

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**CRECIMIENTO DE UN MONTE BRAVO BAJO DIFERENTES COBERTURAS,
EN UN BOSQUE DE COIHUE-RAULÍ, INTERVENIDO EL AÑO 1976, EN LA
RESERVA NACIONAL MALLECO, IX REGIÓN.**

Memoria para optar al título
Profesional de Ingeniero Forestal

CAROLINA AMANDA GONZÁLEZ AGUAYO

Profesor Guía: Ing. Forestal, Dr., Sr. Sergio Donoso Calderón

SANTIAGO – CHILE

2005

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**CRECIMIENTO DE UN MONTE BRAVO, BAJO DIFERENTES COBERTURAS,
EN UN BOSQUE DE COIHUE-RAULÍ, INTERVENIDO EL AÑO 1976, EN LA
RESERVA NACIONAL MALLECO, IX REGIÓN.**

Memoria para optar al título
Profesional de Ingeniero Forestal.

Carolina Amanda González Aguayo

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Sergio Donoso Calderón.	7,0
Prof. Consejero Sr. Harald Schmidt van Marle.	5,5
Prof. Consejero Sr. Antonio Vita.	6,7

SANTIAGO – CHILE

2005

"" Por el largo camino recorrido,
por una vida que queda atrás,
por el futuro que estamos forjando,
por el pasado, que tanto nos enseñó a respetar....

...A una vida pasada como estudiantes,
niños, adolescentes, jóvenes y adultos.
Al pasar de aquellas tierras...
a las tardes de conversación y las noches de estudio.
A las mañanas frías de invierno y los atardeceres de ilusión.
A los escritos en los muros...
a los pájaros trinando los atardeceres en los álamos.

...Por el fin del camino recorrido,
por el inicio de una senda que creemos conocer...
que jamás terminamos de recorrer.""

Káil.

***A mi Madre.
A Gonzalo Rivas.
A nuestro futuro.***

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas aquellas personas que formaron parte de la etapa de estudiante universitaria y del proceso de formación profesional.

A mi profesor Guía y amigo Sr. Sergio Donoso Calderón, por su constante apoyo e incentivo en este período, por su ayuda durante el proceso de toma de datos, por su gran dedicación, compañía y paciencia. Agradezco y resalto además la forma de ejercer la docencia universitaria. La orientación que desempeña en los últimos años de esta carrera, por compartir sus conocimientos e incentivar la capacidad de análisis en los estudiantes..... por enseñarnos a pensar.

Al profesor Antonio Vita, por su apoyo y ayuda en las etapas finales de la elaboración de esta memoria. Al profesor Sergio Mora, por su colaboración y enseñanza en la etapa de análisis estadísticos de los datos. Al profesor Rodolfo Gajardo, por su apoyo moral y confianza.

Agradezco a mi madre, por sus constantes consejos y por darme la fortaleza para que esta memoria se llevara a cabo, por su dedicación. A mis padres, por crearme una meta... ser profesional.

Agradezco a mis amigos y compañeros, a Gonzalo Ugalde, por su compañía y amistad incondicional durante la vida universitaria, por su ayuda durante el período de toma de datos. A Carlos Oyarzún L. por su incondicional compañía, ayuda y paciencia en el período de toma de datos y en la primera etapa del desarrollo de esta memoria. A mi amiga Magda Orell, por su amistad y ayuda en los momentos difíciles. A Diego Lizana, por su ayuda en el proceso de cosecha, por su amistad y consejos. A Cristian Rodríguez y Alex por su ayuda en el proceso de cosecha de las muestras.

A mis amigos, que de una u otra forma hicieron de la universidad una vida grata. A Gonzalo Ugalde, Carlos Oyarzún, Magda Orell, Héctor Berrios, Claudia Cordero, Andrés Donoso, Dayan torres, Maria julia Saavedra, Mauricio Becerra, Paulina Vera, Cecilia Contreras, Pablo Sánchez y Ana Maria Venegas.

Agradezco finalmente al dueño de la sonrisa calma, de las manos delgadas, al niño... al hombre, por su amistad, amor y confianza, por sus consejos, su voluntad y paciencia en ciertas etapas de la realización de esta memoria. Por creer y luchar por un futuro juntos. A Gonzalo Andrés Rivas Sepúlveda.

INDICE

Resumen

Summary

1. Introducción	1
1.1 Objetivo General	2
1.2 Objetivos específicos	2
2. Revisión bibliográfica	3
2.1 Dinámica de los bosques	3
2.2 Ecología y luz.....	4
2.3 Antecedentes generales de las especies	7
2.3.1 <i>Raulí</i>	7
2.3.2 <i>Coihue</i>	10
2.4 Antecedentes sobre el crecimiento de los bosques	12
3. Material y método	17
3.1 Material	17
3.1.1 <i>Ubicación geográfica y administrativa del área</i>	17
3.1.2 <i>Clima</i>	18
3.1.3 <i>Suelos</i>	18
3.1.4 <i>Antecedentes vegetacionales</i>	19
3.1.5 <i>Historia del sector</i>	20
3.2 Método	21
3.2.1 <i>Tamaño de la muestra y establecimiento de parcelas de medición</i>	21
3.2.2 <i>Caracterización y muestreo del dosel superior en cada parcela</i>	22
3.2.3 <i>Determinación de porcentajes de cobertura del dosel superior</i>	23
3.2.4 <i>Establecimiento de las sub parcelas</i>	22
3.2.5 <i>Caracterización y muestreo de las sub parcelas</i>	23
3.2.6 <i>Densidad de la regeneración y del monte bravo</i>	24
3.2.7 <i>Distribución de la regeneración y del monte bravo</i>	24

3.2.8 Crecimiento en altura del monte bravo	24
3.2.9 Crecimiento en diámetro de los árboles en el monte bravo.....	26
3.2.10 Análisis estadísticos	27
3.2.11 Análisis datos muestreo año 1994	28
4. Resultados y Discusión	29
4.1 Caracterización del bosque.....	29
4.1.1 Zona de menor cobertura (medición 2003).....	29
4.1.2 zona de mayor cobertura (medición 2003)	30
4.2 Coberturas del dosel superior	31
4.3 Densidad de la regeneración y el monte bravo	31
4.4 Distribución de la regeneración según rangos de altura	33
4.4.1 Distribución según rangos de altura para Raulí	33
4.4.2 Distribución según rangos de altura para Coihue	35
4.5 Crecimiento en altura del monte bravo	37
4.5.1 Incremento medio anual en altura.....	37
4.5.2 Crecimiento en altura de los últimos nueve años	42
4.5.3 Crecimiento en altura de los dos últimos años	45
4.5.4 Crecimiento en altura de los últimos nueve años.....	49
4.5.5 Crecimiento en altura de los dos últimos años.....	50
4.6 Crecimiento en diámetro del monte bravo	51
4.6.1 Incremento medio anual en diámetro.....	51
4.6.2 Crecimiento en diámetro de los últimos nueve años	56
4.6.3 Incremento medio anual en diámetro.....	57
4.6.4 Crecimiento en diámetro de los últimos nueve años	61
5. Conclusiones	63
6. Bibliografía	64
7. Apéndices.....	70

RESUMEN

El conocimiento de las variables que influyen en el crecimiento de los árboles, es una ventaja, al momento de manejar sustentablemente el bosque. La cobertura del dosel, representa un factor importante en el desarrollo de la regeneración de *Nothofagus*. Ésta, es de particular importancia en bosques de Raulí (*Nothofagus alpina*) y Coihue (*Nothofagus dombeyi*), donde las especies son de gran importancia económica.

El objetivo de este estudio fue, determinar las tasas de crecimiento del monte bravo de un bosque de Raulí - Coihue, bajo diferentes niveles de cobertura del dosel superior.

El estudio se realizó en la Reserva Nacional Malleco, Chile.

El bosque seleccionado fue un monte bravo, el cual presentaba cobertura abierta y cerrada en el dosel superior. Se determinó la estructura horizontal y vertical en cada situación, a través de un muestreo sistemático.

En sub-parcelas de 12,56 m², fueron determinados el número de árboles y la altura de éstos. En cada sub-parcela se cosechó el árbol dominante, el cual fue cortado cada dos metros, para evaluar el crecimiento en altura y en diámetro.

Los resultados señalan que no se encontraron diferencias significativas para los crecimiento en altura y en diámetro entre las zonas de cobertura abierta y cobertura cerrada. Sin embargo, el crecimiento fue mayor para coberturas del dosel superior abiertas.

Los crecimiento en altura encontrados para las zonas con cobertura del dosel abierta y cerrada fueron de 35 cm/año y 32,6 cm/año respectivamente. El crecimiento diametral fue de 0,31 cm/año y 0,32 cm/año para zonas con cobertura del dosel abierta y cerrada respectivamente. Los mayores crecimientos fueron encontrados con niveles de cobertura del dosel inferiores a 60 %.

Finalmente, no hubo diferencia significativa entre la densidad de la regeneración entre coberturas del dosel superior abiertas y cerradas.

SUMMARY

Knowledge of the variables that influence tree growth is a key for the sustainable management of forest. Crown cover is an important factor in the development of *Nothofagus* regeneration. This is of particular importance in Raulí (*Nothofagus alpina*) y Coihue (*Nothofagus dombeyi*) forest, where this species have a significant economic value.

The aim of this study was to determine sapling large growth of a Coihue – Raulí forest, presenting different crown cover densities.

This study, was conducted, in the Malleco National Reserve, Chile.

The selected forest stand was in a “sapling large” and presented open and close-crown cover densities. Vertical and Horizontal canopy structure were determined in each situation by sistematic sampling.

In subplots of 12,52 m², number of trees, tree height were determine. The dominant tree of each subplots was harvested in 2 m sections for evaluation of diameter and growth in height.

No significant differences in diameter and height were found bettween open and closed canopy densities. Nevertheless, tree growth is greater in the open canopy density.

Under the open and close crown densities the height growth was 35 cm yr⁻¹ and 32,6 cm yr⁻¹ respectively. Growth diameter, was 0,31 cm yr⁻¹ and 0,32 cm yr⁻¹ for the open-crown and close-crown cover respectively. A greater growth was found with crown cover levels of 60 % or less.

Finally, there were not significant difference in regeneration density between open and close crown cover.

The covering of the superior canopy is an important factor in the development of the regeneration of the present species in forests of Nothofagus. To the being species of economic interest, meeting the variables that influence in the growth, appropriately is an advantage, to the moment to management sustentablemente the native forest.

This study pretends determined the rates of growths the sapling large of a Raulí-Coihue forest, under different levels cover of the superior canopy.

The study was made in a sector of the National Reservation Malleco, IX Region, where is was carried out a sampling, the year 2003.

The work methodology was based on the confection of plots of inventory silvícola in an area with two levels of covering of the superior canopy, where information was obtained about the horizontal and vertical structure of the superior canopy.

In each plot, it was established in systematic form sub-plots evaluation, where the number was determined of sample, the height and the dominant individual of the sub-plots was harvested. The harvested individuals, they allowed through the stem analysis, to determine the height and diameter growth.

The main results signal that significant variation didn't exist in the growth as much in height as in diameter of the sampling large, for the levels of covering of the studied superior canopy. However, the growth was in the cover minor levels was slightly greater.

The values of growth in height found for the trees under greater covering, takes values of 35 cm/año and for largest coverst areas than 32,6 cm/año.

For the diameter growths the values were respectively of 0,31 cm/año and 0,32 cm/año for the least and greater covering areas.

Also, it was determined that the greater growths were obtained in areas where the covering was least to 60%.

Finally, it was observed that doesn't exist significant difference between regeneration density in both studied areas.

1. Introducción

En Chile, la superficie de bosque corresponde a un 21 % del territorio nacional continental (dentro de la clasificación según tipo de uso), equivalente a 15.647.742 hectáreas, de las cuales 13.440.000 hectáreas corresponden a bosque nativo, representando un 85,8% del total (CONAF, 1997). Dentro de ésta, la superficie de *Nothofagus* corresponde a 7.397.022 ha (calculado por tipos forestales), la cual presenta en mayor o menor grado un potencial productivo futuro.

En términos generales, una fracción importante de la superficie de bosque nativo existente actualmente, se presenta degradada, debido al continuo floreo al que fue sometido en el pasado, presentando productividades y crecimientos bajos en relación al real potencial que podrían tener dichos bosques.

Debido a esta degradación, el bosque nativo aun no logra participar correctamente en el proceso económico del país y actualmente la superficie de bosque nativo de alta producción, que podría ser incorporado al proceso productivo, cubre alrededor de 5.200.000 ha entre la V y la XII Región, principalmente la X y la XI Región (Schlatter, 2004).

Como respuesta a esto, actualmente se ha acentuado el interés por incorporar al sector económico diversas especies del bosque nativo. Un ejemplo claro es el interés que ha surgido por aumentar el conocimiento de diversas especie pertenecientes al género *Nothofagus*, dentro del cual *Nothofagus alpina* (POEPP. et End.) OERST posee buen prestigio en el mercado (Grosse, 1994) y es sin lugar a duda una de las especies de crecimiento más rápido del bosque chileno (Donoso, 1978). Por esto, la especie posee gran importancia en el sur del país y es considerada como altamente valiosa en términos madereros.

Sin embargo, estos bosques deben ser manejados adecuadamente, lo que será posible, dependiendo del nivel de conocimiento que se tenga del recurso. Se torna entonces imprescindible conocer la dinámica de los bosques, las características de las especies que lo componen (desde el punto de vista silvicultural como desde el punto de vista ecológico), la reacción de éstas frente a cambios en la estructura del bosques y sus tasas de crecimiento en el tiempo.

En relación a esto último, estas especies verán modificados su crecimiento dependiendo de las características ambientales presentes en el lugar y de los factores internos presentes en el bosque, como estructura, composición de especies, competencia por factores limitantes, como nutrientes, agua o luminosidad.

De importancia para el presente estudio, resulta mencionar que el factor luminosidad tenderá a generar una respuesta específica y diferente, dependiendo de los niveles de luz o sombra que lleguen a los estratos inferiores del bosque, respuesta que se analiza en el presente estudio, el cual está enfocado a determinar las variaciones y/o respuestas en el crecimiento y estructura de un bosque de Coihue-Raulí expuesto a diferentes niveles de cobertura del dosel superior, lo que permitirá ahondar y contribuir al conocimiento de dichos bosques.

1.1 Objetivo General

Evaluar el crecimiento del monte bravo alto en un bosque intervenido de Raulí y Coihue, bajo diferentes coberturas del dosel superior.

1.2 Objetivos específicos

- 1) Determinar el crecimiento en altura y en diámetro del monte bravo de Coihue-Raulí.
- 2) Determinar la densidad y distribución según rangos de altura del monte bravo, para diferentes niveles de cobertura.

2. Revisión bibliográfica

2.1 Dinámica de los bosques

El término dinámica de los bosques debe entenderse tanto como el proceso de cambios de la composición y estructura del rodal en una sucesión, como el proceso de regeneración en bosques en equilibrio donde está operando el autoreemplazo de las especies (Veblen y Donoso, 1987).

De esta forma, las diferentes etapas en el crecimiento de un árbol, condicionan la dinámica del bosque. Así, los árboles en un bosque final o sea de composición y estructura estables para un sitio, crecen, envejecen, se reproducen, mueren y el espacio que dejan es ocupado por la regeneración. Pero muchas veces se destruyen bosques por fuerzas catastróficas, por lo que la renovación del bosque puede demorar generaciones hasta llegar a una situación estable (Schmidt *et al.*, 1979).

En relación con lo anterior, en extensas áreas cordilleranas de la Novena Región, los bosques se han regenerado luego de sucesos catastróficos, en su mayoría producto de incendios o erupciones volcánicas. Muchas de estas zonas, son dominadas actualmente por especies de *Nothofagus*, entre los que se encuentra la especie Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. Et. Endl.) Oerst) y Coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb) Oerst).

Al respecto Pollmann (2002), señala que el Raulí puede presentarse abundantemente en zonas donde han existido disturbios, con la consecuente apertura del dosel superior o bien eliminación completa de éste. Menciona que, por su condición de intolerante, esta especie es capaz de repoblar pequeños claros.

El mismo autor realizó un estudio en la Reserva Nacional Malleco y el Parque Nacional Tolhuaca, donde menciona que, desde 1880 al año 2002 el repoblamiento ha sido intenso en ciertas áreas, luego de la caída de árboles y de la consecuente apertura del dosel, favoreciendo las oportunidades de ser repobladas dichas zonas, con especies del género *Nothofagus*. Además, hace mención a que la mayor cantidad de individuos corresponden a Raulí.

Al respecto Schlegel (1983), señala que existe una regeneración numerosa de

Nothofagus concentrada especialmente bajo los huecos, que quedan luego de la caída de árboles o en sectores desprovistos de vegetación.

Sin embargo, a pesar de la poca tolerancia a la sombra, Raulí tiene una extraordinaria capacidad de mantenerse un buen número de años bajo dosel, en espera de mejores condiciones de luminosidad (Schmidt *et al.*, 1979).

Es así como Raulí, presenta la posibilidad de establecerse, aprovechando la protección natural de las plantas de especies intolerantes como Coihue, que han poblado inicialmente un área denudada (Donoso, 1993).

2.2 Ecología y luz

A nivel ecofisiológico, la luz se considera como un factor de gran importancia para los vegetales, por su participación en el proceso de fotosíntesis y por la influencia que ejerce en las características anatómicas y morfológicas de tejidos, órganos e individuos. Además está relacionada con los mecanismos de distribución y abundancia de las plantas (Ibarra, 1992).

Según Donoso (1992) la luz tiene efectos sobre numerosas funciones de los árboles y plantas en general, pero sin duda donde es más importante es en la función de fotosíntesis. Por esta razón, se transforma en un factor de primerísima importancia para el crecimiento de los árboles y para el desenvolvimiento de la vida en general.

Al respecto Treshow, (1970), plantea que la luz es uno de los componentes físico del medio ambiente, que juega un rol determinante en las características de las plantas, distribución y sobrevivencia. Así, la intensidad de la luz, cualidades y duración influye en el desarrollo de las plantas, donde cantidades altas o bajas de luz resultan fatales para éstas.

Intensidades extremadamente altas de luz, literalmente, queman a plantas sensibles, mientras que bajas intensidades pueden ser igualmente perjudiciales para especies intolerantes, incapaces de obtener la energía necesaria para la supervivencia. Así, hay una mínima supervivencia para las intensidades de luz, bajo las requeridas por cada especie, donde existirá más carbohidratos que serán quemados en la respiración que se produce en el proceso de fotosíntesis (Treshow, 1970).

Según Ibarra (1992), la reducción de la luminosidad por la cubierta vegetal, es de gran importancia ecológica, especialmente si baja de 20%, puesto que otros factores varían conjuntamente con esta disminución. En efecto, el mayor sombreamiento implica también cambios de temperatura y humedad relativa sobre el suelo y ,de temperatura y contenido hídrico bajo él.

Sin embargo, estos cambios afectarán de diferente forma a las distintas especies, dependiendo de la resistencia que tenga la planta a los factores ambientales y a la luminosidad. Por ello, las especies arbóreas, pueden ser clasificadas ecológicamente de acuerdo a sus requerimientos relativos de luz y sombra como: a) “Heliófitas o intolerantes”, si se desarrollan bien cuando están expuestas a pleno sol. b) y como “Sciófitas o tolerantes”, cuando esto ocurre bajo condiciones de sombra, existiendo también categorías intermedias (Ibarra, 1992).

El factor luminosidad está muy ligado a la cobertura del bosque, entendiéndose por cobertura “a la porción del suelo o piso de la comunidad vegetal, ocupada por la proyección de las partes aéreas del vegetal; en el caso de los árboles, por la copa, en cuyo caso se expresa como porcentaje de cobertura para una superficie o un rodal determinado” (Donoso, 1993). En este tema, Weinberger y Ramírez (2001 a), señalan que la regeneración de Roble, Raulí y Coihue, depende de la altitud, la topografía y la cobertura arbórea.

Para el caso de la regeneración de *Nothofagus*, existen diferentes reacciones de las especies de éste género a la sombra, y por fortuna, el Raulí como especie más valiosa, está especialmente favorecida por las condiciones de penumbra, mientras que el Coihue desarrolla un indeseado vigor en condiciones de luz plena (Drake, 1977).

Veblen y Ashton (1978), explican la presencia de las especies de luz, Coihue y Raulí en la Cordillera de los Andes como consecuencia de hechos catastróficos como volcanismo, derrumbes y fuego, fenómenos habituales en esta zona. De acuerdo a observaciones realizadas por estos autores, estas especies son catalogadas como especies colonizadoras o pioneras, que pueden constituir bosques puros o coetáneos en superficies alteradas, evidenciando una tendencia sucesional de las especies de *Nothofagus* intolerantes a especies más tolerantes.

Con posterioridad a la germinación, toma importancia el factor luminosidad para asegurar el establecimiento. Una vez que la regeneración ya está establecida, la luminosidad pasa a ser el factor principal en el desarrollo de los árboles, principalmente en lo referente al crecimiento (Sepúlveda, 1991).

Al respecto Veblen (1996), señala que hay tres mecanismos generales por los que las modificaciones del dosel, como lo es la caída de árboles, incrementa temporalmente la disponibilidad de recursos, para un mayor crecimiento de la planta. El primero, es la disminución en la proporción de captación y uso de recursos debido a la pérdida de biomasa. El segundo, es que existe proporciones más altas de descomposición principalmente de los árboles caídos, que se asocia con el aumento de la insolación y temperatura en la superficie de la tierra y, el tercero, simplemente es la exposición de la tierra desnuda, libre de una capa de hojarasca, la que puede impedir el establecimiento de ciertas especies competidoras.

Weinberger y Ramírez (2001 a), determinaron que existe una correlación negativa alta, entre luminosidad y cobertura de dosel arbóreo, para diversas zonas ubicadas en la Provincia de Malleco, Cautín y Bío- Bío.

Aun cuando la influencia del dosel superior actúa negativamente sobre la regeneración, en términos de masa, esto puede ser compensado por dos aspectos: a) la calidad de los árboles mejorará y b) los árboles que ejercen penumbra, siguen creciendo y aspirando a las clases diamétricas más valiosas (Drake, 1977).

De esta forma, una cobertura arbórea reducida, da como resultado una alta luminosidad y esto influye positivamente en el crecimiento. Según Sepúlveda (1991), el efecto de intervenciones sobre el dosel superior, implica un mejoramiento en la regeneración que alcanza hasta un 200 % en el crecimiento en altura y 180 % para diámetro. Además, se determinó que la regeneración de Raulí presenta mejores respuestas en el crecimiento, en la medida que la cobertura del dosel arbóreo es reducida.

El mismo autor, determinó que los incrementos en altura son mayores en la medida que las intervenciones son más fuertes. Así, al comparar los crecimientos antes y después de la intervención al dosel superior, el crecimiento en altura mejora del orden del 200 a 300%. Señala también que la regeneración es afectada seriamente por la competencia

con el sotobosque, principalmente por luz.

Por otra parte, una apertura en las copas, proporciona oportunidades de repoblamiento de *Nothofagus* y esta regeneración puede contribuir a la mantención, existencia y distribución de los bosques de *Nothofagus* (Pollmann, 2002).

2.3 Antecedentes generales de las especies

2.3.1 Raulí

2.3.1.1 Características botánicas

Nothofagus alpina (Poepp. et Endl.) Oerst., comúnmente llamado Raulí, Ruilí o Roblí, pertenece a la familia Fagaceae, es un árbol monoico que alcanza hasta 40 metros de alto, su tronco crece recto y alcanza dos metros o más de diámetro. Presenta hojas caducas, de nervadura muy notoria. El fruto muestra tres nueces, la corteza es dura, firme, agrietada longitudinalmente, de color café claro o gris oscuro (Rodríguez *et al.*, 1983).

