

CRECIMIENTO DE RENOVALES DE LENGUA (*Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser) EN EL SUR AUSTRAL DE CHILE

Salinas, Jaime⁷; Riquelme, Francisca; Acuña, Bernardo y Uribe, Alicia

RESUMEN

Los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) ocupan importantes superficies en el sur de Chile y Argentina. En Chile se extienden desde la Región del Maule a la de Magallanes y constituyen el Tipo Forestal Lenga que cubre una superficie total de 3,63 millones de hectáreas, gran parte de este (2,71 millones de hectáreas) en las regiones australes de Aysén y Magallanes. El Tipo Forestal presenta tres Subtipos, Bosques Achaparrados de Lenga, Bosque Mixtos con Coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) y Bosques Puros de Lenga. Este último por su extensión es el recurso forestal de mayor importancia en las regiones australes ocupando una superficie de 1,6 millones de hectáreas en Chile y de 1,4 millones de hectáreas en Argentina.

En Chile la Región de Aysén posee la mayor superficie de bosques nativos del país, gran parte de ellos de lenga, recurso de importancia en la economía regional por su producción de madera aserrada y leña y por la protección que presta a los recursos suelo y agua.

En bosques adultos las cortas de protección han sido el método silvícola más usado y se basa en el establecimiento de la regeneración bajo un sistema de cortas parciales para la cosecha posterior del estrato superior. En este trabajo se entregan resultados de avance de raleos en formaciones jóvenes de lenga que buscan evaluar la respuesta a estas intervenciones para definir los métodos más adecuados en renovales de lenga en la Reserva Nacional Coyhaique.

Palabras clave: Lenga, Bosques Nativos, Raleos, Regiones Australes.

SUMMARY

Lenga forests (*Nothofagus pumilio*) cover important areas in southern Chile and Argentina. In Chile these forests are located from de Maule Region to the Magallanes Region and constitute the Lenga Forest Type covering an area of 3.63 million hectares mainly on the austral regions of Aysén and Magallanes (2.71 million hectares). This Forest Type presents three Subtypes; Squat Lenga Forests, Mixed Forests with Coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) and Pure Lenga Forests. The last one is an important resource in the austral regions, cover some 1.6 million hectares in Chile and some 1.4 million hectares in Argentina.

The Aysén Region in Chile has the largest native forest area in the country, most of it Lenga forests of great importance to the regional economy producing sawnwood and fuelwood as well as representing a good protection to the soil and water resources.

In adult forests, protection cuttings have been the most used silvicultural method and are based on the establishment of regeneration under a system of partial cuts for a later harvest of the upper stratum. This paper presents results of advancement of thinning in young lenga formations that seek to evaluate the response to these interventions to define the most appropriate methods in lenga renewals in the Coyhaique National Reserve.

Keywords: Lenga, Native Forests, Thinning, Austral Regions.

⁷ Investigadores, Instituto Forestal Sede Patagonia, Coyhaique jsalinas@infor.cl

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) forman parte importante del bosque Andino-Patagónico. En Chile cubren una amplia distribución geográfica desde la Región del Maule a la de Magallanes, desde los 35° hasta los 56° LS. Las formaciones de lenga en Chile están clasificadas como Tipo Forestal Lenga cubriendo una superficie nacional de 3.633.340 ha. En las regiones australes de Aysén y Magallanes ocupan 2.714.466 ha, que representa cerca del 75% de la superficie nacional.

La Región de Aysén posee la mayor superficie de bosques nativos de Chile, entre ellos las formaciones de lenga han sostenido la economía regional en base a la madera aserrada y la leña. En bosques adultos las cortas de protección han sido, en términos teóricos, el método silvícola más usado en la región. Este método se basa en el establecimiento de la regeneración bajo un sistema de cortas parciales. Sin embargo, en la realidad las cortas de protección nunca se terminaron de implementar. A pesar de existir una gran cantidad de hectáreas con cortas de protección, el tratamiento silvícola nunca se completó al no aplicarse las cortas finales.

En estructuras jóvenes de lenga se realizan raleos y clareos. Evaluar la respuesta a estas intervenciones y el crecimiento es de gran importancia para definir los métodos más adecuados para la masa. Es por ello que el presente trabajo plantea como objetivo principal analizar el impacto del crecimiento de renovales de lenga en la Reserva Nacional Coyhaique en respuesta a intervenciones silvícolas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Analizar el impacto diferencial en el crecimiento de renovales de lenga de la Patagonia chilena en respuesta a diferentes cortas intermedias.

2.2. Objetivos Específicos

Identificación sitios para el establecimiento de un ensayo de crecimiento de los bosques de lenga en la Región de Aysén.

Elaborar un diseño experimental apropiado para el establecimiento del ensayo de crecimiento de los bosques de lenga.

Monitorear en el largo plazo el desempeño del crecimiento de renovales de lenga de la Patagonia chilena.

3. ANTECEDENTES DE LA ESPECIE

3.1. Distribución Geográfica

La lenga tiene una amplia distribución geográfica, en Chile se extiende por la Cordillera de Los Andes desde, Talca (35°35' S) hasta el sur de Tierra del Fuego (55°31' S) formando en su distribución septentrional el límite altitudinal arbóreo sobre los 1.000 msnm y hacia el sur creciendo a menores altitudes, bajo los 700 msnm en Magallanes (Donoso, 1981; Donoso, 1993; Veblen y Donoso, 1987).

En la Cordillera de la Costa se encuentra en las partes altas de la Cordillera de Nahuelbuta asociada con araucaria (*Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch.) (Donoso, 1993). Estos

bosques superan los 3,6 millones de hectáreas, representando el 25% de la superficie de bosque nativo en Chile y concentrándose en las regiones de Aysén y Magallanes (CONAF, 2014).

En Argentina, los bosques puros de lenga ocupan una superficie de más de 1,4 millones de hectáreas (SAyDS, 2007) y se distribuyen por la vertiente oriental de la Cordillera de Los Andes, desde los 36°50' S hasta los 56°00' S, formando el límite superior de la vegetación en su distribución más septentrional y alcanzando el nivel del mar en Magallanes y Tierra del Fuego (Donoso, 1993).

De acuerdo a la tipología actual de estos bosques (Donoso, 1981), el Tipo Forestal Lenga corresponde a aquellos bosques en que al menos un 50% de los individuos por hectárea son lenga.

Dentro de su distribución forma ecotonos con otros tipos forestales, como Araucaria; Coigüe-Raulí-Tepa (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) – *Nothofagus antártica* (G.Forst.) Oerst.) - *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde); Alerce (*Fitzroya cupressoides* (Molina) I. M.Johnst.) y Coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst.) (Donoso, 2015).

El Tipo Forestal Lenga se subdivide en tres subtipos (Donoso, 1981):

- Bosques achaparrados y *krummholz* de lenga
- Bosques de lenga puro
- Bosques mixtos de lenga-coigüe.

El subtipo bosques de lenga achaparrados (crecimiento tipo *krummholz*) se encuentra en los límites altitudinales de la distribución de la especie, los otros dos subtipos dominan en su distribución sur, asociándose lenga con coihue de Magallanes en condiciones húmedas y dominando como bosque de lenga puro en las condiciones más secas hacia el este (Donoso 2015).

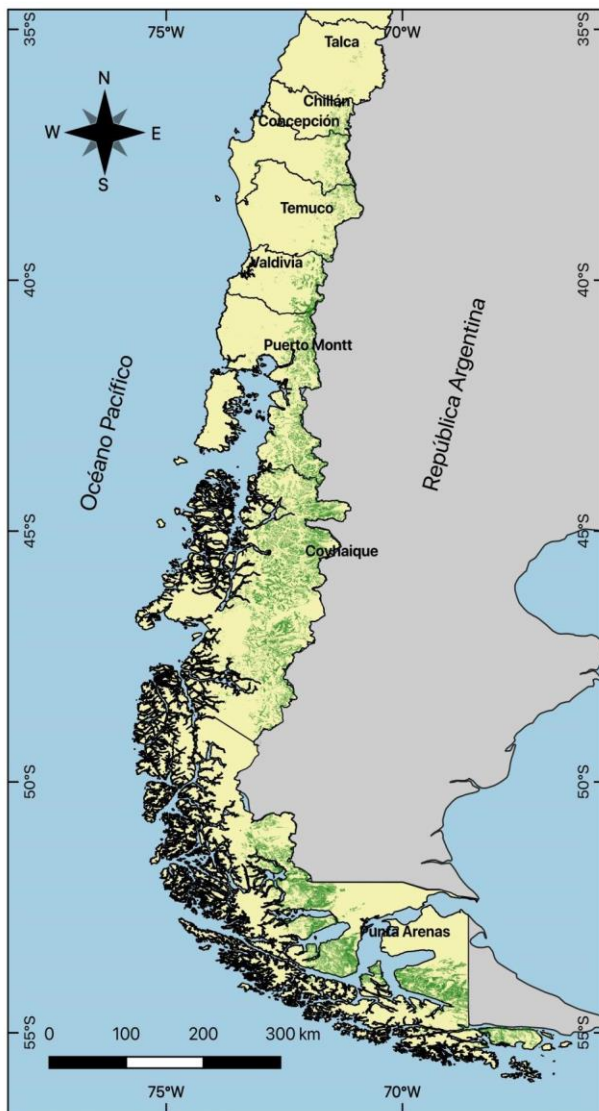
En Aysén y Magallanes el subtipo lenga puro, en que el estrato arbóreo está exclusivamente formado por lenga, de acuerdo a la tipología forestal actual (Donoso 1981), tiene una extensión superior a los 1,6 millones de hectáreas (CONAF 2014). En esta zona, a partir del paralelo 43°, se presentan los mejores sitios para lenga ya que se desarrolla a menores altitudes ocupando suelos de valles y piedemonte, donde la especie puede desarrollar su mejor potencial (Schlatter, 1994).

Dada su gran extensión este recurso nativo es el más importantes en la Patagonia y uno de los más importantes a nivel nacional, lo que ha impulsado el desarrollo de una serie de trabajos, tanto en Aysén (Alvarez y Grosse, 1978; Schlatter, 1979; Morales, 1983; Núñez y Peñaloza, 1985; Uriarte y Grosse, 1991; Cruz Johnson *et al.*, 2005) como en Magallanes (Schmidt y Urzua, 1982; Schmidt, 1989; Cruz *et al.*, 2003; Silva, 2005; Ugalde, 2006, entre otros) y al otro lado de la cordillera en las provincias del Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego (Fernández *et al.*, 1993; Fernández *et al.*, 1997; Martínez Pastur *et al.*, 1997; Bava, 1999a; Peri *et al.*, 2002; Martínez Pastur *et al.*, 2005; Bava y López Bernal, 2006; Martínez Pastur *et al.*, 2008; Martínez Pastur *et al.*, 2009; Loguercio *et al.*, 2011, entre otros).

De acuerdo a la actualización 2012 del Catastro Vegetacional, 1.400.376 ha de este recurso se encuentran en la Región de Aysén, de las cuales 947.684 ha corresponden al subtipo lenga.

En la Región de Magallanes y según el Catastro Vegetacional (CONAF/CONAMA/BIRF 1999), la superficie del tipo forestal es parecida, abarcando 1.124.564 ha. En esta zona al subtipo lenga corresponde a 668.969 ha (CONAF, 2014).

Dada su importancia para el manejo se presentan en el Cuadro N° 1 las superficies por estructura para las dos regiones. Cabe destacar que más de 190 mil hectáreas corresponden a estructuras regulares juveniles (renoval) y más de 700 mil hectáreas a bosque que hoy es adulto. En la medida que estos recursos se inserten a la superficie manejada y se rejuvenezcan en sistemas coetáneos adquirirán más importancia comercial.



(Fuente: Modificado de CONAF, 2014).

