



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Evaluación de Raleos en un Renoval de Raulí (*Nothofagus alpina* poepp.et endl.) y Roble (*Nothofagus obliqua* (mirb)oerst) en la Provincia de Malleco, IX Región

Patrocinante Dr. Rubén Peñaloza Wagenknecht

Trabajo de titulación presentado como parte de los requisitos para optar al título de **Ingeniero Forestal**

HANS CHRISTIAN STEUER TRAEGER

VALDIVIA,
2008

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Rubén Peñaloza Wagenknecht	_____
Informante:	Sra. Alicia Ortega Zúñiga	_____
Informante:	Sr. Felipe Leiva Morey	_____

El patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Rubén Peñaloza Wagenknecht

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer profundamente al Dr. Ruben Peñaloza, por el constante apoyo y preocupación para que este trabajo, luego de un largo tiempo, llegara a su término. De igual modo extendo los agradecimientos a mis informantes, Dra. Alicia Ortega y Felipe Leiva, por la excelente disposición a atender mis dudas y a orientarme en muchas oportunidades.

Agradezco de igual forma a los señores Salvador Gezan y Paulo Moreno, Ingenieros Forestales, por su desinteresada ayuda en las etapas iniciales de este trabajo, donde se destacaron sus prácticos y fundados consejos además de su grata disposición a compartir sus conocimientos técnicos.

Muy en especial, quiero dar gracias a mi compañera, amiga y ahora hermosa esposa, Romy, por mantenerme conectado y comprometido todo este tiempo con esta tesis, que sin duda le demandó mucha preocupación y paciencia.

Agradezco también a mis padres, hermanos y amigos quienes permanente e incondicionalmente me dieron su apoyo y consejos que mantenían mi temple y ganas para el desarrollo y conclusión de esta fase tan importante en mi vida.

Gracias a Dios por acompañarme en recorrer y orientar mi vida.

***A mi hija, esposa
y padres.....***

RESUMEN EJECUTIVO

En Chile existen aproximadamente 1,2 millones de hectáreas de renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*), Raulí (*N. alpina*) y Coihue (*N. dombeyi*) o combinaciones de estas especies (CONAF *et al.* 1999). La mayoría de estos renovales se encuentran en estado de degradación o con cierto nivel de intervención, producto de la actividad agrícola, leñera u otros factores. Por esta razón se hace indispensable la información correcta y oportuna para establecer criterios de manejo sustentable a fin de hacer de estos bosques un recurso renovable y perdurable en el tiempo. El presente estudio se enmarca dentro del proyecto: "*Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de Raulí (N. alpina) y Roble (N. obliqua) CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003*", el cual comenzó a operar en 1979. La información registrada de este ensayo fue incluida en 1998 en el proyecto FONDEF denominado "*Software de Planificación de Actividades en Renovales de Roble-Raulí-Coigüe en la IX y X Región*", ejecutado por el Instituto de Manejo Forestal de la Universidad Austral de Chile. El objetivo general de este trabajo es evaluar, en términos de rendimiento y regeneración, el efecto de raleos de intensidad variable, en un renewal de Raulí y Roble transcurridos 20 años desde su intervención (1980).

El establecimiento del ensayo se llevó a cabo en el fundo Jauja, de propiedad de Forestal Mininco S.A., en la Provincia de Malleco, IX región. Jauja se ubica a 70 Km de Collipulli, en dirección a la Reserva Forestal Malleco en la precordillera de los Andes (lat. 38°03'S : long. 71°57'O). El bosque en estudio corresponde al Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe, Subtipo renewal y bosque secundario puro (Donoso, 1981). Es un renewal conformado por Raulí (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*) en el dosel superior y acompañantes como Laurel (*Laurelia sempervirens*), Trevó (*Dasyphyllum diacanthoides*), Lingüe (*Persea lingue*) y Avellano (*Gevuina avellana*). El diseño experimental consta de unidades maestras de 2000 metros cuadrados, completamente al azar contemplando cinco tratamientos de raleos basados en el área basal residual de un raleo por lo bajo y selectivo. Los tratamientos son: testigo, área basal (AB) residual de 10m²/ha, 20m²/ha, 30m²/ha y 40m²/ha. Cada tratamiento se repitió tres veces en ubicaciones aleatorias. Cada parcela posee un buffer de 5 m de ancho.

Para la comparación y análisis de los tratamientos se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) para un diseño al azar. Se consideró el factor raleo con cinco niveles. Se analizaron los crecimientos anuales medios en DAP, HT y Volumen. Se comprobaron los supuestos de normalidad para cada tratamiento (test Chi Cuadrado) y homogeneidad de varianza (test de Bartlett) al 95% de confianza. Se utilizó un test de multicomparación de medias de Tukey según la metodología descrita por Sokal y Rohlf (1995). Para la comparación del reclutamiento y de las variaciones en calidad se realizó una prueba *H* de Kolmogorov-Smirnov.