2.3.1.2 Distribución y hábitat

Nothofagus alpina (Poepp. et Endl.) Oerst., es una especie endémica de los bosques subantárticos (CONAF, 1997). En Chile crece desde el sur de la Provincia de Curicó, VII Región, hasta la Provincia de Valdivia, X Región (Rodríguez *et al.*, 1983). Según Donoso (1978), crece desde el río Teno en la Provincia de Curicó (35° S) hasta el sur de la Provincia de Valdivia (40° 30' S) por la Cordillera de los Andes; y en la Cordillera de la Costa, desde el río Itata (36° 30' S) hasta el norte de la Provincia de Llanquihue (41° S). Esta especie es más abundante y continua en la Cordillera de los Andes que en la Cordillera de la Costa.

En la IX Región (Provincias del Bío-Bío, Malleco y Cautín) se encuentra la parte central del área de distribución de Raulí (*Nothofagus alpina*), considerándose a ésta, como una Región transicional (Weinberg y Ramírez, 2001).

El Raulí forma parte de los tipos forestales “Roble-Raulí-Coihue” y “Coihue-Raulí-Tepa” (Donoso, 1981). La zona específica donde se realizó el estudio (Vivero natural dentro de la Reserva Nacional Malleco) pertenece a la formación original del tipo forestal “Coihue-

Raulí-Tepa”. Dicha formación cubre una superficie de 0,56 millones de hectáreas a nivel nacional (CONAF, CONAMA, 1999).

2.3.1.3 Requerimientos ecológicos

Debido a su distribución natural, las condiciones climáticas en que se desarrolla Raulí son variables. Se encuentra tanto en climas templado húmedos con veranos secos, que se dan en la parte septentrional de su distribución natural, como en los climas templados con precipitaciones abundantes todo el año, lo cual se observa en la parte meridional (Vita, 1974).

Raulí, tiene a lo largo de su distribución geográfica, un amplio rango de adaptación lumínica y sus estrategias de reproducción dependen de factores medioambientales, que pueden ser: las temperaturas, la economía hídrica y la luz (Weinberger y Ramírez, 2001 b).

El óptimo climático para el desarrollo de Raulí, se sitúa en las Provincias de Malleco y Cautín, en la cordillera andina donde las precipitaciones son moderadas y el período seco no supera los tres meses, no hay heladas fuertes ni fluctuaciones térmicas bruscas (INFOR, CONAF, 1998 a).

Sin embargo, al sur de Valdivia, específicamente en la zona de Llancacura, existen rodales donde el crecimiento y calidad (forma) de esta especie es notablemente superior al de los rodales presentes en la zona de Malleco o Cautín¹

Raulí resiste bien temperaturas bajas, soporta fluctuaciones térmicas estacionales y viento fuerte, por lo que logra desarrollarse en altitud. También soporta variaciones de humedad asociadas al régimen hídrico del área de distribución, donde las precipitaciones anuales varían aumentando en forma gradual de norte a sur (INFOR, CONAF, 1998 a).

Lo contrario sucede en los meses de verano. En el norte, el monto de precipitaciones alcanza 1.000 y 1.300 mm, mientras que en el sur llegan hasta 4.000 y 5.000 mm. En algunas zonas la precipitación invernal cae en forma de nieve, con uno a cinco meses de cobertura nívica (INFOR, CONAF, 1998 a).

¹ Vita, A. 2005. Comunicación personal. Académico Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 8

Raulí se presenta normalmente en las laderas de ambas cordilleras, de preferencia sobre los 500 m.s.n.m en pendientes de hasta 30%. Ocupa las posiciones de media ladera, evitando las heladas y acumulación de agua del suelo. Su mejor desarrollo lo presenta entre los 700-800 m.s.n.m (INFOR, CONAF, 1998 a).

En términos generales, las exposiciones norte hacen más favorable el crecimiento y desarrollo de esta especie, la exposición sur no es muy adecuada y se ha encontrado una menor cantidad de individuos en estas exposiciones, ocurriendo algo similar en las exposiciones Este y Oeste. Este comportamiento se debe principalmente, a la condición de intolerante a semitolerante que presenta el Raulí (INFOR, CONAF, 1998 a).

Vita (1974), indica que Raulí crece en suelos cordilleranos profundos y de buena calidad, pero también se le encuentra en suelos delgados y rocosos. Al respecto Veblen y Ashton (1977), señalan que es posible encontrar renovales de Raulí en áreas desnudas derivadas de deslizamientos de tierra, donde la especie actúa como pionera.

CONAF (1997), sitúa a Raulí creciendo en suelos profundos, entre 0,9 y 2 metros, con buen drenaje y amplia disponibilidad de nutrientes. Su mejor desarrollo lo alcanza en suelos de tipo trumao (originales de cenizas volcánicas). La mayoría de los estudios y antecedentes sobre suelos de Raulí en la cordillera y precordillera andina, indican que se trata de suelos derivados principalmente de depositaciones sucesivas de cenizas volcánicas (Peralta, 1979). En la cordillera de la costa se desarrolla en suelos de origen metamórfico (CONAF, INFOR, 1998).

2.3.1.4 Importancia forestal y económica

Esta es una especie de alto valor comercial; la excelente calidad de su madera, unida a su rápido crecimiento, alto rendimiento y variadas posibilidades de utilización, hacen de esta especie una de las más valiosas y apreciadas del bosque nativo en Chile, con mayores posibilidades de ser usada masivamente como plantaciones (Smulders, 1989).

El uso principal es como madera aserrada (INFOR, CONAF, 1998 a). Como uso secundario y terciario se encuentra la madera dimensionada y la madera elaborada (CONAF, 1997). Según Grosse (1994), se utiliza en la elaboración de muebles, ebanistería y en construcción considerando la parte estética.

En los años 90, la mayor parte del bosque de Raulí cosechado, abastecía a la industria del aserrío, tanto para el consumo interno como para exportación. La producción de esta especie provenía principalmente de la X Región, la cual aportaba un 70 a 75% de lo generado a nivel nacional, seguida por la VIII Región con cerca de un 15% y finalmente, la IX Región con aproximadamente un 10 a 14%. Raulí ocupaba un 9,1% de la producción de madera nativa aserrada, lo cual la ubicaba en el lugar quinto, antecedida por Coihue con un 21,9 % (INFOR, CONAF, 1998 a).

En cuanto a las exportaciones de productos del género *Nothofagus*, durante el año 2003 bordearon los US\$ 20 millones, con una participación que no llegó al 1% de las exportaciones totales del sector forestal Chileno (Gysling, 2004).

Actualmente, la especie es considerada como el principal recurso forestal nativo chileno y por la extensión de su superficie sumado a la calidad y alternativas de uso de su madera se constituye en un recurso de alto interés económico y un protagonista de nuevos mercados².

2.3.2 Coihue

2.3.2.1 Características botánicas

Nothofagus dombeyi (Mirb.) Oerst., comúnmente llamado Coihue o Coigue, pertenece a la familia Fagaceae. Es un árbol monoico de hasta 40 metros de alto y tronco relativamente recto, de hasta 2,5 metros de diámetro, follaje denso, de hojas perennes y fruto dispuesto en tres nueces (Rodríguez *et al.*, 1983). Al respecto Donoso (1979) señala que alcanza hasta 50 metros de altura y cuatro metros de diámetro.

Su tronco, generalmente está libre de ramas hasta una gran altura (poda natural), cuando se le encuentra compitiendo (Rodríguez *et al.*, 1983).

2.3.2.2 Distribución y hábitat

Nothofagus dombeyi (Mirb.) Oerst., es una especie endémica de los bosques subantárticos de Chile. Se distribuye desde la Provincia de Colchagua (VI Región), hasta la Provincia de Aysén (XI Región) (Rodríguez *et al.*, 1983).

² Ipinza, 2004. Comentario emitido en Simposio Internacional IUFRO. Valdivia 2004. Chile.

Esta especie se encuentra incluyendo numerosos subtipos y asociaciones vegetales, dentro de los cuales se puede mencionar los bosques en suelos de mal drenaje, donde están presente las especies *Nothofagus dombeyi*, *Drimys winteri* y *Luma apiculata*. Otro subtipo donde está presente Coihue corresponde a los bosques de mediana altitud dominados por esta especie, que se ubican en pendientes con buen drenaje, en suelos derivados de cenizas volcánicas. Se presenta también en bosques de *Nothofagus* de altitudes elevadas, ubicados a altitudes superiores a los 1.000 metros en suelos delgados, ricos en materia orgánica y derivados de escoria volcánica reciente (INFOR-CONAF, 1998 b).

Según Donoso (1981), Coihue participa en siete tipos forestales: en el tipo forestal Roble-Raulí-Coihue, Coihue-Raulí-Tepa, tipo forestal Siempreverde, tipo forestal Lengua, tipo forestal Araucaria, tipo forestal Coihue de Magallanes y tipo forestal Alerce.

Especial interés presenta el tipo forestal Coihue-Raulí-Tepa, por ser esta la formación original a la que pertenece la zona de estudio. Este tipo abarca las regiones VIII, IX y X. Se desarrolla esencialmente dentro del clima templado oceánico, con precipitaciones entre 1.400 a 4.000 mm anuales, con una proporción en forma de nieve (Donoso, 1981).

Los bosques del sector septentrional del tipo forestal antes mencionado, están formados por un dosel emergente o dominante constituido por Coihue y Raulí y un dosel codominante o intermedio, donde Tepa y Trevo son las especies más importantes o por lo menos las más frecuentes. En el sotobosque destacan Avellano y Piñol (INFOR-CONAF, 1998 b).

2.3.2.3 Requerimientos ecológicos

Para Coihue, las condiciones climáticas donde se distribuye, varían considerablemente, dentro del rango de distribución (Donoso, 1978). En su distribución septentrional, se encuentra en un clima templado húmedo mediterráneo con verano seco, y más al sur, el clima corresponde a templado húmedo lluvioso. Crece bajo un régimen de temperatura moderada y también en zonas de muy baja temperatura correspondiente a las partes más altas de la cordillera de los andes, hasta los 2.500 m.s.n.m en la Región mediterránea y 1.000 a 1.200 m.s.n.m. en la Región sur y austral (Donoso *et al.*, 1991).

El rango altitudinal es extenso, presentándose en la mitad norte de su área geográfica entre los 700 y 1.200 m.s.n.m, pero decrece gradualmente hacia el sur, encontrándose en la Provincia de Aysen entre 0 y 500 m.s.n.m. En su distribución norte crece entre los 800 y 1.000 m.s.n.m (Donoso, 1981)

La distribución de la precipitación es también variable, presentándose de cuatro a seis meses de sequía durante la estación de crecimiento en el extremo norte de su distribución, lo que disminuye gradualmente hacia el sur (INFOR, CONAF, 1998 b). La precipitación anual es de 700 a 1.000 mm en la Región mediterránea y aumenta gradualmente a más de 5.000 mm en muchos lugares desde Valdivia a Aysén. También se produce una variación de Oeste a Este, siendo mayor la precipitación en las pendientes occidentales de la Cordillera de la Costa y de la Cordillera de los Andes (Donoso, 1978).

Para el caso de los suelos, Coihue crece bajo condiciones muy variadas, encontrándose en suelos de distintas profundidades, de drenaje variable, buena disponibilidad de humedad, en suelos mal drenados y en ñadis. En las áreas más bajas crece sobre trumaos, que cubren rocas volcánicas y sobre un sustrato pumicítico, arenas y escorias volcánicas. No se desarrolla bien en suelos arcillosos. Específicamente en el tipo forestal Coihue-Raulí-Tepa son generalmente trumaos profundos, bien drenados, con abundante materia orgánica y textura franco limosas a limosa arenosa de ph entre 4,5 a 7,0 (Donoso, 1981)

2.3.2.4 Importancia forestal y económica

Esta especie, tiene una madera de muy buena calidad por ser de gran resistencia mecánica, fácilmente trabajable y resistente a la putrefacción, características que unidas a un buen aspecto general, han hecho que esta madera tenga una amplia variedad de usos (Ormazabal y Benoit, 1987).

2.4 Antecedentes sobre el crecimiento de los bosques

Los árboles, poseen diferentes tasas o velocidades de crecimiento según la especie y en las distintas etapas de su vida, entendiéndose por esto “el incremento gradual de un organismo, población u objeto en un determinado período de tiempo” (Donoso, 1993).

La velocidad de crecimiento inicial, es decir, propia de la etapa de plántula y de la etapa juvenil, es de extraordinaria importancia para el establecimiento y sobrevivencia de la especie (Donoso, 1993). Resulta necesario entonces, conocer las tasas a las que crecen las especies en sus diferentes etapas de vida, para ser capaces de predecir su desarrollo.

Algunas de las variables importantes de cuantificar, para lograr aproximaciones sobre el desarrollo del bosque, son las alturas y los diámetros de los árboles. En ambos casos, dichas variables están determinadas por numerosos factores, dentro de los que se encuentra la luminosidad disponible, para ser ocupada por el follaje, en los procesos básicos para su desarrollo.

De esta forma, se tiende a pensar que los procesos metabólicos del árbol serán acelerados al existir una mayor cantidad de luz disponible y que el crecimiento en altura como el crecimiento general de éste será mayor. Sin embargo, las alturas relativas dentro de un rodal son también dependientes del diámetro, de la posición sociológica del árbol y de muchos otros factores que no pueden ser registrados directamente en forma cuantitativa (Prodam, 1997).

Para el caso específico de Raulí y Coihue, existen antecedentes sobre los crecimientos en altura y en diámetro en diferentes zonas, siendo ambas consideradas especies de rápido crecimiento dentro de las especies nativas.

Para el caso de Raulí es destacable mencionar que alcanza desarrollos de 10 a 15 m³/ha/año en buenos sitios, bajo tratamientos silviculturales del bosque (podas y raleos), esto implica rotaciones que van desde 20 a 40 años para renovals y hasta 60 años para plantaciones (CONAF, 1997).

Coihue por su parte, presenta crecimientos relativamente rápidos, encontrándose en algunos casos incrementos en diámetro de 1 cm/año. Algunos datos indican que crece de 6 a 8 mm al año, mientras que algunos estudios realizados en Frutillar indican que el crecimiento en diámetro llega a 2 cm al año y el crecimiento en altura supera el metro al año (Smulders, 1989).

Al respecto Donoso (1978), señala que, en un inventario realizado en Arauco, se encontraron crecimientos en altura de 40 a 60 cm en un año.

En general, existe una gran variedad de estudios que sirven de base para el conocimiento de las especies estudiadas, siendo realizados principalmente en plantaciones y renovales, por ello es escasa la información sobre bosques naturales. Algunos antecedentes encontrados para ambas especies, se detallan en el cuadro N° 1.

Cuadro N° 1: Antecedentes sobre el crecimiento de Raulí y Coihue

Especie	Ubicación	Edad (años)	Altura (m)	Crec. medio anual en diámetro (cm)	Tipo de Bosque
Nothofagus alpina	Panguipulli X Región	----	31 (cm/año)	0,5	Bosque de Coihue-Raulí
Nothofagus alpina	Frutillar X Región	14	0,51	0,7	Plantación
Nothofagus alpina	Frutillar X Región	12	0,31	0,4	Plantación
Nothofagus alpina	Frutillar X Región	7	0,16	----	Plantación
Nothofagus alpina	Jauja Prov. Malleco IX Región	40	---	0,2 - 0,6 últimos 10 años	Renoval monte bajo sin manejo
Nothofagus alpina	Villarrica IX Región	25 medición últimos 3 años	0,44	0,72	Plantación
Nothofagus alpina	Radal siete Tazas	67 años	0,42	0,47	Renoval adulto
Nothofagus alpina	Cord. Nahuelbuta IX Región	15	---	0,76	Renovales densos
Nothofagus Dombeyi	Frutillar X Región	14	0,62	2,0	Plantación
Nothofagus Dombeyi	Frutillar X Región	9	0,52	1,1	Plantación
Nothofagus Dombeyi	Laguna Pedro Aguirre Cerda XI Región	20-40	0,44 -0,68	0,31-0,7	Renoval
Nothofagus Dombeyi	Cord. Nahuelbuta IX Región	25	---	0,82	Renoval denso

Fuente: Donoso, C. 1993.

Algunos antecedentes sobre crecimiento en altura de Raulí, corresponden a los estudiados por Navarrete y Quiroz (2003), en una plantación de 5 años ubicada en la VIII Región, donde se evaluó el crecimiento en altura de árboles bajo diferentes condiciones de luminosidad (estableciendo tratamientos de coberturas de 50, 75 y 100 %), encontrándose que no existía diferencias significativas entre los tratamientos, para la variable crecimiento en altura.

Grosse (1987), analiza el incremento medio anual en altura, en función de las edades en una plantación entre 2 y 16 años, concluyendo que el valor de la variable aumenta, a medida que aumenta la edad y lo atribuye al factor competencia, el cual se reduce al avanzar la edad.

Por otra parte, Barría (1996), encontró que una plantación de Raulí los primeros seis años de crecimiento, crecimientos en altura de 9,21 m. El mismo autor evalúa el crecimiento de una plantación de Roble-Raulí en la X Región, encontrando crecimiento medio anual de 0,8 cm/año y una altura de 9,16 m medido a los 14 años.

El cuadro N° 2 resume los estudios relacionados al crecimiento en altura de plantaciones y renovales para Raulí.

Cuadro N° 2: Resumen de estudios relacionados al crecimiento en altura de plantaciones y renovales.

Autor	Estudio	Ubicación	Resultado
Donoso (1988).	Plantación de Raulí. Árboles de 20 años.	VII	El crecimiento acumulado a los 20 años es de 12,1 metros.
INFOR (1979).	Análisis de crecimiento de plantaciones de 12 años.	X	Crecimiento en altura de Raulí a esa edad es de 7,8 metros.
Vita (1977).	Crecimiento de especies nativas y exóticas.	X	A los 17 años la altura media de la plantación de Raulí era de 7,13 m. El crecimiento medio anual de los árboles era de 31 cm/año.
Gutiérrez (2004).	Evaluación del crecimiento y rendimiento en una plantación de Raulí y Roble.	X	A la edad de 39 años el crecimiento promedio en altura para Raulí era de 33 cm /año, encontrándose valores no superiores a 54 cm/año.
Smulders (1989).	Estudio de ritmo de crecimiento de Raulí. Plantación en primeros años de vida.	X	Coihue como Raulí crecen en forma irregular en los primeros años, presentando ascensos y descensos en el crecimiento, pero siempre tendientes a superar los crecimientos obtenidos el primer año.
Hamdan (1995).	Análisis de la estructura y crecimiento en Renovales no manejados de Raulí.	IX	El crecimiento en altura es creciente hasta los 22 años, luego de ello presenta una leve disminución en la pendiente de la curva, para llegar a 15,6 metros a los 32 años.

En el caso de los crecimientos diametrales, los antecedentes encontrados, al igual que en el crecimiento en altura corresponden a plantaciones.

Al respecto Navarrete y Quiroz (2003), estudió los crecimientos diametrales de una plantación, expuesta a condiciones diferentes de luminosidad, no detectando diferencias estadísticamente significativas, entre las diferentes zonas.

Donoso *et al.* (1993), en una plantación mixta de Roble-Raulí, señalan diámetros de 1,28 cm a la edad de 13 años. Evaluó además 12 plantaciones de Raulí puro, con edades de 10 a 38 años, concentrándose la mayoría de ellos entre 14 y 16 años, determinando diámetros que fluctuaban entre 0,85 y 1,18 cm.

Otro estudio realizado por INFOR, (1979) encontró diámetros promedio de 7,0 cm en una plantación Raulí de 12 años evaluada fuera del área de distribución natural.

Por otra parte, en un estudio realizado por Grosse, (1987) en dos plantación de 10 a 11 años y de 8 a 9 años, establecidas en zonas con presencia de cobertura arbórea y en zonas carentes de ella, se encontró que los diámetros promedios eran de 3,1 y 1,9 cm para las respectivas edades, en zonas con presencia de cobertura.

Grosse, (1987), en el mismo estudio antes mencionado, determinó que las plantas establecidas en zonas sin cobertura presentaron diámetros de 8,6 cm a los 13 años.

3. Material y método

3.1 Material

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Nacional Malleco, en el sector Niblinto, específicamente en el sector llamado “Vivero Natural”, correspondiente a un bosque de Coihue-Raulí.

3.1.1 Ubicación geográfica y administrativa del área

La Reserva Nacional Malleco, se encuentra ubicada en la Provincia de Malleco, IX Región de la Araucanía ($38^{\circ} 00' - 30^{\circ} 15' S$ y $71^{\circ} 04' - 71^{\circ}55' O$) (Figura N° 1). Posee 16.625 ha, presenta cinco de los doce tipos forestales existentes en el país (Ciprés de la cordillera (94 ha), Araucaria (3.691 ha), Roble-Raulí-Coihue (8.648 ha), Coihue-Raulí-Tepa (1.376 ha) y Bosque de Ñirre (207 ha)). El acceso principal a partir de la Ruta 5, es el camino Collipulli - Los Guindos; Collipulli - Niblinto. Actualmente la Reserva es administrada por CONAF (CONAF y Office National des Forêts, 1998).

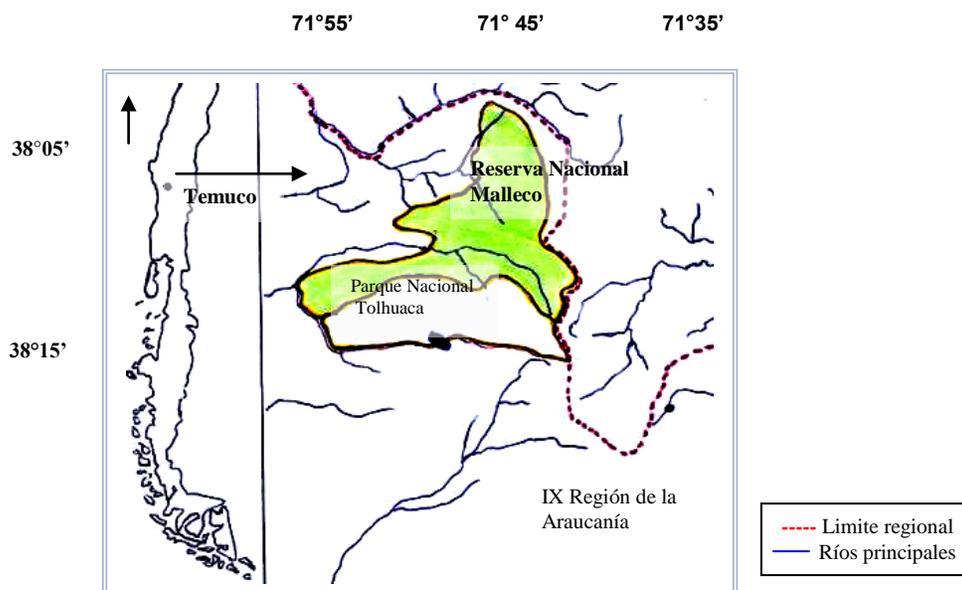


Figura N° 1: Croquis de Ubicación del área de estudio.

El sector del “Vivero Natural” se ubica desde la administración del sector Niblinto, hacia el este por el camino principal. Esta zona cuenta con una superficie de 12 hectáreas aproximadamente, cuya topografía es más bien plana y presenta una altitud de 1.000 m.s.n.m.

3.1.2 Clima

Dentro de la clasificación de Koeppen (1948), la zona presenta un clima templado lluvioso, con menos de cuatro meses secos. Esto es válido para los sectores de menor altitud.

Según Di Castri y Hajek (1976), la zona donde está inserta el área de estudio, se incluye dentro del clima mediterráneo húmedo y montañoso.

En relación a los datos climáticos del área específica del estudio, no se cuenta con una estación meteorológica, existiendo antecedentes provenientes de la estación de la Comuna de Lonquimay (900 m.s.n.m), que permite caracterizar el clima de la zona. Los valores de precipitación anual son de 2.482 mm y la temperatura promedio anual de 12° C (CONAF y Office National des Forêts, 1998).