Figura N° 1
DISTRIBUCIÓN DEL TIPO FORESTAL LENGA EN CHILE

Cuadro N° 1
SUPERFICIE DEL SUBTIPO LENGA POR ESTRUCTURA Y PROVINCIA Y REGIÓN

Región	Provincia	Bosque Adulto	Renovál	Adulto - Renovál	Achaparrado	Total
		(ha)				
Aysén	Aysén	30.404	4.877	111	194.499	229.891
	Coyhaique	111.080	31.800	37.052	140.822	320.754
	General Carrera	76.469	24.544	6.191	77.852	185.056
	Capitán Prat	69.885	44.569	8.729	88.800	211.983
Total		287.838	105.790	52.083	501.973	947.684
Magallanes	Magallanes	141.864	16.587	2.473	32.865	193.789
	Tierra del Fuego	123.737	51.925	25.991	25.574	227.227
	Última Esperanza	147.113	18.981	1.973	28.511	196.578
	Antártica Chilena	21.284	1.779	11	28.301	51.375
Total		433.998	89.272	30.448	115.251	668.969

(Fuente: Elaboración propia en base a CONAF, 2014)

3.2. Requerimientos de la Especie

La lenga se desarrolla en una extensa distribución latitudinal, en un amplio rango ecológico. Schlatter (1994) indica que entre los factores de sitio que definen su extensión está la temperatura, con temperaturas medias anuales entre 6,5 a 7,0°C y hasta 3,5 a 4,0°C, sobre todo en su distribución altitudinal. Sin embargo, más decisivo aún es el balance hídrico del sitio, definido por las precipitaciones, la evapotranspiración y la capacidad de agua aprovechable del suelo.

En la parte norte de la distribución de lenga, en la Región del Bio Bio, la evapotranspiración potencial es de 900 a 1000 mm/año, y real de 600 a 700 mm/año. En la zona intermedia de su distribución los valores son de alrededor de 600 y 500 mm/año, y en la zona austral de 450 y 350 mm/año, aproximadamente.

La especie no se desarrolla en suelos de mal drenaje y presenta pobre desarrollo en suelos de baja fertilidad. En situaciones de marginalidad hídrica, la especie toma forma enana (*krummholz*), o desaparece. Las temperaturas extremas y en especial el fuerte viento limitan el crecimiento en forma severa (Uriarte y Grosse, 1991).

De acuerdo a los antecedentes recopilados por Schlatter (1994) la zona entre los paralelos 44° y 46° S es el área de Chile que presenta los mejores sitios para la especie, ya que desde los 43° S la lenga baja a niveles altitudinales que le permiten ocupar suelos de valle y piedemonte, con mejores suelos, donde puede desarrollar mejor su potencial.

3.3. Estructura y Dinámica de los Bosques de Lenga

Los bosques de lenga presentan estructuras coetáneas y multietáneas como consecuencia de la interacción de procesos alogénicos y autogénicos. Estos procesos hacen que los bosques no se presenten en un estado de equilibrio, manteniéndose en una relativa fase sucesional temprana (López *et al.*, 2003). De acuerdo a Schmidt y Urzúa (1982) el ciclo natural de desarrollo dura del orden de 200 a 250 años, repitiéndose las distintas fases en forma similar a través del tiempo. Estas fases se pueden diferenciar por la estructura y edad de los árboles que las componen, y corresponden a:

- Fase de regeneración: Dominada por un fustal viejo en el dosel superior y un monte bravo en estratos inferiores, puede durar entre 50 y 70 años.
- Fase de crecimiento óptimo: Dominada principalmente por una regeneración en estado de latial y que culminaría a los 100 años.
- Fase de envejecimiento: Formado por un solo estrato en estado fustal, se alcanza el máximo volumen acumulado y disminuye el vigor y cobertura de copa, disminuyendo el crecimiento. Etapa que culmina a los 140 años.
- Fase de desmoronamiento: Corresponde a árboles en estado fustal, pero sobremaduros, hay un aumento de la mortalidad y disminución de la cobertura de copas que permite el establecimiento de la regeneración.

En la Figura N° 2 se presenta un esquema del ciclo natural y de manejo de la lenga basado en las cortas de protección (Martínez Pastur *et al.*, 2013).

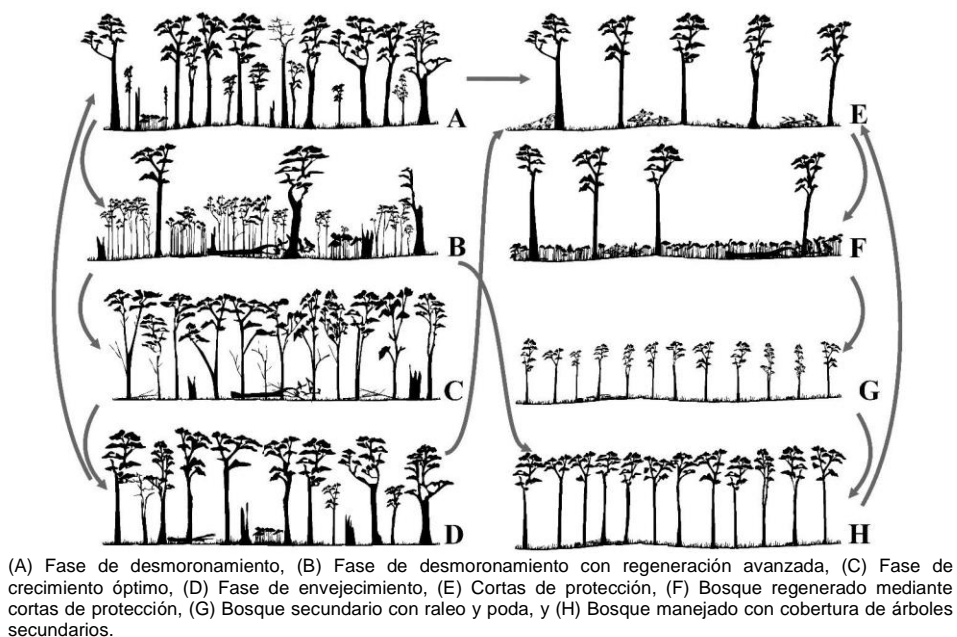


Figura N° 2
DINÁMICA NATURAL Y PROPUESTA DE MANEJO POR CORTAS DE PROTECCIÓN
PARA BOSQUES DE LENGAS

3.4. Silvicultura de los Bosques de Lenga

Hasta la década de los ochenta del siglo pasado, el aprovechamiento de los bosques naturales de la Patagonia se caracterizó por una extracción selectiva de los mejores árboles del rodal, con cortas algo más intensas en los bosques de mejor calidad productiva (Bava y López, 2006).

Sin embargo, estos bosques por su composición, estructura y características ecológicas conforman masas relativamente fáciles de manejar y la literatura indica que presentan altos

incrementos en su volumen maderable cuando se encuentran sometidos a manejo (Cruz *et al.*, 2003). La estructura de manejo recomendada es la de monte alto regular a través del método de cortas de protección, caracterizado por cortas sucesivas con regeneración natural bajo dosel (Schmidt y Urzúa, 1982; Uriarte y Grosse, 1991; Bava, 1999a; Martínez Pastur *et al.*, 2000), o sus variaciones con retención agregada o dispersa si la cosecha combina aspectos económicos y de conservación (Martínez Pastur *et al.*, 2011).

Garrido (1981) propone para la regeneración del rodal, realizar 3 cortas sucesivas dentro de un período de 10 años entre la primera y última corta, interviniendo el dosel superior para permitir el establecimiento de la regeneración. Recomienda mantener en pie al menos el 50% del área basal porque la regeneración requiere protección, especialmente del viento. La cosecha final solo puede realizarse cuando la regeneración supere 1,5 m de altura. Estos lineamientos se deben considerar bajo la diversidad de situaciones en las que un determinado bosque se encuentre (fase de desarrollo, grado de intervención, productividad de sitio).

Loguercio (1995) también propuso aclareos sucesivos en tres cortas a lo largo de 20 años en la provincia del Chubut, para atender a las condiciones más secas que ocurren durante los meses de verano. Las cortas deben aumentar paulatinamente la disponibilidad de luz para la liberación de los renovales, manteniendo las condiciones de protección hasta la corta final.

Schmidt y Urzúa (1982) han propuesto 2 tipos de esquemas de manejo, de acuerdo a las condiciones iniciales del bosque y su estado de desarrollo. La primera alternativa se refiere a las cortas de explotación y regeneración, y la segunda a cortas de raleo y mejoramiento. En la primera alternativa, si existe suficiente regeneración (sobre 100.000 ind/ha), la corta puede dejar en el dosel de protección los árboles de menor calidad, y extraer los de mayor valor, cuidando mantener un dosel protector de 30% a 50% de cobertura que debe permanecer por 15 a 30 años (hasta la etapa de latizal). Si la regeneración no es abundante, requiere de cortas semilleras previas a las de cosecha, bajando entre un 60% a 70% de la cobertura inicial. La segunda alternativa, no puede basarse en el criterio de cobertura de copas, sino que requiere considerar la densidad del rodal y la calidad de los árboles individuales, siendo más bien un tratamiento intermedio (raleos).

Tras años de investigación Cruz *et al.* (2003) presentan un modelo de silvicultura aplicable a los bosques de lenga de la Patagonia de acuerdo al estado en que se encuentra el bosque y a su fase de desarrollo. Así distinguen los bosques primarios de los bosques con diferentes grados de alteración, y a los bosques juveniles de los bosques maduros. En bosques secundarios juveniles con una estructura principalmente coetánea con solo algunos árboles en desmoronamiento en el dosel superior y un alto número de árboles juveniles en crecimiento óptimo, recomiendan raleos para favorecer el crecimiento de los mejores individuos. En aquellos bosques primarios maduros en fases de desarrollo de envejecimiento o de desmoronamiento sugieren comenzar el bosque futuro con una nueva generación, que puede iniciarse desde la regeneración que se establece bajo un dosel protector. Para esto deben hacerse cortas de regeneración relativamente fuertes para rebajar la cobertura a un nivel entre 30% y 40%, de manera de permitir que la regeneración pueda establecerse y crecer en altura. Otra alternativa es hacer cortas de pre-cosecha, que corresponden a cortas más suaves, de tipo raleo, destinadas no a regenerar, sino a cosechar aquel volumen que se perdería por mortalidad si no se interviene. De aplicar este tipo de intervención se posterga la corta de regeneración para el período siguiente. En bosques ya intervenidos en el pasado, generalmente con cortas selectivas, la forma de intervenir va a depender de la cobertura del dosel de árboles remanentes y del desarrollo que presenta el bosque secundario. Normalmente los bosques ya intervenidos son muy heterogéneos, y presentan una alta diversidad de coberturas y en consecuencia distintos grados de desarrollo del bosque secundario. En situaciones de alta cobertura con escaso desarrollo de la regeneración deben hacerse cortas de regeneración complementarias para homogeneizar la regeneración en el sector y permitir que ésta pueda desarrollarse en altura. En situaciones con un bosque secundario con regeneración avanzada corresponde hacer cortas finales del dosel remanente y clareos en la regeneración establecida. En situaciones de bosque secundario con latizal el tratamiento apropiado es de corta final con raleo en el latizal.

De acuerdo a Bava y López (2006), cuando se intenta transformar bosques irregulares en rodales regulares a través de cortas de protección, la cosecha de la madera de calidad (en general árboles sanos de diámetros intermedios) se realiza en la primera corta y las inversiones necesarias en silvicultura como aclareos y raleos no comerciales, aunque prescritas en los planes de manejo, rara vez se realizan. Una alternativa para evadir este problema sería imitar la dinámica de claros a través de cortas de selección en grupos. Con este sistema se establecen unidades de regeneración a partir de la corta de varios árboles, incluyendo a los árboles aserrables de diámetros intermedios (Bava, 1999b; Antequera, 2002; López *et al.*, 2003). El tamaño de los claros debe definirse teniendo en cuenta las condiciones locales de sitio, generando claros más pequeños en sitios con menor disponibilidad de agua (Rusch, 1992). Con un manejo de este tipo, las inversiones en silvicultura, tales como la liberación de competencia de renovales o de árboles con potencial futuro, se realizan simultáneamente con la cosecha de los ejemplares maderables, con lo que esta actividad puede financiar parcialmente la aplicación de los tratamientos. La principal limitante de este método son los bajos volúmenes de cosecha por hectárea y la necesidad de realizar acciones silvícolas sobre grandes superficies, lo que implica importantes gastos en construcción y mantención de caminos, y costos incrementales de cosecha y transporte.

El desarrollo de las investigaciones en la Patagonia ha permitido la acumulación de información en términos de crecimiento y aprovechamiento del bosque y respuesta a intervenciones, y la construcción de diversos modelos que permiten la proyección del desarrollo en diámetro, altura y volumen de este tipo de bosques. Dados estos antecedentes, es posible encontrar en la literatura modelos biométricos para algunos sectores de su extensa distribución.

