerca de los predios de Curicó.

planes de manejo regulan la corta y la regeneración, pero son medianamente efectivos en la conservación del bosque, y no aseguran su potencial futuro. Se concluye que, a pesar de muchos avances técnicos y productivos, aún no es posible manejar satisfactoriamente los bosques nativos, debido a su nivel de degradación, ausencia de condiciones de mercado, de políticas y normas legales claras e insuficiente interés de los propietarios [4].

La propuesta de un nuevo modelo forestal para Chile considera el rol del bosque con su potencial económico, asociado a la generación de empleos y desarrollo de las MICROPYMES, junto con sus múltiples valores ambientales, sociales y culturales [5].

Los PFM de Chile se asocian a comunidades rurales e indígenas. Destacan los productos comestibles sobre las plantas medicinales o tintóreas. Estos productos permiten complementar la producción agraria, favoreciendo la valorización de los ecosistemas forestales en su conjunto. La cosecha a pequeña escala para consumo directo permite que los volúmenes de recolección sean muy inferiores a la disponibilidad natural de los recursos [6].

1. Farias, A., F. Esteban, and M. Ponce Donoso, *Caracterización de la producción de carbón en pequeños propietarios del sector fundo Riquelme, provincia de Linares, VII región*. 2003.
2. Aravena Garrido, D.P. and R. Pizarro Tapia, *Análisis comparativo de las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) de 31 estaciones pluviográficas ubicadas en la zona árida y semiárida de Chile*. 2006.
3. Rudnick, H., C. Hernández, and I. Spiniak, *Ley ERNC y Ley Bosque Nativo La Factibilidad Económica y Social del Cofiring Mayo 2010*. 2010.
4. para la Innovación Agraria, F., *Bosque nativo en Chile: situación actual y perspectivas 2001*: Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura.
5. Conget, C.F. and M. Núñez Ávila, *Hacia un nuevo Modelo Forestal en Chile*. Revista Bosque Nativo. http://revista.bosquenativo.cl/volumenes/47/2_opinion.htm, 2008.
6. Tacón, A., et al., *El mercado de los productos forestales no madereros y la conservación de los bosques del sur de Chile y Argentina*. Red de productos forestales no madereros de Chile. Valdivia, Chile. WWF Chile, 2005.

PARTE V.

SILVICULTURA DE NOTHOFAGUS Y ESPECIES AFINES EN EL MUNDO

En Victoria, Australia, se estudió algunas características de *Nothofagus cunninghamii* creciendo en un bosque maduro de quebrada. Las hojas protegidas del sol fueron expuestas a un repentino cambio en la irradiación, de 20 a 1500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, y se midió el intercambio gaseoso y la fluorescencia de la clorofila, para examinar la recuperación de la eficiencia y estado de conversión del ciclo de xantófilos el PS II. La inducción fotosintética fue rápida en comparación con especies del hemisferio norte. La conductividad estomática fue relativamente alta en la sombra y los estomas no controlaron directamente la inducción

fotosintética bajo esas condiciones. La pobre tolerancia a la sequía y logro de un positivo balance de carbono en las hojas no expuestas al sol pueden estar relacionadas con la alta conductividad estomática en la sombra [1].

Los encinos constituyen un género (*Quercus* L.) abundante y ampliamente distribuido en los bosques del este de Norte América. La dominancia de los encinos se debe, en gran parte, a una historia de frecuentes disturbios que incluyen fuegos, herbivoría por mamíferos y explotación forestal. Alteraciones a estos regímenes de disturbios históricos hacia disturbios con menos frecuencia e intensidad, y la supresión de fuego, han ocasionado un remplazo gradual de los encinos. El aumento de poblaciones de herbívoros mamíferos (por ejemplo, *Odocoileus virginianus*), de insectos invasivos (por ejemplo, *Lymantria dispar*), o la dominancia de arbustos nativos (por ejemplo, *Kalmia latifolia*) impiden la regeneración de los encinos y contribuyen a su deterioro dentro de una región. La regeneración exitosa de los encinos depende de obtener un nivel adecuado de regeneración avanzada antes de que se inicien las cortas finales. La producción de bellotas puede incrementarse en rodales jóvenes con la aplicación de raleos para estimular el desarrollo de los doseles, o en rodales maduros utilizando una serie de cortes de protección para estimular la producción de semillas. Los cortes de protección suelen estimular el desarrollo de especies heliófilas como los encinos, porque aumentan la luminosidad en el sotobosque. Estas cortas usualmente se aplican en conjunto con procedimientos para controlar la vegetación en el sotobosque que compite con los encinos, como el uso de herbicidas o quemas prescritas. Si existe una cantidad adecuada de regeneración avanzada, el uso de la tala raza es apropiado, pero usualmente requiere el control de la competencia (por ejemplo, de malezas) que puede desarrollarse después de la cosecha. La quema prescrita, aplicada una o varias veces después de los cortes de protección o de la tala raza, es una práctica viable que favorece a los encinos. Todas estas intervenciones generalmente ocasionan una respuesta relativamente neutra o positiva a las comunidades de otros grupos de organismos como plantas herbáceas, aves, mamíferos, y la herpetofauna [2].

Para el caso de la especie colombiana *Colombobalanus excelsa* (Fagaceae, endémica de los Andes colombianos), se ha determinado la existencia de un suministro bajo de renuevos y propágulos, lo que puede poner en peligro la especie. También se determinaron las siguientes amenazas: baja producción de semillas en árboles adultos, altos niveles de depredación pre-dispersión, alta proporción de semillas vacías, baja viabilidad de las semillas sanas, alta mortalidad de las semillas sanas y viables que llegan al suelo, siendo este último, el factor más dramático [3].

Para el caso de *Quercus rubra*, los requerimientos de sitio para regeneración son similares que para el caso de *Nothofagus*: sitios abiertos pero protegidos que no tengan competidores agresivos [4].

1. Tausz, M., C.R. Warren, and M.A. Adams, *Dynamic light use and protection from excess light in upper canopy and coppice leaves of Nothofagus cunninghamii in an old growth*,

- cool temperate rainforest in Victoria, Australia*. *New Phytologist*, 2005. **165**(1): p. 143-156.
2. Dey, D.C., et al., *An ecologically based approach to oak silviculture: a synthesis of 50 years of oak ecosystem research in North America*. *Colombia Forestal*, 2010. **13**(2): p. 201-222.
 3. Aldana, C.A.P., M.C.D. Gómez, and F.H.M. Hurtado, *Regeneración Natural del Roble Negro (*Colombobalanus excelsa*, Fagaceae) en Dos Poblaciones de la Cordillera Oriental de los Andes, Colombia*. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 2011. **64**(2): p. 6175-6189.
 4. Crow, T., *Reproductive mode and mechanisms for self-replacement of northern red oak (*Quercus rubra*)-a review*. *Forest science*, 1988. **34**(1): p. 19-40.

ANEXO II

INFORMACIÓN SOBRE PREDIOS MEDIDOS

Cauquenes. Se realizó mediciones en los 6 predios considerados para esta provincia. Se observó, en concordancia con lo referido en la literatura especializada, que se trata de la provincia de la Región del Maule con mayor evidencia de intervención en sus bosques nativos, por ello, no fue posible, en todos los casos, encontrar bosques aledaños a los predios de interés para el establecimiento de parcelas de contraste. Muchos de los predios visitados se encuentran rodeados por asentamientos urbanos, por plantaciones de pinos y/o eucaliptus, por cultivos agrícolas o por zonas de pastoreo, por lo cual podrían considerarse, los predios visitados, como “islas” en donde subsisten fragmentos del bosque maulino.

Para el caso de los predios “El Avellano, El Aromo”, “La Plazoleta”, “El Carmín, Hijueta N°4” e “Hijueta 10 Salto de Agua” el bosque se encuentra, en general, en buen estado y sin evidencia de intervenciones recientes. Los dos primeros se encuentran inmersos en otras masas de bosque nativo, aunque cerca de zonas intervenidas (plantaciones forestales), mientras que los dos últimos están completamente rodeados por zonas intervenidas.

Para el caso de los predios “La Quinta” y “San Juan, San Jorge”, ambos con dos intervenciones realizadas, se observó, para el primer caso, la presencia de individuos de pino de distintas edades dentro de la zona de interés, mientras que para el segundo predio, una de las dos zonas de interés está siendo, actualmente, objeto de extracción de madera.

Curicó. En ninguno de los dos predios se logró realizar mediciones, por lo cual las actividades en terreno en esta provincia se realizarán, íntegramente, durante la primavera de 2012. Para el caso del predio “Montegrando”, se pudo establecer contacto con los administradores, sin embargo no fue posible concretar una visita para realizar mediciones. Para el caso del predio “Nirvana”, no fue posible localizar a los propietarios; por lo demás, el acceso a este último predio es más complejo que en los otros casos, dado que el único camino que llega a él pasa por otro predio.