Dentro de los resultados obtenidos, Roble y Raulí tienen una participación mayor a las demás especies, juntos suman un 91% del área basal y un 61% de la densidad. Les sigue Avellano con una alta participación en la densidad. En cuanto a las

funciones de volumen, las que mejor se ajustaron fueron la M11 para Raulí y la M4 para Roble y Otras especies.

El mejor tratamiento para el crecimiento individual en diámetro y altura es el tratamiento T10, presentando un IMA en DAP de 0,36 cm/año y en HT de 0,14 m/año, en cambio el tratamiento que más favorece la acumulación de biomasa neta es el T30, presentando incrementos en área basal de 0,58 m²/ha/año y en volumen de 8,67 m³/ha/año. Este tratamiento no presentó diferencias significativas con el T20.

En cuanto al reclutamiento, los tratamientos que mostraron mayor número de individuos reclutados fueron los T10 y T20, los cuales resultaron muy superiores al resto. El T10 mostró ser el tratamiento que reclutó mayor número de las especies de interés económico (Raulí y Roble). La mayoría de los individuos reclutados provienen de regeneración de tocón, seguido por regeneración de semilla. Solamente el tratamiento testigo mostró proporciones equiparadas en el origen de los individuos.

El tratamiento que mostró una mayor proporción de individuos calidad "A" (muy buena) fue el T10, seguido de los tratamientos T20, T30, T40 y Testigo sucesivamente, siendo el Testigo el tratamiento que mostró la peor distribución de calidad de los individuos.

Respecto a la intervención realizada, solamente el tratamiento T40 cumple con las normas de raleo propuestas por Lara *et al.* (1999). En los demás tratamientos se extrajeron más individuos y más área basal que la sugerida por este autor, sin embargo, de acuerdo a Saavedra (2004), los tratamientos T20 y T30 no modificaron las distribuciones diamétricas concluyendo que las intervenciones no fueron tan drásticas.

Se sugieren dos alternativas silvícolas para este renoval. La primera privilegiando el T20 para producción de maderas de alto valor y la segunda privilegiando el T30 para producción de biomasa.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Caracterización del tipo forestal Roble-Raulí-Coihue	3
2.2 Caracterización de las especies Roble y Raulí	3
2.2.1 Roble	3
2.2.2 Raulí	4
2.3 Renovales de Roble-Raulí	5
2.4 Raleos en renovales de Roble-Raulí	5
2.5 Regeneración y reclutamiento	6
3. METODOLOGÍA	8
3.1 Área de estudio	8
3.2 Sitio ecológico	9
3.3 Origen de la información	9
3.4 Tratamientos y caracterización del ensayo	10
3.5 Metodología de terreno y oficina	12
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	15
4.1 Parámetros descriptivos de rodal	15
4.2 Ajuste de funciones de volumen	17
4.3 Incrementos a nivel de árbol individual	17
4.4 Incrementos a nivel de rodal	20
4.5 Análisis del reclutamiento de especies	23
4.6 Calidad de los individuos	25
4.7 Mortalidad del rodal	26
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	29
5.1 Consideraciones en raleos de renovales	29
6. CONCLUSIONES	31
7. BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	
Anexo 1. Detalle de las variables medidas	
Anexo 2. Funciones de volumen utilizadas en este estudio	
Anexo 3. Distribuciones diamétricas	
Anexo 4. Densidad y mortalidad para Roble, Raulí y total	
Anexo 5. Abstract and keywords	
Anexo 6. Formulario tipo de terreno	

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Crecimientos reportados para Roble y Raulí	4
Cuadro 2. Mediciones realizadas en el ensayo	10
Cuadro 3. Identificación de las parcelas por tratamiento	11
Cuadro 4. Ajuste de las funciones DAP-AT para Roble y Raulí utilizadas	13
Cuadro 5. Parámetros dasométricos por parcela antes del raleo (1980)	15
Cuadro 6. Parámetros dasométricos por parcela al momento de la evaluación (2000)	16
Cuadro 7. Participación de las especies en densidad y área basal	16
Cuadro 8. Modelos de regresión para estimación del volumen total	17
Cuadro 9. Reclutamiento por especie y por tratamiento	24
Cuadro 10. Origen del reclutamiento	25
Cuadro 11. Forma del reclutamiento de Raulí y Roble	25
Cuadro 12. Forma del reclutamiento de otras especies	25
Cuadro 13. Distribución de las calidades entre los tratamientos	26
Cuadro 14. Cumplimiento de la norma de raleo de renovales	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del ensayo en el Fundo Jauja	8
Figura 2. Disposición de parcelas en el ensayo	11
Figura 3. Incrementos anuales en diámetro para período 1981-1983 (A), período 1983-1991 (B), período 1991-2000 (C) y total (D)	18
Figura 4. Incrementos anuales en altura para período 1983-1991 (B), período 1991-2000 (C) y total (D)	19
Figura 5. Incrementos anuales en volumen bruto de árbol individual para período 1981-1983 (A), período 1983-1991 (B), período 1991-2000 (C) y total (D)	20
Figura 6. Áreas basales acumuladas por tratamiento	21
Figura 7. Diferencias entre tratamientos para incremento en área basal	21
Figura 8. Volumen neto acumulado por tratamiento	22
Figura 9. Diferencias entre tratamientos para incremento en volumen neto	23
Figura 10. Reclutamiento de individuos 19 años luego del raleo y según tratamiento	24
Figura 11. Mortalidad del renoval por tratamiento	26
Figura 12. Mortalidad de Raulí y Roble por tratamiento	27
Figura 13. Mortalidad de otras especies por tratamiento	28