Un trabajo que sintetiza el estado de arte y lo convierte en herramientas de manejo es el de Martínez Pastur *et al.* (2002) quienes presentan el conjunto de funciones que permiten, bajo definidos supuestos, generar un modelo de producción para lenga, considerando los gradientes de calidad de sitio en Tierra del Fuego (Argentina). En este trabajo los autores utilizan el índice de densidad de rodales de Fernández *et al.* (1997) y el de nivel de raleo. El sistema silvícola seleccionado combina cortas de protección (Schmidt y Urzúa, 1982) con raleos por lo bajo (Martínez Pastur *et al.*, 2001). Como supuesto para este modelo se considera la ejecución de la corta final a través de una corta de protección y que los bosques del modelo de producción pertenecerían a rodales de segundo crecimiento, puros y regulares, formados a partir de la regeneración de una corta de protección.

Otra propuesta silvícola para bosques de lenga se encuentra en el trabajo de Cruz Johnson *et al.* (2005), como una propuesta de ordenación forestal de la Reserva Nacional de Mañihuales. Esta se basa en una tasa de aprovechamiento volumétrico y una superficie teórica de regeneración, apuntando al equilibrio de producción. Para ello utiliza la estratificación de rodales según los factores ambientales de altitud, exposición y pendiente y definen la ocupación óptima del sitio a través de un coeficiente de cobertura de copas y la tasa de aprovechamiento a través de los incrementos volumétricos del bosque.

Hasta ahora CONAF cuenta con dos herramientas para facilitar el manejo adecuado de los bosques de lenga. Una es la norma de manejo aplicable al tipo forestal lenga y dirigida a las cortas de protección. Son aplicables a bosques con y sin regeneración, pero siempre con el objetivo de cosecha y asegurando la continuidad del bosque. Para ello entrega rangos de cobertura adecuados para las diferentes situaciones de bosque. La segunda herramienta es el plan de manejo tipo aplicable en la Región de Aysén a superficies de no más de 5 ha de cualquier estructura o estado de desarrollo. Si bien esta última entrega las alternativas de actividades a realizar, no las define de forma cuantitativa.

Un problema en el aprovechamiento de la lenga es la pudrición central que a menudo presenta esta especie (Donoso y Caldenty, 1996). Es de mencionar, sin embargo, que el manejo, al promover el crecimiento de los mejores individuos, permitiría llegar a diámetros aserrables antes de que la pudrición castaña afecte significativamente al fuste.

3.5. Antecedentes Dasométricos de los Bosques de Lengua

Como fue mencionado anteriormente, en los sectores más australes de la distribución del tipo forestal lenga, correspondientes a las Regiones de Aysén y Magallanes, los árboles alcanzan su mayor desarrollo, constituyendo bosques extensos de interés comercial (Yudelevich *et al.*, 1967). Los bosques puros de lenga en estas regiones entregan en promedio un volumen entre 300 y 350 m³/ha (Pesutic, 1978; Schmidt y Urzúa, 1982). Destacan en este sentido las existencias de los bosques de Tierra del Fuego, donde los bosques puros de lenga alcanzan 540 m³/ha y, en los mejores sitios, donde aparece la lenga mezclada con coigüe, se encuentran volúmenes de hasta 790 m³/ha. Las existencias promedio de la Región de Aysén, son de 200 m³/ha en bosques de interés comercial, reflejando el nivel de degradación económica de los rodales en esta región, puesto que el volumen que se encuentra en los bosques de protección que se caracterizan por su difícil accesibilidad es más alto, con 300 m³/ha.

En la fase de regeneración se pueden encontrar densidades de 50.000 ind/año o más. En la situación que se encuentran los bosques en la actualidad, cuando un rodal joven tiene alrededor de 20 años, el volumen es a menudo aportado principalmente por el dosel superior en desmoronamiento y alcanza entre 200 y 300 m³/ha, con un área basal de 40 a 50 m²/ha. Al aumentar la edad, el número de árboles por hectárea disminuye fuertemente hasta llegar a 1.000 a 1.700 ind/ha. En esta fase el área basal alcanza 55 a 65 m²/ha y el volumen 250 a 300 m³/ha, y el rodal se encuentra en la fase de crecimiento óptimo, con una edad aproximada de 100 años.

A los 150 a 160 años, en la fase de envejecimiento, el número de árboles es de 700 a 800 ind/ha mientras que el área basal es de 60 a 70 m²/ha. Al llegar a esta fase, el volumen alcanza su máximo valor con 300 a 500 m³/ha, dependiendo de la calidad del sitio. Es en ese momento que debe realizarse la cosecha, ya que a mayor edad decrece el volumen y los problemas sanitarios aumentan. Cómo se distribuye el recurso en términos de número de árboles y volumen entre las distintas fases de desarrollo, se muestra como ejemplo para el Sector Última Esperanza, en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2
DISTRIBUCIÓN DEL RECURSO EN LAS FASES DE DESARROLLO

Última Esperanza	Fase Juvenil - Crec. Óptimo	Fase Madura	Fase Sobremadura
Número de árboles (%)	74	16	10
Volumen (%)	32	29	39
Rango diamétrico (cm)	11 a 38	30 a 61	>43

(Fuente: Silva, 2005)

Valores dasométricos, como número de árboles, área basal y volumen para bosques de lenga en Aysén y Magallanes se encuentran con facilidad en la literatura. Algunos autores que han publicado datos al respecto son Puente y Peñaloza (1979), Pesutic (1978), Schmidt y Urzúa (1982) e IREN (1979), entre otros. Los datos abarcan los distintos estados de desarrollo y grados de intervención incluyendo renovales y bosque virgen. No se entra en más detalle en el análisis de estos trabajos, sin embargo, es importante hacer mención que se encuentran disponibles.

En Mañihuales, Cruz Johnson *et al.* (2005) encontraron una alta variabilidad de la densidad en la estratificación entre clases de pendiente, altitud y exposición. Para rodales con DMC entre 30 y 32 cm se encontraron, por ejemplo, una densidad mínima de 458 ind/ha (AB 35,9 m²/ha) y una máxima de 1.089 ind/ha (AB 75,5 m²/ha).

Respecto del crecimiento radial existen antecedentes de Puente y Peñaloza (1979) quienes determinaron valores promedio de 1,22 mm/año en un periodo de crecimiento de 240 años. Otros autores reportan valores más altos en bosques manejados. Bava (1999b) reporta un crecimiento diamétrico anual de entre 4,0 a 7,5 mm para árboles con más del 50% del perímetro de su copa libre de competencia. Schmidt *et al.* (2003) observaron crecimientos anuales medios de 2 a 4 mm después de la intervención y Silva (2005) registró crecimientos de 2,1 mm/año y 3,3 mm/año, respectivamente, antes y después de la intervención.

Peri *et al.* (1996) pudieron evidenciar la dependencia del incremento radial de la posición de la copa. Desarrollaron un modelo de crecimiento individual en diámetro bajo 2 condiciones de competencia de copa y detectaron que los ritmos de crecimiento son distintos. La culminación del crecimiento fue a los 62 y 52 años, para el estrato superior e inferior, respectivamente, alcanzando crecimientos máximos de 3,03 mm/año para dominantes y 1,92 mm/año para los inferiores.

Para el incremento en volumen también existen variadas observaciones. Donoso (1993) en Alto Mañihuales, Región de Aysén observó un incremento medio anual de 4-5 m³/ha/año, Rodríguez (2002) midió en la misma zona incrementos entre 0,8-4,6 m³/ha/año y Silva 2005 en Última Esperanza, Magallanes 4,1 y 4,4 m³/ha/año con y sin manejo, respectivamente, donde la situación sin manejo desciende a cero al descontar la tasa de mortalidad.

En términos de la altura el crecimiento es moderado. Existen diversos estudios que analizaron este parámetro bajo condiciones sin manejo y con manejo que fueron recopilados y sistematizados por Ugalde (2006). Según estos datos los incrementos medios anuales en Aysén varían entre 14 cm y 27 cm, y en Magallanes entre 5 cm y 29 cm, no pudiendo identificarse diferencias entre las situaciones con y sin manejo.

4. METODOLOGÍA

4.1. Selección del Área de Estudio

Se seleccionó un bosque de lenga en estado de renoval ubicado en la comuna de Coyhaique, que fue sometido a un raleo al menos 10 años antes de la fecha del estudio.

Para la búsqueda de este tipo de condiciones se revisaron las carpetas de planes de manejo ejecutados en la comuna de Coyhaique.

Una vez seleccionado un listado de predios potenciales, se consultó la siguiente información para la elección final:

Coberturas digitales actualizadas del Catastro de Bosque Nativo (CONAF 2014);

Registro digital de beneficiarios de Programa de Manejo Sustentable del Bosque Nativo de CONAF

Consulta a profesionales extensionistas y silvicultores de la región.

4.2. Caracterización de la Estructura Forestal

Una vez elegido el sitio, se seleccionó un rodal en donde se caracterizó la estructura forestal, para los cual se delimitaron parcelas de diámetro fijo (200 m²) y geometría circular. El diseño de las parcelas corresponde a una modificación del tipo de diseño utilizado por INFOR en su Inventario Forestal Continuo.

En el sitio se registró la siguiente información a nivel de rodal:

- Fecha de instalación, brigada de medición, antecedentes de ubicación del sitio, estado de desarrollo, exposición, pendiente media y altitud.

En la unidad de muestreo se registraron las siguientes variables de cada árbol:

- Clase Social (CS). En base a la posición relativa y tamaño de la copa de cada individuo en el estrato vertical, se clasificó los árboles como dominantes, intermedios y suprimidos.

a. Dominantes: Aquellos individuos cuyas copas se extienden sobre el nivel general del dosel superior, recibiendo plena luz desde arriba y parcialmente de los lados. Sus copas son bien desarrolladas.

b. Intermedios: Aquellos individuos de copas comprimidas que apenas alcanzan el dosel y reciben escasa luz solar directa.

c. Suprimidos: Aquellos individuos cuyas copas se encuentran completamente por debajo del dosel y no reciben luz solar directa.

- Diámetro a la Altura del Pecho (DAP a 1,30 m)

- Altura Total (HT), utilizando un VERTEX. Se registraron 2 árboles por clase social.

- Espesor de Corteza (EC), obtenido con un calibrador de corteza.

4.3. Variables de Rodal

En base a las mediciones individuales se estimaron las siguientes variables de rodal:

- Edad. Fue determinada a partir del conteo de anillos de crecimiento en tarugos de barreno previamente montados y pulidos a espejo (años).

- Altura media (HM). Se calculó como el promedio de la altura total de las clases sociales presentes en cada parcela (m).

- Diámetro cuadrático medio (DCM).

- Área basal (AB): (m²/ha).

- Densidad (N): (ind/ha)

- Cobertura de copas: (%) Para la estimación de la cobertura de copa y la variabilidad lumínica en el sitio se tomaron fotos hemisféricas con un lente ojo de pescado (campo visual 180°) del dosel arbóreo, a 1 m de altura desde el suelo, durante la temporada de crecimiento correspondiente a la máxima expansión foliar. Se tomaron diez fotografías bajo la condición de cobertura del sitio.

4.4. Evaluación del Crecimiento

4.4.1. Extracción de Tarugos

Se extrajeron 20 tarugos del sitio de muestreo (1 tarugo por individuo). De estos, 10 tarugos en un rodal con manejo y 10 tarugos en el rodal sin manejo. El muestreo se llevó a cabo entre los meses de mayo y julio de 2019.

La obtención de muestras, se realizó de acuerdo a metodologías estandarizadas descritas por Stokes and Smiley (1968). Se obtuvieron tarugos de individuos vivos de lenga

mediante perforación con barrenos de incremento a la altura del DAP y en forma perpendicular al fuste. Las muestras obtenidas fueron depositadas en bombillas plásticas para prevenir daños y preservar los segmentos fracturados de cada tarugo, con su respectiva codificación.



Figura N° 3
OBTENCIÓN DE TARUGOS MEDIANTE PERFORACIÓN CON BARRENO A LA ALTURA DEL DAP

4.4.2. Procesamiento y Cofchado de las Muestras

Las muestras fueron preparadas siguiendo las técnicas dendrocronológicas descritas por Stokes and Smiley (1968). Esto incluye el montaje de los tarugos sobre molduras acanaladas y el posterior lijado utilizando papel de lija de granulometría ascendente (entre 150 a 800 granos/cm²).

Una vez lograda la perfecta visualización de los anillos de crecimiento, se procede al fechado de cada muestra bajo lupa estereoscópica. Para el fechado de las muestras se sigue la convención de Schulman (1956) para el hemisferio sur y a cada anillo de crecimiento se le asigna el año calendario en el cual comenzó su crecimiento. Posteriormente al fechado se realizó la medición de los anillos para cada una de las muestras, utilizando un dendrómetro VELMEX Inc. con una precisión de 0,001 mm.