Linares. Se logró realizar mediciones en 9 predios de los referidos en el volumen “Recopilación de experiencias silvícolas en el ‘Bosque Nativo Maulino’”, y se localizó otros tres predios no mencionados en el volumen editado por Conaf (“Hijuelas 4 y 5 del Fundo Los Canelos”, “El Recreo” y “Los Quillayes o Las Cruces”). Los predios descartados son “El Castillo” (sus bosques corresponden al tipo forestal Roble-Raulí-Coihue) y “La Arboleda” (no se contó con información suficiente para determinar la localización del sitio intervenido).

De los predios visitados, se observó que, en comparación con las otras provincias, en Linares se encuentran los bosques en mejor estado de conservación. En todos los predios se realizaron las actividades de medición normalmente, a excepción de dos casos: a) una de las dos intervenciones en el predio “El Coironal” (Raleo Selectivo - 500 m²) no se pudo visitar debido a que el propietario no autorizó el ingreso y; b) en el predio “El Peral” sólo se midió un bosque de contraste debido a que había diferencias entre la información disponible en el plan de manejo y los antecedentes proporcionados por el propietario acerca de la localización del sitio intervenido.

Talca. De los 8 predios referidos en el volumen “Recopilación de Experiencias Silvícolas en el ‘Bosque Nativo Maulino’”, se consideró 5 para realizar mediciones. Los predios descartados fueron “Las Garzas” (no había información suficiente para determinar los sitios intervenidos),

“Hijuela 1 del Fundo Armerillo” (no fue posible establecer contacto con la propietaria) y “Beño” (tipo forestal Ciprés de la Cordillera). De los predios visitados, queda pendiente el establecimiento de parcelas de contraste para “Fundo Armerillo”. Adicionalmente, para esta provincia, se incorporó un predio adicional (“El Picazo”, de la Universidad de Talca) para el establecimiento de parcelas de contraste.

ANEXO III. CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS PREDIOS

Provincia	Comuna	Predio	Intervención	Elevación (m.s.n.m.)	Exposición	Pendiente (%)	Denominación pendiente	Posición fisiográfica	Ubicación en el relieve	Forma de la ladera	Forma del contorno
Cauquenes	Chanco	El Carmín - Hijuela 4	Sí	407	NO	15	Inclinado	Terraza	Piedemonte	Recta	Recto
Cauquenes	Cauquenes	San Jorge	Sí	374	SO	18	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Cóncava	Recto
			No	295	SO	24	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Cóncava	Recto
Cauquenes	Cauquenes	La Quinta	Sí	480	SE	37	Inclinación muy pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Recto
			No	430	SO	45	Inclinación muy pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Recto
Cauquenes	Cauquenes	Hijuela 10 Salto de Agua	Sí	481	SE	31	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Convexa	Cóncavo
			No	505	SO	28	Inclinación pronunciada	Terraza	Piedemonte	Convexa	Cóncavo
Cauquenes	Cauquenes	El Avellano El Aromo	Sí	407	SO	33	Inclinación muy pronunciada	Colinas	Ladera	Cóncava	Cóncavo
			No	495	SE	7	Ligeramente inclinado	Colinas	Piedemonte	Recta	Cóncavo
Cauquenes	Cauquenes	La Plazoleta	Sí	468	SE	23	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Recto
			No	386	SE	11	Inclinado	Terraza	Piedemonte	Cóncava	Convexo
Cauquenes	Cauquenes	Samizal	No	535	NO	9	Ligeramente inclinado	Terraza	Hondonada	Cóncava	Recto
Cauquenes	Cauquenes	Predio del portón de	No	538	NE	20	Inclinación pronunciada	Terraza	Piedemonte	Convexa	Recto
Talca	San Clemente	Fundo Armerillo	Sí	726	NO	33	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Convexo
Talca	San Clemente	Picazo Conaf	Sí	1230	SE	28	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Cóncava	Recto
			No	1330	O	20	Inclinación pronunciada	Terraza	Ladera	Recta	Recto
Talca	San Clemente	Los Romerillos Lo Beño	Sí	1291	NE	20	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Cóncava	Cóncavo
			No	1390	NE	14	Inclinado	Colinas	Ladera	Convexa	Convexo
Talca	San Clemente	Picazo Utalca	No								
Talca	San Clemente	Hijuela 4 Sucesión Sazo Poblete	Sí	626	Sitio plano	0	Plano	Terraza	Piedemonte	Recta	Recto
Talca	San Clemente	Hijuela 5 Sucesión Sazo Poblete	Sí	643	Sitio plano	0	Plano	Terraza	Piedemonte	Recta	Recto
Linares	Longaví	Hijuela 3 Vega Las Casas	Sí	979	NE	38	Inclinación muy pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Recto
			No	1055	NO	22	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Convexa	Recto
Linares	Longaví	Los Canelos	Sí	914	Sitio plano	2	Plano	Colinas	Ladera a piedemonte	Convexa	Recto
			No	910	O	13	Inclinado	Colinas	Ladera	Recta	Convexo
Linares	Parral	Hijuelas 4 y 5 Los Canelos	Sí	857	NO	54	Inclinación muy pronunciada	Colinas	Ladera	Convexa	Convexo
Linares	Parral	Hijuela 6 Los Canelos	Sí	911	SE	12	Inclinado	Terraza	Cumbre	Convexa	Convexo
			No	900	NO	14	Inclinado	Colinas	Ladera	Convexa	Cóncavo

Linares	Parral	Los Quillayes	Sí	614	NO	51	Inclinación muy pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Recto
			No	617	NO	23	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Recto
Linares	Parral	El Recreo	Sí	528	SO	29	Inclinación pronunciada	Lomaje	Ladera	Recta	Convexo
Linares	Longaví	El Florido	Sí	777	SO	32	Inclinación muy pronunciada	Colinas	Ladera	Convexa	Recto
			Sí	752	SO	5	Casi plano	Terraza	Piedemonte	Recta	Recto
			No	747	O	23	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Convexo
Linares	Longaví	Los Guindos Lote 6B	Sí	908	NE	24	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Convexa	Convexo
			No	1071	NE	31	Inclinación muy pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Recto
Linares	Parral	El Coironal	Sí	762	NO	24	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Recto
			No	608	NE	32	Inclinación muy pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Recto
Linares	Parral	Villegas	Sí	943	SE	26	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Cóncavo
			No	915	E	34	Inclinación muy pronunciada	Colinas	Ladera	Cóncava	Recto
Linares	Parral	Hijuela 3 Lote A	Sí	900	NE	12	Inclinado	Colinas	Ladera	Recta	Recto
			No	773	NO	27	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Recta	Recto
Curicó	Romerol	Nirvana	Sí	966	SO	10	Ligeramente inclinado	Colinas	Ladera	Recta	Recto
			No	1178	SO	7	Ligeramente inclinado	Colinas	Ladera	Recta	Convexo
Curicó	Curicó	Montegrande	Sí	1413	NE	25	Inclinación pronunciada	Colinas	Ladera	Cóncava	Convexo
			No	1259	SE	24	Inclinación pronunciada	Terraza	Hondonada	Recta	Recto

ANEXO IV.



**ANTECEDENTES BIOCLIMÁTICOS EN EL
MARCO DEL PROYECTO FIBN
028/2011 CONAF - UNIVERSIDAD DE
TALCA**



**Pablo Heinrich Rojas
Ingeniero Forestal**

Talca, 2013

CLIMOGRAMAS, DIAGRAMAS DE ARIDEZ, DE MESES FRÍOS Y MESES DESFAVORABLES

1. Fundos La Arboleda, Armerillo, Hijueta N°1 del Fundo Armerillo y Las Garzas

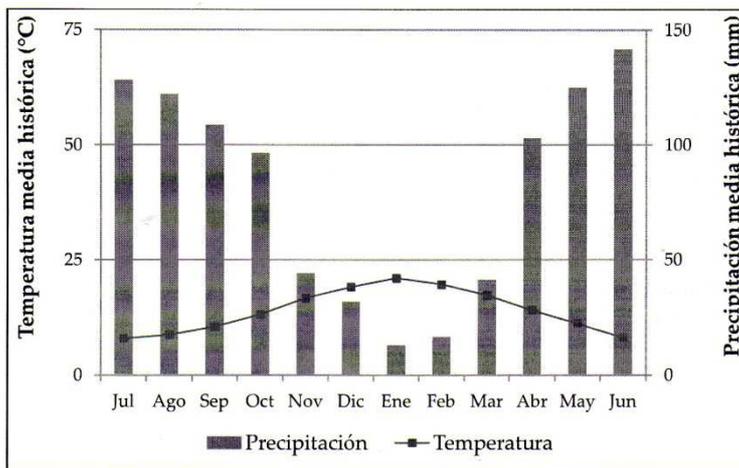


Figura N°1. Climograma.