Por otra parte, Santibáñez (1993) incluye el área de la Reserva (englobando al área de estudio) dentro del sector llamado Jauja, incorporando a la zona dentro de cuatro distritos los que arrojan en promedio, temperaturas máximas y mínimas para Enero de 20,1 °C y 5,2 °C respectivamente y para el mes de Julio, de 8,2 °C y entre 4,1 a 0,9 °C respectivamente. La precipitación anual promedio para los cuatro distritos que caracterizan el área, es de 2.807 mm anuales.

3.1.3 Suelos

Los suelos de la Reserva son derivados de acumulación de cenizas volcánicas, correspondiente a suelos trumaos y la capacidad de uso del suelo es clasificada como VI, para la zona del “Vivero natural” (Cogollor y Vita, 1979).

Dichos suelos se formaron bajo condiciones climáticas mesófilas con menos de 100 días de déficit hídricos y una pluviometría de 1.000 a 2.000 mm de lluvia. Los valores de pH que predominan son de 5,5 y 7,0. En términos generales son buenos suelos forestales, sin limitaciones a la producción de especies nativas, pero tienen una limitación en lo referido a la erosión, con el problema de desecación en verano. Además, son sensibles a la falta de vegetación y al pisoteo (CONAF y Office National des Forêts, 1998).

En la Reserva Nacional Malleco la fertilidad es relativamente alta porque tiene un gran contenido de minerales fácilmente meteorizable y por eso el crecimiento del bosque y la

vegetación secundaria es buena, pero la descomposición de la hojarasca parece relativamente lenta, sin formar humus bruto, lo que hace difícil la regeneración del Raulí por semilla (Peralta, 1979).

3.1.4 Antecedentes vegetacionales

Dentro de la reserva, la superficie total en que están presentes (en algún grado) especies del género *Nothofagus* es de 14.712 ha. Dentro de ellas Raulí (*Nothofagus alpina*) y Coihue (*Nothofagus dombeyi*) se presenta formando bosques mixtos Raulí-Coihue (4.862 hectáreas dentro de la Reserva) y compartiendo estratos superiores e intermedios y asociados a especies como Tapa, Olivillo, Tineo y Avellano (CONAF y Office National des Forêts, 1998).

Según la clasificación establecida por Gajardo (1992), la vegetación presente en el área de estudio corresponde a la Región del bosque caducifolio, sub Región del bosque caducifolio andino la que en términos generales se caracteriza por presentar bosques densos con un dosel muy alto, penetrados por especies laurifoliadas, pero donde el Raulí es la que predomina en la fisionomía. Hacia el límite sur, son los bosques de Raulí-Coihue, los que dominan el paisaje, distribuyéndose en un estrecho piso altitudinal y correspondientes a una situación más húmeda y fría.

La vegetación del sector, correspondía a un bosque natural intervenido, donde predominaban las especies Raulí (*Nothofagus alpina*) y Coihue (*Nothofagus dombeyi*) en estratos superiores. En un segundo grado de importancia se encontraban especies como Avellano (*Gevuina avellana*), Olivillo (*Aextoxicon punctatum*), Radal (*Lomatia hirsuta*) y Piñol (*Lomatia dentata*). En el estrato inferior, se presentaba gran cantidad de Colihue (*Chusquea coleu*) y otras especies de herbáceas.

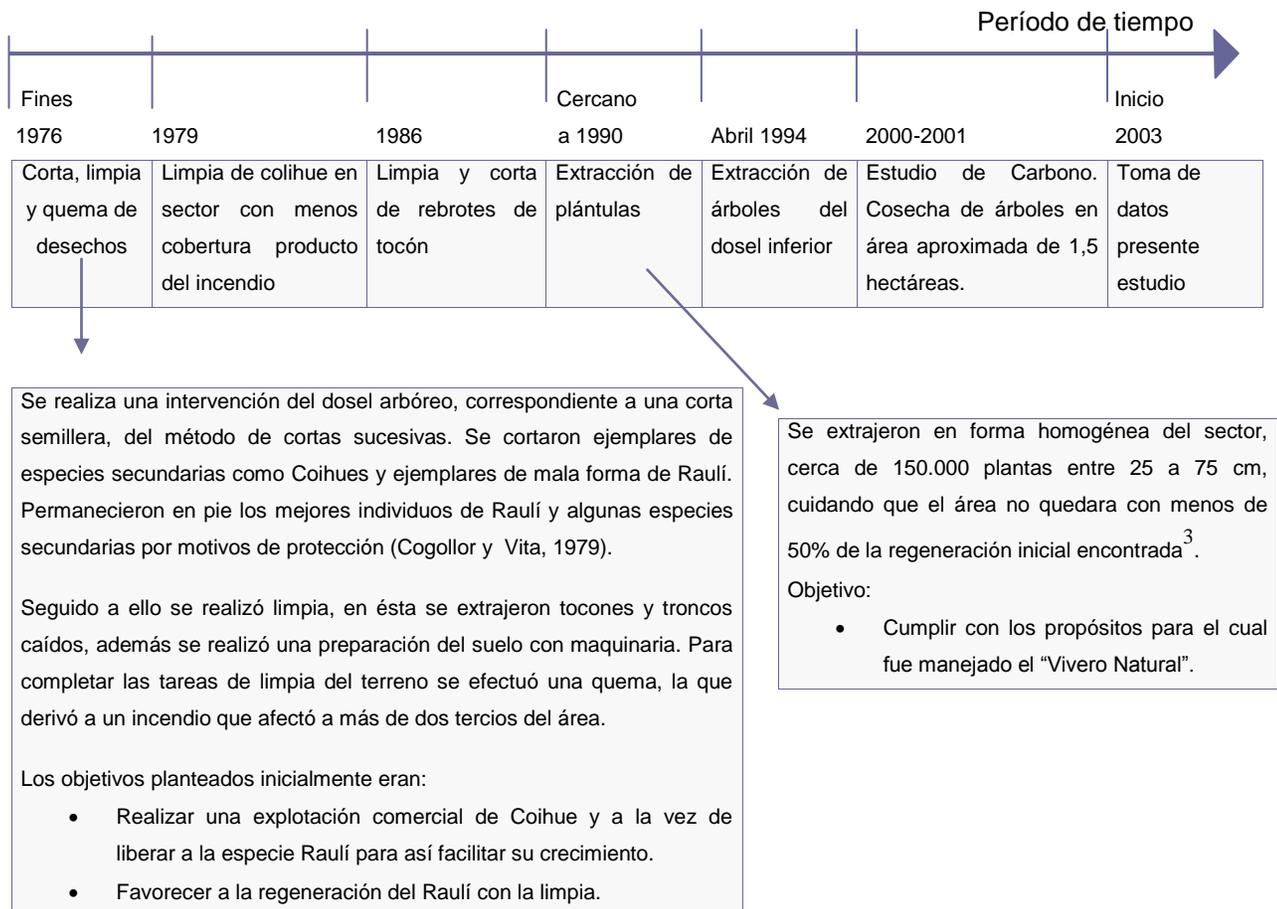
Según antecedentes obtenidos el año 1994, por el egresado de Ingeniería Forestal, Sr. Cristián Soto (información no publicada), sobre las características del dosel superior y de la regeneración, en la masa boscosa presente en el sector "Vivero natural", en ese año, la altura alcanzada por los árboles del dosel superior era de 20 metros, mientras que el dosel inferior, presentaba alturas que iban desde 0,05 a 6,2 metros. La edad máxima de los árboles del dosel inferior alcanzaba los 17 años.

3.1.5 Historia del sector

Los primeros antecedentes recopilados respecto al sector, señalan, que el área donde está inserto el bosque en estudio, había sido sometida a floreo, principalmente de Raulí. En dicho bosque el año 1976, se realizó una intervención en una superficie de 12 hectáreas aproximadamente (sector llamado actualmente “Vivero natural”) que tenía dos propósitos:

- 1.- El bosque intervenido, debía actuar como un vivero natural, para repoblar otras áreas desprovistas de árboles semilleros, y
- 2.- Servir como ejemplo de método de regeneración natural de masas similares.

La secuencia de intervenciones se detallan en el siguiente esquema:



³ Miguel, M. 2004. Comunicación personal. Guaraparque de la Reserva Nacional Malleco.

El área, el año de realización del presente estudio, correspondía a un bosque intervenido cuyas especies predominantes del dosel superior eran Raulí y Coihue.

3.2 Método

La metodología aplicada para lograr los objetivos propuestos se basó en realización de un muestreo silvícola de la zona, el cual incluía la toma de muestras de la regeneración. Este se llevó a cabo a través de en la construcción de parcelas de medición y se efectuó el mes de enero del año 2003.

3.2.1 Tamaño de la muestra y establecimiento de parcelas de medición

El año de realización del estudio, la zona del vivero natural, estaba dividida en dos áreas, producto de las intervenciones realizadas en el pasado. Cada una de ellas presentaba características particulares en cuanto a la cobertura del dosel superior (figura N° 2).

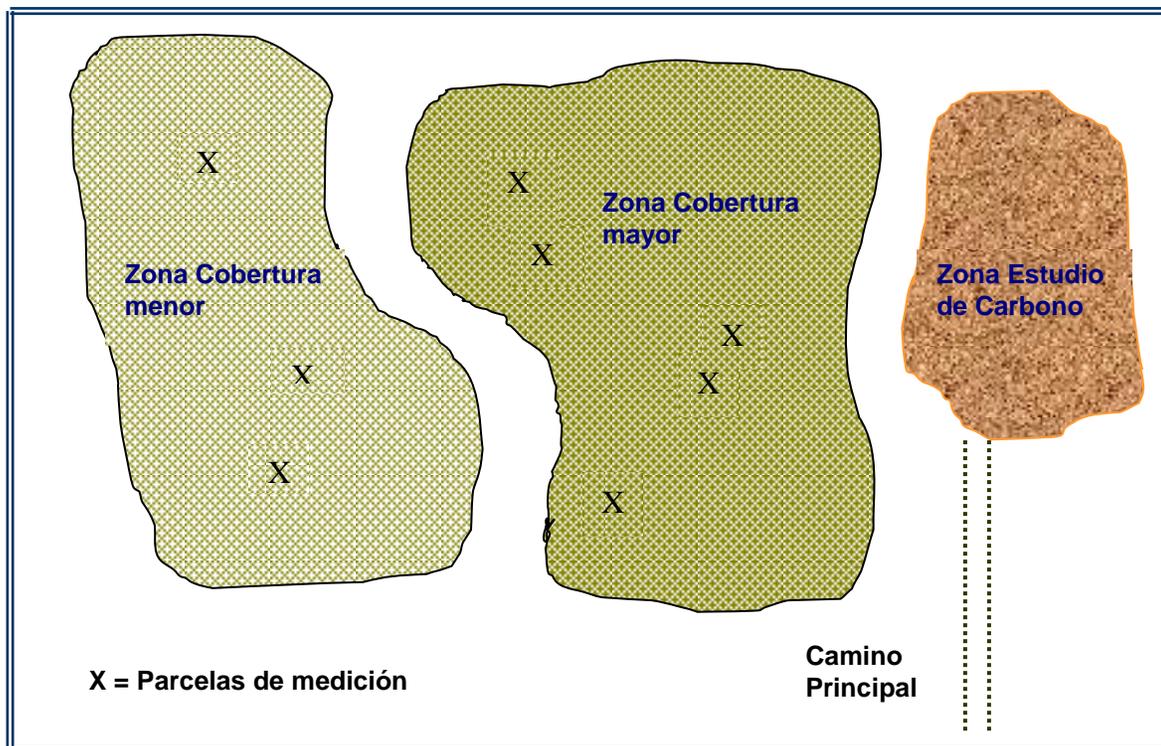


Figura N° 2: Croquis de Ubicación de las zonas de diferentes coberturas.

El muestreo realizado en estas zonas, en áreas con diferentes niveles de cobertura (menor y mayor), fue establecido al azar. Se realizaron ocho parcelas de muestreo de 30 X 40 m, tres en la zona donde el nivel de cobertura era menor y cinco en zonas donde el nivel de cobertura era mayor.

3.2.2 Caracterización y muestreo del dosel superior en cada parcela

En cada parcela se registraron las siguientes variables asociadas al dosel superior:

1. Especie
2. DAP (cm)
3. Altura total (m)
4. Cobertura de copa (mediciones en sentido N, S, E y O)
5. Ubicación cartesiana de los árboles (coordenadas X e Y)
6. Condición (sano o dañado)
7. Estado (Vivo o muerto)
8. Observaciones generales

Las variables medidas en los árboles, permitieron establecer las condiciones en que se encontraba el dosel superior.

3.2.3 Determinación de porcentajes de cobertura del dosel superior

Con el establecimiento de las parcelas de inventario silvícola y la medición de las variables asociadas al dosel superior, específicamente con la ubicación cartesiana de los árboles (X e Y) y la medición de sus radios de copa (en sentido N, S, E y O), se realizaron levantamientos horizontales para cada parcela.

En cada levantamiento se determinó el área de proyección de las copas, a través del método de red de puntos, lo que permitió determinar los porcentajes de coberturas. Además, para cada nivel de cobertura encontrado, se realizó una descripción del bosque.

3.2.4 Establecimiento de las sub parcelas

En cada parcela se establecieron sistemáticamente 12 sub parcelas circulares de dos metros de radio, cuyo centro correspondía a un punto de muestreo de la regeneración y del monte bravo (figura N° 3).

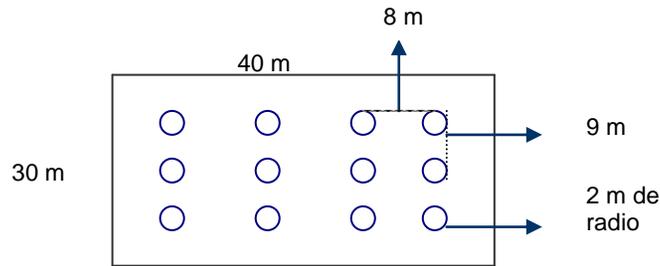


Figura N° 3: Distribución de las sub-parcelas dentro de la parcela de medición.

3.2.5 Caracterización y muestreo de las sub parcelas

Cada sub parcela fue marcada en su centro con una estaca y se registraron en un radio de dos metros desde el centro las siguientes variables:

- Cantidad de ejemplares arbóreos presentes en la sub parcela, en estado de regeneración (ejemplares con alturas inferiores a un metros) y de monte bravo (ejemplares de más de un metros de altura y diámetros inferiores a 10 cm).
- Especie
- Altura (m) de cada individuo presente en la sub parcela
- DAP a los ejemplares cuyo diámetro supere los 0,5 cm
- Se registró además, la presencia o ausencia de Colihue (*Chusquea coleu*), por ser esta la principal especie que ejercía competencia directa con la regeneración, no contabilizando otras especies.

Luego de realizadas las mediciones, se volteó dentro de cada una de las sub parcelas el árbol más vigoroso de Raulí o Coihue, dando prioridad a la primera especie mencionada. Al árbol volteado se le midió su altura total y se extrajo el ápice correspondiente a los dos últimos períodos de crecimiento. Una vez volteado se trozó, para obtener rodela en la base (0,30 m), a la altura del DAP (1,30 m) y luego cada dos metros.

En forma paralela al trozado del árbol, cada rodela se rotulaba, de tal forma que quedara identificada la parcela de la cual se obtuvo, sub parcela a la que pertenecía el árbol y sección del árbol a la que fue extraída (en forma consecutiva desde la base al ápice) (foto N° 1).



Foto N° 1: Rotulación de las muestras

3.2.6 Densidad de la regeneración y del monte bravo

Para este estudio, en el análisis de la densidad, se tomaron los datos obtenidos a nivel de sub parcela, con lo que fue posible determinar el número de árboles por hectárea, para ambos niveles de cobertura del dosel superior. Este análisis se realizó, además, para los datos del año 1994 y se realizaron comparaciones entre series de datos. Se realizaron gráficos explicativos, además de análisis estadísticos que permitieron concluir, si existía diferencia significativa entre la densidad encontrada en zonas de menor cobertura y en zonas de mayor cobertura.

3.2.7 Distribución de la regeneración y del monte bravo

En el caso de la distribución de la regeneración y del monte bravo, se examinaron los rangos de altura que presentaban los árboles y con estos datos se realizaron análisis gráficos comparativos en cada nivel de cobertura y en ambas series de datos (tanto para Raulí como para Coihue en forma separada).

3.2.8 Crecimiento en altura del monte bravo

Para el caso del crecimiento en altura del monte bravo, se determinó el incremento utilizando la información obtenida de cada rodela, previamente lijada para lograr una visión más exacta de los anillos de crecimiento. Se registró así la edad de cada árbol al momento de la cosecha y la altura total que presentaba en dicho momento.

Con la información de los anillos presentes en cada rodela y las alturas a las cuales se extrajeron (análisis de tallo), se pudo determinar la altura de los árboles a una edad específica. Con estos datos se construyeron curvas de crecimiento general para cada cobertura, utilizando el programa estadístico Statgraphics Plus (versión 2.0) donde se analizó, a nivel de cobertura, el comportamiento promedio de los árboles.

Para esto, se relacionaron las alturas v/s las edades de los árboles, lo que permitió generar gráficos de dispersión, que reflejaron el comportamiento de los árboles en las zona de menor cobertura y las zonas de mayor cobertura. A dichos datos se aplicaron diferentes modelos, con la finalidad de representar el comportamiento promedio del crecimiento en altura por cobertura. En formas complementaria, se realizó un análisis donde se relacionó la altura de los árboles en función del tiempo (año calendario).

Los modelos probados con el programa Statgraphics Plus (versión 2.0) correspondieron al tipo exponencial, logarítmico, multiplicativo y cuadrático. Cada modelo, fue analizado en sus parámetros al momento de elegir aquel que represente de mejor forma el comportamiento de los datos. Para ello se analizó el coeficiente de correlación (r); el error estándar; que explica la desviación normal de los residuos, la bondad de ajuste o coeficiente de determinación (r^2); que mide la proporción de variabilidad en los datos que es explicada por el modelo de regresión (Scheaffer, 1993). Se realizó también el análisis de residuos entre los valores reales y los predichos por el modelo.

Por otra parte, se calcularon los crecimientos periódicos (IP) para los últimos nueve años, definido como; el crecimiento de un árbol en un período determinado (Prodam, 1997). Esto, con la finalidad de establecer las tasas de crecimientos que presentaba el bosque en el período posterior a la última intervención, correspondiente a la extracción de árboles, en un muestreo de similares características al realizado para este estudio y cuyos datos fueron analizados en la presente memoria.

Para el caso de los ápices, se midió la longitud de la ramilla terminal (la de mayor longitud) para los dos últimos períodos de crecimientos. La información permitió determinar el crecimiento medio y realizar análisis gráficos que muestran el comportamiento de los árboles en este período de tiempo, bajo las diferentes coberturas. Se realizaron además análisis estadísticos de varianza, para determinar la existencia de diferencias estadísticas entre los crecimientos.

3.2.9 Crecimiento en diámetro de los árboles en el monte bravo

Para el caso del crecimiento diametral, las rodela extraídas al DAP fueron medidas en sus diámetros, con corteza y sin corteza, en dos secciones de la rodela, las que fueron promediadas para evitar sub estimaciones o sobre estimaciones, producto de la irregularidad de cada rodela.

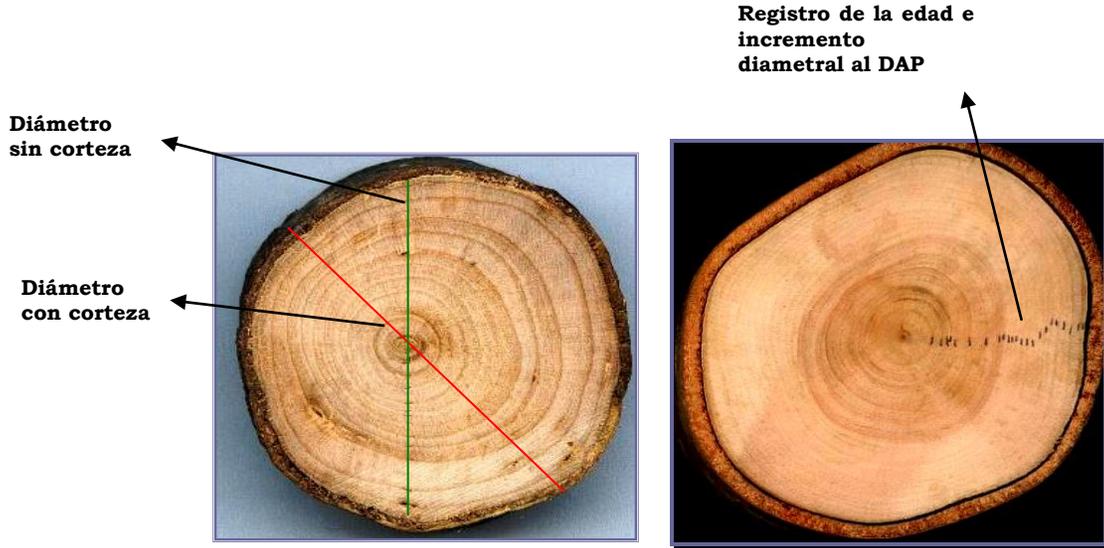


Foto N° 2: Metodología de Muestreo

Con los diámetros sin corteza y las edades de cada rodela fue posible construir curvas de crecimiento diametral y al igual que en el caso del crecimiento en altura, se realizaron análisis estadísticos correspondientes a un análisis de varianza, para un muestreo completamente al azar con sub muestreo. Esto se complementó con análisis gráficos obtenidos con el programa Statgraphics Plus (versión 2.0).

Para los últimos nueve años, se realizó un análisis de crecimiento, tomando como información base, los incrementos periódicos en diámetro. Se realizaron los mismos análisis estadísticos que en el caso anterior, para tener certeza de la existencia de diferencia significativa entre los crecimientos diametrales, en las zonas de menor cobertura y las zonas de mayor cobertura.

3.2.10 Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos realizados tanto para el crecimiento en altura, crecimiento en diámetro y regeneración, correspondieron a análisis de varianza para un muestreo completamente azarizado con sub muestreo.

3.2.10.1 Descripción del modelo

Un modelo completamente azarizado, es un diseño en el cual los tratamientos son asignados completamente al azar; a las unidades experimentales, o viceversa (Ostle,1968). La adición de sub muestreo a un diseño completamente azarizado (DCA) modifica el modelo convencional, planteándolo de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} + \eta_{ijk} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, t \\ j = 1, \dots, \eta_i \\ k = 1, \dots, \eta_{ij} \end{array}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta.

μ : Verdadero efecto medio, constante.

τ_j : Verdadero efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$: Efecto verdadero de la j-ésima unidad experimental sujeta al i-ésimo tratamiento.

$\eta_{ijk} \sim N(0, \sigma_\eta)$: Verdadero efecto de la k-ésima muestra tomada de la j-ésima unidad experimental sujeta al i-ésimo tratamiento.

3.2.10.2 Pruebas estadísticas

Dadas las condiciones del actual muestreo, donde la cantidad de unidades experimentales es disímil entre tratamientos (siendo la unidad experimental la parcela) y la cantidad de muestras por unidad experimental es también distinta (siendo estas los datos obtenidos de la sub parcela). La aproximación propuesta corresponde a la prueba de Satterthwaite.

Con esta metodología usando estimaciones de las componentes de varianza se sintetizan los cuadrados medios que tengan el mismo valor esperado si la hipótesis a probar es

verdadera. Estos cuadrados medios sintéticos se usan para formar una relación, la cual esta distribuida aproximadamente como F (Ostle,1968).

Finalmente para obtener conclusiones más concretas en relación con el crecimiento en altura bajo diferentes niveles de cobertura del dosel, se realizaron análisis de comparación de medias entre los tratamientos, para cada serie de datos (1994 y 2003), entre valores de cobertura del 60% y los menores a estos.