Figura N° 4
ANÁLISIS Y FECHADO DE TARUGOS BAJO LUPA ESTEREOSCÓPICA

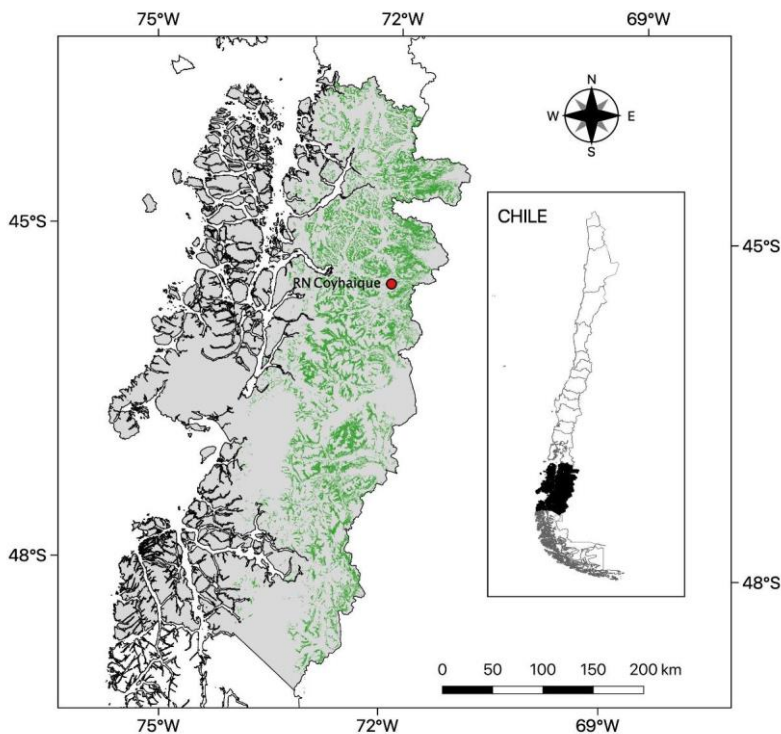
Para verificar la calidad del fechado y detectar posibles errores de medición, se utiliza el programa computacional COFECHA (Holmes, 1983). Para las series en las que el programa COFECHA identifica errores en el fechado y que una vez revisadas bajo lupa no se logra identificar el error, se grafican utilizando la rutina BARPLOT de la librería de programas dendrocronológicos (DPL), el cual muestra la desviación estándar de cada serie individual.

A través de la comparación de la serie a evaluar con la serie maestra o promedio creada por el COFECHA se identifica, de manera correcta, el o los anillos que por error se pudieron haber omitido o simplemente corresponden a anillos ausentes en la muestra.

5. RESULTADOS

5.1. Área de Estudio

El estudio se realizó en la comuna de Coyhaique, Región de Aysén. Se seleccionó un renoval de lenga ubicado en la Reserva Nacional Coyhaique ($45^{\circ}52' \text{ LS}$ y $72^{\circ}03' \text{ LW}$), a una elevación de 746 msnm y distante a 3 km de la ciudad de Coyhaique (Figura N° 5).



(Fuente: Modificado de CONAF, 2014)

Figura N° 5
DISTRIBUCIÓN DE LOS BOSQUES DE LENGAS EN LA REGIÓN DE AYSÉN
Y UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Esta zona se caracteriza por presentar un clima de estepa fría de vertiente oriental de los Andes Patagónicos y está protegida por el cordón montañoso de la cordillera, lo que permite una disminución notable de las precipitaciones en comparación con el sector de archipiélagos (clima oceánico) que se encuentran en la misma latitud. En el lado oriental los valores de las precipitaciones fluctúan entre los 800 a 1200 mm anuales.

Se tomaron registros de las variables climáticas imperantes obtenidos desde la estación meteorológica permanente El Claro, ubicada a 5 km de la capital regional. Las variables registradas por los equipos meteorológicos fueron la temperatura media del aire (Figura N° 6) y las precipitaciones (Figura N° 7).

De acuerdo a la clasificación de Köppen, el clima de la Región de Aysén corresponde a Trasandino con Degradación Esteparia y se caracteriza por un volumen de precipitaciones e gran intensidad de vientos intensidad.

La temperatura media y media mínima anual es de 8,7 °C y 3,9 °C, respectivamente. La máxima de enero es de 18,7 °C y la mínima de julio es de -0,7 °C.

La precipitación media anual es de 1.200 mm (IREN, 1979), con un periodo corto de escasez de precipitación entre enero y febrero. Los vientos promedios fluctúan entre 37 y 56 km/h, con ráfagas de 60 - 80 km/h en época de primavera.

La temperatura muestra una marcada tendencia a medias mensuales inferiores a 10 °C gran parte del año. Durante los períodos de evaluación de ensayos, la temperatura media anual del año 2018 fue de 5,9 °C. Las temperaturas mínimas se presentaron en los meses de junio y julio con promedios de -0,5 y -0,4 °C, respectivamente.

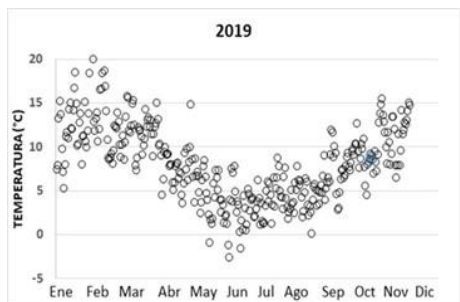
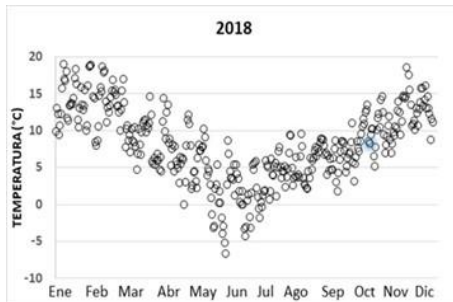
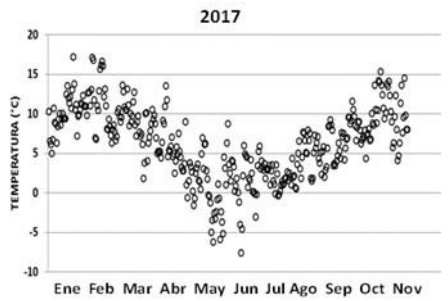
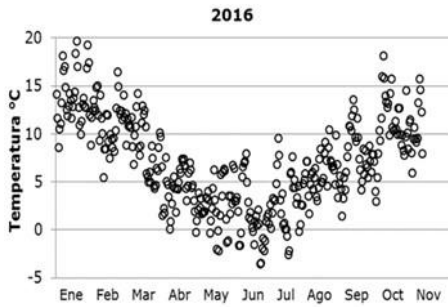
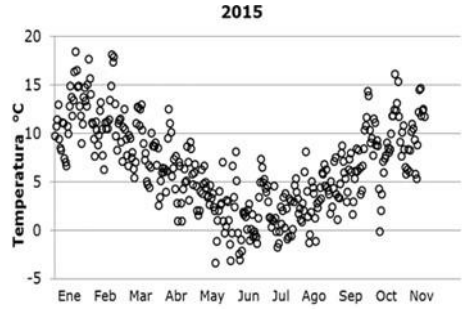
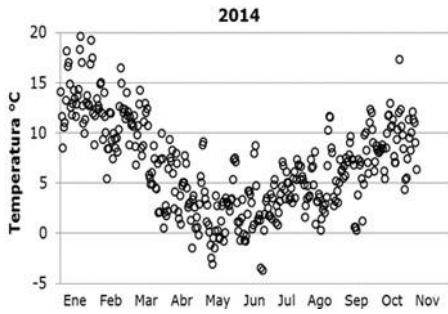
Si bien la temperatura podría generar una disminución de la temperatura del bosque por convección, la estructura del bosque y del suelo permite la mantención de esta un poco más alta y permite el desarrollo y crecimiento normal para las especies adaptadas a estas condiciones del ambiente.

En términos de precipitaciones, el mes de septiembre presentó los valores más altos de precipitación acumulada con valores de 106 mm, mientras que diciembre fue el mes que presento menor precipitación acumulada de la temporada, con solo 13,1 mm/año. La precipitación acumulada anual fue de 707 mm.

Finalmente, se presenta un gráfico sobre el Índice de Oscilación del Sur (SOI), que da una indicación del desarrollo y la intensidad de los eventos de El Niño o La Niña en el Océano Pacífico. El SOI se calcula utilizando las diferencias de presión entre Tahití y Darwin.

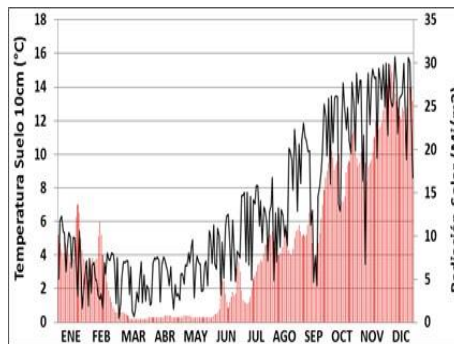
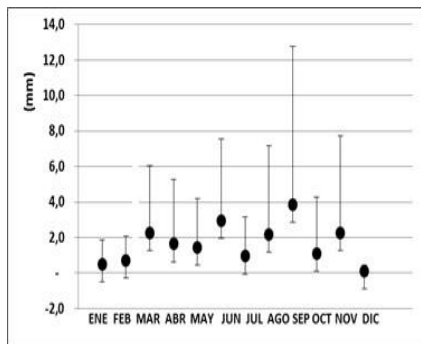
Los valores negativos sostenidos del SOI inferiores a -7 a menudo indican episodios de El Niño. Estos valores negativos generalmente van acompañados de un calentamiento sostenido del Océano Pacífico, una disminución de la fuerza de los vientos alisios del Pacífico y una reducción de las lluvias de invierno y primavera.

Los valores positivos sostenidos de SOI superiores a +7 son típicos de un episodio de La Niña. Están asociados con vientos alisios más fuertes del Pacífico y temperaturas más cálidas del mar.



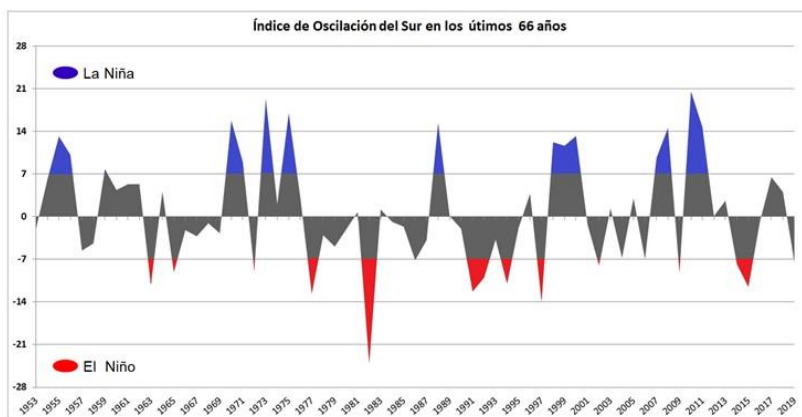
(Fuente: Elaboración propia en base a <http://agromet.inia.cl>).

Figura N° 6
TEMPERATURAS DEL AIRE EN TEMPORADAS 2014 A 2019 ESTACIÓN METEOROLÓGICA EL CLARO



(Fuente: Elaboración propia en base a <http://agromet.inia.cl>).

Figura N° 7
PRECIPITACIÓN ANUAL, TEMPERATURA DEL SUELO (10 cm) Y RADIACIÓN SOLAR DURANTE LA TEMPORADA 2018, ESTACIÓN METEOROLÓGICA EL CLARO



(Fuente: Oficina de Meteorología de Australia <http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtm1.shtml>).

Figura N° 8
ÍNDICE DE OSCILACIÓN DEL SUR (SOI) EN LOS ÚLTIMOS 66 AÑOS

Respecto del suelo, el sitio posee un suelo que pertenece a la asociación Coyhaique, serie Fraile Alto, exposición oeste y topografía suave a plana. La vegetación es un rodal de monte alto, de un solo estrato, con presencia predominante de lenga (93%) acompañada en menor proporción por coigüe (7%).

La cobertura de copas es densa, en los árboles dominantes las copas son delgadas y cortas, con copas vigorosas y sanas en la actualidad. Mientras que en la capa inferior las copas están muriendo. Se trata de un rodal inestable, con valores de H/D entre 80 y 100 para el dosel superior (Cuadro N° 3).