Figura N°2. Diagrama de aridez.

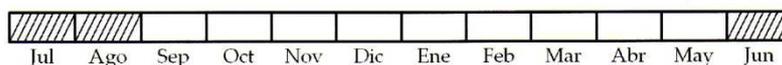


Figura N°3. Diagrama de meses fríos.



Figura N°4. Diagrama de meses desfavorables.

2. Fundos El Peral, Hijueta N°3 Lote A, Hijueta N°3 Vega Las Casas, Los Guindos Lote 6B, Coironal, El Castillo, Los Canelos, El Florido, Villegas, Hijueta N°4 y N°5 Los Canelos, Hijueta N°6 Los Canelos, El Recreo y Los Quillayes

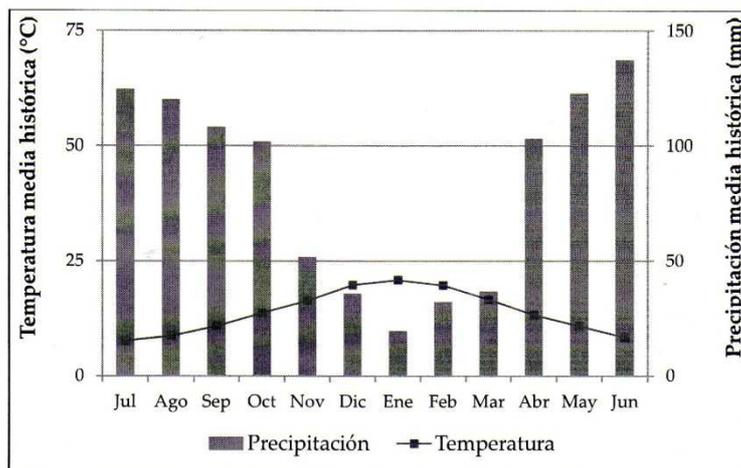


Figura N°5. Climograma.



Figura N°6. Diagrama de aridez.

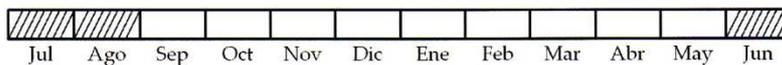


Figura N°7. Diagrama de meses fríos.



Figura N°8. Diagrama de meses desfavorables.

3. Fundo Hijuela N°10 Salto de Agua

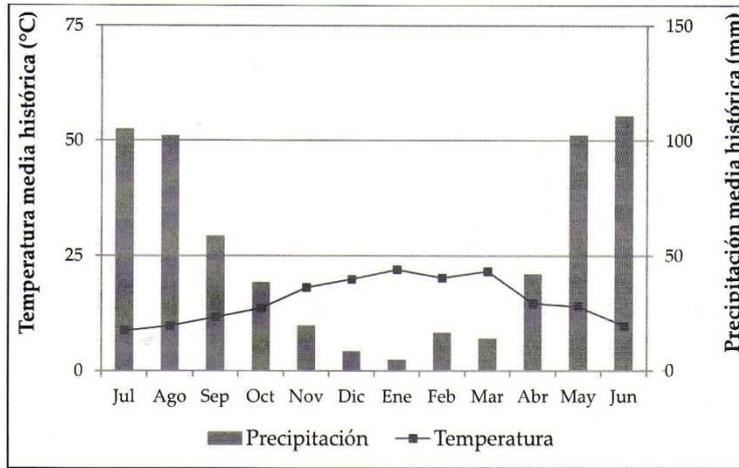


Figura N°9. Climograma.



Figura N°10. Diagrama de aridez.

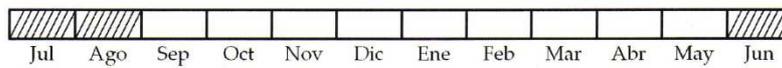


Figura N°11. Diagrama de meses fríos.

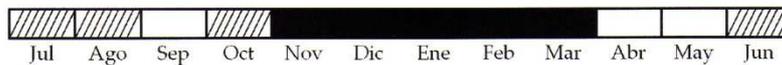


Figura N°12. Diagrama de meses desfavorables.

4. Fundos Beño y Los Romerillos Lo Beño

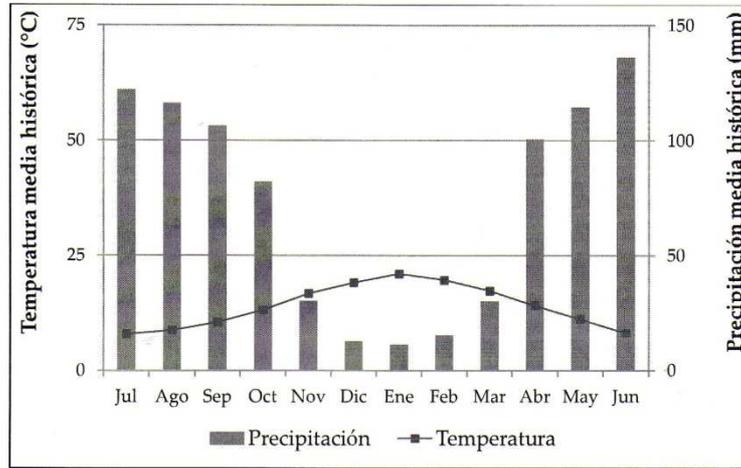


Figura N°13. Climograma.

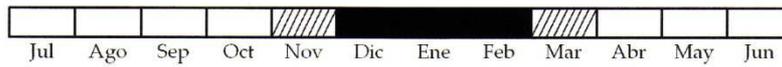


Figura N°14. Diagrama de aridez.

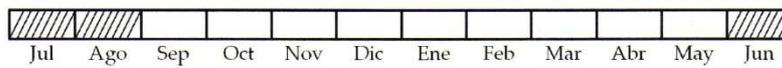


Figura N°15. Diagrama de meses fríos.

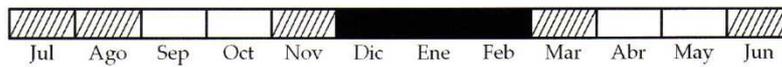


Figura N°16. Diagrama de meses desfavorables.

5. Fundo Nirvana

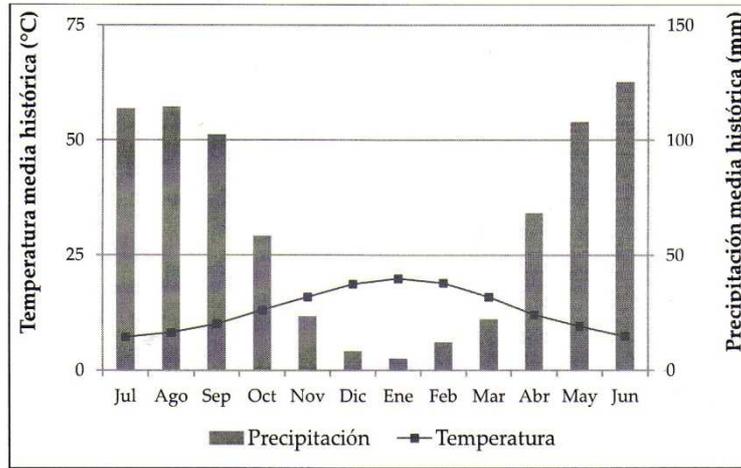


Figura N°17. Climograma.



Figura N°18. Diagrama de aridez.

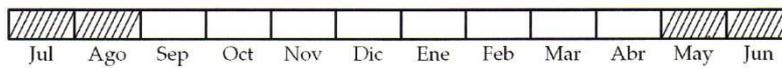


Figura N°19. Diagrama de meses fríos.

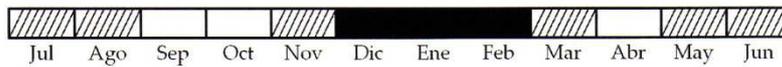


Figura N°20. Diagrama de meses desfavorables.