3.2.11 Análisis de datos para el muestreo del año 1994

Se contó en forma anexa con antecedentes sobre el crecimiento de la masa boscosa desde el año 1978 al año 1994, obtenidos en un muestreo realizado el año 1994.

La metodología de trabajo se basó en la realización de seis parcelas de inventario silvícola, de 40 X 50 metros, donde se midieron las mismas variables que en el muestreo del año 2003. Sin embargo, en este caso, las mediciones de ubicación cartesiana y los radios de copa se realizaron solo en una faja central (de 20 X 50 metros) de cada parcela.

Se establecieron 32 puntos de muestreo dentro de la parcela y en cada punto de muestreo se volteó el árbol más vigoroso, donde se midió la altura total y los árboles volteados, fueron trozados a nivel de la base (0,30 metros), a la altura del DAP (1,30 metros), a los dos metros y luego cada un metro. De los 32 puntos de muestreo se eligieron 16 de ellos, los que correspondieron a sub parcelas de 2 X 2 metros, donde las variables medidas son las mismas que las realizadas en el actual muestreo.

Dichos datos fueron utilizados al momento de analizar el comportamiento, en términos de crecimiento, que presentaba la masa boscosa en esa época. Los análisis que se realizaron a los datos correspondieron básicamente a los mismos realizados al último muestreo, siendo éstos: análisis de crecimiento en altura y en diámetro, estudio de la relación con la cobertura del dosel superior con dichas variables, análisis de densidad de la regeneración y del monte bravo; y la distribución de ésta.

4. Resultados y Discusión

4.1 Caracterización del bosque

Producto de las intervenciones realizadas en el pasado, el año 2003, el bosque en la zona de estudio, en términos globales, presentaba dos estratos; el dosel superior, compuesto principalmente por Raulí y en menor grado Coihue, cuyas alturas fluctuaban entre los 21 a 23 metros y el estrato inferior compuesto principalmente por Raulí y Coihue en estado de desarrollo de monte bravo⁴. La edad del estrato inferior era del orden de los 21 años, fluctuando entre los 7 a 25 años. Las alturas fluctuaban entre 2 a 12 metros. En forma secundaria en este estrato, se encontraban especies como Avellano, Olivillo, Radal, Piñol, especies herbáceas y alta presencia de Colihue (apéndice 1).

El área de estudio se presentaba dividida en dos grandes sectores, definidos fisionómicamente de acuerdo al grado de cobertura del dosel superior, encontrándose una zona de menor cobertura y otra de mayor cobertura del dosel superior.

Para el caso de las zonas estudiadas (menor cobertura y mayor cobertura), las áreas basales encontradas fueron diferentes, debido principalmente al diámetro de los árboles, y al número de ejemplares presentes en cada sector (cuadro N° 3).

Cuadro N° 3 : Características del dosel superior según cobertura

Especie	Cobertura	Número de árboles por hectárea (Nha)	Área basal por hectárea (Gha)
Raulí	Menor	47	8,55 m ²
	Mayor	88	31,87 m ²
Coihue	Menor	0	0 m ²
	Mayor	5	6,75 m ²

4.1.1 Zona de menor cobertura (medición 2003)

En el presente estudio, la zona clasificada como sector de menor cobertura, estaba compuesta principalmente por las especies Raulí y Coihue. Raulí se presentaba en mayor proporción que Coihue, tanto en el estrato superior, en el estrato inferior y la regeneración. En este sector la presencia de Colihue era alta.

⁴ En ingles: sapling large; en frances: gaulis.

El dosel superior se caracterizaba por tener alturas de 21 metros. Las alturas del dosel inferior dominante (monte bravo) fluctuaban entre los 5 y 11 metros, teniendo como promedio para la zona muestreada, alturas de 6,3 metros. La edad de los árboles para esta zona fluctuaba entre los 16 a 24 años. Dichos antecedentes fueron obtenidos de los árboles cosechados. Las especies presentes en el sotobosque fueron descritas en el punto 3.1.4 (Antecedentes vegetacionales).

En el año 1994, la composición de especies en el sector donde se realizó el muestreo, era básicamente la misma. El dosel superior se caracterizaba por tener alturas de 20 metros. Para el caso del dosel inferior (monte bravo y regeneración), se contaba con los antecedentes provenientes de los árboles cosechados, encontrándose que las alturas fluctuaban entre los 0,18 y 6,2 metros, teniendo como promedio para la zona muestreada alturas de 3,11 metros. La edad de los árboles para la zona fluctuaba entre los 5 a 17 años.

4.1.2 Zona de mayor cobertura (medición 2003)

Las especies presentes en este sector, era la misma que en la zona de menor cobertura, y de igual forma, Raulí superaba en proporción al Coihue.

En esta zona la cantidad de Colihue presente en el sotobosque era claramente inferior que para la zona de menor cobertura.

En el dosel superior, las alturas encontradas eran del orden de los 23 metros. Para el dosel inferior, las alturas de los árboles muestreados fluctuaban entre los 2 y 12,2 metros, teniendo alturas promedio para la zona de cobertura alta de 6,0 metros. La edad de los árboles fluctuaba entre los 7 y 25 años.

En la medición del año 1994, la altura de los árboles del dosel superior encontrada era de 20 metros. Para el dosel inferior, las alturas de los árboles muestreados fluctuaba entre los 0,05 y 4,3 metros, con promedios para la cobertura de 1,72 metros. La edad de los árboles fluctuaba entre el año y los 17 años.

4.2 Coberturas del dosel superior

El cuadro N° 4 muestra los porcentajes de coberturas asociados a cada parcela y los promedios por sectores, donde la cobertura es clasificada como menor o mayor. Para efecto de los análisis posteriores, se toma como referencia los valores promedios de porcentajes de coberturas, ya que los análisis fueron realizados según sectores.

Cuadro N° 4: Clasificación en sectores según porcentaje de cobertura.

ORIGEN DE LOS DATOS					
Medición año 2003			Medición año 1994		
Unidad de Muestreo	% de Cobertura	Clasificación del sector	Unidad de muestreo	% de Cobertura	Clasificación del sector
Parcela 1	4,5	Cobertura menor	Parcela 1	9,7	Cobertura menor
Parcela 2	6,8		Parcela 2		
Parcela 8	9,4		Parcela 3	15,0	
Promedio	6,9		Parcela 6		
			Promedio	12,7	
Parcela 3	40,3	Cobertura mayor	Parcela 4		Cobertura mayor
Parcela 4	23,9		Parcela 5	60,7	
Parcela 5	15,7		Promedio	60,7	
Parcela 6	18,7				
Parcela 7	27,1				
Promedio	25,1				

Es importante destacar que, en la primera medición realizada el año 1994, se ubicó un sector donde el porcentaje de cobertura del dosel superior era mayor a los encontrados en la medición del año 2003. En la evaluación realizada el año 2003, esta área se encontraba alterada debido a la cosecha de árboles para un estudio de biomasa y carbono realizada entre los años 2000 y 2001.

4.3 Densidad de la regeneración y el monte bravo

En el presente estudio, las densidades del monte bravo encontradas en los dos sectores analizados, presentan un comportamiento diferente según el grado de cobertura y año de evaluación (cuadro N° 5), entendiéndose por densidad al número de árboles que posee un bosque o rodal por unidad de superficie, generalmente por hectárea (Donoso, 1993).

Cuadro N° 5: Densidad del monte bravo y regeneración por cobertura, especie y año de medición.

NÚMERO DE ÁRBOLES POR HECTÁREA				
<i>Medición 1994</i>				
	Raulí	Coihue	Otros	Total
Cobertura menor	59.648,4	6.835,9	156,3	66.641
Cobertura mayor	34.453,1	2.031,3	468,8	36.953
<i>Medición 2003</i>				
Cobertura menor	8.912,8	1.039,5	398,1	10.350
Cobertura mayor	11.066,9	1.021,8	2.295,6	14.384

Para los datos del muestreo realizado el año 1994, las densidades totales encontradas para el sector de menor cobertura fueron superiores a los encontrados para los niveles de mayor cobertura. Sin embargo, en el último muestreo el comportamiento fue opuesto (figura N° 4).

A pesar de existir diferencias numéricas entre coberturas, para las dos mediciones, los análisis estadísticos para ambas evaluaciones señalan que no hubo diferencia significativa (apéndice N° 2 y apéndice 3).

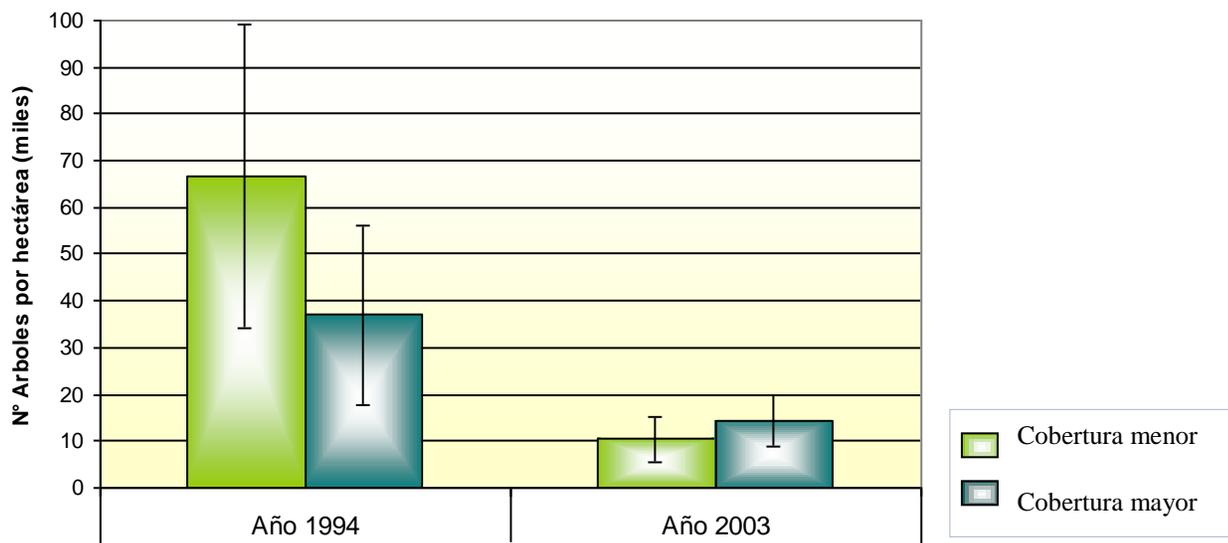


Figura N° 4: Densidad total del monte bravo y regeneración por hectárea, según coberturas del dosel superior para ambas mediciones (Media \pm Desviación estandar; n = 12).

En el cuadro N° 5 y en la figura N° 4, es posible observar que, en los últimos nueve años, la densidad del monte bravo y de la regeneración, ha disminuido para ambos niveles de cobertura del dosel superior. Este hecho puede ser explicado por los procesos naturales de mortalidad, producto de la competencia, los que disminuirían la densidad al avanzar el tiempo.

4.4 Distribución de la regeneración según rangos de altura

La distribución de los árboles según rangos de altura, permite caracterizar la situación puntual del bosque en estudio, mostrando en qué alturas se concentra la mayor cantidad de individuos, lo que permite hacer inferencias sobre el estado de desarrollo de la regeneración.

4.4.1 Distribución según rangos de altura para Raulí

En el muestreo realizado en el año 2003, la densidad muestra un comportamiento descendente al aumentar la altura de los árboles, comportamiento que es más marcado en las zonas de mayor cobertura, mientras que las zonas de menor cobertura presentan un comportamiento más oscilante, pero de igual forma descendente (figura N° 5).

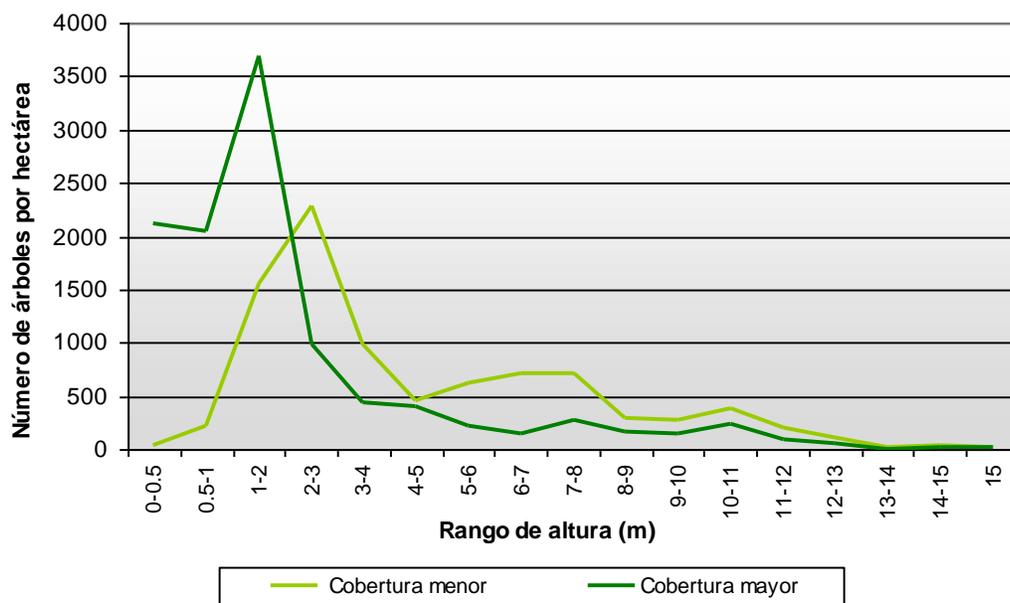


Figura N° 5: Distribución de los ejemplares del monte bravo y regeneración según rango de altura para Raulí (medición 2003).

Para la zona de menor cobertura, existe un menor número de ejemplares en las etapas iniciales de desarrollo (entre 0,1 y dos metros de altura). Sin embargo, la densidad de plantas de altura superior a dos metros, es mayor en la zona de menor. Finalmente, en rangos de altura superiores a ocho metros, las diferencias entre los valores de densidad (entre coberturas) van decreciendo.

A pesar de existir mayor densidad (en términos globales) en las zonas de mayor cobertura, la curva que la representa se encuentra desplazada más hacia la izquierda, lo que indica, que la regeneración presenta menos desarrollo en altura en relación con las zonas de cobertura menor.

Al analizar las dos evaluaciones, Raulí muestra una tendencia decreciente en términos de densidad, al aumentar la altura. Esto último, debido a los procesos de competencia y mortalidad que comienzan a desarrollarse, lo que se traduce en una disminución de la densidad para los rangos de altura superiores (figura N° 6).

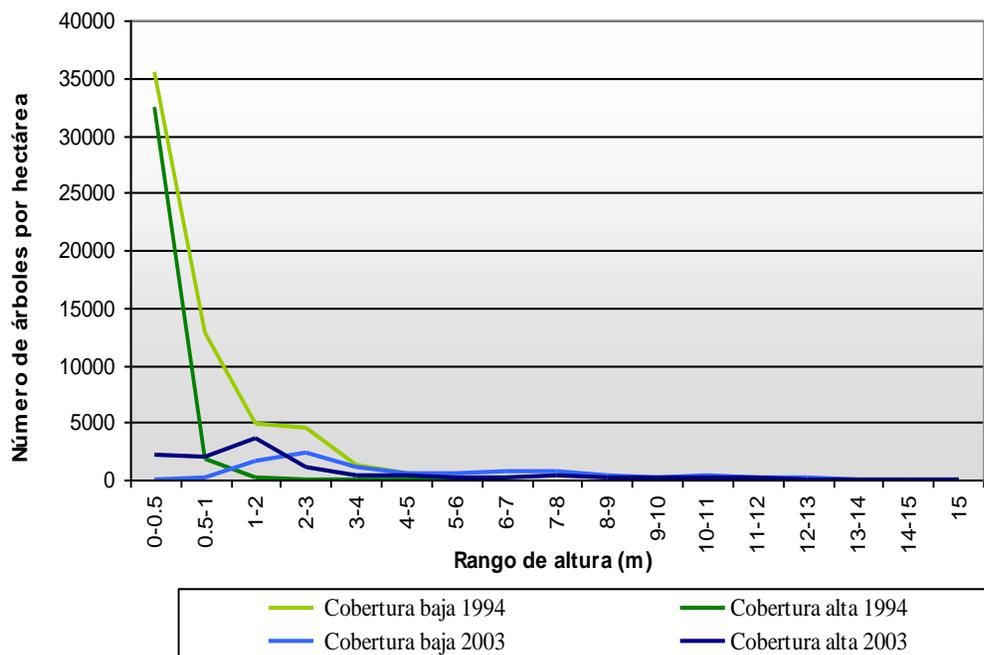


Figura N° 6: Distribución de los ejemplares del monte bravo y regeneración según rango de altura para Raulí.

Al analizar los resultados obtenidos en los muestreos realizados en el año 1994 y 2003, se observa, para la evaluación realizada el año 1994, una cantidad significativa de plantas de pequeño tamaño, las que se encuentran repoblando tanto la zona de mayor cobertura como la zona de menor cobertura (figura N° 6). Además, es posible apreciar que, para ambos muestreos, las zonas de menor cobertura, presentan un desplazamiento hacia la derecha de sus curvas, lo que se traduce en un mayor desarrollo de la regeneración en dichas zonas. Esto último implica una mayor competencia y mortalidad en las clases inferiores.

Por otra parte, la figura N° 6, muestra que las mayores diferencias en la densidad entre coberturas se encuentran en las etapas iniciales de crecimiento (para ambas series de datos), tendiendo a ser menos notorias las diferencias al aumentar la altura.

Este comportamiento puede ser atribuido a que, en etapas iniciales del desarrollo, los árboles suelen ser más susceptibles a factores ambientales, por lo que la mayor o menor cobertura, que implica en definitiva, mayor o menor entrada de luz al piso del bosque, desencadenará una reacción más notoria en árboles de menor tamaño, frente a la competencia por el recurso, en relación con árboles de mayor altura ya establecidos.

Al respecto, Ibarra (1992) señala que las necesidades de luz no siempre permanecen constantes durante el desarrollo de algunas especies arbóreas. De esta forma muchas especies aumentan las exigencias en la luminosidad relativa al aumentar la edad. Así, las especies del género *Nothofagus*, permanecen vivas, pero con crecimiento nulo o muy reducido bajo las condiciones de sombra intensa, que proporcionan los árboles adultos o el sotobosque, siendo capaces de reaccionar bastante bien después de intervenciones en que se abra el dosel.

Finalmente, en la medición del año 1994, las zonas de menor cobertura presentaban mayores densidades en todos los rangos de altura, en relación a las zonas de mayor cobertura. En esta medición, las mayores densidades se encontraban en los rangos de altura de 0 a 0,5 metros, en ambas coberturas.

4.4.2 Distribución según rangos de altura para Coihue

Para el caso de Coihue, es importante mencionar que el número de plantas presentes en la zona de estudio era significativamente menor, en relación a la de Raulí, ya que en la

intervención realizada el año 1976, la mayor cantidad de ejemplares cortados correspondía a esta especie, lo que condicionó el comportamiento de esta especie.

Para Coihue, las mayores densidades encontradas para la medición del año 2003 están en los rangos de uno a dos metros (figura N° 7), siendo en estas etapas del desarrollo, mayores las densidades en las zonas de mayor cobertura. Luego, al aumentar la altura, el comportamiento de las curvas es bastante oscilante, entrecruzándose en varios puntos. Esto puede ser explicado, por la poca densidad de esta especie en la zona, lo que no permite hacer un análisis certero del desarrollo de la masa, en relaciona a la cobertura del dosel superior.

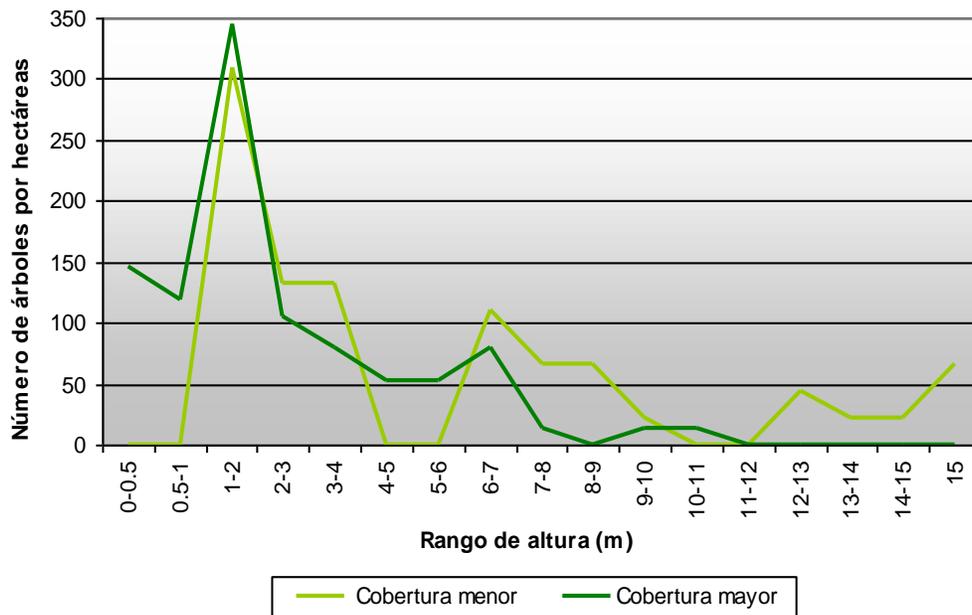


Figura N° 7: Distribución de los ejemplares del monte bravo y regeneración según rango de altura para Coihue (medición 2003).

Para la medición del año 1994, las zonas de menor cobertura, superan en densidad en casi la totalidad de los rangos de altura a las zonas de mayor cobertura, registrando en ambos niveles de coberturas las mayores densidades en el rango de altura de dos a tres metros (figura N° 8).

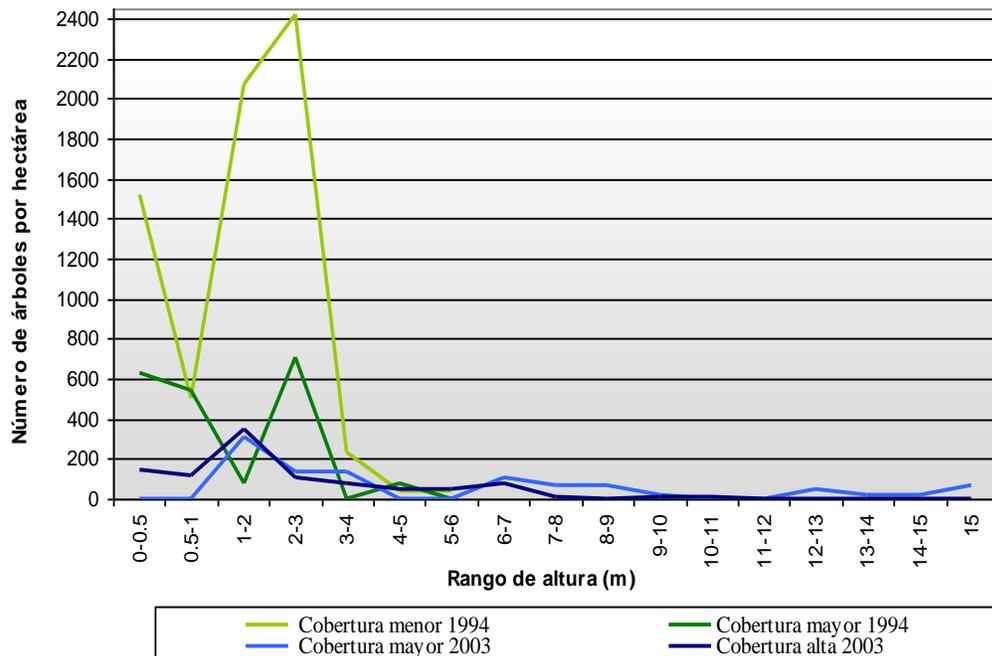


Figura N° 8: Distribución de los árboles según rango de altura para Coihue.