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques de Chile ocupan una superficie de 15,3 millones de hectáreas de las cuales 13,4 pertenecen a bosques nativos. Dentro de los bosques nativos destaca la participación de los bosques de segundo crecimiento, también llamados renovales, los cuales alcanzan una superficie de 3,6 millones de hectáreas. De ellas, 1,2 millones pertenecen a renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*), Raulí (*N. alpina*) y Coihue (*N. dombeyi*) o combinaciones de estas especies (CONAF *et al.* 1999).

Dentro de los requerimientos del mercado para las especies nativas figuran, entre otros, el atractivo comercial y maderero, rotaciones razonablemente cortas, tasas internas de retorno altas, disponibilidad de recursos y facilidad del manejo. De acuerdo a esto, los bosques de segundo crecimiento del género *Nothofagus*, especialmente de Roble y Raulí, representan la reserva potencial más rica del bosque nativo de Chile (Donoso y Sandoval, 1993), mostrando tasas internas de retorno mayores a 10% (Cubbage *et al.* 2005) y siendo altamente susceptibles al manejo.

La situación actual de los renovales corresponde mayoritariamente a bosques entre 40 y 80 años, dominados por las especies del género *Nothofagus*. Éstas tuvieron la capacidad de colonizar rápidamente las áreas destruidas, retoñando masivamente en combinación con la regeneración por semilla aportada por algunos individuos remanentes de la generación anterior. La participación de especies tolerantes es escasa y se desarrolla bajo este dosel formando un segundo estrato. Para maximizar los rendimientos a futuro es necesario saber manejar apropiadamente este recurso. En este proceso, el raleo debe ser frecuentemente realizado y contemplado. El análisis de este problema requiere información sobre rendimiento esperado con diferentes densidades posteriores al raleo, así como de la respuesta en crecimiento al raleo y otras variables de interés.

La mayoría de las experiencias de raleos en renovales en Chile se realizan en forma tardía, contrariamente a la regla de Heyer (1841) que aconseja raleos tempranos y frecuentes. Esto, junto a la escasa experiencia silvícola con especies nativas, conlleva a que la estabilidad del rodal se vuelva precaria y a que se produzcan pérdidas en el crecimiento

El presente documento se enmarca dentro del proyecto de investigación titulado: "*Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de Raulí (N. alpina) y Roble (N. obliqua) CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003*", el cual comenzó a operar en 1979, y cuyo objetivo general fue evaluar el efecto de los raleos de intensidad variable a nivel de rodal. La información registrada de este ensayo fue incluida en 1998 en el proyecto denominado "*Software de Planificación de Actividades en Renovales de Roble-Raulí-Coihue en la IX y X Región*", ejecutado por el Instituto de Manejo Forestal de la Universidad Austral de Chile.

El objetivo general de este trabajo fue evaluar, en términos de rendimiento y regeneración, el efecto de raleos de intensidad variable, en un renoval de Raulí y Roble transcurridos 20 años desde su intervención (1980).

En consecuencia los objetivos específicos fueron:

- Evaluar respuestas en mortalidad natural de las diferentes intensidades de raleo.
- Evaluar incremento en DAP, AB, altura y volumen a partir de las mediciones efectuadas.
- Evaluar la respuesta de la regeneración en cada tratamiento incluyendo número de árboles por hectárea, calidad y origen de la regeneración.
- Evaluar respuestas en calidad de árboles sobre 5 cm de DAP.
- Analizar en términos de composición y estructura la nueva masa de individuos reclutados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Caracterización del tipo forestal Roble-Raulí-Coihue