Cuadro N° 3
ANTECEDENTES DEL RODAL UBICADO EN LA RESERVA NACIONAL COYHAIQUE ANTES DEL RALEO

Rodal	Densidad (ind/ha)	Edad (años)	Estabilidad (H/D)
RNC	6032	40 a 50	80 -100

5.2. Historia del Rodal

En el año 1996 se realizó un raleo por lo alto, se seleccionaron 63 árboles futuros con fuste recto, sin heridas y de más de 6 m de altura. Se eliminaron árboles del estrato superior de mala forma o con fustes fuertemente dañados y los árboles del dosel inferior si estuvieran dañando los árboles de buena calidad de la capa superior. El raleo fue efectuado de forma que permita la prolongación de la poda natural de los individuos de mejor calidad. Posteriormente en el año 2003 se realizó un segundo raleo con apoyo de los alumnos del Liceo Agrícola de la Patagonia siguiendo similares prescripciones técnicas (Figura N° 9).



Figura N° 9
INTERVENCIÓN DE RALEO

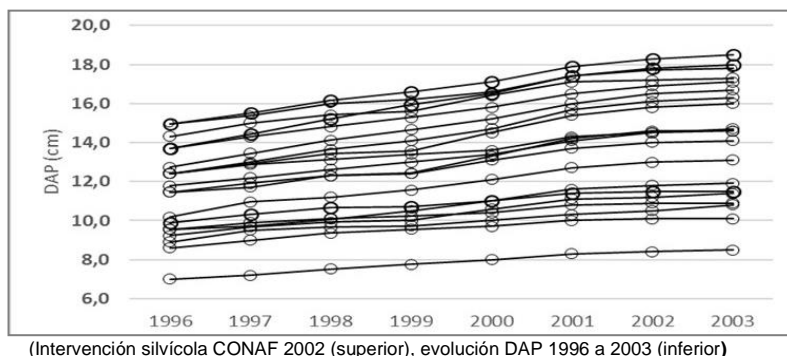


Figura N° 10
EVOLUCIÓN DEL DAP 1996 - 1993

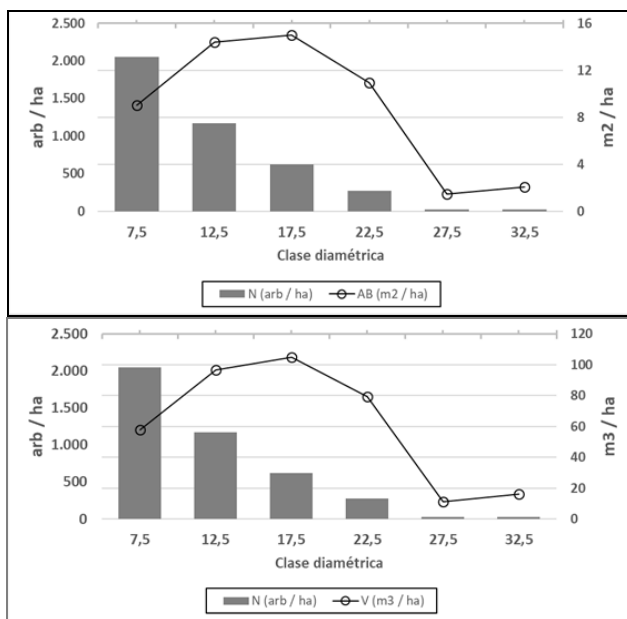
5.3. Parámetros Dasométricos Actuales

El inventario que se realizó en el rodal entregó los resultados que se muestran en los Cuadros N° 4 y N° 5, donde se aprecia una disminución de la densidad de un 30% aproximadamente.

Cuadro N° 4
PROMEDIOS Y DESVÍOS DE LAS VARIABLES DE ESTRUCTURA FORESTAL DEL SITIO
ANTES Y DESPUÉS DEL RALEO

Estadígrafos	Densidad (ind/ha)		Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)
	Antes raleo	Después raleo		
Media	6.032	4.175	53,0	366,3
Desv. Estándar		35	2,34	
Varianza		1.250	5	
C. Variación		0,85%	4,42%	

El raleo realizado fue por lo bajo, para aplicarlo se observó la posición relativa de las copas de los árboles individuales, eligiendo individuos de las posiciones subordinadas (clases de copa inferiores) para extraer. Esta forma de corta es la más común y se basa en la extracción de árboles más pequeños y con menos diámetro logrando seguir el curso natural de desarrollo del rodal.



(AB superior y V inferior)

Figura N° 11
VARIABLES ACTUALES DESPUÉS DEL RALEO

La intervención dejó un 21% de árboles dominantes en el rodal y de este grupo se obtuvieron los tarugos para el análisis del crecimiento. La mayor proporción de árboles está actualmente en el segmento de suprimidos con un 47% de participación.

Cuadro 5
CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES DE RODAL DESPUÉS DEL RALEO

Estrato	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Espesor corteza (mm)	Mortalidad (%)
Dominantes	19,2	21,0	0,5	0,6
Intermedios	12,4	17,7	0,4	0,6
Suprimidos	7,7	11,6	0,3	17,8

El diámetro y altura media de los dominantes fue de 19,2 cm y 21 m, respectivamente, mientras que la mortalidad de este grupo fue solo de un 0,6%. El grupo de suprimidos presentó la mayor proporción de árboles muertos con cerca de un 18% del total.

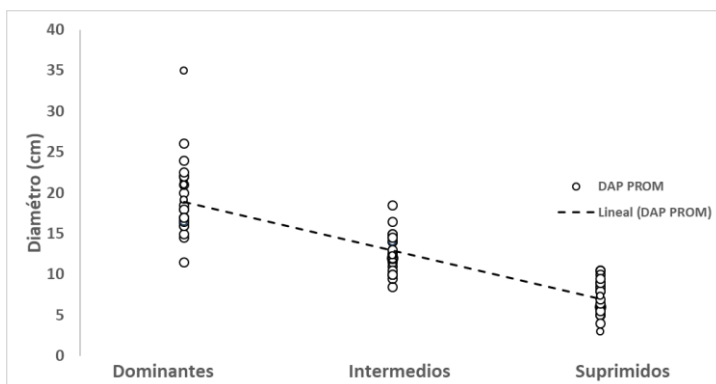


Figura N° 12
DIÁMETROS MEDIOS DEL RODAL POR CLASE SOCIAL

El promedio del diámetro de los árboles intermedios y suprimidos fue de 12,4 cm y 7,7 cm, respectivamente, mientras que las alturas medias para ambos grupos fueron de 17,7 m y 11,6 m, respectivamente.

La clase social de las copas se presenta en la Figura N° 13, donde es posible diferenciar gráficamente la dominancia en base a cada clase diamétrica. Se observa claramente la alta proporción de árboles suprimidos en la clase inferior (94%), mientras que esta tendencia disminuye en la medida que aumenta el DAP (16, 7 y 0% respectivamente), incluso con DAP mayores a 20 cm desaparecen los árboles suprimidos. Los árboles intermedios se concentran en la clase diamétrica 12,5 cm con un 81% de participación y desaparecen en DAP > 20 cm.

Los árboles dominantes comienzan a ser predominantes sobre la clase 17,5 cm (69%) y con participaciones de 100% en las clases superiores. A escala de rodal, las clases sociales que dominan son; suprimidos (S), intermedios (I) y dominantes (D) con un 44%, 34% y 22% de participación porcentual, respectivamente.

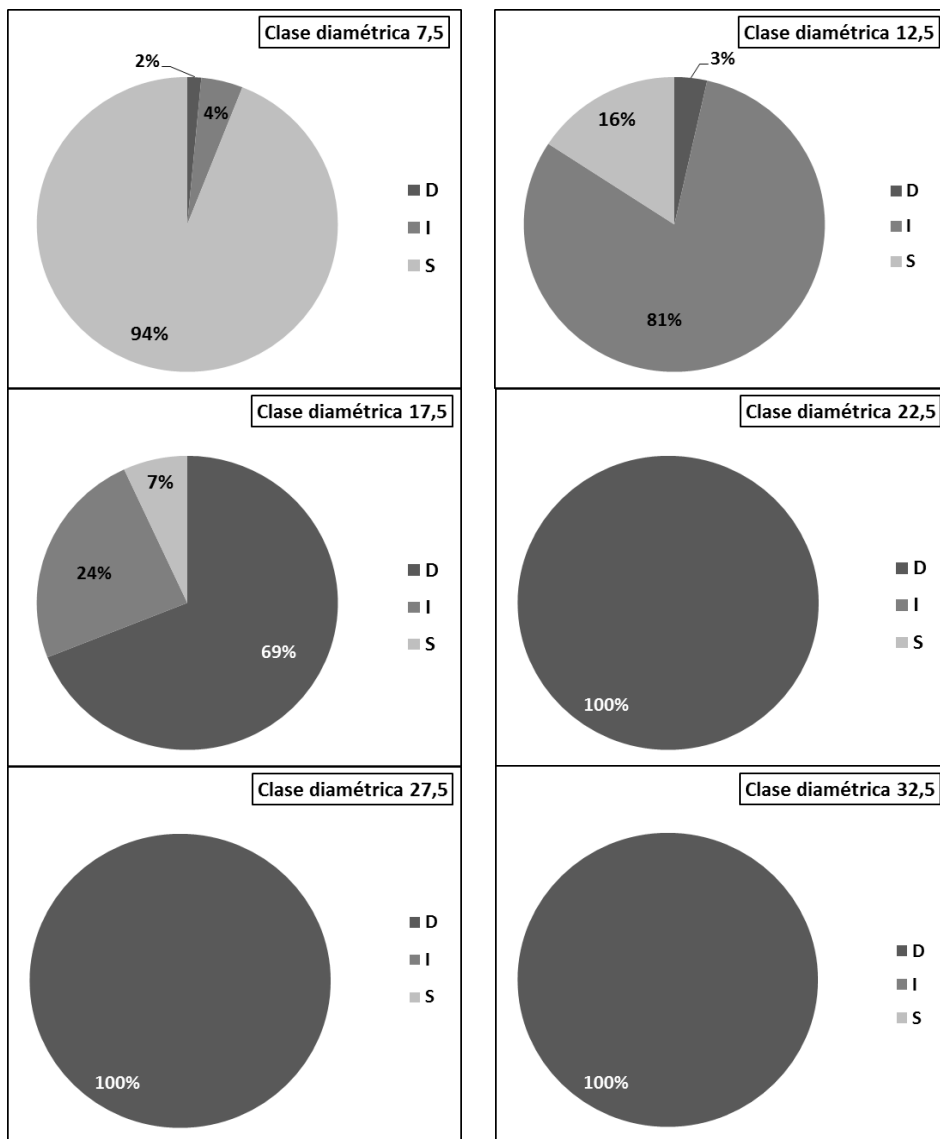


Figura N° 13
PARTICIPACIÓN DE LA POSICIÓN RELATIVA DE LAS COPAS

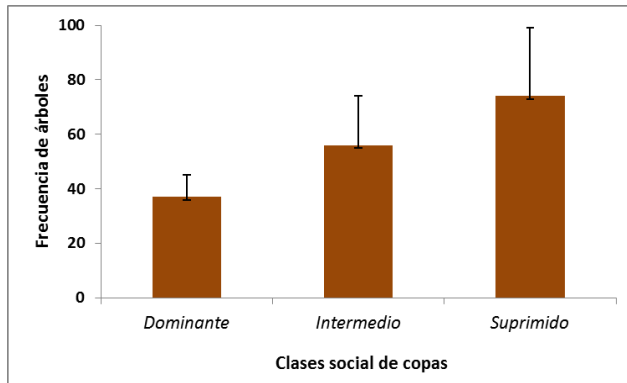


Figura N° 14
PARTICIPACIÓN DE LA POSICIÓN RELATIVA DE LAS COPAS

5.4. Factores Lumínicos

Las variaciones en los regímenes lumínicos al interior del bosque provocan cambios en la composición de las especies de los estratos inferiores, el sotobosque y el estrato herbáceo, a través del tiempo. Poder cuantificar estas variaciones es importante para entender las interrelaciones que ocurren bajo el bosque, situación que se resuelve con la utilización de las fotografías hemisféricas.