Al analizar el desarrollo de la masa, es posible apreciar, que no existe gran variación entre el comportamiento de ésta, desde el año 1994 hasta el año 2003, a diferencia del Raulí donde existía un mayor desarrollo a lo largo del tiempo.

4.5 Crecimiento en altura del monte bravo

4.5.1 Crecimiento en altura evaluación año 2003

El análisis del crecimiento en altura se realizó con la información obtenida del análisis de tallo de los ejemplares dominantes del monte bravo. A los datos obtenidos, se ajustó un modelo cuadrático, el que presentó un menor error estándar, alto coeficiente de correlación y alta bondad de ajuste. Además, los residuos se distribuían en forma más homogénea que el resto de los modelos probados.

Los parámetros entregados por el programa Statgraphics Plus (versión 2.0), para los datos de crecimiento en altura, luego de la aplicación del modelo cuadrático Square root-Y cuya ecuación es $Y = (a + b * X)^2$, representando Y a la variable dependiente (altura) y X a la variable independiente (edad); son los que muestra el cuadro N° 6.

Cuadro N° 6: Parámetros estadísticos para el modelo aplicado al crecimiento en altura, en función de la edad.

Parámetros	Zona de menor cobertura	Zona de mayor cobertura
Coeficiente de correlación (r):	0,94	0,89
Coeficiente de determinación o bondad de ajuste (r^2):	89%	78,8%
Error estándar de estimación:	0,26	0,45

Para ambos niveles de cobertura del dosel superior, las curvas ajustadas para el crecimiento en altura v/s edad son las mostradas en la figura N° 9 y figura N° 10.

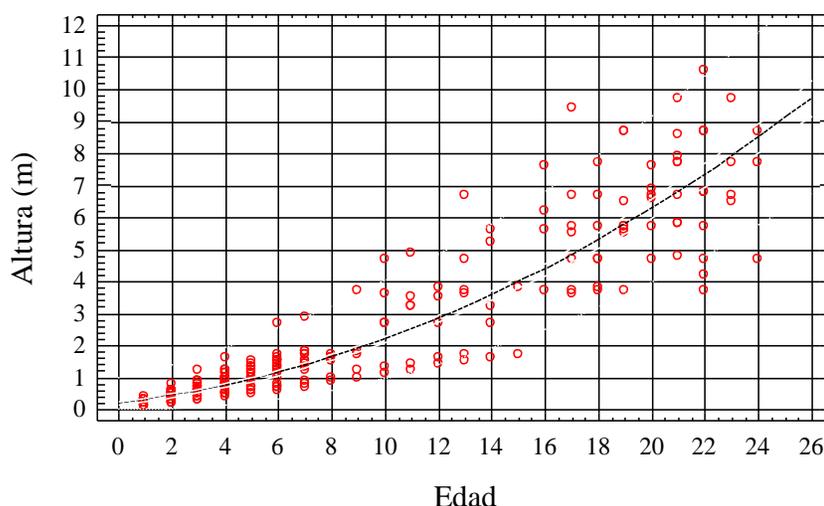


Figura N° 9: Comportamiento del crecimiento en altura de los árboles dominantes del monte bravo en la zona de menor cobertura.

En la zona de cobertura menor (figura N° 9), se observa que la dispersión de los datos es reducida, en comparación con la información de la zona de cobertura mayor (figura N° 10), que a edades avanzadas presenta una gran dispersión de datos, lo que se refleja en los valores presentes en el Cuadro N° 6.

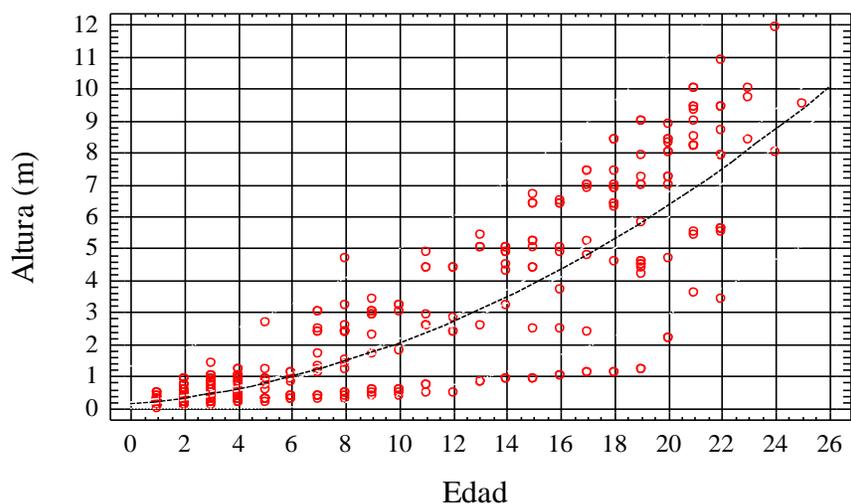


Figura N° 10: Comportamiento del crecimiento en altura de los árboles dominantes del monte bravo en la zona de mayor cobertura.

Se aprecia que para la mayor cobertura, la dispersión de los datos es más amplia, que para la menor cobertura, observándose que este comportamiento es notorio en todos los rangos de edades. Esto, también explica que la curva presente un mayor error de estimación y menor coeficiente de determinación que la generada para la zona de menor cobertura.

Este comportamiento puede ser explicado por las condiciones internas de cada zona, es decir, para las zonas de menor cobertura, la condición de alta luminosidad estaba presente en casi la totalidad del área, dando así condiciones más homogénea de luminosidad para los árboles dominantes presentes en ese sector. Sin embargo, para la zona de mayor cobertura, los niveles de luz eran más heterogéneos, ya que existía más variabilidad interna, dada por coberturas puntualmente altas o bien por sectores específicos donde la cobertura es menor o casi nula.

Esta heterogeneidad presente en las zonas de mayor cobertura, afecta lógicamente al crecimiento de los árboles dominantes, aumentando las tasas de crecimiento frente a una mayor disponibilidad del recurso luz y siendo menor cuando hay baja disponibilidad de este recurso. Esto desencadena procesos de competencia, que quedan de manifiesto al apreciar las diferencias en términos de altura, de los árboles dominantes a una misma edad, existiendo diferencias de hasta ocho metros a una edad determinada.

Al analizar las curvas en forma conjunta (figura N° 11), es posible apreciar que ambas coberturas presentan una tendencia similar para los árboles dominantes cosechados, estando la curva de menor cobertura levemente sobre la curva de mayor cobertura.

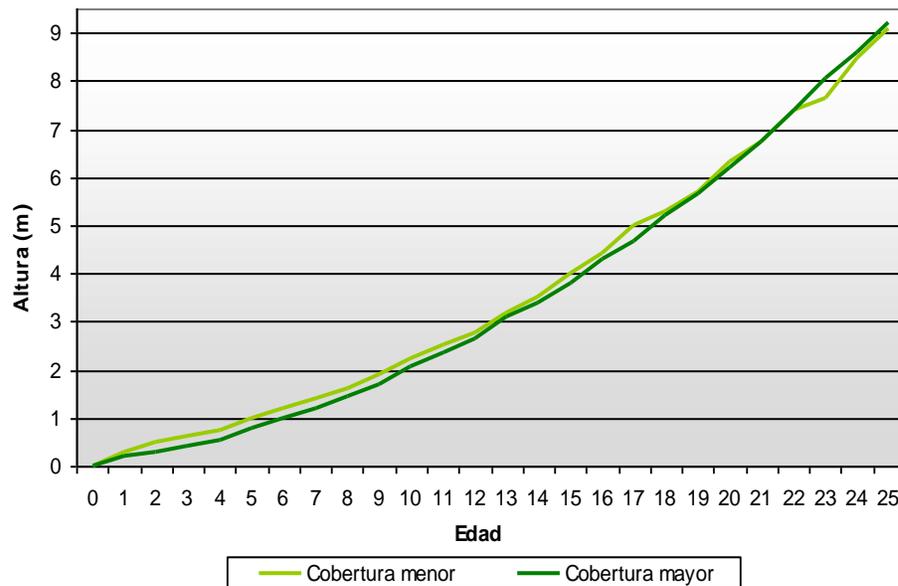


Figura N° 11: Comportamiento global del crecimiento en altura por cobertura para los árboles dominantes del monte bravo.

Los valores de alturas máximos, a la edad de 25 años, en ambos casos superan levemente los nueve metros. Esto indica que los incrementos medios en altura para ambas coberturas, eran prácticamente los mismos. De esta forma, las tasas de crecimiento eran también similares, pero levemente más bajas en las zonas de mayor cobertura. A pesar de estas diferencias, estadísticamente no hubo diferencia significativa para los crecimientos de ambas coberturas (apéndice N° 4).

Al analizar el crecimiento en altura de los árboles del monte bravo dominante para ambas coberturas, versus el período de crecimiento, se observó que las alturas máximas alcanzadas por la masa del monte bravo fue de 7,0 metros aproximadamente a la edad de 25 años (figura N° 12).

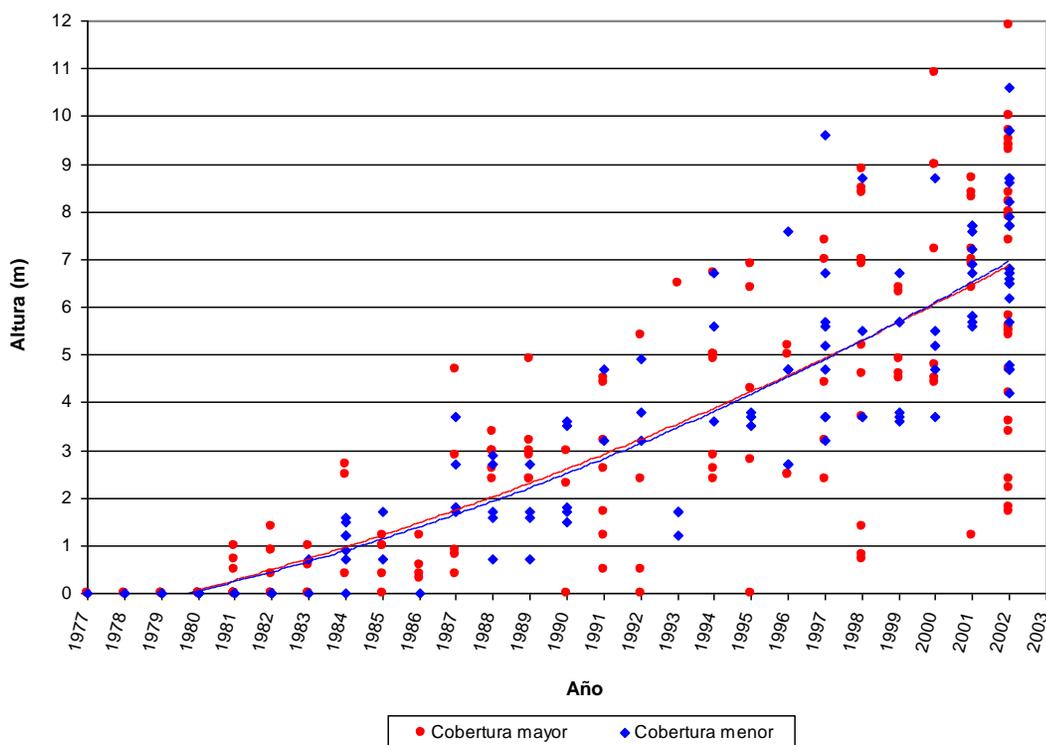


Figura N° 12: : Comportamiento del crecimiento en altura de la masa muestreada (monte bravo dominante) para ambas coberturas.

El comportamiento de la masa presentó un crecimiento más bajo que el encontrado al analizar las curvas de crecimiento de los árboles en cada cobertura (figura N° 11), ésto principalmente por que la curva de crecimiento de la masa del monte bravo representa el comportamiento de una mayor cantidad de datos, los que por la dispersión de éstos, genera una curva menos pronunciada. Además, en el último período ingresan árboles de menor edad, los que presentan una menor altura, disminuyendo el valor máximo encontrado al final del período.

Los dos niveles de cobertura evaluados, corresponden a grados de cobertura del dosel superior donde la respuesta del crecimiento es similar. En el estudio del año 2003 las coberturas evaluadas no presentan diferenciación en el crecimiento en altura.

Gran parte de los antecedentes encontrados sobre crecimiento corresponden a plantaciones, siendo escasa la información de bosques naturales. Por ello, se realizaron comparaciones entre los crecimientos del bosque y plantaciones, con la finalidad de

contar con una referencia de los crecimientos que presenta la especie, teniendo en consideración las diferencias entre ambas situaciones.

Algunos antecedentes sobre crecimiento de Raulí, corresponden a los estudiados por Barría (1996), quien evalúa el crecimiento de una plantación de Roble-Raulí en la X Región, encontrando alturas de 9,16 m a los 14 años. Los valores encontrados por la autora, superan largamente a los encontrados en el presente estudio, puesto que a esa edad, las alturas alcanzadas por la masa muestreada fueron de 2,5 metros.

Cabe destacar, que las diferencias en los crecimientos en altura entre los datos existentes para plantaciones y los encontrados en el presente estudio, puede deberse precisamente a la condición de plantación, lo que la hace más homogénea en su estructura y normalmente la competencia es principalmente entre los ejemplares plantados, maximizándose el desarrollo de las plantas, situación que es diferente para la regeneración natural, en un bosque donde se compite con el sotobosque bajo condiciones de luz heterogéneas.

Al respecto Grosse (1988), señala que un factor a destacar en el crecimiento de las especies, es el efecto de los competidores, como es el caso de colihue, que por la sombra que provoca, puede actuar como retardante en el desarrollo de la regeneración arbórea.

4.5.2 Crecimiento en altura evaluación años 1994 y 2003

Los datos de la medición realizada el año 1994 son un antecedente sobre las tasas de crecimiento del bosque, bajo las características de cobertura descritas para esa medición, en la cual se detectó diferencias significativas entre ambas coberturas (apéndice N° 5).

Para dichos datos las diferencias son mucho más marcadas que las del muestreo del año 2003. Con ambas series de datos se realizó un análisis del comportamiento de los árboles según cobertura, teniendo en consideración que las condiciones del bosque en lo referido a las características del dosel superior eran diferentes, y las edades de ambos al momento de hacer la medición eran también distintas, lo que determinó un estado de desarrollo diferente al momento de realizada la medición (figura N° 13).

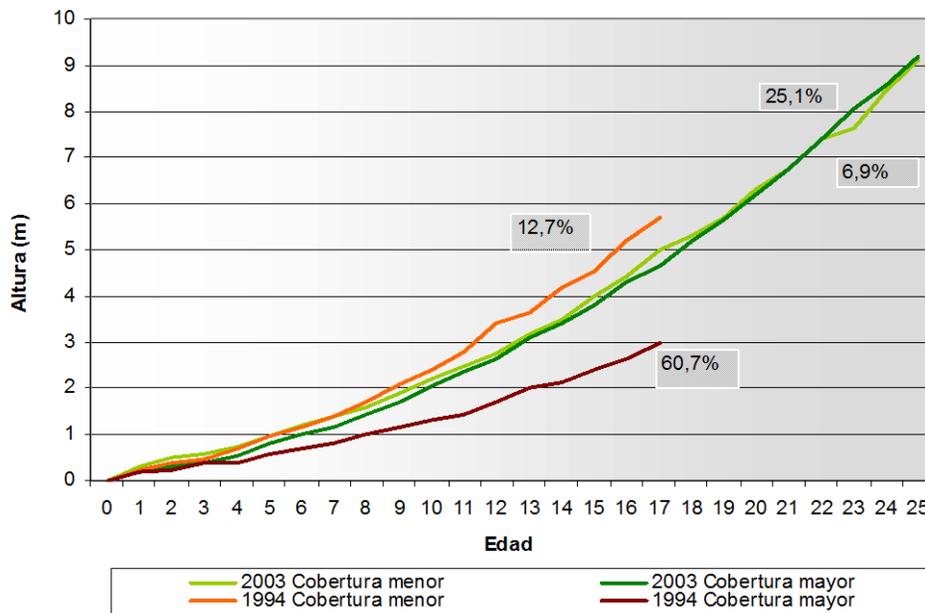


Figura N° 13: Crecimiento en altura de los árboles dominantes del monte bravo, para los muestreos realizados los años 1994 y 2003.

Para ambas series de datos (figura N° 13), los niveles de cobertura eran diferentes, existiendo para la medición del año 1994, niveles de cobertura más extremos entre ellos (promedio de 12,7% y 60,7%), en relación a los niveles de cobertura encontrados en el último muestreo (promedio de 6,9% y 25,1%).

Cabe tener en consideración, que en la medición del año 2003 los niveles de cobertura catalogados como mayor y menor, corresponden dentro de una clasificación más amplia, a valores bajos de cobertura, por lo que presentaron una respuesta similar en los árboles dominantes del monte bravo muestreado.

Al realizar un análisis de comparación de medias entre las curvas (figura N° 13), se determinó, que hubo diferencia significativa entre los crecimientos en altura de la zona con cobertura del 60,7%, versus el resto de las situaciones. Dicha comparación se realizó a la edad de 17 años para homogenizar los datos (apéndice N° 6).

Este resultado indicaría que, el monte bravo crece en forma más favorable bajo condiciones de luminosidad moderada a alta y que el crecimiento se ve mermado en

condiciones de luminosidad más limitada. Aunque cabe destacar que, debido a las condiciones de tolerancia de la especie, es necesario contar con cierta protección por parte del dosel superior que otorgue niveles moderados de sombra.

Weinberger y Ramírez (2001 a), señalan al respecto que, en la Provincia Malleco, Raulí se comporta como semitolerante a la sombra.

Al respecto, Smulders (1989), menciona que el grado de tolerancia a la sombra de Raulí es mayor que en Coihue, obteniéndose la mayor altura y el mejor desarrollo para condiciones de semisombra de un 40% de luminosidad. Weinberger y Ramírez (2001 a), señalan que generalmente la regeneración de Raulí en la IX Región, se limita a lugares donde los arbustos o árboles otorgan cierta protección mínima.

En un estudio realizado por Schmidt *et al.* (1991), se encontró que los crecimientos en altura son levemente mejores bajo coberturas que a plena luz. Por otra parte, Weinberger y Ramírez (2001 b), plantean que el desarrollo más eficiente de las plantas fue determinado con 17,6% y 21,0% de luminosidad relativa y que luminosidades muy bajas condicionan un crecimiento reducido.

La mayoría de los antecedentes al respecto, dicen relación con los porcentajes de luminosidad, siendo limitada la información que asocie dicha luminosidad a los grados de cobertura.

Al respecto Molina (2000), señala que la relación entre las variables luminosidad (%) y cobertura (%) es lineal e inversamente proporcional. Así, al aumentar la cobertura, disminuye la luminosidad y el crecimiento en altura para una plantación de Raulí de dos años de edad. El mismo autor determinó que para niveles de cobertura de 10% el crecimiento es de 50 cm aproximadamente, para coberturas de 25% el crecimiento baja a 45 cm y para coberturas del 60 % el crecimiento es de 35 cm.

Estos resultados (aunque se refiere a plantas de menor edad), confirman parcialmente lo observado, aunque difieren en cierto grado, con los resultados del presente estudio, ya que al analizar ambas mediciones, no se cumple totalmente la proporcionalidad negativa planteada por Molina (2000), pero se confirma que, a niveles muy altos de cobertura del dosel superior (60%), el crecimiento de los árboles es considerablemente menor.

En relación con este tema, Grosse (1988), destaca que el incremento de la disponibilidad de luz, aumenta las posibilidades de sobrevivencia de las plantas en el tiempo. Sin embargo, el mismo autor menciona otros estudios donde no necesariamente se mantiene una proporcionalidad lineal, ya que a partir de cierto punto, denominado como “punto de saturación de luz”, un aumento de la intensidad lumínica no produce un mayor crecimiento, incluso algunas experiencias demuestran una baja en el desarrollo de las plantas.

Los efectos específicos de la luz en el crecimiento y desarrollo de los árboles son, sin embargo, difíciles de evaluar adecuadamente, ya que con su variación se modifican simultáneamente otros factores como la humedad y temperatura, los que actúan finalmente en forma conjunta, siendo la luminosidad un componente más de la amplia gama de elementos selectivos del ambiente.

4.5.3 Incremento medio anual en altura

Para el cálculo de Incremento medio anual (IMA), se tomó la altura total del árbol dominante y la edad obtenida en la medición de la rodela extraída de la base. Para cada sector analizado (sector de cobertura menor y mayor) se calculó el promedio de los IMA de los árboles muestreados (figura N° 14).

Dichos crecimientos se calcularon para árboles cuyas edades promedios por parcela fluctúan entre los 20 a 22 años (promedio 21 años) y entre 15 a 25 años (promedio 20 años), para las zonas de menor cobertura y zonas de mayor cobertura respectivamente.

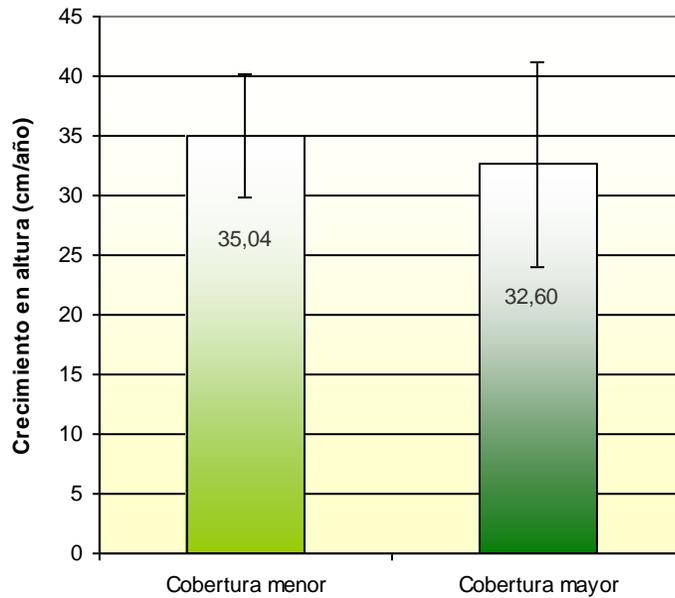


Figura N° 14: Crecimiento medio anual en altura (cm/año) por cobertura para los árboles dominantes del monte bravo (Media \pm Desviación estándar ; n = 3-5).

Como lo detalla la figura N° 14 la zona de menor cobertura, presenta incrementos medios anuales levemente mayores que los de la zona de mayor cobertura. A pesar de existir diferencias numéricas, estadísticamente no hay diferencias significativas entre los IMA (apéndice N° 2).

El comportamiento a nivel de cada unidad muestral (parcelas) por cobertura (figura N° 15), no presentó una diferencia clara entre ambos sectores, lo que se traduce finalmente en los resultados estadísticos antes mencionados.