6. Fundo Monte Grande

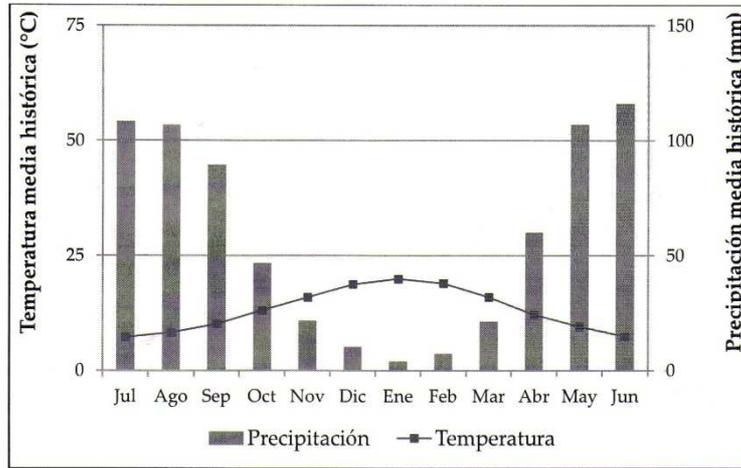


Figura N°21. Climograma.

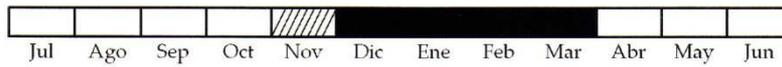


Figura N°22. Diagrama de aridez.

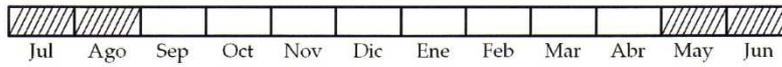


Figura N°23. Diagrama de meses fríos.

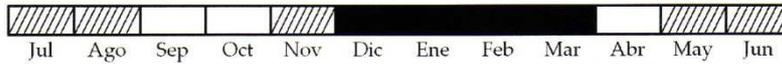


Figura N°24. Diagrama de meses desfavorables.

7. Fundos La Quinta, San Juan y San Jorge, El Carmín Hijuela N°4, El Avellano El Aromo y La Plazoleta

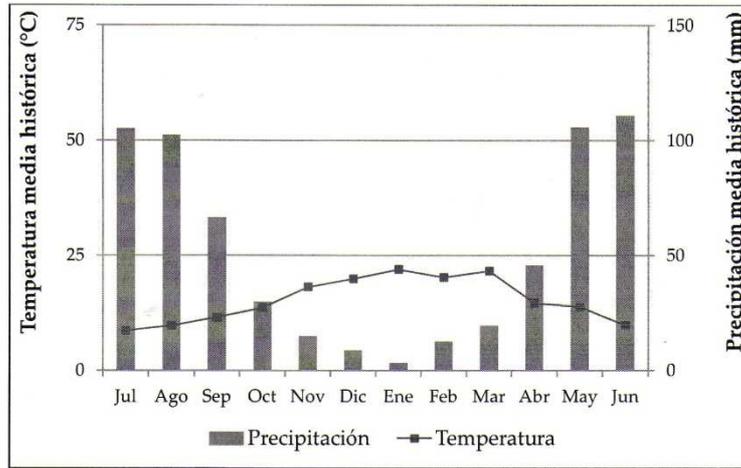


Figura N°25. Climograma.

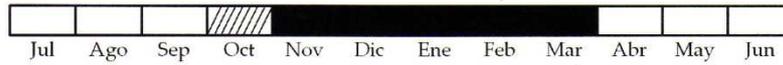


Figura N°26. Diagrama de aridez.

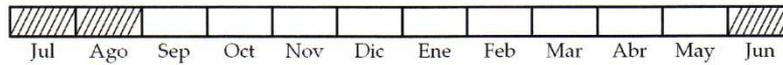


Figura N°27. Diagrama de meses fríos.

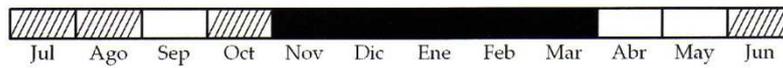


Figura N°28. Diagrama de meses desfavorables.

8. Fundos Hijuela N°4 Sucesión Sazo Poblete, Hijuela N°5 Sucesión Sazo Poblete, El Picazo (Corporación Nacional Forestal) y El Picazo (Universidad de Talca)

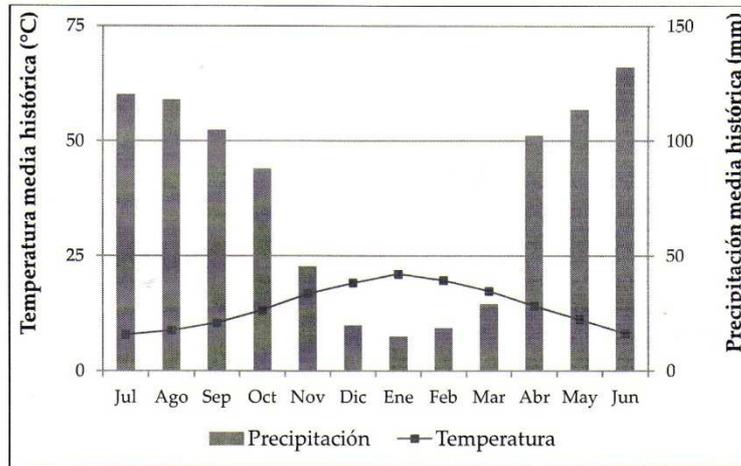


Figura N°29. Climograma.

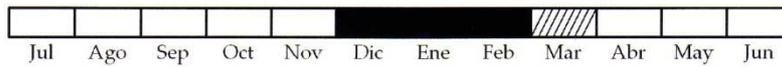


Figura N°30. Diagrama de aridez.

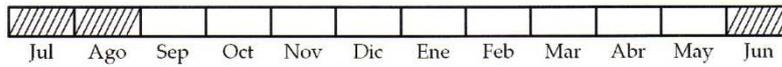


Figura N°31. Diagrama de meses fríos.

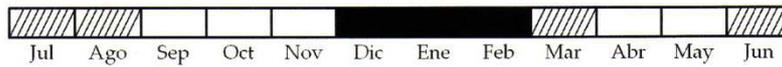


Figura N°32. Diagrama de meses desfavorables.

APÉNDICES

Cuadro N°1. Red de estaciones utilizadas para la construcción de climogramas, diagramas de aridez, de meses fríos y de meses desfavorables.

Predio	Estación pluviométrica (Dirección General de Aguas)	Estación meteorológica (Dirección Meteorológica de Chile)
Fundo Nirvana	Monte Oscuro	Curicó-General Freire
La Arboleda	Armerillo	Armerillo-Endesa
Armerillo	Armerillo	Armerillo-Endesa
El Peral	Bullileo Embalse	Linares
Beño	Fundo El Radal	Armerillo-Endesa
Hijuela N°3 Lote A	Bullileo Embalse	Linares
Hijuela N°1 del Fundo Armerillo	Armerillo	Armerillo-Endesa
Hijuela N°3 Vega Las Casas	Bullileo Embalse	Linares
La Quinta	Tutuvén Embalse	Cauquenes
Los Guindos Lote 6B	Bullileo Embalse	Linares
Coironal	Bullileo Embalse	Linares
San Juan y San Jorge	Tutuvén Embalse	Cauquenes
Los Romerillos Lo Beño	Fundo El Radal	Armerillo-Endesa
El Picazo (Corporación Nacional Forestal)	Vilches Alto	Armerillo-Endesa
Monte Grande	Potrero Grande	Curicó-General Freire
El Castillo	Bullileo Embalse	Linares
Los Canelos	Bullileo Embalse	Linares
El Florido	Bullileo Embalse	Linares
El Carmín Hijuela N°4	Tutuvén Embalse	Cauquenes
Hijuela N°4 Sucesión Sazo Poblete	Vilches Alto	Armerillo-Endesa
Hijuela N°5 Sucesión Sazo Poblete	Vilches Alto	Armerillo-Endesa
Villegas	Bullileo Embalse	Linares
Hijuelas N°4 y N°5 Fundo Los Canelos	Bullileo Embalse	Linares
Hijuela N°6 Fundo Los Canelos	Bullileo Embalse	Linares
El Avellano, El Aromo	Tutuvén Embalse	Cauquenes
Las Garzas	Armerillo	Armerillo-Endesa
Hijuela N°10 Salto de Agua	El Álamo	Cauquenes
La Plazoleta	Tutuvén Embalse	Cauquenes
El Recreo	Bullileo Embalse	Linares
El Pizazo (Universidad de Talca)	Vilches Alto	Armerillo-Endesa
Los Quillayes	Bullileo Embalse	Linares

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. Información pluviométrica utilizada para la construcción de climogramas, diagramas de aridez, de meses fríos y de meses desfavorables.