Figura N° 15
FOTOGRAFÍAS HEMISFÉRICAS DEL SITIO EVALUADO. IMAGEN COLOR ORIGINAL (IZQUIERDA)
IMAGEN CON UNA APLICACIÓN DE *TRESHOLD* (DERECHA)

Se tomaron 10 fotografías hemisféricas bajo los individuos seleccionados, a 1 m de altura desde el suelo. Cada imagen fue procesada y cortada en cuadrados para definir claramente los límites de las imágenes y el centro. Para realizar la búsqueda de umbrales (*threshold classification*) todas las imágenes fueron transformadas a blanco y negro, y luego se procedió a utilizar un método automático de búsqueda de este umbral con software *SideLook* 1.1.01. Para el análisis de las fotografías ya con umbral definido en forma automática, se utilizó software *Gap Light Analyzer*

(GLA). Los resultados de los principales parámetros entregados por las fotografías hemisféricas se muestran en el Cuadro N° 6.

**Cuadro N° 6
PARÁMETROS LUMÍNICOS DEL BOSQUE**

	Sky Area (%)	Mask Area (%)	Canopy Openness (%)	Effective leaf area index (LAI)		Trans Direct (%)	Trans Diffuse (%)	Trans Total (%)	Cobertura (%)
				Ring 4	Ring 5				
1	99,89	0,11	11,98	2,33	2,18	15,22	17,39	16,30	88,02
2	99,90	0,10	13,02	2,17	2,06	19,45	18,30	18,87	86,98
3	99,90	0,10	12,57	2,29	2,12	16,80	18,22	17,51	87,43
4	99,91	0,09	11,89	2,42	2,14	15,63	16,55	16,09	88,11
5	99,90	0,10	13,70	2,22	1,96	15,42	18,85	17,14	86,30
6	99,98	0,11	14,74	2,05	1,91	20,82	20,84	20,83	85,26
7	99,89	0,11	17,48	1,74	1,74	25,49	24,92	25,20	82,52
8	99,88	0,12	15,16	2,09	1,95	20,11	22,56	21,33	84,84
9	98,89	0,11	11,50	2,38	2,25	18,30	16,77	17,54	88,50
10	98,89	0,11	11,87	2,31	2,18	23,04	16,84	19,94	88,13
Media	99,70	0,11	13,39	2,20	2,05	19,03	19,12	19,08	86,60
min	98,890	0,090	11,500	1,740	1,740	15,220	16,550	16,090	82,520
max	99,980	0,120	17,480	2,420	2,250	25,490	24,920	25,200	88,500
Desv. Standard	0,429	0,008	1,906	0,202	0,157	3,448	2,795	2,821	1,906
Varianza	0,184	0,000	3,634	0,041	0,025	11,885	7,812	7,959	3,634

Área del cielo/Sky Area (%)	Es el área porcentual del hemisferio del cielo que se encuentra por encima del horizonte efectivo. Si el horizonte efectivo está a 90o (es decir, sin máscara topográfica), entonces% del área del cielo será igual al 100 por ciento. Sin embargo, si el horizonte efectivo es inferior a 90o, entonces el área del cielo visible será inferior al 100 por ciento.
Área de máscara/ Mask Area (%)	Es el área porcentual del hemisferio del cielo que está obstruida por la topografía circundante.
Apertura del dosel/ Canopy Openness (%)	Es el porcentaje de cielo abierto visto desde debajo del dosel del bosque. Esta medida se calcula únicamente a partir de la fotografía hemisférica, y no tiene en cuenta la influencia de la topografía circundante.
Trans Direct (%)	Es la cantidad de radiación solar directa transmitida por el dosel y la máscara topográfica (en proporción).
Trans Difuso (%)	Es la cantidad de radiación solar difusa transmitida por el dosel y la máscara topográfica (en proporción).
Trans Total (%)	Es la suma de Trans Direct y Trans Diffuse.

Respecto de la situación lumínica, el bosque de lenga presentó una cobertura de copa de 86,6% con máximos y mínimos de 82,52 y 88,50% respectivamente. En tanto, la apertura del dosel presentó una media de 13,39% con un rango de amplitud de 5,98% entre el mínimo y máximo valor.

La radiación solar difusa (ISF) que llega al bosque de lenga es en promedio 19,12%, mientras que la radiación solar directa es de 19,02%.

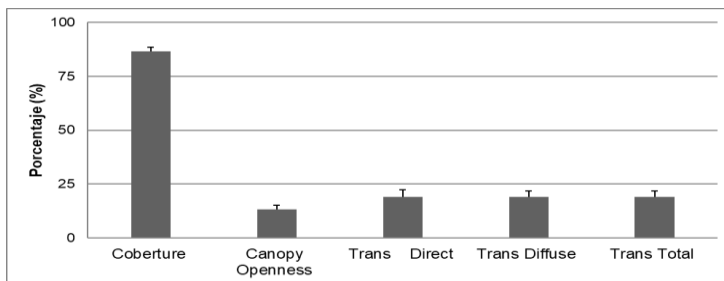


Figura N° 16
PARÁMETROS LUMINICOS BOSQUE DE LENGUA

5.5. Crecimiento de Renovales de Lengua

La evaluación del crecimiento en diámetro se realizó en un renoval con individuos cuyas edades mínimas van desde los 42 a los 58 años. En el sitio se eligieron 10 árboles con manejo (CM) y 10 árboles sin manejo (SM). La edad de cada grupo de se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 7
EDAD DE LOS ÁRBOLES MUESTRA

Muestra (n=10)	Edad promedio (años)	Rango de edad (años)	
		Máximo	Mínimo
CM	53 ± 3,5	57	45
SM	51 ± 5,5	58	42

Los individuos liberados a través del manejo, estaban marcados en el sitio y venían de una selección anterior. Mientras que los árboles sin manejo fueron elegidos pie a pie, considerando competencia directa y sin tener rasgo de liberación en las intervenciones antiguas.



Figura N° 17
ÁRBOL (CM) SELECCIONADO CON LIBERACIÓN DE COMPETENCIA (IZQUIERDA)
ÁRBOL (SM) SELECCIONADO CON COMPETENCIA DIRECTA (DERECHA)

Se observó diferencia entre el diámetro de los árboles SM y CM evaluados, la media fue de $14,6 \pm 1,85$ y $22,5 \pm 1,71$ cm, respectivamente, mientras que la altura observada para el mismo grupo fue de $20,1 \pm 1,23$ y $21,1 \pm 0,98$ cm, respectivamente (Figura N° 18).

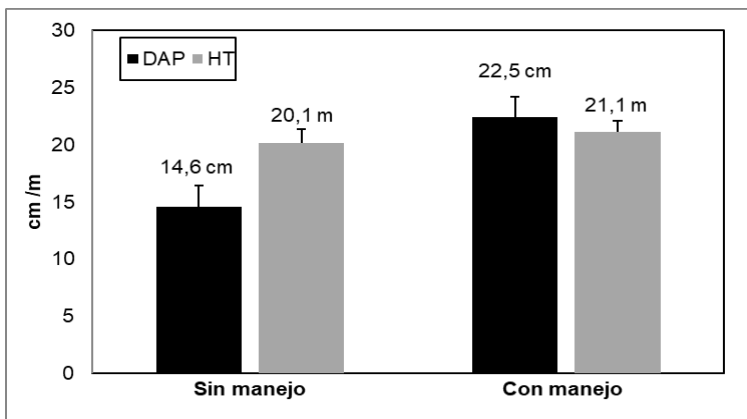


Figura N° 18
DIÁMETRO Y ALTURAS MEDIAS DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS CM Y SM

En la Figura N° 19 se puede apreciar las tasas de crecimientos para los árboles con y sin manejo, desde 1977 a 2018. Al analizar y comparar las curvas de árboles CM y SM, se aprecia que hasta el año 1981 vienen creciendo a una tasa similar de ICA e IMA.

Se observa un incremento significativo posterior al año 1982 (flecha naranja en Figura N° 19), sin embargo, no se tiene información de intervención silvícola en esa fecha.

Después de equilibrarse el efecto del posible raleo, las tasas de crecimiento siguen estables y creciendo en forma similar hasta el año 1995.

Posteriormente se observa un claro aumento en las tasas de crecimiento promedio, posterior a las dos intervenciones silviculturales informadas por CONAF, que se realizaron entre los años 1995-1996 y 2003-2004 respectivamente.

El bosque tuvo una respuesta positiva posterior a la intervención, la que no fue evidenciada en los individuos que no fueron manejados.

En los siguientes cinco años después del primer raleo (1996 - 2000), el promedio de crecimiento de los árboles con manejo fue de 2,5 mm/año, logrando un peak en el año 1997 con 2,69 mm/año, mientras que los árboles sin manejo solo tuvieron un promedio de 1,27 mm/año, esto es un crecimiento un 97% mayor para árboles manejados en comparación con los que no fueron intervenidos.

El segundo raleo (2003 – 2004) también provocó un impacto positivo en el crecimiento. Esta intervención logro una tasa de crecimiento en los siguientes cinco años de aplicado el raleo de 2,38 mm/año, en comparación con los individuos no intervenidos que solo crecieron a un promedio de 0,98 mm/año en el mismo periodo de tiempo.

El efecto del raleo hizo aumentar la tasa de crecimiento de los árboles raleados en un 143%, en comparación con aquellos sin intervención.

Otro aspecto importante a destacar el tiempo que dura el efecto de los raleos, que en definitiva explicaría los años de aplicación de raleos para esta especie. Para ambos raleos el efecto duro entre 7 a 10 años.

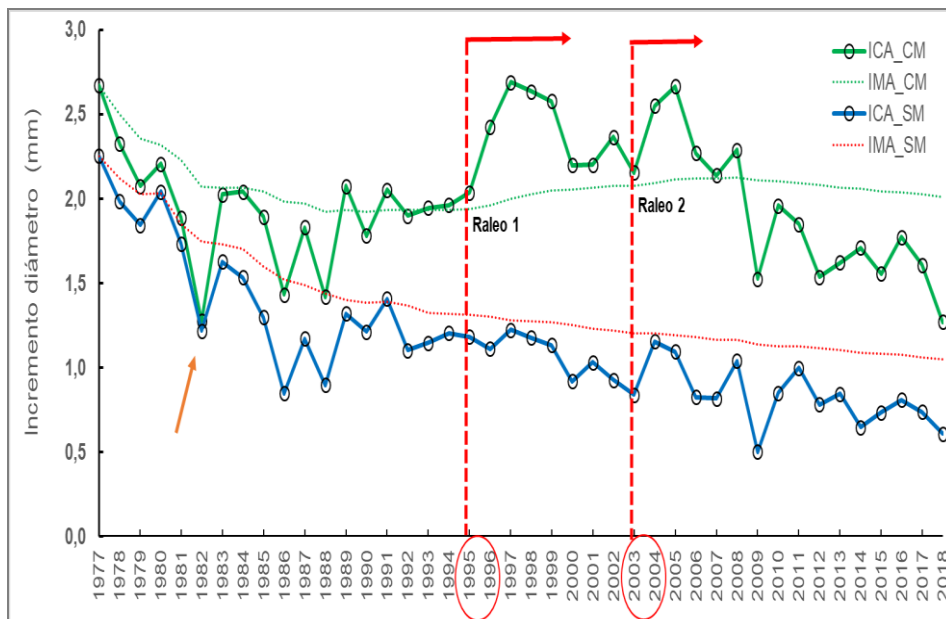


Figura N° 19
EFFECTO DE RALEO EN EL INCREMENTO CORRIENTE ANUAL (ICA) Y ANUAL MEDIO (IMA)
EN DIÁMETRO

Quando el análisis se hace en forma individual, tal como se muestra en las Figuras N° 20 y N° 21, donde se presenta el crecimiento desde el año 1977 al 2018 es posible visibilizar con mayor claridad el efecto a nivel de árbol, logrando entender la competencia directa de los árboles acompañantes post raleo.

En relación al crecimiento de los árboles con manejo, se observó el mayor incremento en los árboles n° 5 y 9 que arrojaron crecimientos anuales de 4,15 y 3,95 mm, producidos en los años 1997 y 2004, respectivamente, que son el año siguiente a las intervenciones en cada caso.

En los árboles sin manejo, en tanto, el menor incremento se obtuvo en los árboles n° 3 y 5 con valores de 0,090 y 0,295 mm/año, ambos durante el año 2018, lo que da cuenta de la necesidad de hacer una intervención en el bosque.