El tipo forestal Roble-Raulí-Coihue, cubre una superficie de 1,5 millones de hectáreas, correspondiente al 10,2% de toda la superficie de bosques naturales (CONAF *et al.* 1999). Por definición, estos bosques son renovales constituidos por las especies más agresivas, de rápido crecimiento y mayor habilidad competitiva. Su distribución se inicia en la Cordillera de los Andes desde el sur del río Ñuble (36°30` S) donde terminan los bosques de Hualo (*Nothofagus glauca*), hasta la Provincia de Llanquihue (40°30` S). Su distribución en la Cordillera de la Costa comienza al sur del río Itata (36°30` S) hasta el paralelo 41° S, donde se encuentran los últimos rodales de Roble y Raulí. En la Depresión Intermedia limita al norte a la altura del río Malleco (38°20') y por el sur el paralelo 41° S. Su altitud varía entre los 100 y los 1.000 m.s.n.m. en ambas cordilleras, donde Roble ocupa las zonas más bajas (entre los 100 y 600 m.s.n.m. aproximadamente), Raulí las intermedias (entre los 600 y 900 m.s.n.m.) y Coihue las superiores (entre los 900 y 1000 m.s.n.m.), produciéndose zonas de traslapo o ecotonos, originándose así formaciones puras y mixtas (Donoso, 1981).

Para renovales sin intervención aparente, aquellos con dominancia de Coihue ocupan el 41,6% de la superficie entre la VIII y X Región, seguidos por aquellos donde domina Roble con un 32,1%. Los renovales con participación de Raulí ocupan el 24,2%, superficie que no refleja todas las situaciones con presencia de esta especie, dado que en cierta medida también se encuentra asociada en parte a los renovales dominados por Coihue y Roble (Grosse y Quiroz, 1999).

Estos bosques se han formado debido a la acción alteradora del hombre y del catastrofismo de fuerzas naturales. Parte de las asociaciones originales en que estaban incluidas estas especies desaparecieron, desarrollándose en cambio renovales. Normalmente se ubican en suelos profundos y bien drenados de origen volcánico. Estos suelos, formados sobre escoria volcánica, normalmente tienen pH ácido a moderadamente ácido y son los más comunes, aunque estas especies también se encuentran ocasionalmente sobre deslizamientos y ñadis (Grosse y Quiroz, 1999).

2.2 Caracterización de las especies Roble y Raulí

2.2.1 Roble (Nothofagus obliqua)

El Roble es un árbol monoico y caducifolio de hasta 40 metros de altura y alcanza hasta 2 metros de diámetro. Su corteza es de color gris marrón con grietas irregulares formando poliedros. Tiene hojas alternas de un color verde claro, de

forma ligeramente ovalada y borde ondulado irregularmente aserrado. Sus flores son pequeñas y unisexuales. Su fruto es una cúpula que en su interior contiene tres nueces de color café amarillento, dos de las cuales son triangulares y una plana. La madera tiene una bonita beta de color blanco-amarillento, es utilizada en construcción y carpintería. La corteza se utiliza en tintura de lana, color amarillo-cafesoso (Hoffmann, 1998).

Es una especie intolerante a la sombra que a menudo coloniza praderas y zonas descubiertas preferentemente en suelos profundos bien drenados (Donoso *et al.* 1993). En cuanto a sus crecimientos, esta es una de las especies nativas más estudiadas, encontrándose numerosos reportes. Vita (1977) reporta crecimientos de 0,40 cm/año en una plantación ubicada en Frutillar, mientras que Donoso (1988) publica incrementos de hasta 0,52 cm/año en un renoval de Roble en el Parque Radal Siete Tazas (Región del Maule). Más datos de crecimientos pueden observarse en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Crecimientos reportados para Roble y Raulí.

Sp.	Formación	Provincia	Crec. diam. (cm/año)	Crecimiento en altura (m/año)	Cita
Roble	Renoval	Cautín	0,76	0,54	Castillo (1992)
	Renoval	Talca	0,52	0,49	Donoso (1988)
	Renoval	Talca	0,49	0,36	Donoso (1988)
	Renoval	Malleco	0,59		Donoso <i>et al.</i> (1984)
	Plantación	Llanquihue	0,40	0,62	Vita (1977)
	Plantación	Llanquihue	0,67	0,76	Meneses <i>et al.</i> (1991)
	Plantación	Chiloé	0,79	0,73	Meneses <i>et al.</i> (1991)
Raulí	Renoval	Cautín	1,20		Puente <i>et al.</i> (1980)
	Renoval	Talca	0,47	0,42	Donoso (1988)
	Renoval	Malleco	0,55		Donoso <i>et al.</i> (1984)
	Plantación	Llanquihue	0,70	0,51	Vita (1977)
	Plantación	Cautín	0,72	0,44	Espinosa <i>et al.</i> (1977)
	Plantación	Llanquihue	0,67	0,63	Meneses <i>et al.</i> (1991)

2.2.2 Raulí (*Nothofagus alpina*)

El Raulí es un árbol frondoso, monoico y caducifolio, que alcanza los 40 metros de altura y hasta 2 metros de diámetro. Su tronco es recto y cilíndrico y su corteza es de color gris con grietas longitudinales. Sus hojas son alternas y de forma ovado-oblongas a ovado-lanceoladas de bordes ondulados y suavemente aserrados. Sus flores son pequeñas y unisexuales. El fruto es una cúpula con tres nueces en su interior (dos triangulares y una plana). Su madera es una de las más valiosas de Chile. Tiene color rosado y se emplea en todo tipo de construcción, mueblería y artesanía (Hoffmann, 1998).