Estación Pluviométrica	Precipitación media mensual histórica (mm)											
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Armerillo	381,7	320,4	187,3	96,6	44,2	31,8	13,1	16,5	41,3	129,5	350,8	518,1
Bullileo Embalse	346,5	301,3	181,4	118,7	51,7	35,7	19,6	32,0	36,7	132,8	330,1	472,7
El Álamo	150,7	123,1	58,6	38,6	19,8	8,5	4,9	16,6	14,1	42,0	125,1	207,2
Fundo El Radal	320,5	262,8	163,8	82,0	30,4	12,9	11,3	15,5	30,1	106,1	246,1	461,6
Monte Oscuro	239,1	246,2	125,3	58,5	23,4	8,2	5,1	12,1	22,2	68,3	182,0	355,2
Potrero Grande	185,8	168,6	89,6	46,7	21,6	10,3	4,0	7,3	21,3	60,1	171,5	263,9
Tutuvén Embalse	154,1	125,3	66,9	29,8	14,9	8,8	3,3	12,7	19,5	45,8	159,5	211,5
Vilches Alto	301,7	279,9	150,4	88,1	45,5	20,0	14,9	18,6	29,0	123,5	236,3	424,2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por Dirección General de Aguas (DGA).

Cuadro N°3. Información meteorológica utilizada para la construcción de climogramas, diagramas de aridez, de meses fríos y de meses desfavorables.

Estación Meteorológica	Temperatura media mensual histórica (°C)											
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Armerillo-Endesa	7,9	8,8	10,5	13,2	16,8	19,1	21,0	19,6	17,3	14,1	11,2	8,1
Cauquenes	8,7	9,8	11,6	13,6	18,1	19,9	22,0	20,2	21,6	14,6	13,9	9,8
Curicó-General Freire	7,2	8,2	10,1	13,0	15,9	18,7	19,9	18,9	15,9	12,1	9,5	7,4
Linares	7,6	8,7	10,8	13,6	16,3	19,7	20,8	19,6	16,6	13,2	10,8	8,3

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

ANEXO V

RESUMEN DE DATOS DASOMÉTRICOS POR CLASE DIAMÉTRICA

Número de árboles por ha promedio (I_0 sin intervención; I_1 bosque intervenido)

Clases diamétricas	Cauquenes		Curicó		Talca		Linares	
	I_0	I_1	I_0	I_1	I_0	I_1	I_0	I_1
10	530,9	314,6	262,5	379,0	342,9	488,3	446,6	374,2
15	304,4	208,3	241,7	95,0	225,0	265,0	242,2	287,1
20	165,0	121,4	166,7	50,0	119,2	115,4	146,0	172,5
25	85,7	77,1	145,8		95,8	43,8	57,1	98,1
30	43,8	59,4	40,0		68,2	31,25	41,7	70,3
35	41,7	25,0	41,7	25,0	47,7	33,3	39,3	36,1
40	25,0				40,0	50,0	58,3	25,0
45			50,0	25,0	43,75	53,6	35,0	25,0
50			25,0	25,0	43,75	37,5	33,3	25,0
55			25,0	50,0	50,0	25,0	37,5	
60					25,0	25,0	25,0	25,0
65			25,0		75,0		25,0	25,0
70								
75								
80					25,0			
85								
90								
95					25,0			

Área basal promedio (m²/ha) (**l₀** sin intervención; **l₁** bosque intervenido)

	Cauquenes		Curicó		Talca		Linares	
Clases diamétricas	l₀	l₁	l₀	l₁	l₀	l₁	l₀	l₁
10	4,17	2,47	2,06	2,98	2,69	4,68	3,51	2,94
15	5,38	3,68	4,27	1,68	3,98	3,62	4,28	5,07
20	5,18	3,81	5,24	1,57	3,75	2,15	4,59	5,42
25	4,21	3,78	7,16		4,70	2,21	2,81	4,81
30	3,09	4,20	2,83		4,82	3,21	2,95	4,97
35	4,01	2,41	4,01	2,41	4,59	6,28	3,78	3,47
40	3,14				5,03	8,52	7,33	3,14
45			7,95	3,98	6,96	7,36	5,57	3,98
50			4,91	4,91	8,59	5,94	6,55	4,91
55			5,94	11,88	11,88	7,07	8,91	
60					7,01		7,07	7,07
65			8,30		24,89		8,30	8,30
70								
75								
80					12,57			
85								
90								
95					17,72			

Volumen total promedio (m³/ha) (**I₀** sin intervención; **I₁** bosque intervenido)

Clases diamétricas	Cauquenes		Curicó		Talca		Linares	
	I ₀	I ₁						
10	17,15	10,23	6,78	9,30	10,21	16,20	13,79	11,21
15	26,56	18,20	18,10	6,23	19,32	23,89	20,64	25,52
20	28,44	21,86	27,21	6,28	22,05	20,48	25,16	31,68
25	24,88	24,37	40,63		29,26	13,46	16,59	32,35
30	22,92	28,95	16,65		33,33	17,17	18,10	36,02
35	40,95	14,67	29,89	14,82	35,27	25,88	24,18	27,38
40	45,37				33,63	52,21	54,37	27,50
45			43,74	27,99	70,22	79,23	47,43	28,79
50			40,45	38,09	94,35	75,79	60,08	39,47
55			38,49	168,68	128,53	41,58	73,65	
60					59,38	83,98	46,65	48,63
65			69,68		249,54		69,19	73,11
70								
75								
80					136,72			
85								
90								
95					92,15			

Volumen comercial promedio (m³/ha) (I₀ sin intervención; I₁ bosque intervenido)

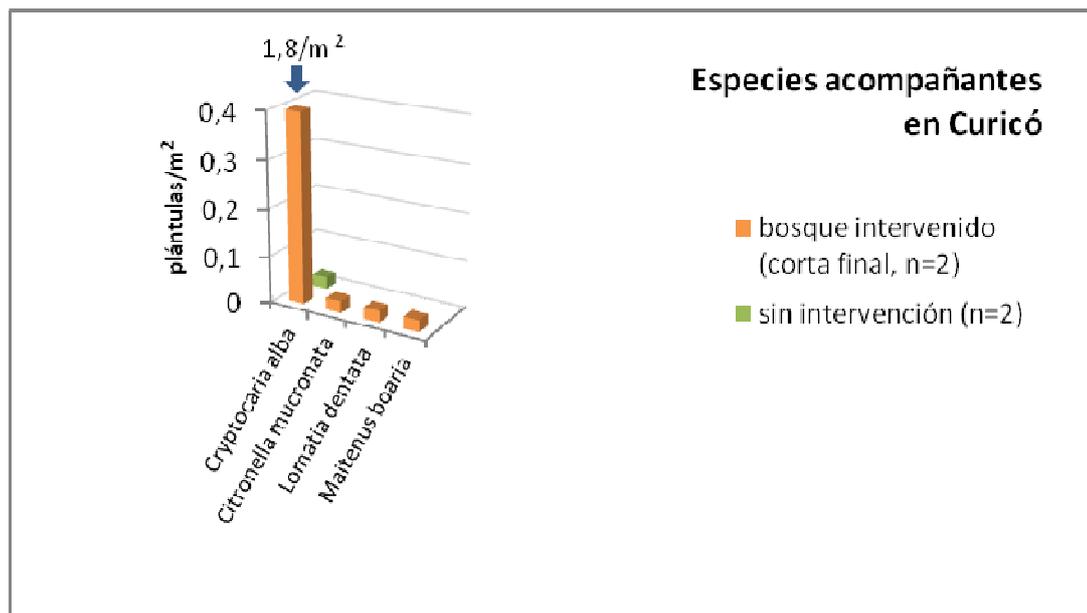
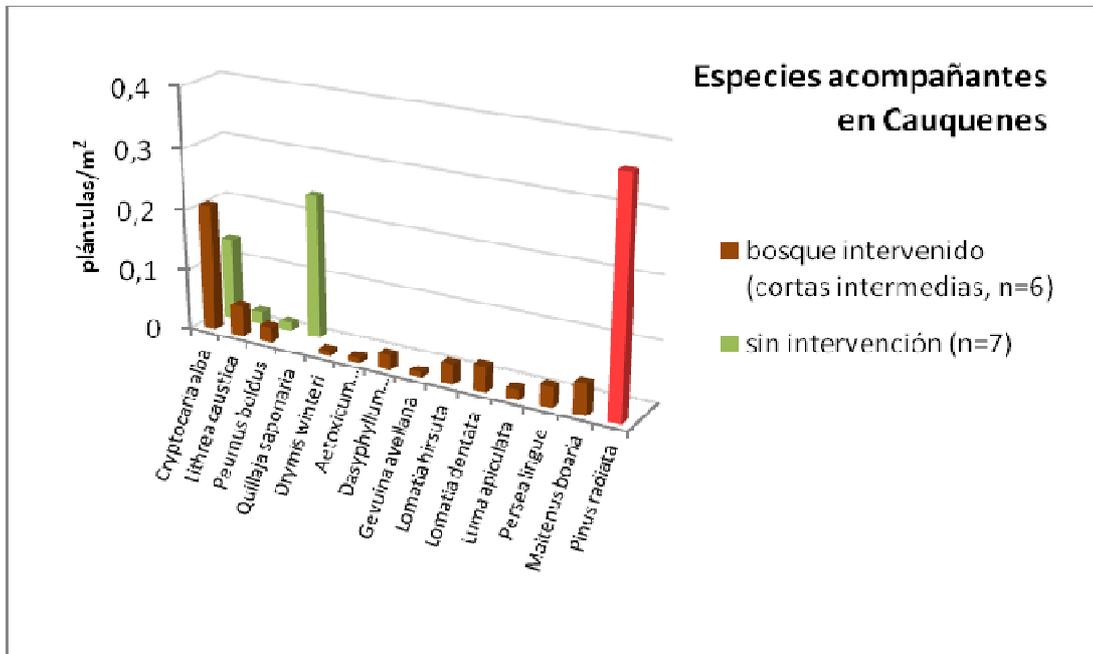
	Cauquenes		Curicó		Talca		Linares	
Clases diamétricas	I ₀	I ₁						
5	7,77	4,48	3,47	3,53	4,33	7,12	5,47	4,50
10	11,82	8,39	9,25	2,35	8,27	10,37	8,35	10,19
15	13,34	9,57	12,35	2,55	8,96	8,65	9,17	12,54
20	10,90	11,61	17,31		11,39	5,23	5,63	12,72
25	11,26	12,73	6,22		13,85	6,02	5,65	13,20
30	22,42	6,01	11,42	4,14	14,08	10,90	8,25	9,17
35	29,78	8,30			14,40	21,59	21,57	8,69
40			22,58	9,38	36,42	37,53	20,17	12,09
45			23,96	13,74	29,11	20,32	22,45	9,23
50			21,38	41,34	79,12	14,26	35,04	
55					29,69	12,44	13,01	12,16
60			44,47		146,34		31,86	25,33
65								
70								
75					95,00			
80								
85								
90					47,49			
95								