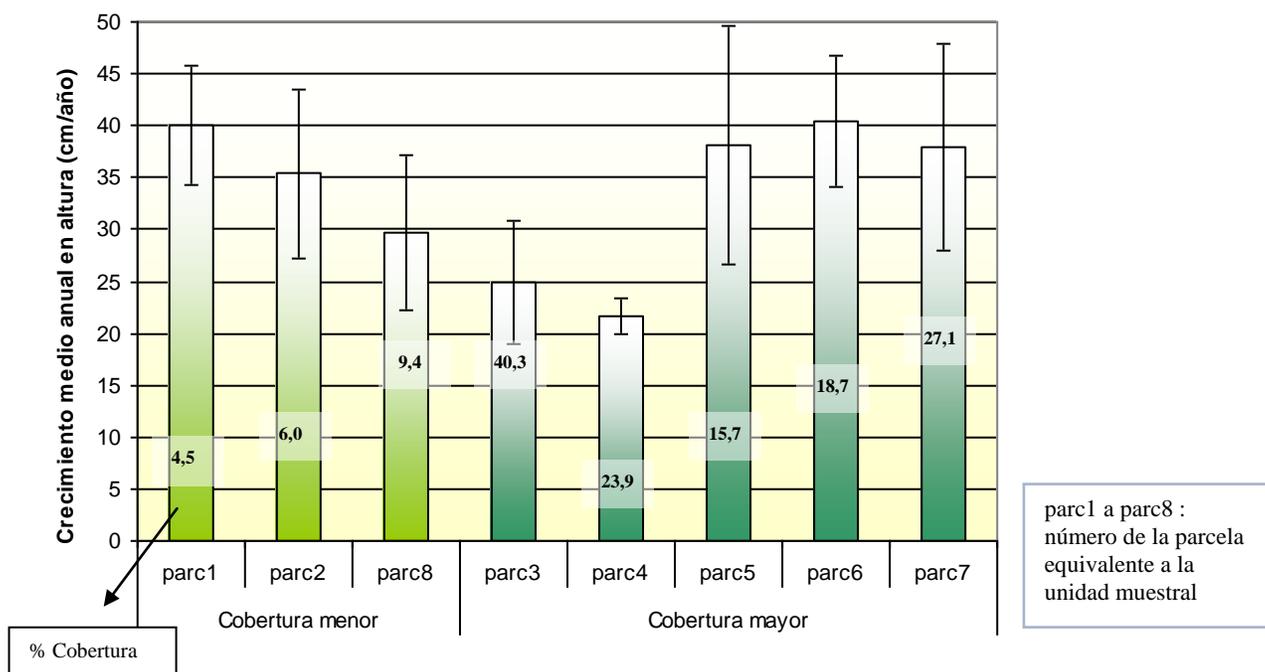


Figura N° 15: Crecimiento medio en altura por unidad muestral (parcela), para los árboles dominantes del monte bravo (Media \pm Desviación estándar; n = 3-5).

Los antecedentes sobre las tasas de crecimiento del bosque (figura N° 11), y los IMA en altura (figura N° 14), permiten concluir, que los árboles dominantes del monte bravo de ambas coberturas, alcanzaron crecimientos similares a lo largo de la edad. Además, las tasas a las que estaban creciendo los árboles dominantes de ambas zonas fueron levemente diferentes, siendo superados los crecimientos de la zona de mayor cobertura (32,6 cm/año) por los de la zona de menor cobertura (35,04 cm/año). Como se aprecia en la figura N° 15, el comportamiento del IMA en altura no sigue una tendencia clara.

Al respecto, Sepúlveda (1991), evalúa el efecto de intervenciones en el dosel superior (reducción de éste), en bosques de Coihue-Raulí-Mañío determinando que, dichas intervenciones, causan un notable mejoramiento en el crecimiento en altura de los árboles bajo el dosel. Los valores subían de 17,5 a 52,5 cm/año en altura y en la medida que la cobertura del dosel arbóreo disminuía, los valores del crecimiento aumentaban. El presente estudio mostró, en términos globales, un mayor crecimiento en zonas de menor cobertura, asemejándose, a los resultados entregados por el autor antes mencionado (figura N° 16).

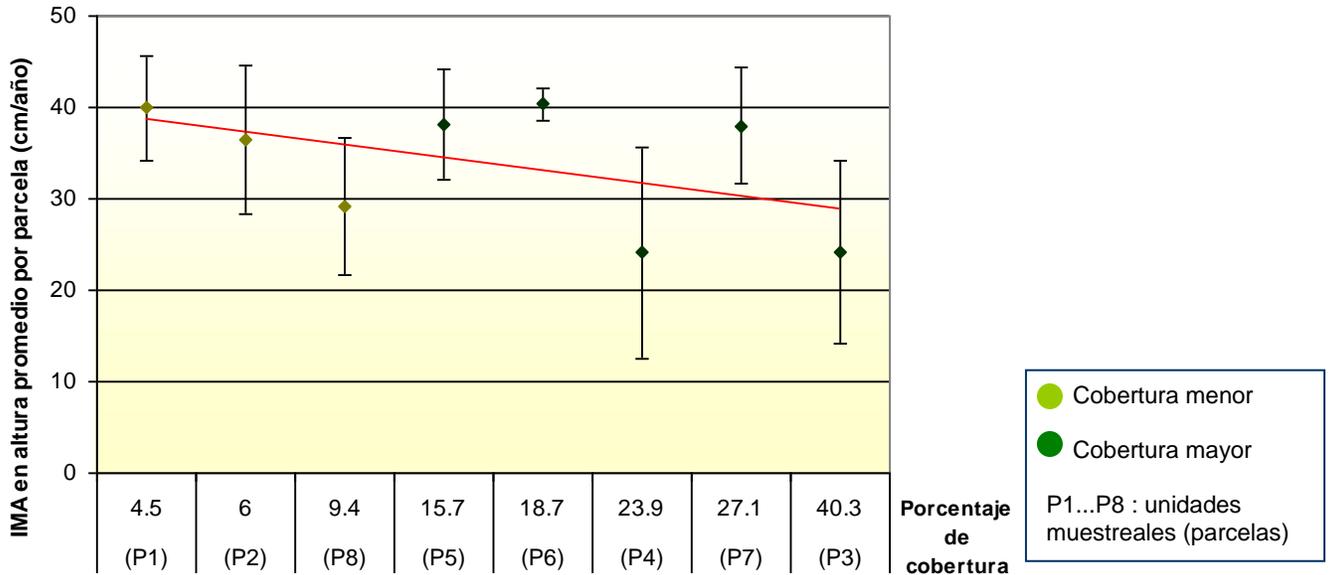


Figura N° 16 : Comportamiento del IMA a nivel de unidad muestral, asociado a la cobertura del dosel superior (Media \pm Desvest ; n = 3-5).

En la figura N° 16, se observa que la tendencia del crecimiento medio anual en altura para las diferentes unidades muestrales (parcelas), tiende a ir descendiendo a medida que el porcentaje de cobertura va aumentando.

Al respecto Schmidt *et al.* (1991), señalan que el crecimiento en altura de Raulí en bosques no manejados de Coihue - Raulí - Mañío, aumenta a medida que disminuye la cobertura del dosel arbóreo.

Antecedentes sobre el crecimiento medio anual para Raulí, encontrados por Hamdam (1995), para renovales no manejados, revelan que, a los dos años los incrementos eran de 0,85 m. Éstos decrecen fuertemente hasta los siete años, donde comienza a disminuir hasta los 32 años, registrándose incrementos de 0,49 metros a esa edad. Cabe destacar que, para esta especie, la duración del período de crecimiento es distinto a diferentes edades, influyendo factores ambientales relacionados con la T° y las pp, ya que ésta es una especie muy sensible a condiciones ambientales adversas (Smulders, 1989).

Los datos del muestreo correspondiente al presente estudio, se muestran menores que los encontrados por Hamdam (1995). Sin embargo, en relación con los datos encontrados por Smulders (1989), quien determinó crecimientos para Raulí de 1,1 cm/año a 24,12

cm/año (incremento medio de 23,02 cm/año), los datos del presente estudio, se muestran un tanto superiores (32 a 35 cm /año).

Para el caso de plantaciones, Grosse (1987), analizó árboles de 10 a 11 años establecidos bajo cobertura y sin cobertura, encontrando que, para zonas donde está presente la cobertura del dosel, los incrementos en altura eran de 53,1 cm, mientras que, en zonas sin cobertura, los incrementos disminuían a 31,7 cm a la edad de 11 años. Este comportamiento difiere con el encontrado en el presente estudio, esto se debe principalmente, por que al existir más cobertura en plantación, la competencia por el recurso es mayor y se maximiza el desarrollo inicial de los individuos, por efecto de la competencia entre individuos.

Por otra parte, para el muestreo realizado hace nueve años, en árboles de edades máximas de 17 años, las variaciones fueron mucho más evidentes, encontrándose diferencias significativas al realizar análisis estadísticos. Los valores del IMA encontrados son los que muestra el cuadro N° 7.

Cuadro N° 7: Incremento medio anual en altura para la medición del año 1994.

Incremento medio anual en altura (cm/año)	
Cobertura menor	29,7
Cobertura mayor	10,7

Dichos valores de incremento medio anual, fueron menores a los encontrados en la medición del año 2003, para ambas coberturas.

4.5.4 Crecimiento en altura de los últimos nueve años

Para un análisis más detallado del crecimiento del monte bravo en el último período, luego de la última intervención (extracción de árboles el año 1994), se realizó el cálculo del incremento periódico para los últimos nueve años. Los valores encontrados para cada cobertura se muestran en la figura N° 17.

Los análisis estadísticos demuestran que no hay diferencia significativa entre los incrementos en altura de ambas coberturas, a pesar de existir a nivel numérico, una leve diferencia.

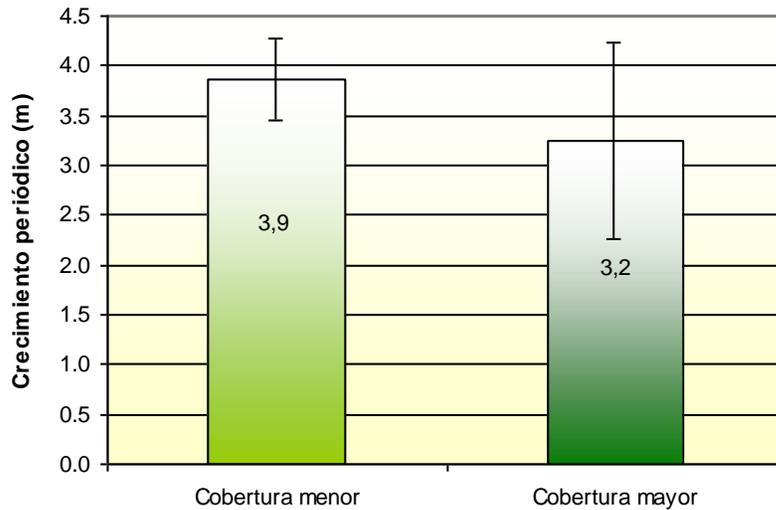


Figura N°17: Crecimiento periódico en altura por cobertura para los últimos nueve años (Media \pm Desviación estándar; n = 3-5).

Con los resultados de los análisis estadísticos se puede concluir que, para dichas coberturas del dosel superior, los árboles dominantes presentan tasas de crecimientos levemente diferentes, pero dichas coberturas no causan una reacción notoria en el crecimiento de los árboles. Cabe destacar que dichas diferencias fueron mayores a las encontradas en el análisis de los incrementos medios anuales a la edad final de los árboles dominantes.

Para este último período existe certeza de que el bosque no ha sido intervenido, por lo que la reacción de éste en lo referido al crecimiento en altura, es una respuesta a los diferentes factores, tanto ambientales, a las características internas del bosque, como su estructura, competencia y otros.

4.5.5 Crecimiento en altura de los dos últimos años

El análisis de los crecimientos en altura mostrados en los dos últimos años, sin encontrar mayores diferencias entre estos períodos. La figura N° 18 muestra una leve diferencia entre las zonas de cobertura menor y mayor para el año 2001, visualizándose un mayor crecimiento en la zona de menor cobertura, superando en 2,3 centímetros a la zona de mayor cobertura. Mientras que, para el año 2002, el comportamiento fue contrario superando las zonas de mayor cobertura en 0,6 centímetros a las zonas de menor cobertura.

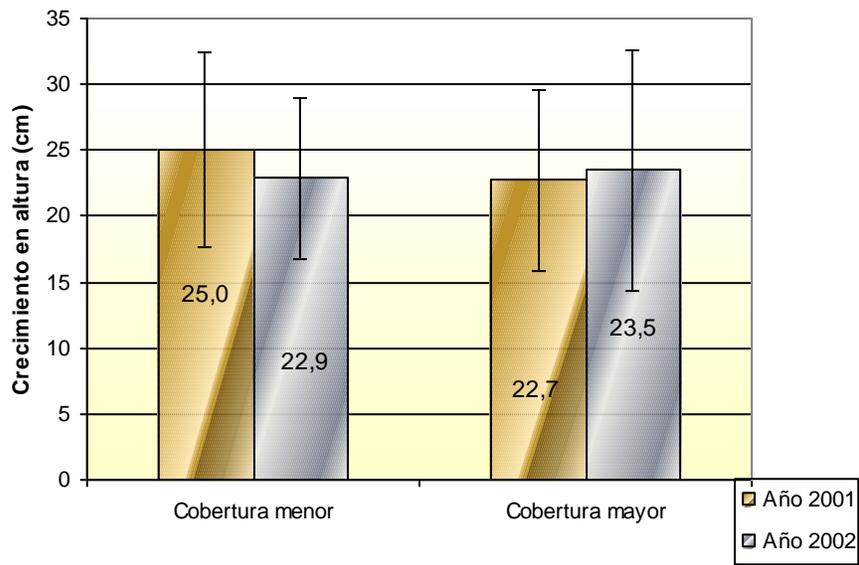


Figura N° 18: Crecimiento promedio en altura de los árboles dominantes del monte bravo de los dos últimos años (período 2001-2002) (Media \pm Desviación estándar; n = 3-5).

En términos generales se puede decir que, para el año 2001 los crecimientos promedios en altura fueron levemente mayores que para el año 2002.

4.6 Crecimiento en diámetro del monte bravo

4.6.1 Crecimiento en diámetro evaluación año 2003

El modelo elegido y los análisis realizados corresponden a los mismos efectuados para el crecimiento en altura. En este caso, se relaciona el diámetro (DAP) versus edad de los árboles.

Los parámetros entregados luego del ajuste de la función, para el caso de los datos de crecimiento en diámetro fueron los siguientes:

Cuadro N° 8: Parámetros estadísticos para el modelo aplicado al crecimiento en diámetro.

Parámetros	Zona de cobertura menor	Zona de cobertura mayor
Coefficiente de correlación (r):	0,88	0,85
Coefficiente de determinación o bondad de ajuste (r^2):	78%	72,5%
Error estándar de estimación:	0,35	0,45

El comportamiento por cobertura se muestra en las figuras N° 19 y N° 20.

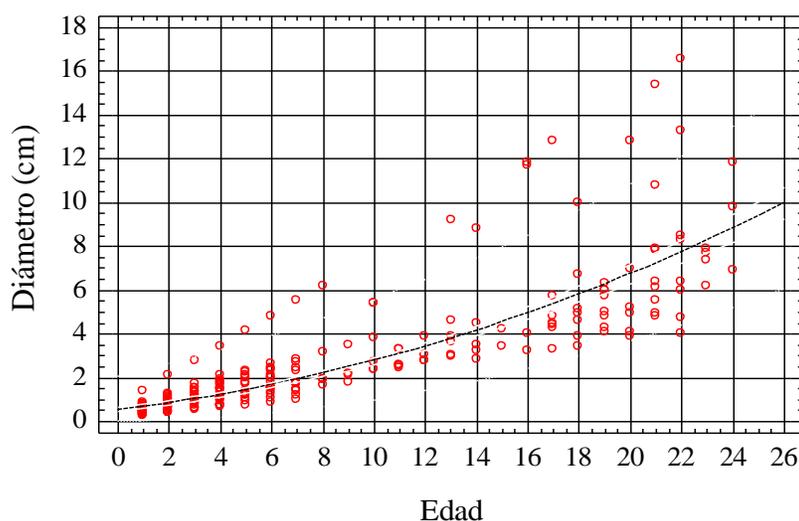


Figura N° 19: Comportamiento del crecimiento diametral de los árboles dominantes del monte bravo en la zona de menor cobertura.

Para el crecimiento en diámetro de los árboles dominantes, se observó en las zonas de menor cobertura, que el rango de dispersión de los datos no fue tan amplio, como en el caso de las zonas de mayor cobertura (figura N° 19). Además fue posible apreciar que para las edades más tempranas la dispersión de los datos fue también menor, en relación con las edades más avanzadas, para ambas coberturas.

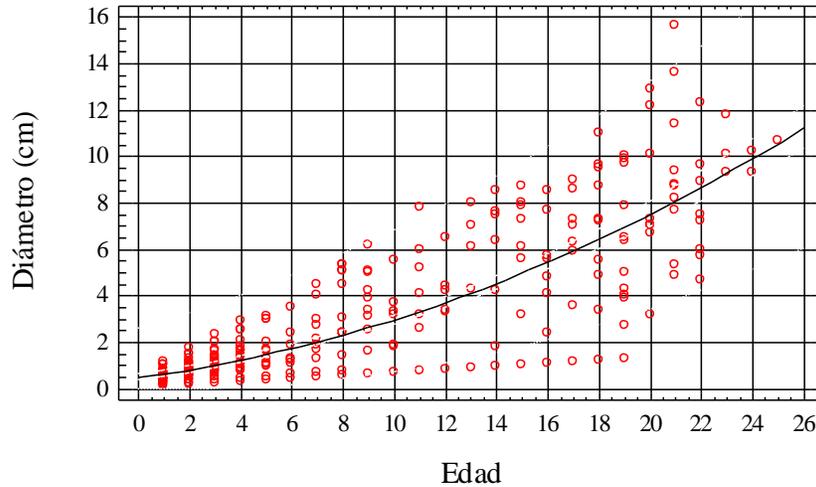


Figura N° 20: Comportamiento del crecimiento diametral de los árboles dominantes del monte bravo en la zona de mayor cobertura.

Esta alta dispersión de los datos, puede explicarse por las condiciones de mayor heterogeneidad, en lo que se refiere a cobertura del dosel superior.

Así, en zonas de mayor cobertura existían sectores con alta disponibilidad de luz y otros con baja disponibilidad de este recurso, lo que estaría afectando, en algún grado, al crecimiento diametral de los árboles dominantes. Esto, principalmente debido al factor competencia, que se desencadena producto de dicha heterogeneidad interna, lo que se reflejaría finalmente, en una mayor variedad de diámetros determinados a una misma edad.

Por otra parte, en zonas donde la cobertura era menor, las variaciones internas en términos de luminosidad fueron también menores, siendo la disponibilidad de luz más homogénea en toda la zona, por lo que la competencia interna por el recurso disminuía.

El comportamiento global de ambas coberturas se muestra en la figura N° 21. Se aprecia que, en los primeros años de crecimiento las curvas tienden a seguir una misma tendencia y al avanzar la edad, se observa una leve separación de ellas. Este comportamiento puede explicarse por la dispersión de los datos, ya que en la curva de menor cobertura (figura N° 19), la cantidad de puntos existentes para diámetros menores es mayor, por lo que el ajuste del modelo tiende a generar la curva más cercana al eje horizontal, donde la concentración de datos es mayor.

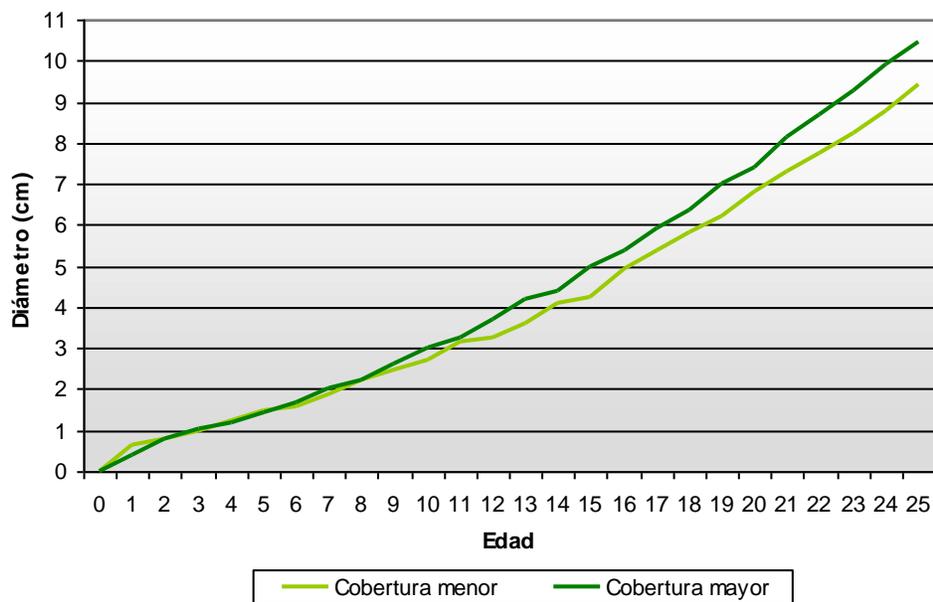


Figura N° 21: Comportamiento del crecimiento diametral por cobertura para los árboles dominantes del monte bravo.

Los análisis estadísticos demostraron, que no existió diferencia entre ambos tratamientos, para los incrementos medios anuales en diámetro (apéndice N° 7).

En términos generales se observó que el diámetro medio alcanzado por los árboles dominantes del monte bravo a la edad de 25 años era entre los 9,5 y 10,5 cm, para las zonas de cobertura menor y mayor respectivamente. Por otra parte, al analizar el comportamiento global de la masa del monte bravo, versus el período de crecimiento (año calendario), se observó que el diámetro medio del monte bravo a los 25 años, presenta un valor de 7,5 cm aproximadamente (figura N° 22).

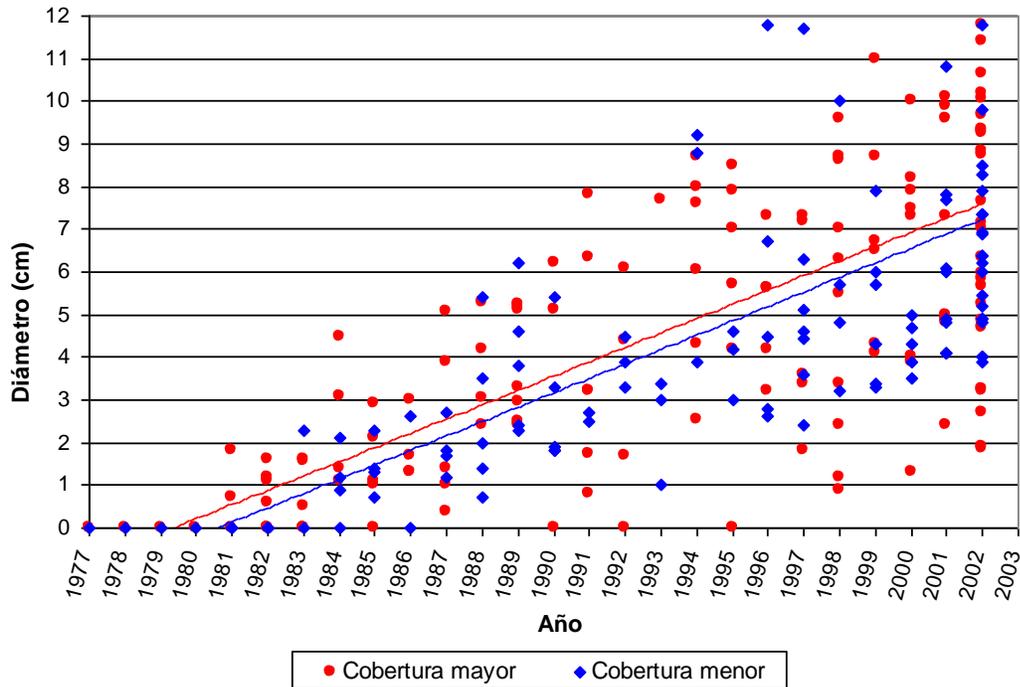


Figura N° 22: Comportamiento del crecimiento diametral de la masa muestreada (monte bravo dominante) para ambas coberturas.

La baja en los crecimientos medios diametrales alcanzados por la masa del monte bravo, en relación al análisis antes descrito a nivel de cobertura (figura N° 21), se debe a que en el último período ingresan árboles de poca edad, cuyo crecimiento diametral es bajo, disminuyendo el valor máximo encontrado.

Para los crecimientos diamétricos, existen varios estudios realizados en Raulí que hacen mención al comportamiento de esta variable a diferentes edades, aunque cabe destacar que la mayoría de ellos corresponden a plantaciones. Por ello se realizaron comparaciones entre plantación y bosque natural, teniendo en consideración dichas diferencias.