Raulí es una especie de tolerancia intermedia a intolerante a la sombra que ocupa áreas preferentemente descubiertas. Tiene requerimientos nutricionales más altos que Roble y su semitolerancia le permite ocupar el dosel codominante (Donoso *et al.* 1993). Sus crecimientos son muy variables dependiendo de la calidad del sitio en el que se encuentran. Vita (1977) reporta crecimientos en diámetro de 0,7 cm/año en una plantación en Frutillar. En renovales situados en la provincia de Cautín, Puente *et al.* (1980) reporta crecimientos en diámetro de hasta 1,2 cm/año. Más datos de crecimientos pueden observarse en el Cuadro 1.

2.3 Renovales de Roble-Raulí

Actualmente los renovales corresponden mayoritariamente a bosques de entre 40 y 80 años dominados por las especies del género *Nothofagus spp.* (Grosse y Quiroz, 1999). La participación de especies tolerantes es escasa y se desarrollan bajo el dosel formando un segundo estrato. Normalmente las especies del género *Nothofagus* dominan entre 70 y 95% del sitio en términos del área basal, dejando el resto a las especies tolerantes como Lingue (*Persea lingue*), Avellano (*Gevuina avellana*), Ulmo (*Eucryphia cordifolia*), Laurel (*Laurelia sempervirens*), Tapa (*Laureliopsis philippiana*) y Trevó (*Dasyphyllum diacanthoides*), entre otras. Éstas se desarrollan en un estrato entre los 5 y 20 metros de altura, mientras que los *Nothofagus* lo hacen principalmente entre 20 y 30 metros.

INFOR-CONAF (1997), indican que los crecimientos diametrales en Roble y Raulí son similares, con una leve ganancia de Roble, los que para efectos de manejo pueden considerarse como similares. Donoso *et al.* (1993) proponen zonas de crecimiento para renovales de Roble y Raulí basándose en la caracterización y evaluación de los crecimientos de rodales ubicados en 40 localidades, entre los paralelos 35° y 41° latitud sur. La mayoría de estos renovales tenían edades entre los 30 y 39 años, con densidades que fluctuaban entre los 490 árboles/ha (78 años) y 4.570 árboles/ha (31 años). En área basal los valores fluctuaron entre 16,81 m²/ha (30 años) y 69,16 m²/ha (58 años), presentando un área basal promedio de 36,89 m²/ha. Las especies del género *Nothofagus* por sí solas presentan diámetros medios en un rango de 10,02 cm (30 años) y 36,95 cm (78 años) y alturas medias en un rango de 8,66 metros y 21,68 metros, respectivamente para las mismas edades. Las diferencias en el crecimiento diamétrico varían entre las distintas zonas de crecimiento propuestas. Estas diferencias se manifiestan hasta los 35 años, equiparándose posteriormente.

2.4 Raleos en renovales de Roble-Raulí

Numerosas experiencias de raleo en renovales indican que para muchas especies comercialmente importantes, el crecimiento en altura no es mayormente afectado por la manipulación de la densidad del rodal. Por el contrario, está extensivamente

estudiado que el espaciamiento afecta positivamente incrementos en el crecimiento diamétrico (DAP). También, en rodales donde la competencia ha causado una reducción en el crecimiento en diámetro, comparado con árboles que crecen en espacios abiertos, la respuesta al aumento del espacio de crecimiento resultante del raleo varía con las especies, edades y calidades del sitio. Árboles más viejos con copas muy reducidas no responden tanto como aquellos más jóvenes y de tamaños fustales similares. Árboles dominantes que han sido poco afectados por la competencia responden menos a los aumentos del espacio, en términos de tasas de crecimiento en diámetro, que los árboles pequeños del mismo rodal (Clutter *et al.*, 1983).

INFOR-CONAF (1997), reportan crecimientos medios que se estiman entre 0,8 y 1,6 m²/ha en área basal para renovales no raleados que tienen entre 30 y 60 m²/ha aproximadamente. De acuerdo a Donoso *et al.* (1993) las tasas de crecimiento en altura para ambas especies (Rauí y Roble), en sus respectivas zonas de menor crecimiento, son muy parecidas, en cambio en las zonas de mejor crecimiento en la especie Roble, estas tasas son superiores.