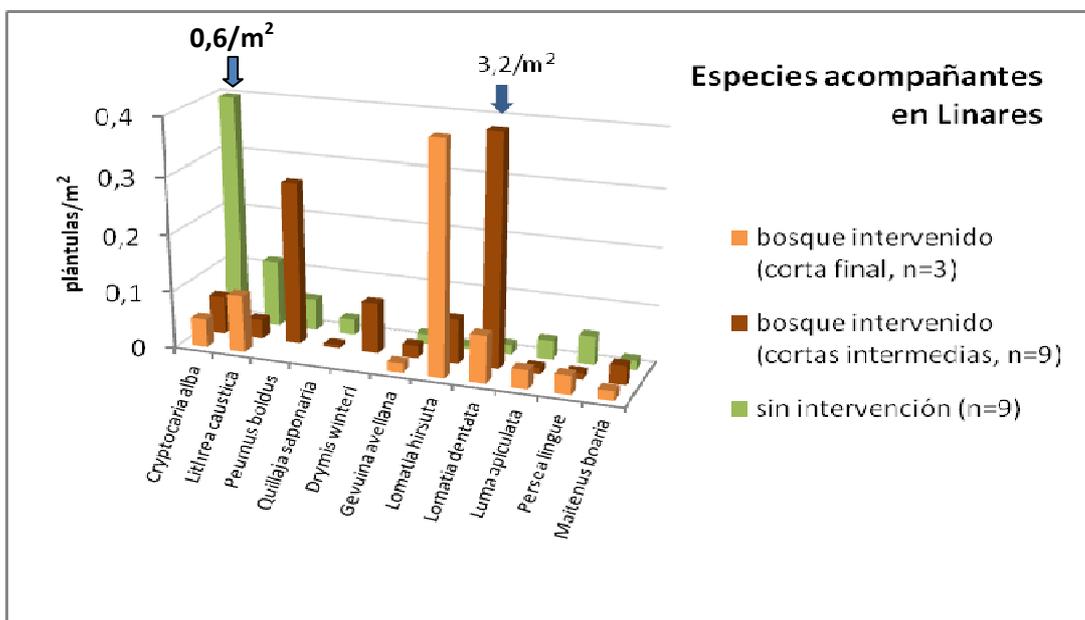
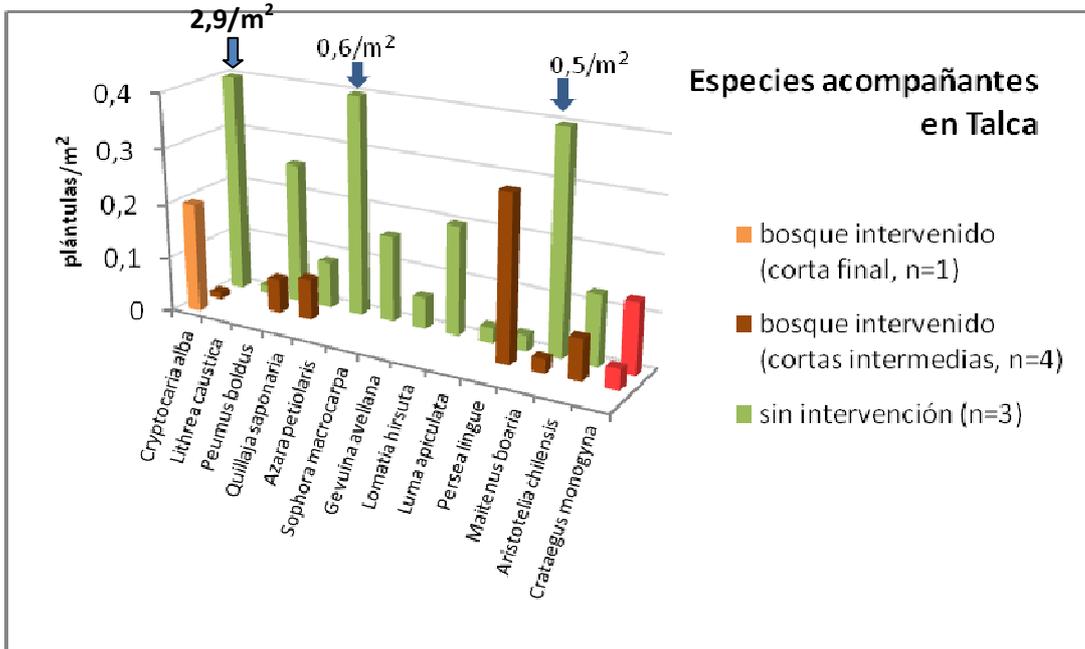
Densidad, área basal y volumen total promedio de individuos de *Nothofagus*

DAP (cm)	Sin intervención			Bosque intervenido		
	Número de árboles ha ⁻¹	Área basal (m ² ha ⁻¹)	Volumen (m ³ ha ⁻¹)	Número de árboles ha ⁻¹	Área basal (m ² ha ⁻¹)	Volumen (m ³ ha ⁻¹)
10	843	0,196	0,8	876	0,196	0,8
15	539	0,442	2,2	595	0,442	2,3
20	290	0,787	4,3	317	0,785	4,6
25	126	1,237	7,4	141	1,227	7,8
30	51	1,871	11,8	69	1,767	12,8
35	39	2,528	19,9	21	2,405	18,1
40	16	3,142	23,6	17	3,142	26,9
45	16	3,976	34,6	16	3,976	36,3
50	12	4,909	51,2	5	4,909	46,3
55	8	5,940	54,9	3	5,940	67,2
60	2	7,069	51,8	2	7,069	64,7
65	6	8,296	74,7	3	8,296	72,4
70						
75						
80	1	12,567	135,4			
85						
90						
95	1	17,721	97,1			
Total	1950	70,681	569,7	2065	40,154	360,2

ANEXO VI

REGENERACIÓN ACTUAL DE ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS DISTINTAS DE NOTHOFAGUS





ANEXOVII

ANÁLISIS DE VARIANZA NO PARAMÉTRICO CON DATOS DE RODALES INTERVENIDOS⁹

Se realizó un análisis de varianza no paramétrico (Prueba de Kruskal-Wallis) con las intervenciones indicadas en los planes de manejo para las parcelas de control con la finalidad de observar la similitud entre ellas. El número de árboles por hectárea (N) no presentó diferencias entre las intervenciones (Probabilidad > 0.05), en cambio las restantes variables analizadas (el área basal (G), el volumen total (VT), el volumen comercial (VC), el área de copa (A copa), el volumen de copa (V copa), el índice de densidad de Reinieke (IDR) y el diámetro cuadrático medio (DCM)) presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (Probabilidad < 0.01).