Al respecto, Barría (1996), determinó en una plantación de Roble-Raulí-Ulmo que a los 14 años de edad, Raulí alcanzaba 9,7 cm y en una plantación de Roble-Raulí, Raulí alcanzaba 10,41 cm a la misma edad.

Estos valores son superiores a los encontrados para la masa del monte bravo dominante muestreado, donde a la misma edad, los diámetros encontrados a la misma edad eran de 2,7 cm aproximadamente. Cabe destacar que los valores entregados por Barría (1996)

están dados para plantaciones, cuyas variables son manejadas en la mayoría de las etapas de vida de la plantación (no así en el bosque en estudio), siendo la competencia el factor principal que afecta el crecimiento diametral, la cual es regulada a través de un manejo centrado en maximizar los crecimientos diametrales. Por otra parte la mayoría de los estudios se realizan en plantaciones carentes de cobertura del dosel superior lo que disminuye la competencia por el recurso.

4.6.2 Crecimiento en diámetro evaluación años 1994 y 2003

Los antecedentes del muestreo realizado el año 1994, permitieron graficar ambas series de datos (figura N° 23), mostrando un comportamiento bastante disímil al encontrado en el último muestreo, teniendo en consideración, que las condiciones del bosque en lo referido a cobertura del dosel superior y a la edad de los árboles eran distintas. En este caso los análisis estadísticos demuestran que existe diferencias significativas entre ambas coberturas (apéndice N° 8).

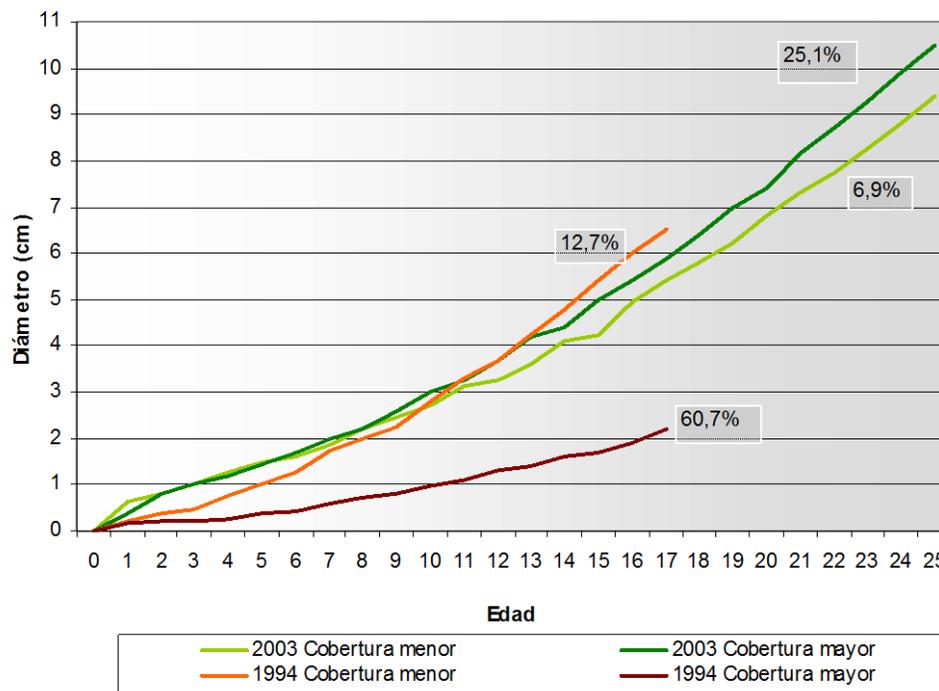


Figura N° 23: Crecimiento diametral de los árboles dominantes del monte bravo para los muestreos realizados los años 1994 y 2003.

En términos generales, al analizar las curvas de ambos muestreos (figura N° 23), se pudo observar que para la cobertura de aproximadamente 60% el diámetro se veía afectado,

presentando valores inferiores a los obtenidos en coberturas menores a ésta (entre 7 y 25 % aproximadamente). Estas últimas se veían afectadas por la condición de luminosidad, lo que determina una mayor tasa de crecimiento de los árboles dominantes expuestos a mayores condiciones de luminosidad.

Lo anterior concuerda con los resultados estadísticos, los que fueron significativamente distintos entre los árboles que se desarrollaron bajo cobertura inferior a 26% y los que crecieron con cobertura entorno a 60 %.

Estos resultados tienen relación con las curvas de crecimiento en altura, donde para la medición del año 2003 el comportamiento era prácticamente el mismo en ambas coberturas, por lo que la respuesta del crecimiento diametral no debió variar significativamente. Sin embargo, las diferencias en términos de comportamiento de las zonas de cobertura menor y mayor, podría deberse mayormente a los niveles de competencia presentes en el dosel inferior, dado por la densidad y cercanía de los árboles presentes en ese estrato.

Al analizar la respuesta en diámetro de las zonas con cobertura inferior al 26 %, se determinó, que no existía diferencia estadísticamente significativa para los crecimientos diametrales entre coberturas aproximadas de 7 %, 13 % y 25 %, además de no presentar una relación directa entre diámetro alcanzado por los árboles dominantes y los porcentajes de cobertura del dosel superior.

Al respecto, Sepúlveda (1991) evalúa el efecto de las intervenciones en el dosel superior (reducción de éste) en bosques de Raulí-Coihue-Mañío, determinando que dichas intervenciones, causan un notable mejoramiento en el crecimiento en diámetro de los árboles bajo el dosel y, en la medida que la cobertura del dosel arbóreo disminuye, los valores del crecimiento aumentan.

El presente estudio difiere (en cierto grado) con los resultados obtenidos por dicho autor, ya que la relación directa que menciona, entre la disminución de la cobertura y el aumento del crecimiento diametral, no se presenta en forma clara, aunque existe un mejoramiento en el crecimiento diametral al aumentar la luminosidad, este no se relacionaría exclusivamente a la cobertura.

4.6.3 Incremento medio anual en diámetro

Con el análisis de tallo, se calcularon los IMA en diámetro para cada árbol muestra, obteniendo así, el promedio para cada cobertura (figura N° 24).

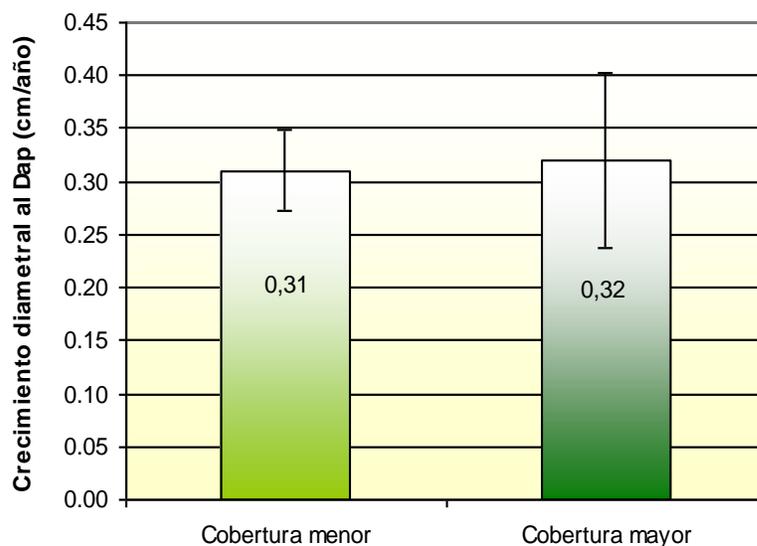


Figura N° 24: Crecimiento medio anual en diámetro al DAP por cobertura (Media \pm Desviación estándar; n = 3-5).

Se observa que las diferencias a nivel numérico son mínimas, creciendo ambas zonas 3 mm/año, no existiendo diferencias significativas a nivel de cobertura para los crecimientos diametrales, según los análisis estadísticos realizados (apéndice N°7). Dichos crecimientos, fueron calculados para árboles cuyas edades promedio a la altura del DAP fluctuaban entre los 11 a 20 años, siendo la edad promedio por zona de 18 años.

En relación con los crecimientos diametrales, existe información principalmente sobre plantaciones de Raulí. Al respecto, Donoso *et al.* (1993), evalúa dos plantaciones de Raulí de 14 años, ubicadas en la Precordillera Andina en las cercanías de Panguipulli, encontrando crecimientos medios anuales en diámetro de 0,8 cm., valores superiores a los encontrados en el presente estudio, aunque cabe destacar, que la edad de la plantación era menor y que se trataba de plantación.

Al respecto, Donoso (1988) encontró crecimientos diametrales para los primeros 20 años de 0,67 cm/año, valores que doblan a los encontrados en el presente estudio, a edades

cercanas.

En relación al tema, Sepúlveda (1991) evalúa el efecto de las intervenciones en el dosel superior (reducción de éste) en bosques de Raulí-Coihue-Mañío encontrando que los valores suben de 1,8 a 5 mm/año en diámetro al reducir el dosel y, en la medida que la cobertura del dosel arbóreo disminuye, los valores del crecimiento aumentan, comportamiento disímil al encontrado en el presente estudio, donde el crecimiento diametral no presenta una relación directa con la cobertura.

Por otra parte, Smulders (1989) señala que el crecimiento en diámetro para el caso de Raulí, tiende a ser lento los primeros años, con valores de 0,5 cm/año y es más rápido en el período juvenil, en que alcanza 1 cm/año y disminuye a 0,7 cm/año después de los 35 años.

En general, los crecimientos diametrales suelen presentar un comportamiento variable, de acuerdo a las características propias del bosque en estudio, no presentando un comportamiento predecible a lo largo de la edad y variable dependiendo de la cobertura del dosel superior.

A nivel de unidad muestral (parcela), las diferencias entre las zonas de baja y de alta cobertura fueron mínimas (figura N° 25), no superando los 0,40 cm/año.

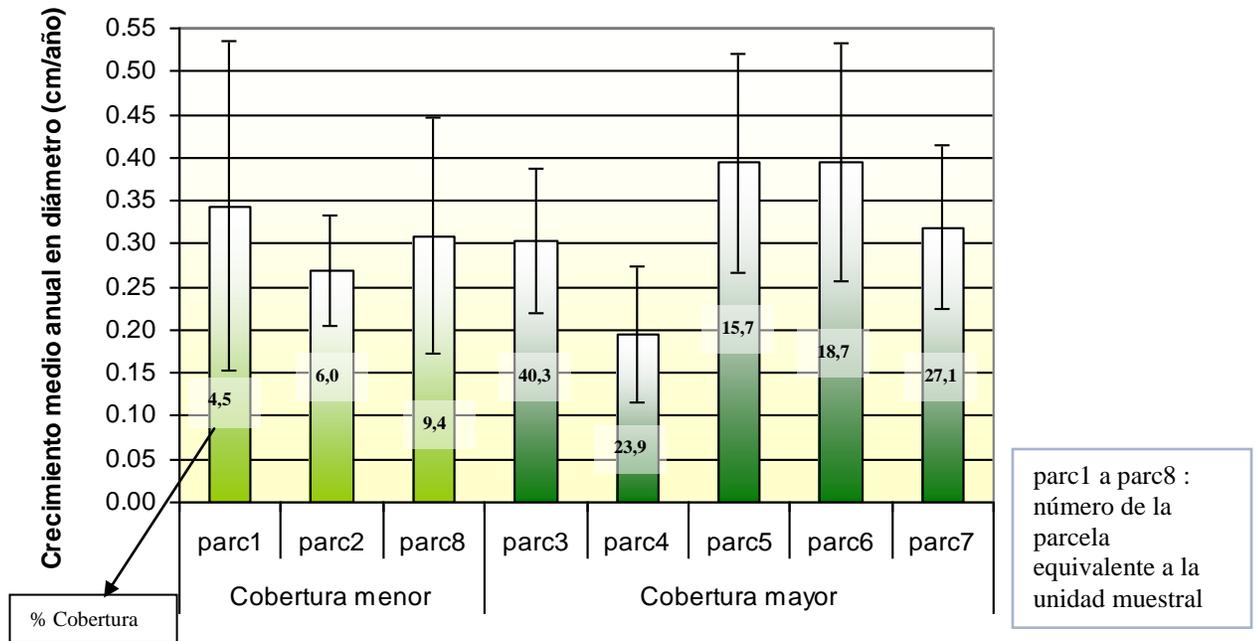


Figura N° 25 : Crecimiento medio en diámetro por unidad maestra (parcela)
 (Media ± Desviación estandar; n = 3-5).

Como se observa en la figura N° 26 el crecimiento en diámetro no presenta una relación directa con los niveles de cobertura del dosel superior, aunque presenta una leve diferencia numérica, no significativa estadísticamente, que favorece a las zonas de mayor cobertura. Esta respuesta pudo deberse a la presencia de otros factores, como la competencia entre individuos.

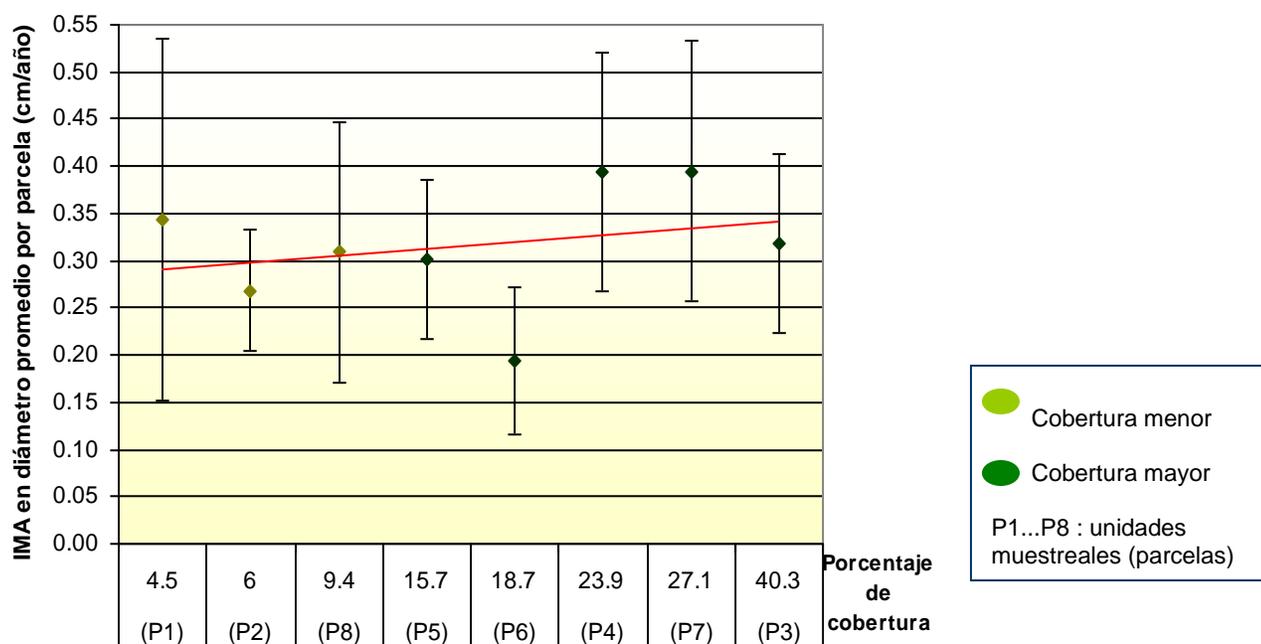


Figura N° 26 : Comportamiento del IMA a nivel de unidad muestral, asociado a la cobertura del dosel superior (Media \pm Desviación estándar; n = 3-5).

Sin embargo, para los datos del año 1994, los crecimientos en diámetro muestran diferencias significativas entre los crecimientos de ambas zonas de cobertura, siendo los valores del IMA por cobertura los entregados en el cuadro N° 9.

Cuadro N° 9: Incremento medio anual en diámetro por cobertura

IMA en Diámetro 1994 (cm/año)	
Cobertura menor	0,28
Cobertura mayor	0,17

Este comportamiento, si bien difiere con los encontrados en el muestreo realizado el año 2003, se atribuye a los diferentes niveles de cobertura del dosel superior, siendo éstos más extremos para el caso del muestreo realizado el año 1994.

4.6.4 Crecimiento en diámetro de los últimos nueve años

Para los datos obtenidos de las rodela extraídas al DAP, se analizó el crecimiento diametral anual para los últimos nueve años, con lo que se calculó el incremento periódico (IP) de este período, con la finalidad de realizar un análisis más exacto. Los crecimientos

a nivel de unidad muestral se presentan en la figura N° 27.

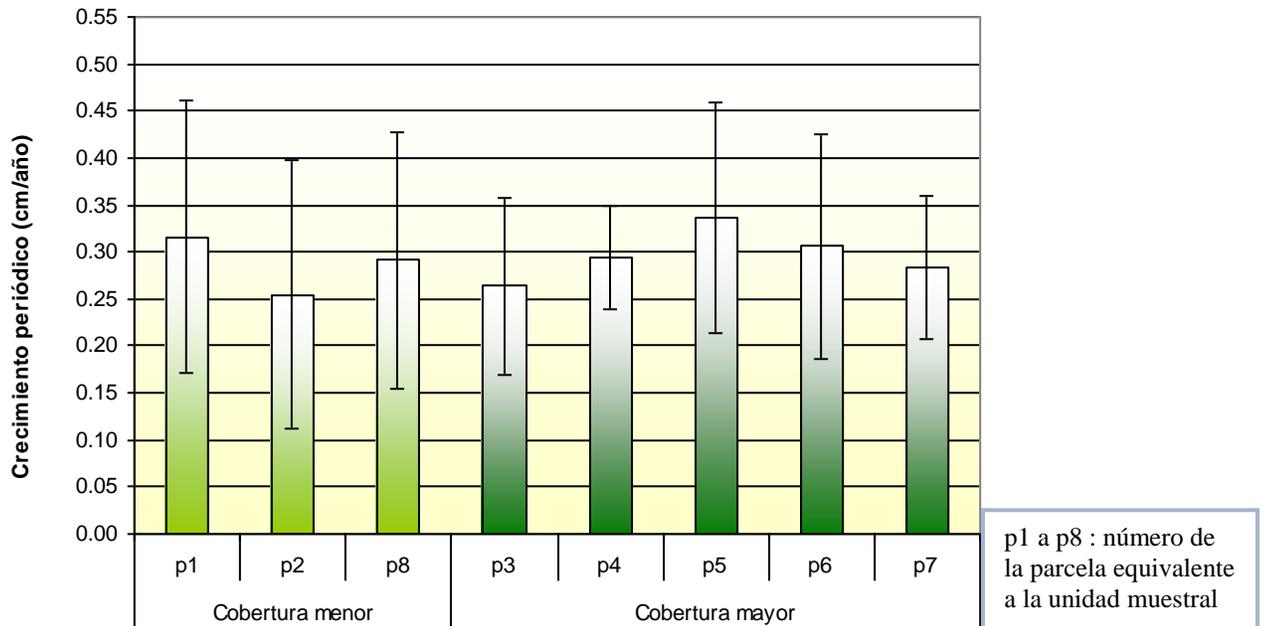


Figura N° 27: Crecimiento periódico en diámetro por unidades muestrales para los últimos nueve años (Media \pm Desviación estándar; n = 3-5).

Para ambas coberturas los crecimientos diametrales de los últimos nueve años no muestran gran diferencia, fluctuando entre los 0,25 y 0,34 cm/año. Para niveles de cobertura menores, el crecimiento promedio del monte bravo fue de 0,29 cm/año, mientras que para las zonas de cobertura mayor el promedio encontrado fue de 0,30 cm/año, claramente la diferencia entre ambas coberturas no es significativa.

5. Conclusiones

- Dadas las características del dosel superior presentes en el bosque, la densidad de la regeneración no presentó variaciones estadísticamente significativas (entre las densidades encontradas para la zona de menor cobertura y las zonas de mayor cobertura).
- El crecimiento, tanto en altura como en diámetro de los árboles dominantes del monte bravo (año 2003), no se vio afectado en forma significativa para los porcentajes de cobertura del dosel superior estudiados (6,9 % en promedio para zonas de menor cobertura y 25,1% para zonas de mayor cobertura).
- En el bosque de Coihue-Raúl estudiado, la disponibilidad de luz asociada a los porcentajes de cobertura del dosel superior analizados el año 2003, no afecta mayormente al crecimiento en altura de las plantas. Los crecimientos medios anuales en altura encontrados fueron de 35,0 cm/año para las zonas de menor cobertura y de 32,6 para la zona de mayor cobertura, no existiendo diferencias significativas entre ambas coberturas.
- En la evaluación realizada el año 2003, la cobertura del dosel superior no tiene una influencia directa en el crecimiento diametral de los árboles del monte bravo. El incremento medio anual en diámetro, logró valores de 0,31 a 0,32 cm/año para las zonas de cobertura baja y alta respectivamente, no siendo significativa dicha diferencia.
- Para los valores extremos de coberturas del dosel analizados el año 1994 (12,7% en promedio para zonas de menor cobertura y 60,7 para zonas de mayor cobertura), se observaron diferencias significativas en los crecimientos en altura y en diámetro de los árboles dominantes del monte bravo.
- Al analizar globalmente las evaluaciones de los años 1994 y 2003, se determinó en el bosque estudiado, que los porcentajes de cobertura del 60% afectan en forma negativa al crecimiento en altura y en diámetro, mientras que valores bajo el 26% presentan una respuesta positiva en términos de crecimiento, dado por la mayor disponibilidad de luz.

6. Bibliografía

- BARRIA, L. 1996. Comparación de la estructura y crecimiento de una plantación de Roble-Raulí con una de Roble-Raulí-Ulmo, en la Provincia de Valdivia. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 84 p.
- COGOLLOR, G y VITA, A. 1979. Regeneración en bosque nativo de Raulí. Plantaciones y ensayos de regeneración. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 82 p.
- CONAF. 1997. Ficha técnica Raulí. Chile Forestal N° 246 Febrero. 49-50 p.
- CONAF y OFFICE NATIONAL DES FORÊTS. 1998. Plan de Ordenación Reserva Nacional Malleco. Documento de trabajo N° 280. Santiago, Chile. 195 p.
- CONAF-CONAMA. 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variable ambientales. Proyecto CONAF, CONAMA, BIRF. Universidad Austral de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Universidad Católica de Temuco. 88 p.
- DI CASTRI, F y HAJEK, E. 1976. Bioclimatología de Chile. Vicerrectoría académica de la Universidad Católica de Chile. 128 p.
- DONOSO, C. 1978. Dendrología. Árboles y arbustos Chilenos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Manual N° 2. Santiago.
- DONOSO, C. 1979. Mini monografía sobre Nothofagus en Chile. Consulta técnica sobre especies arbóreas frondosas de crecimiento rápido para su plantación en la zona mediterránea y en la zona templada. FAO. Reunión técnica N7. Portugal. 15 p.
- DONOSO, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Investigación y desarrollo forestal. FO: DP/CHI/76/003. Documento de trabajo N° 38 Santiago. Chile. 70 p.