Loewe *et al.* (1998) aportan antecedentes sobre el crecimiento en renovales sin manejo, en los cuales, el crecimiento en volumen se estima en 7 m³/ha/año, el crecimiento en diámetro varía entre 0,5 a 1,0 cm/año y sus crecimientos medios en área basal se estiman entre 0,8 y 1,6 m²/ha. Por otra parte, en rodales raleados con un 30-40% de área basal residual, el incremento medio en volumen fue entre 11 y 12 m³/ha/año, para densidades mayores es posible obtener 18 m³/ha/año.

En la cordillera de Nahuelbuta, Grosse y Quiroz (1999) reportan crecimientos en área basal de 1,2 m²/ha/año en renovales raleados y 0,6 m²/ha/año para el mismo renoval sin intervención. Para un ensayo similar en Melipeuco, se reportaron crecimientos en área basal entre 0,7 y 1,1 m²/ha/año para parcelas raleadas y 0,02 m²/ha/año para testigos.

2.5 Regeneración y reclutamiento

Por regeneración se entiende el renuevo de un rodal arbóreo mediante métodos naturales (semillación, rebrote, etc.) o artificiales (siembre directa, plantación, etc.). Los métodos naturales tienen la ventaja de incluir el flujo genético propio del rodal y un bajo costo de establecimiento, sin embargo depende de muchos factores para su éxito, entre ellos: abastecimiento adecuado de semillas, diseminación homogénea, conservación de la semilla viable, germinación rápida y abundante, establecimiento exitoso de las plántulas, sobrevivencia de las plantas hasta el estado de competencia entre muchas otras variables (Donoso, 1993). La regeneración es el factor clave en el exitoso desarrollo de una comunidad forestal y, por lo tanto, todos los esfuerzos del silvicultor deben centrarse en ella, para lograr un adecuado balance natural de los procesos mencionados anteriormente.

El reclutamiento (ingrowth o recruitment en inglés) hace referencia a individuos de la regeneración que alcanzan un cierto tamaño (por ejemplo: altura mayor a 1 metro o DAP mayor a 5 cm) y que son incluidos como parte del rodal al asegurarse en parte su permanencia. Este concepto está muy ligado al de regeneración, puesto que responde en función del exitoso establecimiento de esta (Vanclay, 1994).

Existen numerosos intentos por modelar el reclutamiento de especies en bosques naturales. Los modelos pueden simular cualquier punto de la curva de reclutamiento en el tiempo, sin embargo, la mayoría de ellos comienzan con el establecimiento de la semilla o cuando las plantas alcanzan una altura mínima. Por tal razón, Vanclay (1994) considera conveniente clasificar los modelos en:

1. Modelos de regeneración, los cuales predicen el desarrollo de árboles desde la semilla y
2. Modelos de reclutamiento, los cuales predicen el número de plantas o brinzales que alcanzan un diámetro o altura específica.

Varios de estos modelos han sido estudiados por numerosos autores como Peng (2000), Silva *et al.* (1995), Martin (1982), Roesch *et al.* (1989) y muchos otros. Silva *et al.* (1995) detectó que el mayor reclutamiento ocurre entre los años seis y nueve para luego decaer a una tasa de 2% anual con lo cual se asegura un stock remanente suficiente para rotaciones de 30 a 35 años. Roesch *et al.* (1989) explica la influencia de doseles más abiertos sobre el reclutamiento de nuevas especies. Un dosel más abierto (por ejemplo, luego de un raleo) aumenta las probabilidades de reclutar especies intolerantes junto con tolerantes, aumentando la diversidad específica y, por lo tanto, la riqueza del rodal.

3. METODOLOGÍA

3.1 Área del estudio

El establecimiento del ensayo se llevó a cabo en el sector Plazuela del fundo Jauja, de propiedad de Forestal Mininco S.A., en la Provincia de Malleco, IX región (Puente *et al*, 1980).

Jauja se ubica a 70 km. al noreste de Collipulli, en dirección a la Reserva Forestal Malleco en la precordillera de los Andes. El sector Plazuela, por su parte, está situado geográficamente en los 38° 03' lat. Sur y 71° 57' long. Oeste (Figura 1).

La superficie de la Hacienda Jauja es de 9.082 ha, la cual posee 3.481,2 ha de plantaciones con *Pinus radiata*, 962,5 ha con plantaciones de *Eucalyptus* sp. y 2.805,1 ha corresponden a bosque nativo comercial, constituido principalmente por renovales de Roble y Raulí (Agüero, 2002).