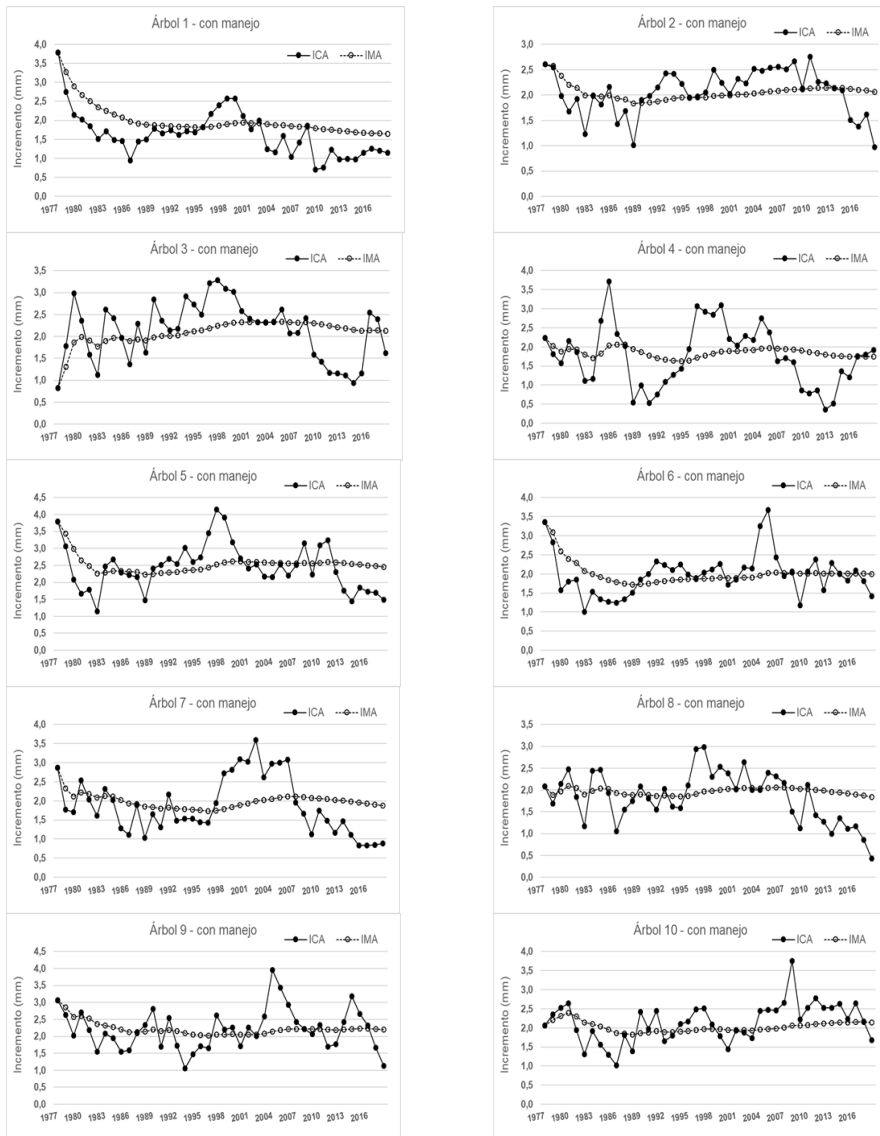


Figura N° 20
INCREMENTO CORRIENTE ANUAL (ICA) Y ANUAL MEDIO (IMA) EN DIÁMETRO PARA ÁRBOLES
INDIVIDUALES DE UN RODAL CON MANEJO (CM)

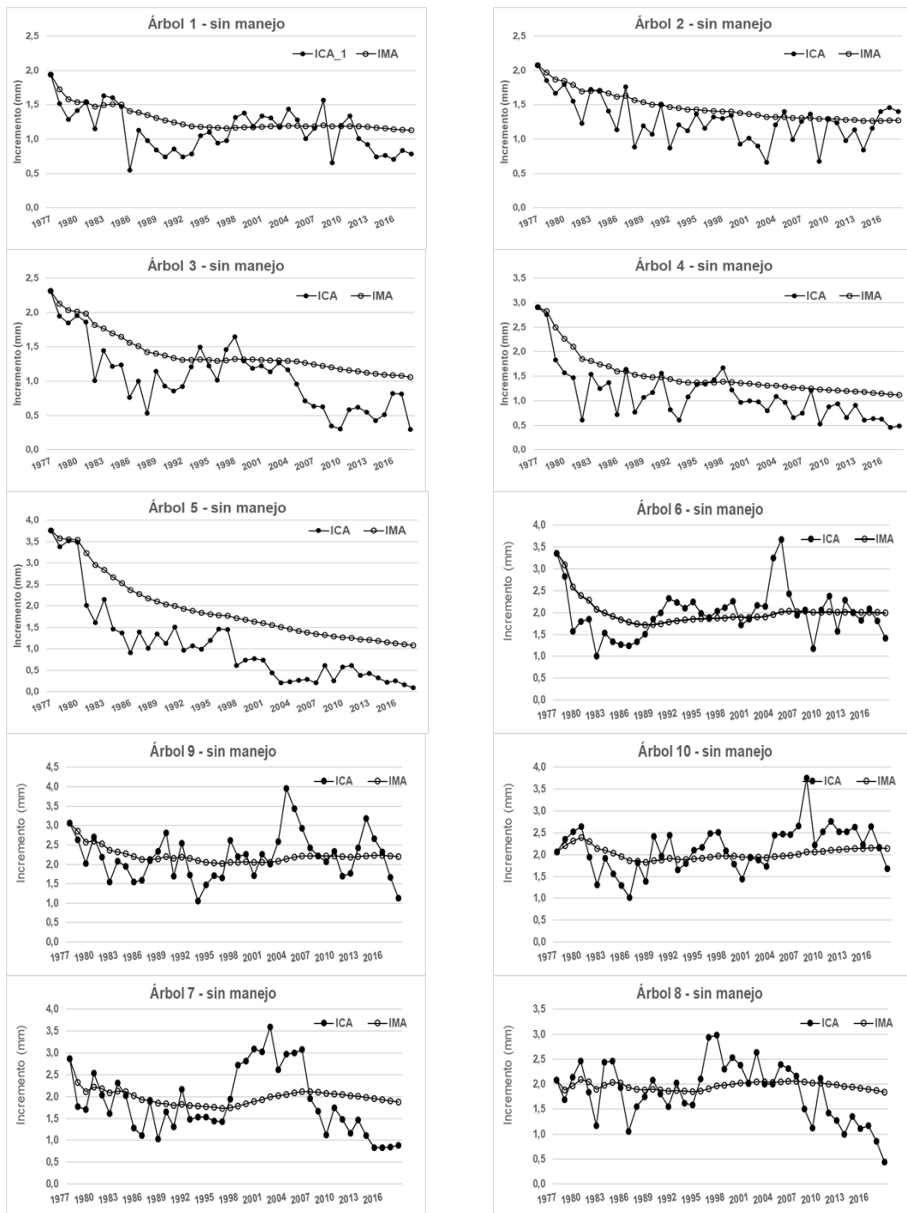


Figura N° 21
INCREMENTO CORRIENTE ANUAL (ICA) Y ANUAL MÉDIO (IMA) EN DIÁMETRO PARA ÁRBOLES
INDIVIDUALES DE UN RODAL SIN MANEJO (SM).

En el Cuadro N° 8 y en la Figura N° 22 se refleja el crecimiento promedio y acumulado de árboles de lenga con y sin manejo. Respecto del crecimiento promedio de los renovales de lenga sin manejo evaluados, inician altos incrementos en edades juveniles y posteriormente tienden a disminuir.

Cuadro N° 8
CRECIMIENTO DIAMÉTRICO PROMEDIO Y ACUMULADO CON Y SIN MANEJO

Periodo (años)	Crecimiento promedio (mm)		Crecimiento acumulado (mm)	
	Sin manejo	Con manejo	Sin manejo	Con manejo
0 – 10	1,666 ± 0,55	2,059 ± 0,48	17,380 ± 4,87	20,777 ± 4,83
10 – 20	1,526 ± 0,36	1,959 ± 0,34	15,261 ± 3,62	19,592 ± 3,42
20 – 30	1,166 ± 0,14	1,908 ± 0,51	11,657 ± 1,35	19,808 ± 4,54
30 – 40	0,998 ± 0,26	2,223 ± 0,30	10,064 ± 2,61	22,310 ± 3,12
40 – 50	0,787 ± 0,29	1,922 ± 0,48	8,189 ± 3,27	19,291 ± 5,62
50 – 60	0,769 ± 0,30	1,497 ± 0,46	-	-

El mayor incremento se observó dentro de los primeros 10 años de edad, logrando acumular 17,38 mm en este periodo. Mientras que los árboles sometidos a manejo logran incrementos promedios anuales de 1,93 mm, presentando los mayores incrementos entre los 30 – 40 años (2,223 mm/año), con un acumulado de 22,31 mm en el periodo.

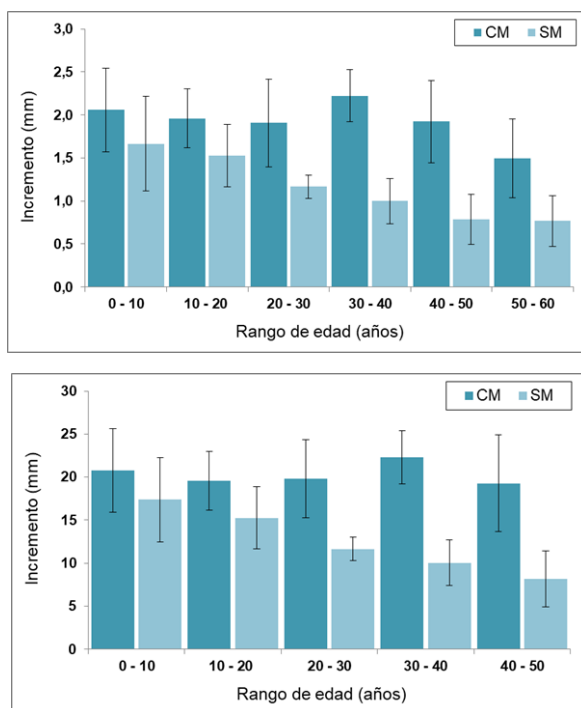


Figura N° 22
INCREMENTO DIAMÉTRICO PROMEDIO Y ACUMULADO POR RANGOS DE EDAD

Finalmente, existen eventos dentro del rango de edad de los árboles de lenga, donde por diversos factores bióticos y/o abióticos, la tasa de crecimiento impacta en forma negativa provocando fuertes retrasos al crecimiento como lo muestra la Figura N° 23 en los años 1982 y 2010.

Por lo anterior, se ingresa al gráfico el índice de oscilación del sur (SOI) que describe los episodios de la presencia de fenómenos climáticos de Niña y Niño. La curva de color naranja indica este índice y refleja claramente dos episodios del fenómeno del Niño en los años 1982 y 2010 que pudiera explicar algunos años anómalos en crecimiento.

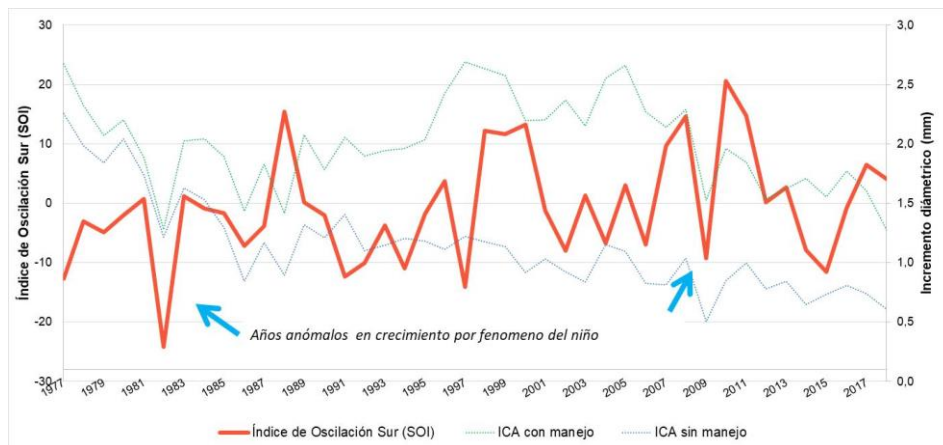


Figura N° 23
COMPARACIÓN DE LOS CRECIMIENTOS CORRIENTES Y EL ÍNDICE DE OSCILACIÓN SUR (SOI)

6. CONCLUSIONES

Los resultados de las parcelas de inventarios indicaron que la mortalidad natural de los renovales de lenga fue cercana al 20% de la densidad total. Concentrándose con mayor proporción (>90%) en los árboles suprimidos, que por competencia intraespecífica mueren de forma natural.