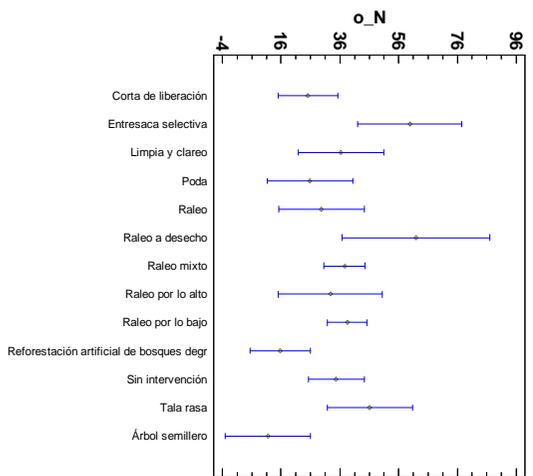
En el cuadro 1 y figura 1 se presentan la prueba de comparación múltiple de SNK para cada una de las variables, donde se observa que el raleo por lo alto, la tala rasa, la poda y el método del árbol semillero presentan los mayores valores del ranking, mientras que la limpia y el clareo en conjunto con el raleo presentan los menores valores.

Cuadro 1: Prueba de comparación múltiple SNK según tipo de intervención y variable en análisis

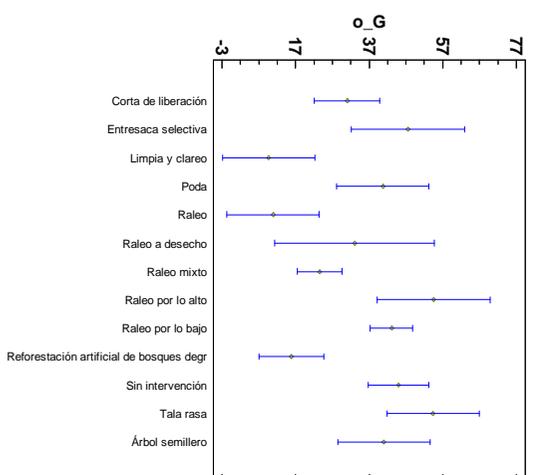
Intervención	Media	N	Media	G	Media	VT	Media	VC	Media	A copa	Media	V copa	Media	IDR	Media	DCM
Árbol semillero	11,5	x	41,0	XX	40,7	XX	42,3	XX	20,3	XX	20,3	XX	35,3	XX	53,0	x
Corta de liberación	25,2	x	31,0	XX	30,2	XX	31,2	XX	26,3	XX	27,3	XX	31,0	XX	36,5	XX
Entresaca selectiva	59,8	x	47,5	XX	41,0	XX	47,0	XX	41,5	XX	27,5	XX	50,5	XX	24,5	XX
Limpia y clareo	36,3	x	9,7	x	7,3	x	6,0	x	10,7	XX	11,0	XX	12,3	x	6,0	x
Poda	25,8	x	40,7	XX	47,7	XX	41,0	XX	48,3	XX	57,3	x	39,3	XX	44,0	XX
Raleo	29,7	x	10,8	x	12,7	XX	14,0	XX	3,7	x	4,0	x	11,7	x	9,3	x
Raleo a desecho	62,0	x	33,0	XX	22,0	XX	30,0	XX	26,0	XX	13,0	XX	40,0	XX	14,0	XX
Raleo mixto	37,5	x	23,5	XX	23,6	XX	27,7	XX	33,7	XX	33,2	XX	24,3	XX	21,1	XX
Raleo por lo alto	32,8	x	54,5	x	52,0	x	46,5	XX	32,0	XX	33,0	XX	55,5	x	52,5	x
Raleo por lo bajo	38,5	x	43,1	XX	43,3	XX	41,7	x	46,9	x	45,3	x	42,4	XX	38,8	XX
Reforestación artificial de bosques degradados	15,8	x	15,8	XX	16,8	XX	12,8	x	32,7	XX	37,7	XX	14,7	XX	33,8	XX
Sin intervención	34,8	x	45,0	XX	47,0	XX	47,4	x	28,9	XX	33,0	XX	44,1	XX	47,1	XX
Tala rasa	46,2	x	54,3	x	51,3	x	48,0	XX	46,3	XX	37,7	XX	56,7	x	45,7	XX

⁹ Oscar Vallejos

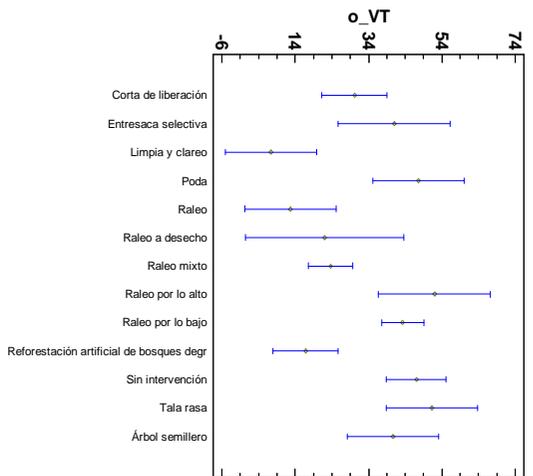
Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca



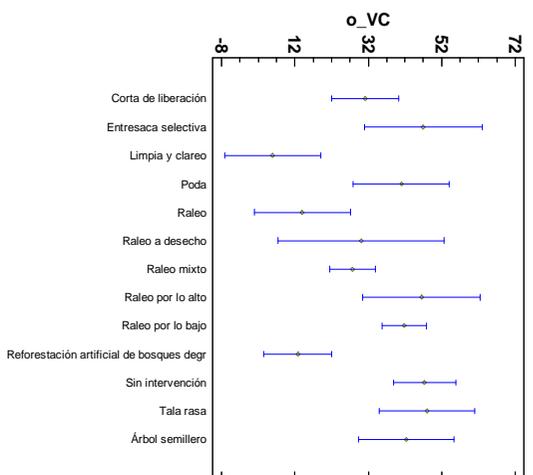
a)



b)

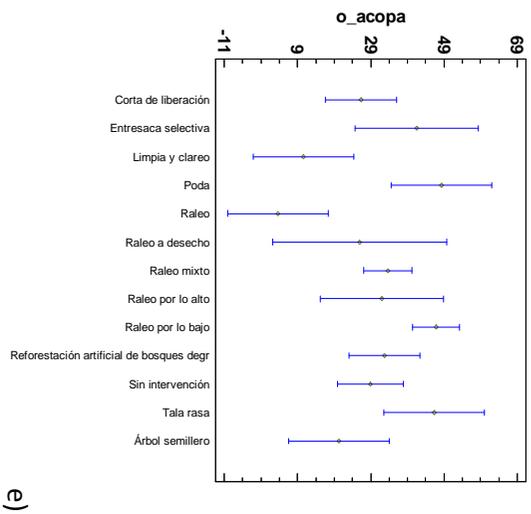


c)

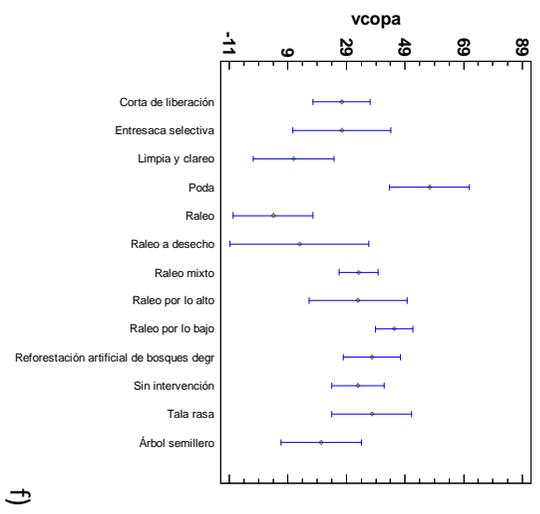


d)

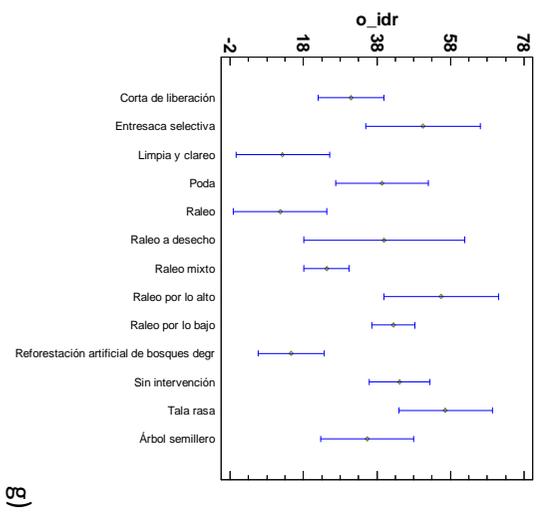
Figura 1: Dispersión de los ranking por tipo de tratamiento según variable a) número de árboles, b) área basal, c) volumen total y d) volumen comercial