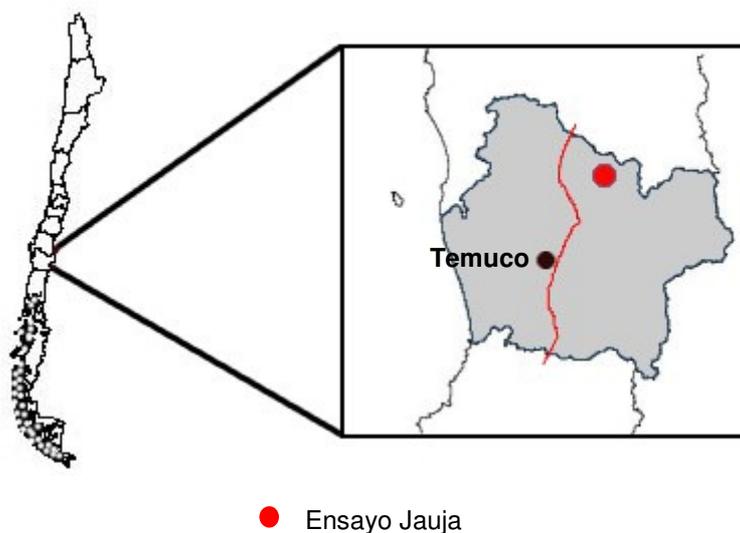


Figura 1. Ubicación del ensayo en el Fundo Jauja.

El estudio cubrió una superficie de 6,5 ha, de las cuales 3 ha fueron intervenidas. Estas se extienden entre los 700 y 800 m.s.n.m., en una exposición preferentemente noreste, y con pendientes medias entre 9 y 63%.

3.2 Sitio ecológico

El clima corresponde, según la clasificación de Köppen (1923), al "Clima templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes (Csb₂)". Este se caracteriza por presentar en promedio 6 meses secos. Por efecto de la altitud y de la proximidad a la cordillera, las precipitaciones en invierno, en esta área, se presentan en parte en forma de nieve.

Los registros de la estación meteorológica que el anterior propietario, FORVESA, mantenía en Jauja, luego de años de observaciones, indicaron que la precipitación total media anual alcanza los 2.465 mm, concentrada entre los meses de mayo a septiembre. La temperatura media anual es de 11,6°C, la media máxima corresponde a febrero con 19,3°C y las medias mínimas van de 0 a 8°C entre mayo y agosto. La humedad relativa media anual asciende a 58,2% (Agüero, 2002).

De acuerdo a la descripción de CIREN CORFO (1994) en Agüero (2002), los suelos de Jauja pertenecen a la serie Santa Bárbara, que se caracterizan por ser poco evolucionados, formados por cenizas volcánicas recientes depositados sobre sustrato fluvio-glacial o materiales fluviales difícilmente detectables por la profundidad a que ocurren. Son suelos profundos a muy profundos, bien drenados, de texturas medias, generalmente franca a franco limosa en el primer horizonte, bien estructurados, de buen arraigamiento, pH de 5 a 6, fertilidad media a baja, alta capacidad de retención de agua, muy porosos y sin gravas en los primeros 160 cm. La aptitud es preferentemente forestal con clase VII de capacidad de uso, siendo la elevada pendiente su principal factor limitante.

El bosque en estudio corresponde al Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigue, Subtipo renoval y bosque secundario puro (Donoso, 1981). Es un renoval mixto conformado por Raulí (*N. alpina*) y Roble (*N. obliqua*) en el dosel superior y cuya edad al momento de la medición del año 2000 fluctuaba entre los 50 y 70 años. En el dosel inferior aparecen como acompañantes Laurel (*Laurelia sempervirens*), Trevó (*Dasyphyllum diacanthoides*), Lingue (*Persea lingue*), Avellano (*Gevuina avellana*), Arrayán (*Luma apiculata*) y la bambucea *Chusquea culeou* Desv. o Colihue.

3.3 Origen de la información

La información que sustenta este estudio se divide en tres grupos. El primer grupo corresponde a antecedentes de mediciones realizadas en el marco del proyecto de investigación "Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de Raulí (*N. alpina*) y Roble (*N. obliqua*) CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003", el cual comenzó a operar en 1979 y cuyo objetivo general fue evaluar el efecto de los raleos de intensidad variable a nivel de rodal a través de la instalación de parcelas permanentes.

El segundo grupo corresponde a mediciones realizadas en el marco del proyecto FONDEF D9711065 de renovales de *Nothofagus* denominado "Software de Planificación de Actividades en Renovales de Roble-Raulí-Coigüe en la IX y X Región", ejecutado por el Instituto de Manejo Forestal de la Universidad Austral de Chile.

El objetivo general del *Software* es contribuir, de una manera fácil, a obtener información confiable en términos de crecimiento y productos a extraer de los bosques puros o mixtos de renovales de Roble-Raulí-Coigüe en las IX y X regiones del país.

Por último, la tercera fuente de información fueron las mediciones efectuadas por el autor el año 2000, aún bajo el alero del proyecto FONDEF de *software* de planificación. Los detalles, cronológicamente ordenados, pueden observarse en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Mediciones realizadas en el ensayo.