El estudio refleja claramente el efecto positivo de la aplicación de los raleos en renovales de lenga. Logrando en el primer raleo (1996) incrementos de 2,5 mm/año por los siguientes cinco años después de la intervención, esto es un crecimiento de un 97% mayor en comparación con la situación sin manejo. Mientras que en el segundo raleo (2003) el incremento de los cinco años posteriores fue de 2,38 mm/año, un 143% mayor a los individuos no intervenidos.

Otro aspecto importante es el tiempo que perdura el efecto de los raleos en el crecimiento de lenga, que explicaría los ciclos de aplicación de raleos para renovales de esta especie. En ambos raleos el efecto positivo en el crecimiento se mantuvo entre 7 a 10 años.

La caracterización y análisis del crecimiento a escala de árbol que presentó este estudio, permitió visibilizar con mayor claridad el efecto individual y entender el efecto de la competencia directa de los árboles acompañantes post raleo, logrando estimar *peak* de crecimiento de hasta 4,15 mm/año. Este método puede servir para futuros programas de mejoramiento genético de la especie.

El crecimiento de lenga en el área de estudio está influenciado entre otros elementos del

sitio, por factores climáticos (temperatura y precipitación, principalmente), que son inducidos por el Índice de Oscilación Sur (SOI). Si bien fenómenos climáticos adversos como el Niño, no pueden explicar el crecimiento de todos los años, es posible explicar algunos eventos más violentos o años anómalos.

7. RECONOCIMIENTOS

INFOR y el equipo de trabajo agradecen al Ministerio de Agricultura por el financiamiento del presente estudio y también a la Corporación Nacional Forestal (CONAF), en especial a la oficina Regional y Provincial Coyhaique que fueron claves en la entrega de información y autorizaciones para desarrollar este trabajo en la Reserva Nacional Coyhaique.

8. REFERENCIAS

Alvarez, S. G. y Grosse, H., 1978. Antecedentes generales y análisis para el manejo de lenga en Alto Mañihuales, Aysén. Tesis, Ing. Forestal Universidad de Chile (144 pp).

Antequera, S., 2002. Efecto del tipo de corta sobre el rendimiento en madera rolliza y la regeneración natural en un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio*) de calidad media en la provincia de Chubut, Argentina. 204 p.

Bava, J., 1999a. Los Bosques de lenga en Argentina. En Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. Eds Donoso, C. Lara, A.; Donoso. Ed Universitaria. Santiago. Chile.

Bava, J., 1999b. Aportes ecológicos y silviculturales a la transformación de bosques vírgenes de lenga en bosques manejados en el sector argentino de Tierra del Fuego. CIEFAP. Esquel, Chubut, Argentina. 138 p

Bava, J. y López, P. M., 2006. Cortas de selección en grupo en bosques de lenga de Tierra del Fuego. Revista de Ciencias Forestales – Quebracho N° 13 (77-86)

CONAF, CONAMA y BIRF. 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. U. Austral de Chile, Pontificia U. Católica de Chile y U. Católica de Temuco. Santiago, Chile. 90 p.

CONAF, 2014. Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Monitoreo de cambios y actualizaciones periodo 1997 – 2014.

Cruz Johnson, P.; Honeyman Lucchini, P. y Caballero Tapia, C., 2005. Bosque, propuesta metodológica de ordenación forestal, aplicación a bosques de lenga en la XI región Bosque Vol. 26 N° 2, agosto 2005, pp. 57-70.

Cruz, G.; Schmidt, H.; Promis, A. y Caldentey, J., 2003. Manejo sustentable de los bosques de *Nothofagus pumilio* en la Patagonia chilena Trabajo presentado al XII Congreso Forestal Mundial de FAO en Quebec, Canadá 2003. <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0378-B4.HTM>

Donoso, C., 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Documento de Trabajo N° 83. Investigación y Desarrollo Forestal (CONAF, PNUD-FAO) (Publicación FAO Chile). 78 p.

Donoso, C., 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Ecología Forestal. Ed. Universitaria. Santiago de Chile. 484 p.

Donoso, C., 2015. Estructura y dinámica de los bosques del Cono Sur de América. Edición Universidad Mayor. 406 p.

Donoso, S. y Caldentey, J., 1996. Rendimiento de Lenga (*Nothofagus Pumilio*) en el Aserrado y su Relación con las Características de los Árboles.

Fernández, C.; Martínez Pastur, G.; Boyeras, F. y Peri, P., 1993. Funciones de altura total y área de copa para lenga (*Nothofagus pumilio*) en Lago Gral Vintter - Cerro Colorado, Provincia del Chubut.

Fernández, C; Martínez Pastur, G; Peri, P.; and Vuksovic, R., 1997. Thinning schedules for *Nothofagus pumilio*

- forest in Patagonia, Argentina. Actas del XI Congreso Forestal Mundial. Volumen 3: D. Función productiva de los bosques. Antalya, 13-22 de octubre.
- Garrido, F., 1981.** Los sistemas silviculturales aplicables a los bosques nativos chilenos. Investigación y Desarrollo CONAF/FAO. Documento de trabajo N°39. Chile, 113 p.
- Holmes, R. L., 1983.** Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-ring Bull.* 44: 69–75.
- IREN, 1979.** Perspectivas de desarrollo de los recursos de la Región Aysén. Corporación de Fomento de la Producción, Instituto de Recursos Naturales, Santiago, Chile, 507, pp.
- Loguercio, G. A., 1995.** Crecimiento de la regeneración natural de la lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl) Krasser), y su dependencia de las condiciones dominantes de radiación. Publicación Técnica N° 21. CIEFAP. 47 pag.
- Loguercio, G.; Molina, S.; Mohr-Bell, D.; Bahamondez, C. y Rojas, Y., 2011.** Carta de stock de lenga para la identificación de bosques degradados en el contexto de REDD+.
- López, P.; Bava, J. y Antequera, S., 2003.** Regeneración en un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl.) Krasser) sometido a un manejo de selección en grupos. *Bosque*, Vol. 24 N° 2, 2003, pp. 13-21.
- Martínez Pastur, G.; Peri, P. L.; Vukasovic, R.; Vaccaro, S. and Piriz Carrillo, V., 1997.** Site index equation for *Nothofagus pumilio* Patagonian forest. *Phyton*, 61: 55–60.
- Martínez Pastur, G.; Cellini, J. M.; Lencinas, M. V.; Barrera, M. and Peri, P. L., 2000.** Environmental variables influencing regeneration of *Nothofagus pumilio* in a system with combined aggregated and dispersed retention. *Forest Ecology and Management* 261: 178-186.
- Martínez Pastur, G.; Cellini J.; Lencinas, M.; Vukasovic, R.; Bertolami, V. y Giunchi, J., 2001.** 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* (Poepp. et Endl.) Krasser, *Ecología Austral* 11: 95-104.
- Martínez Pastur, G.; Lencinas, M.; Cellini, J.; Diaz, B.; Peri, P. y Vukasovic, R., 2002.** Herramientas disponibles para la construcción de un modelo de producción para la lenga (*Nothofagus pumilio*) bajo manejo en un gradiente de calidades de sitio. *Bosque* 23(2): 69-80
- Martínez Pastur, G.; Cellini, J. M.; Peri, P. L., y Capiel, I., 2005.** Ecuación estándar de crecimiento diamétrico individual para árboles de *Nothofagus pumilio*. *Revista de la Asociación Forestal Argentina*, 59: 17–24
- Martínez Pastur, G.; Cellini, J. M.; Lencinas, M. V. and Peri, P. L., 2008.** Stand growth model using volume increment/basal area ratios. *Journal of Forest Science*, 54: 102–108.
- Martínez Pastur, G.; Lencinas, M. V.; Cellini, J. M.; Peri, P. L. and Soler, Esteban R., 2009.** Timber management with variable retention in *Nothofagus pumilio* forests of Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management*, 258: 436–443.
- Martínez Pastur, G.; Peri, Pablo L.; Cellini, Juan M.; Lencinas, María V.; Barrera, Marcelo and Ivancich, Horacio, 2011.** Canopy structure analysis for estimating forest regeneration dynamics and growth in *Nothofagus pumilio* forests. *Annals of Forest Science*, Volume 68, Issue 3, pp 587-594
- Martínez Pastur, G.; Peri, P. L.; Lencinas, M. V.; Cellini, J. M.; Barrera, M.; Soler, R.; Ivancich, Esteban; H.; Mestre, L.; Moretto, A. S.; Anderson, C. H. y Pulido, F., 2013.** La producción forestal y la conservación de la biodiversidad en los bosques de *Nothofagus* en Tierra del Fuego y Patagonia Sur. En: *Silvicultura en bosques nativos: Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda* (P. Donoso, A. Promis, Eds.). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Capítulo 8, pp 155-179 (ISBN 978-956-7173-32-7).
- Morales, J. L., 1983.** Estudio de crecimiento de lenga en un bosque virgen de araucaria en el sector de Lonquimay, IX Región. Tesis, Ing. Forestal, Univ. de Chile (81 pp.).
- Núñez, P. y Peñaloza, R., 1985.** Evaluación y primeros resultados del ensayo de tratamientos silvícolas aplicados al bosque de lenga en Coyhaique, XI Región. Inf. de Convenio N° 94, Fac. Cienc. For., Univ. Austral de Chile, 193 pp.

Peri, P.; Martínez Pastur, G.; Vukasovic, R.; Díaz, B.; Lencinas, M. V. y Cellini, J. M., 2002. Propuesta de aplicación de raleos fuertes para reducir los volteos de viento en bosques de *Nothofagus pumilio* de Patagonia, Argentina. Bosque 23(2): 19-28.

Pesutic, S., 1978. Análisis de estructura-estado sanitario en un bosque de lenga. Memoria Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales.

Puente, M. y Peñaloza, R., 1979. Resultado del establecimiento de un área de ensayo para tratamiento silvicultural de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Coyhaique, XI Región. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Rodríguez, C., 2002. Desarrollo de los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) después de la corta de regeneración en Monte Alto, XII Región. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Cs Forestales. Santiago, Chile. 64 p.

Rusch, V., 1992. Principales limitantes para la regeneración de lenga en la zona N.E. de su área de distribución. Variables ambientales en claros del bosque. Actas Seminario Manejo Forestal de la lenga y aspectos ecológicos relacionados. 61-73. Esquel, Argentina.

SAyDS. 2007. Primer inventario de bosques nativos: Informe regional Bosque Andino-Patagónico. 1º ed. 63 p. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Argentina.

Schlatter, J. E., 1979. Reconocimiento de suelos en la zona trasandina alrededor de Coyhaique, XI Región. Inf. Convenio N° 9, Fac. Cienc. For., Univ. Austral de Chile, 63 pp.

Schlatter, J., 1994. Requerimientos de sitio para la lenga, *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser. BOSQUE 15(2): 3-10 p.

Schmidt, H., 1989. El papel de la silvicultura en el desarrollo sustentable de los bosques naturales productores de madera. Amb. y Des. Vol.V N°3:29-33.

Schmidt, H. y Urzúa, A., 1982. Transformación y manejo de los bosques de lenga en Magallanes. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de Silvicultura y Manejo. Santiago, Chile. Ciencias Agrícolas N° 11. 62 p.

Schmidt, H.; Cruz, G.; Promis, A. y Álvarez, M., 2003. Transformación de los bosques de lenga vírgenes e intervenidos a bosques manejados. Publicaciones Misceláneas Forestales N° 4. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 60 p.

Schulman, E., 1956. Dendroclimatic change in semiarid America. University of Arizona Press, Tucson.

Silva, C., 2005. Evolución de las existencias y desarrollo de la regeneración en bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) después de la corta de regeneración. Memoria Facultad de Ciencias Forestales Universidad de Chile. Santiago de Chile.

Stokes, M. A. and Smiley, T. L., 1968. An introduction to tree-ring dating. Univ. Chicago Press, Chicago.

Ugalde, G., 2006. Crecimiento en la altura de renovales de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) en Monte Alto (XII Región) en función de la calidad del sitio. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile.

Uriarte, A. y Grosse, H., 1991. Los bosques de lenga. Una orientación para su uso y manejo. Informe Técnico N° 126, Inst. Forestal, Corp. de Fom. de la Producción, Concepción, Chile (92 pp.)

Veblen, T. y Donoso, C., 1987. Alteración Natural y Dinámica Regenerativa de las Especies Chilenas de *Nothofagus* de la Región de los Lagos. <https://doi.org/10.4206/bosque.1987.v8n2-09>

Yudelevich, M.; Brown, C.; Elgueta, H. y Calderón, S., 1967. Clasificación preliminar del bosque nativo de Chile. Informe Técnico 27. INFOR, Santiago Chile. 16 p.