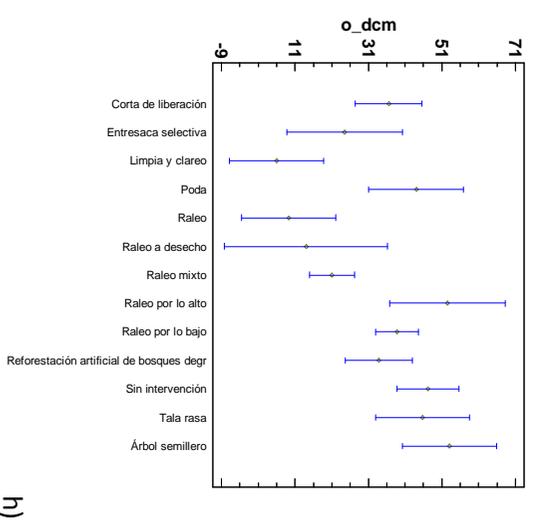
e)



f)



g)



h)

Figura 1: Dispersión de los ranking por tipo de tratamiento según variable e) área de copa, f) volumen de copa, g) índice de densidad de Reinieke y h) diámetro cuadrático medio

ANEXO VIII

Evaluación de rodales sin intervención reciente¹⁰

Resumen Estadístico

Variable	Unidad	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
Latitud	[m]			5978156	6112546	134390
Longitud	[m]			283124	731908	448784
Elevación	[msnm]	835,6	325,4	295	1390	1095
Exposición	[-]	5,6	2,4	2	8	6
Pendiente	[%]	21,5	9,8	7	45	38
Nitrógeno	[ppm]	6,2	4,7	1	22	21
Fósforo	[ppm]	7,2	5,8	3	29	26
Potasio	[ppm]	156,2	70,2	45	323	278
Materia orgánica	[%]	11,9	3,1	6,11	16,5	10,39
pH	[-]	5,8	0,4	5,23	6,76	1,53
Arena	[%]	66,2	8,0	47	77	30
Limo	[%]	22,5	6,7	13	40	27
Arcilla	[%]	10,9	5,8	5	31	26
Densidad	[n/ha]	966,7	263,2	583	1475	892
Cantidad especies introducidas	[-]	2,6	1,2	0	4	4
Cantidad de especies nativas	[-]	28,4	8,6	11	46	35
Área basal	[m ² /ha]	20,65	8,99	9,7	40,7	30,9
Area de Copa	[m ² /ha]	11591,47	4499,43	3620,5	21992,2	18371,7

¹⁰ Darío Aedo
Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca

Volumen	[m3/ha]	114,03	58,11	43,5	218,5	175,0
Volumen de Copa	[m3/ha]	29240,00	14956,40	9333,9	65351,6	56017,6
Volumen comercial	[m3/ha]	48,72	28,17	12,9	95,1	82,2

Sistemas de Regresiones Generadas

El sistema de regresiones generados es en secuencia. Se agrupa por niveles, siendo los niveles más básicos los condicionantes de los niveles superiores. Casos especiales son la variable "fósforo" y la variable compuesta "exposición*arena". Ambas no fueron significantes al ser evaluadas como variables independientes (explicatorias) en las regresiones múltiples finales (valores p superiores a 0,05).

A continuación se presentan por niveles las relaciones de dependencia y sus respectivos coeficientes de determinación ajustados para las regresiones encontradas. Detalles de estas regresiones se presentan en anexo. Las regresiones son válidas dentro de los rangos de validez de las variables explicatorias.

Primer Nivel

$$K = f(\text{Latitud}, N) \text{ 68\%}$$

$$\text{Elevación} * \text{pH} = f(\text{Latitud}, \text{Longitud}, \text{MO}) \text{ 86\%}$$

$$\text{Exposición} * \text{Arena} = f(\text{Latitud}, \text{Longitud}, \text{Limo}, \text{Arcilla}) \text{ 92\%}$$

$$\text{Densidad} = f(\text{pendiente}, K) \text{ 37\%}$$

Segundo Nivel

$$\text{Nativas} = f(\text{Elevación} * \text{pH}) \text{ 43\%}$$

Tercer Nivel

$$\text{Área basal} * \text{Área de copa} = f(\text{Nativas}, \text{Introducidas}, \text{Densidad}) \text{ 50\%}$$

Cuarto Nivel

$$\text{Volumen Copa} = f(\text{Área de copa}) \text{ 82\%}$$

$$\text{Volumen} = f(\text{Área basal} * \text{Área de copa}) \text{ 85\%}$$

$$\text{Volumen Comercial} = f(\text{Área basal} * \text{Área de copa}) \text{ 77\%}$$

Quinto Nivel

$$\text{Volumen Comercial} = f(\text{Volumen}) \text{ 91\%}$$

Información detallada de regresiones múltiples.

Regresión Múltiple - Potasio

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	-8437,47	1366,48	-6,17461	0,0000
Latitud	0,00143417	0,000227695	6,29866	0,0000
Nitrógeno	-5,13745	2,05933	-2,49472	0,0239

R-cuadrada = 71,799 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 68,2739 por ciento

Regresión Múltiple - Elevación *pH

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	-208373,	27671,2	-7,53034	0,0000
Latitud	0,0355659	0,00456606	7,7892	0,0000
Longitud	-0,00724035	0,00107579	-6,73025	0,0000
Materia orgánica	185,641	64,6145	2,87305	0,0116

R-cuadrada = 88,3176 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 85,9812 por ciento

Regresión Múltiple - Exposicion*Arena

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	9221,68	1871,11	4,92846	0,0002
Latitud	-0,00135632	0,000313258	-4,32973	0,0007
Longitud	-0,000582572	0,0000746467	-7,8044	0,0000
Limo	-15,6304	1,94157	-8,0504	0,0000
Arcilla	-10,0017	2,3303	-4,29203	0,0007

R-cuadrada = 93,8153 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,0483 por ciento

Regresión Múltiple - Densidad

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	1569,94	184,345	8,51627	0,0000
Pendiente	-17,3347	5,18583	-3,34271	0,0041
Potasio	-1,47946	0,724299	-2,04261	0,0579

R-cuadrada = 44,1837 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 37,2066 por ciento

Regresión Múltiple - Cantidad de especies nativas

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	14,565	3,93532	3,7011	0,0018
Elevacion*pH	0,00280083	0,000735778	3,80663	0,0014

R-cuadrada = 46,0153 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 42,8398 por ciento

Regresión Múltiple - Área basal*Área de copa

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	-240018,	150172,	-1,59829	0,1308
Cantidad de especies nativas	15923,3	3698,42	4,30545	0,0006
Densidad	243,115	110,895	2,1923	0,0445
Cantidad de especies introducidas	-72299,7	26381,8	-2,74052	0,0152

R-cuadrada = 58,4109 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 50,093 por ciento

Regresión Múltiple - Volumen de copa

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	-5821,39	4142,8	-1,40518	0,1780
Área de copa	3,02476	0,334334	9,04711	0,0000

R-cuadrada = 82,8023 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 81,7906 por ciento

Regresión Múltiple - Volumen

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	31,3504	9,5027	3,2991	0,0042
Área basal*Área de copa	0,000316663	0,0000307223	10,3073	0,0000

R-cuadrada = 86,2057 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 85,3943 por ciento

Regresión Múltiple - Volumen Comercial

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	10,4077	5,7181	1,82013	0,0864
Área basal*Área de copa	0,000146746	0,0000184867	7,93792	0,0000

R-cuadrada = 78,7528 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 77,503 por ciento

Regresión Múltiple - Volumen Comercial

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	-4,05927	4,45453	-0,911269	0,3749
Volumen	0,462876	0,0349962	13,2265	0,0000

R-cuadrada = 91,143 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 90,622 por ciento

Correlaciones (ver archivo Excel adjunto)

En el archivo se muestra las correlaciones momento producto de Pearson, entre cada par de variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. También se muestra el valor-p que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. 50 correlaciones entre par de variables analizadas presentaron una correlación significativa.

Análisis de Componentes Principales de Variables Finales

Análisis de Componentes Principales

<i>Componente</i>		<i>Porcentaje de</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Número</i>	<i>Eigenvalor</i>	<i>Varianza</i>	<i>Acumulado</i>
1	2,88743	26,249	26,249
2	2,75973	25,088	51,338
3	1,45699	13,245	64,583
4	1,08683	9,880	74,464
5	0,967133	8,792	83,256
6	0,775697	7,052	90,307
7	0,562774	5,116	95,424
8	0,375441	3,413	98,837
9	0,0562391	0,511	99,348
10	0,0490513	0,446	99,794
11	0,0226766	0,206	100,000

Gráfica de Sedimentación