- DONOSO, C. 1992. Ecología forestal: El bosque y su medio ambiente. Tercera edición. Editorial Universitaria. Santiago. 369 p.
- DONOSO, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina: Variación estructura y dinámica. Primera edición. Editorial universitaria. 483 p.
- DONOSO, C; ESCOBAR, B y CORTÉS, M. 1991. Técnicas de vivero y plantación para Raulí (*Nothofagus alpina*). Documento técnico N° 53. Chile Forestal. 8 p.
- DONOSO, P. 1988. Caracterización y prospecciones silviculturales para renovales de Roble y Raulí en el área de protección Radal Siete Tazas VII Región. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Revista Bosque. Volumen 9 (2). 103-114 p.
- DRAKE, F. 1977. Haya (*Fagus silvatica*) ¿Un modelo de manejo silvícola para *Nothofagus*?. 42 p.
- GAJARDO, R. 1992. La vegetación natural de Chile. Proposición de un sistema de clasificación y representación de la distribución geográfica. Santiago de Chile. Departamento de Silvicultura. Universidad de Chile. 34 p.
- GROSSE, H. 1987. Desarrollo inicial de plantaciones de Raulí. Ciencia e Investigación Forestal. Volumen N° 1(1) INFOR, Chile. 49-56 p.
- GROSSE, H. 1988. Desarrollo de platas de los géneros *Fagus* y *Nothofagus* en función de la luminosidad, revisión bibliográfica. Ciencia e Investigación Forestal. Volumen N°2 (1) INFOR, Chile. 114-120 p.
- GROSSE, H. 1994. Algunas especies promisorias para Chile. Diversificación y Silvicultura. Nuevas experiencias. Fundación Chile, Grupo Silvícola CONAF Concepción, Chile. 69-140 p.
- GUTIERREZ, N. 2004. Evaluación del crecimiento y rendimiento en ensayos de plantación de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina*, al aplicar intervenciones silvícolas. Memoria Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. 74 p.

- GYSLING, J. 2004. Mercado para productos de *Nothofagus*. Publicación en documento (resúmenes) emitido por Simposio Internacional IUFRO. Valdivia. Chile. 1 p.
- HAMDAN, G. 1995. Análisis de la estructura de renovales no manejados y crecimiento de árboles cosecha de Raulí *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst en Hacienda Jauja IX Región, Chile. Memoria de título. Universidad de Concepción. Facultad de ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Concepción Chile. 83 p.
- IBARRA, M. 1992. Apuntes de clases ecología forestal. "Relaciones entre árboles y factores ambientales (radiación, luz, temperatura)". Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. 89 p.
- INFOR, 1979. Crecimiento de seis especies forestales en ensayos entre Arauco y Llanquihue. Informe técnico N° 94. Santiago, Chile. 38 p
- INFOR-CONAF. 1998 (a). Monografía de Raulí *Nothofagus alpina*. Potencialidad de especies y sitios para una diversificación silvícola nacional. 90 p.
- INFOR-CONAF. 1998 (b). Monografía de Coihue *Nothofagus dombeyi*. Potencialidad de especies y sitios para una diversificación silvícola nacional. 111 p.
- KOEPPEN, W. 1948. Climatología: un estudio de los climas de la tierra. Segunda edición. México. Fondo de la cultura económica. 478p.
- MOLINA, L. 2000. Evaluación de una plantación de enriquecimiento con Raulí en un rodal explotado del tipo forestal Coihue-Raulí-Tepa, ubicado en Neltehue. Provincia de Valdivia. Tesis de Grado. Universidad Austral de Chile. Ingeniería Forestal. 65 p.
- NAVARRETE, E y QUIROZ, P. 2003. Crecimiento de una plantación de *Nothofagus alpina* (Poepp. Et Endl.) Oerst bajo diferentes condiciones de luminosidad y competencia de sotobosque en un suelo metamórfico de la VIII Región en Chile. Publicación en documento emitido por Simposio Internacional IUFRO. Valdivia. Chile. 12 p.
- ORMAZABAL, C y BENOIT, I. 1987. El estado de conservación del género *Nothofagus* en Chile. Revista Bosque Volumen 8 (2). Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 109-120 p.

- OSTLE, B. 1968. Estadística aplicada. Técnicas de estadística moderna, cuándo y dónde aplicarla. México 1° edición. 629 p.
- PERALTA, M. 1979. Algunos antecedentes sobre suelos de Raulí. Boletín técnico N° 65. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Santiago Chile. 52 p.
- POLLMANN, W. 2002. Effects of natural disturbance and selective logging on Nothofagus forests in south-central Chile. *Journal of Biogeography*, 29, 955-970 p.
- PRODAM, M. 1997. Mensura Forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Primera edición. San José de Costa Rica. 561 p.
- RODRÍGUEZ, R; MATTHEI, O; y QUEZADA, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Ediciones de la Universidad de Concepción. Chile. 404 p.
- SANTIBÁÑEZ, F y URIBE, M. 1993. Atlas agroclimático de Chile. Regiones VI, VII, VIII Y IX. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Ministerio de agricultura. Fondo de Investigación Agropecuaria. Corporación Nacional de Fomento. Santiago, Chile. 99 p.
- SCHEAFFER, R. 1993. Probabilidad y estadística para ingeniería. Editorial Iberoamericana. 683 p.
- SCHLATTER, J. 2004. Bosque y sociedad en busca de un equilibrio. *Mundo Forestal*. N° 3. Año 2004. 10 -11 p.
- SCHLEGEL, F. 1983. Dinámica regenerativa de los bosques de Nothofagus en la cordillera de los Andes. Simposio Desarrollo y perspectivas de las disciplinas forestales en la Universidad austral de Chile. Valdivia Chile. 115-140 p.
- SCHMIDT, H; IPINZA, R y VIAL, L. 1979. Regeneración en bosque nativo de Raulí. Estudio bibliográfico. Investigación y desarrollo forestal. CONAF/PNUD/FAO. Documento de trabajo N° 29. Santiago. 124 p.

- SCHMIDT, H; RUSTON, A y DONOSO, S. 1991. Regeneración natural y artificial en bosques de Coihue-Raulí-Mañío. Universidad de Chile. Corporación Nacional Forestal. 171 p.
- SEPÚLVEDA, R. 1991. Crecimiento de la regeneración natural de Raulí, Coigüe y Mañío en un ensayo de regeneración en el Complejo Forestal y Maderero Panguipulli. X Región. Memoria Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 85 p.
- SMULDERS, A. 1989. Estudio del ritmo de crecimiento de *Nothofagus alpina* (Poepp. Et Endl.) Oerst, *Nothofagus dombeyi* y *Persea lingue* (Nees), durante sus primeros años de vida. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 49 p.
- TRESHOW, M. 1970. Environment and plant response. Publication in the Agricultural Sciences. 421 p.
- VITA, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura de Raulí. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Boletín Técnico N° 28. 17 p.
- VITA, A. 1977. Crecimiento de algunas especies forestales nativas y exóticas en el arboretum del Centro experimental Frutillar, X Región. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Departamento de Silvicultura. Boletín Técnico N° 47. 16 p.
- VEBLEN, T. 1996. Regeneration dynamics. In: Glenn-Lewin; Peet Robert and Thomas Veblen. Plant succession theory and prediction. 152-187 p.
- VEBLEN, T; ASHTON, D; SCHLEGEL, F y VEBLEN, A. 1977. Distribution and dominance of species of a mixed evergreen-deciduous *Nothofagus* forest in south-central Chile. Journal of Ecology N° 65. 815-830 p.
- VEBLEN, T. y ASHTON, D. H. 1978. Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes, Chile. Vegetatio 36 (3): 149-167 p.

- VEBLEN, T y DONOSO, C. 1987. Alteración natural y dinámica regenerativa de las especies Chilenas de *Nothofagus* de la Región de Los Lagos. Revista Bosque. Volumen 8 (2). Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 133-142 p.
- WEINBERGER, P. y RAMÍREZ, C. 2001 (a). Microclima y regeneración natural de Raulí, Roble y Coigüe (*N. alpina*, *N. obliqua* y *N. dombeyi*). Instituto de Botánica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Revista Bosque Vol. 22 (1). 11-26 p.
- WEINBERGER, P. y RAMÍREZ, C. 2001 (b). Sinecología de la regeneración natural de Raulí (*Nothofagus alpina*). Revista Chilena de Historia Natural 72. 337-351 p.

7. Apéndices

Apéndice 1

Parcelas de cobertura menor

Parcela 1		Cobertura										
		baja	4,5 %									
		Edad	Edad	IMA (cm/año)	IMA (cm/año)	Diámetro en la base		Crecimiento apical (cm)		Altura dosel		
Muestra	H total	0.3 m	1.3 m	altura	DAP	D c/c (cm)	D s/c (cm)	2001	2002	Superior		
1--1--1	10.9	22	17	49.5	0.75	16.7	16.6	79	37	18.9		
1--2--3	9.0	22	21	40.9	0.51	13.9	13.3	49	16.5	20.0		
1--4--1	7.1	22	21	32.3	0.23	7.6	7.4	49	13	22.4		
1--5--16	6.9	20	19	34.5	0.22	5.6	5.2	41	11	16.5		
1--6--1	10.0	23	19	43.5	0.30	8.4	7.4	3	15	19.6		
1--8--13	6.8	19	17	35.8	0.25	6.5	6.0	15	18	11.3		
1--11--12	8.2	21	20	39.0	0.20	5.6	5.5	15	10	14.3		
1--12--21	8.0	18	17	44.4	0.28	5.1	4.9	10	30	16.0		
Promedio	8.4	20.9	18.9	40.0	0.34			32.63	18.81	17.4		

Parcela 2		Cobertura										
		baja	6,8 %									
		Edad	Edad	IMA (cm/año)	IMA (cm/año)	Diámetro en la base		Crecimiento apical (cm)		Altura dosel		
Muestra	H total	0.3 m	1.3 m	altura	DAP	D c/c (cm)	D s/c (cm)	2001	2002	Superior		
2--1--1	6.5	16	14	40.63	0.25	5.0	4.0	7	8	18.0		
2--2--1	9.0	22	21	40.91	0.37	8.9	8.3	25	14.5	13.0		
2--6--20	5.1	21	18	24.29	0.19	5.4	4.8	10	16	12.0		
2--8--4	6.0	20	18	30.00	0.22	5.2	4.9	29	32.5	16.0		
2--9--7	7.0	20	17	34.80	0.33	7.2	7.0	24	15.5	10.1		
2--10--3	6.8	23	19	29.57	0.25	6.6	6.2	20	7.5	25.0		
2--11--1	10.0	21	19	47.62	0.26	7.3	6.4	10	46	26.5		
Promedio	7.19	20.43	18.00	35.40	0.27			17.86	20.00	17.2		

Parcela 8		Cobertura										
		baja	9,4 %									
		Edad	Edad	IMA (cm/año)	IMA (cm/año)	Diámetro en la base		Crecimiento apical (cm)		Altura dosel		
Muestra	H total	0.3 m	1.3 m	altura	DAP	D c/c (cm)	D s/c (cm)	2001	2002	Superior		
8--1--6	8.0	24	21	33.33	0.38	12.8	11.8	14.5	15.0	18.0		
8--2--1	5.0	22	19	22.73	0.23	7.0	6.4	41.0	31.0	19.0		
8--3--3	7.0	23	22	30.43	0.27	8.6	7.9	6.0	35.0	27.0		
8--4--5	7.1	22	21	32.27	0.29	8.8	8.5	20.5	10.0	16.0		
8--5--2	5.0	24	22	20.83	0.21	7.0	6.9	22.0	35.0	15.0		
8--6--7	4.5	22	11	20.45	0.23	4.5	4.0	58.0	33.0	15.0		
8--7--1	8.5	24	23	35.42	0.33	10.3	9.8	42.0	12.0			
8--8--4	8.9	21	20	42.38	0.64	16.0	15.4	9.0	64.5			
8--10--8	5.0	20	16	25.00	0.20	4.2	3.9	8.0	34.0			
Promedio	6.6	22.4	19.4	29.2	0.3			24.6	29.9	18.3		

Parcelas de cobertura mayor

Parcela 3		Cobertura		Edad		IMA (cm/año)		Diámetro en la base		Crecimiento apical (cm)		Altura dosel	
		alta	40,25 %	0.3 m	1.3 m	altura	DAP	D c/c (cm)	D s/c (cm)	2001	2002	Superior	Superior
Muestra	H total												
3--1--1	5.8	22	19	26.36	0.40	9.0	8.9	9.0	11.0	19.8	7.0		
3--4--2	6.1	19	17	31.96	0.51	11.5	9.7	41.0	23.0	11.7	25.1		
3--5--1	3.7	22	17	16.59	0.26	6.5	5.7	11.7	5.9	22.4	24.9		
3--6--28	3.9	21	13	18.76	0.36	7.8	7.7	47.5	10.0	31.2	25.0		
3--8--13	5.7	21	19	27.34	0.25	5.6	5.3	15.5	8.5	25.1	23.4		
3--12--1	2.0	7	3	28.57	0.27	2.0	1.9	5.4	9.8	25.0	24.0		
Promedio	4.5	18.67	14.67	24.93	0.34			21.68	11.37	25.0	20.0		
										15.0	23.9		
										16.2	24.2		
												21.6	

Parcela 4		Cobertura		Edad		IMA (cm/año)		Diámetro en la base		Crecimiento apical (cm)		Altura dosel	
		alta	23,9%	0.3 m	1.3 m	altura	DAP	D c/c (cm)	D s/c (cm)	2001	2002	Superior	Superior
Muestra	H total												
4--2--1	5.0	20	16	25.00	0.16	3.4	3.2	5.8	11.3	30.0	13.0		
4--6--11	4.5	19	14	23.68	0.14	2.9	2.7	6.5	18.7	10.0	13.0		
4--9--1	2.7	12	8	22.33	0.27	3.6	3.3	11.0	51.0	19.0	11.5		
4--11--1	2.1	10	6	21.00	0.19	2.2	1.9	35.8	34.0	31.0	10.0		
Promedio	3.6	15.25	11	23.00	0.19			14.78	28.75	21.0	19.0		
										22.1	27.0		
												18.9	

Parcela 5		Cobertura		Edad		IMA (cm/año)		Diámetro en la base		Crecimiento apical (cm)		Altura dosel	
		alta	15,7 %	0.3 m	1.3 m	altura	DAP	D c/c (cm)	D s/c (cm)	2001	2002	Superior	Superior
Muestra	H total												
5--1--1	8.48	21	20	40.40	0.42	9.4	8.8	41.0	44.0	18.5			
5--2--1	2.51	20	19	12.53	0.61	12.9	12.2	48.0	42.5	12.0			
5--3--1	8.34	20	19	41.70	0.35	7.1	7.0	55.0	46.0	19.9			
5--4--1	8.19	22	18	37.23	0.33	8.2	7.2	30.0	22.6	20.4			
5--6--1	7.65	17	16	45.01	0.34	6.4	5.9	15.0	3.5	24.6			
5--7--1	10.28	21	19	48.93	0.54	12.4	11.4	44.5	39.0	12.0			
5--8--1	9.67	22	18	43.95	0.56	13.6	12.3	15.0	15.0	24.5			
5--10--1	9.73	21	20	46.32	0.65	14.9	13.6	7.2	11.4	25.5			
5--11--19	5.90	22	19	26.82	0.27	6.1	6.0	25.4	6.0				
Promedio	7.9	20.67	18.67	38.10	0.45			31.23	25.56	19.7			

Parcela 6		Cobertura		Edad		IMA (cm/año)		Diámetro en la base		Crecimiento apical (cm)		Altura dosel	
		alta	18,7 %	0.3 m	1.3 m	altura	DAP	D c/c (cm)	D s/c (cm)	2001	2002	Superior	Superior
Muestra	H total												
6--4--4	8.49	21	19	40.43	0.45	10.5	9.4	28.5	28.7	13.0	28.0		
6--5--1	9.62	21	20	45.81	0.74	17.0	15.6	12.0	16.0	12.3	24.0		
6--6--2	5.76	21	19	27.41	0.23	5.5	4.9	18.0	13.7	21.0	30		
6--7--1	10.30	23	21	44.79	0.44	11.2	10.1	9.9	19.0	14.7			
6--10--3	9.96	23	22	43.30	0.51	12.6	11.8	20.0	41.0	23.4			
6--11--5	8.68	23	18	37.74	0.40	10.2	9.3	26.0	55.0	26.0			
6--12--19	8.16	19	18	42.92	0.33	6.7	6.4	10.0	66.5	26.7			
Promedio	8.7	21.57	19.57	40.34	0.44			17.77	34.27			21.9	

Parcela 7		Cobertura		Edad		IMA (cm/año)		Diámetro en la base		Crecimiento apical (cm)		Altura dosel	
alta		27,1 %		Edad	Edad	altura	DAP	D c/c (cm)	D s/c (cm)	2001	2002	Superior	Superior
Muestra	H total	0.3 m	1.3 m										
7--1--1	9.8	25	21	39.31	0.43	11.9	10.7	30.3	20.0	33.0	11.2		
7--6--2	5.9	22	18	26.95	0.21	5.0	4.7	28.0	11.0	32.0	17.6		
7--7--3	8.3	24	20	34.78	0.39	10.3	9.3	21.0	5.0	33.0	25.0		
7--9--6	12.2	24	22	50.79	0.43	10.9	10.2	38.7	34.0	20.8	20.6		
Promedio	9.1	23.75	20.25	37.96	0.36			29.50	17.50	29.6		17.0	24.8

Apéndice 2

Análisis Estadísticos de la densidad del monte bravo. Medición 2003.

Los análisis de varianza de la densidad para la medición realizada el año 2003, fueron realizados para los dos tratamientos, para un diseño completamente azarizado con sub muestreo y número desiguales de repeticiones. Los resultados son los siguientes:

ANDEVA				
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Cuadrado medio esperado
Media	1	25.624,51	25.624,51
Tratamientos	1	43,76	43,76	
Error experimental	6	6.603,57	1.100,59	
Error de muestreo	88	22.234,17	252,66	
Total	96	54.506,00	

Aplicando la metodología de prueba aproximada de Satterthwaite, los coeficientes obtenidos en dicho análisis son los siguientes:

C1	11,67
C2	12,00
L	1.124,82
V1	1
V2	5,92
F Calculado	0,04
F de tabla F1; 5.92;0.975	No tabulado
F de tabla F 1; 6; 0.975	8,81

Se concluye que no existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, a un nivel de confiabilidad del 95%.

Apéndice 3

Análisis Estadísticos de la densidad del monte bravo. Medición 1994

Los análisis de varianza para la densidad para la medición realizada el año 1994, fueron realizados para los dos tratamientos, para un diseño completamente azarizado con sub muestreo y número desiguales de repeticiones. Los resultados son los siguientes:

ANDEVA				
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Cuadrado medio esperado
Media	1	49.458,8	49.458,8
Tratamientos	1	3.008,3	3.008,3	
Error experimental	10	6.400,8	640,1	
Error de muestreo	84	5.347,1	599,4	
Total	96	109215,00	

Aplicando la metodología de prueba aproximada de Satterthwaite, los coeficientes obtenidos en dicho análisis son los siguientes:

C1	8,0
C2	8,0
L	640,1
V1	1
V2	10,0
F Calculado	4,7
F de tabla F1;10;0.975	6,94

Se concluye que no existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, a un nivel de confiabilidad del 95%.

Apéndice 4

Análisis estadísticos para Incrementos medios anual en altura para la medición del año 2003.

Los análisis de varianza del incremento medio anual en altura para la medición realizada el año 2003, fueron realizados para los dos tratamientos, para un diseño completamente azarizado con sub muestreo y número desiguales de repeticiones. Los resultados son los siguientes:

ANDEVA				
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Cuadrado medio esperado
Media	1	63.331,23	63.331,23
Tratamientos	1	5,61	5,61	
Error experimental	6	1.970,50	328,42	
Error de muestreo	46	2.862,35	62,23	
Total	54	68.169,69	

Aplicando la metodología de prueba aproximada de Satterthwaite, los coeficientes obtenidos en dicho análisis son los siguientes:

C1	6,55
C2	7,42
L	363,81
V1	1
V2	5,74
F Calculado	0,02
F de tabla F1; 5.73; 0.975	No tabulado
F de tabla F 1; 6; 0.975	8,81

Se concluye que no existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, a un nivel de confiabilidad del 95%.

Apéndice 5

Análisis estadísticos para Incrementos medios anual en altura para la medición del año 1994.

Los análisis de varianza del incremento medio anual en altura para la medición realizada el año 1994, fueron realizados para los dos tratamientos, para un diseño completamente azarizado con sub muestreo y número desiguales de repeticiones. Los resultados son los siguientes:

ANDEVA				
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Cuadrado medio esperado
Media	1	109.974,94	109.974,94
Tratamientos	1	11.081,11	11.081,11	
Error experimental	10	5.103,16	510,32	
Error de muestreo	171	20.210,00	118,19	
Total	183	146.369,21	

Aplicando la metodología de prueba aproximada de Satterthwaite, los coeficientes obtenidos en dicho análisis son los siguientes:

C1	15,15
C2	16,01
L	532,54
V1	1
V2	9,75
F Calculado	20,81
F de tabla F1;9.753;0.975	No tabulado
F de tabla F 1; 10; 0.975	6,94

Se concluye que existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, a un nivel de confiabilidad del 95%.

Apéndice 6

Análisis estadísticos para Incrementos medios anual en altura para ambas mediciones según porcentajes de cobertura del dosel superior.

Los análisis de comparación de medias relativos a una población con varianza desconocida pero igual, fueron realizados para los dos tratamientos, comparando series de datos de coberturas menores al 60% y de 60,7%. Los resultados son los siguientes:

Estimador combinado de la varianza	$Sp^2 = \frac{((nx-1) Sx^2) + ((ny-1) Sy^2)}{nx+ny-2}$
T calculado u observado	$\frac{(xprom - y prom - (ux - uy))}{Sp * \sqrt{\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny}}}$

Cobertura %	Menor (12,7)	Mayor (60,7)			
n =	130	53			
Media =	29,70	12,33	sp²	T observado	T tabla
Varianza =	127,72	138,50	130,82	9,32	1,97

Cobertura %	Menor (6,9)	Mayor (60,7)			
n =	24	53			
Media =	30,27	12,33	sp²	T observado	T tabla
Varianza =	127,74	138,50	135,20	6,27	1,99

Cobertura %	Menor (25,1)	Mayor (60,7)			
n =	29	53			
Media (x)=	29,82	12,33	sp²	T observado	T tabla
Varianza =	93,56	138,50	122,77	6,84	1,99

Para los tres casos analizados, los valores de T superan a los valores de tabla, por ello con un nivel de confiabilidad del 95%, se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, por lo que en los tres casos existiría diferencia significativa entre los crecimientos en altura de las zonas de cobertura menor al 60 % y del 60,7%.

Apéndice 7

Análisis estadísticos para Incrementos medios anual en diámetro para la medición del año 2003.

Los análisis de varianza del incremento medio anual en diámetro para la medición realizada el año 2003, fueron realizados para los dos tratamientos, para un diseño completamente azarizado con sub muestreo y número desiguales de repeticiones. Los resultados son los siguientes:

ANDEVA				
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Cuadrado medio esperado
Media	1	5,73	5,73
Tratamientos	1	0,01	0,01	
Error experimental	6	0,16	0,03	
Error de muestreo	46	0,76	0,02	
Total	54	6,66	

Aplicando la metodología de prueba aproximada de Satterthwaite, los coeficientes obtenidos en dicho análisis son los siguientes:

C1	6,55
C2	7,42
L	0,028
V1	1
V2	5,15
F Calculado	0,35
F de tabla F1;5.156;0.975	No tabulado
F de tabla F 1;5;0.975	6,61

Se concluye que no existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, a un nivel de confiabilidad del 95%.

Apéndice 8

Análisis estadísticos para Incrementos medios anual en diámetro para la medición del año 1994.

Los análisis de varianza del incremento medio anual en diámetro para la medición realizada el año 1994, fueron realizados para los dos tratamientos, para un diseño completamente azarizado con sub muestreo y número desiguales de repeticiones. Los resultados son los siguientes:

ANDEVA				
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Cuadrado medio esperado
Media	1	9,60	9,60
Tratamientos	1	0,10	0,10	
Error experimental	10	0,24	0,02	
Error de muestreo	123	1,81	0,01	
Total	135	11,75	

Aplicando la metodología de prueba aproximada de Satterthwaite, los coeficientes obtenidos en dicho análisis son los siguientes:

C1	11,92
C2	0,79
L	0,015
V1	1
V2	131,5
F Calculado	6,55
F de tabla F1;44.400;0.975	No tabulado
F de tabla F1;40;0.975	3,92

Se concluye que existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, a un nivel de confiabilidad del 95%.