Mes	Año	Actividad
Abril – Julio	1980	Instalación del ensayo 1ª medición y obtención de alturas y edades en una submuestras de 16 árboles por parcela.
Enero	1981	Operación de raleo. 2ª medición y numeración de todos los árboles mayores a 5 cm de DAP.
Abril – Junio	1983	3ª medición y obtención de alturas en una submuestras de árboles en cada parcela
Mayo	1988	4ª medición y obtención de alturas en una submuestras de árboles en cada parcela
Agosto	1991	5ª medición y obtención de alturas en una submuestras de árboles en cada parcela
Febrero – Marzo	2000	6ª medición y obtención de alturas en una submuestras de árboles en cada parcela

Se tiene constancia de que en Junio de 1988 se realizó una medición, pero lamentablemente no se pudo disponer de sus apuntes originales ni información resumida, por lo que no fue considerada en este estudio.

3.4 Diseño experimental (Tratamientos y caracterización del ensayo)

El diseño experimental del ensayo corresponde a parcelas completamente al azar con tres repeticiones, los tratamientos son cinco y están basados en el área basal residual (raleo por lo bajo y selectivo). Los tratamientos son: testigo, área basal (AB en adelante) residual de 10 m²/ha, AB residual de 20 m²/ha, AB residual de 30 m²/ha y AB residual de 40 m²/ha. La unidad experimental es una parcela rectangular de

2.000 m² (40 x 50 m), la cual a su vez está dividida en cuatro subparcelas de 500 m². El objetivo de estas subparcelas es flexibilizar a futuro el estudio y poder ensayar hasta 3 nuevas variantes por efecto de un segundo raleo. Cada parcela posee un área perimetral intacta (zona buffer) de 5 metros de ancho. El número de parcelas constituidas en el lugar fue de 15 y su disposición se puede observar en la Figura 2. Los tratamientos, ubicados dentro del ensayo, corresponden a las parcelas descritas en el Cuadro 3.

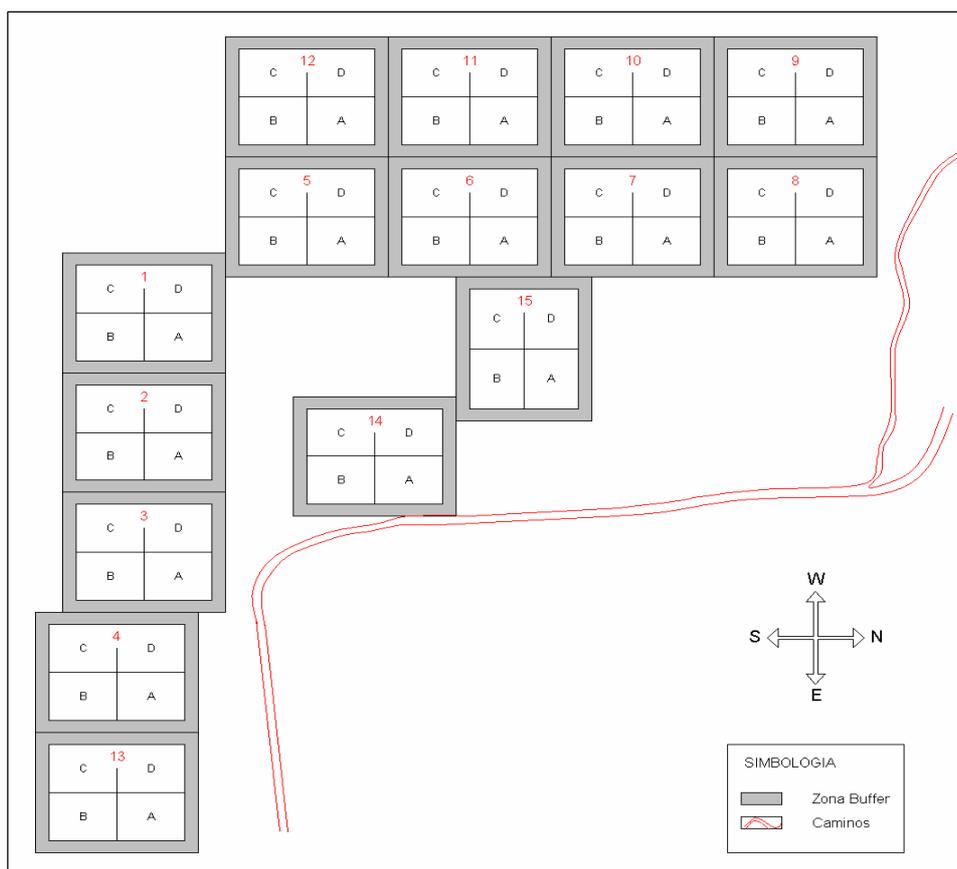


Figura 2. Disposición de parcelas en el ensayo.

Cuadro 3. Identificación de las parcelas por tratamiento.

Tratamientos	Parcelas		
T10 (m ² /ha)	2	4	13
T20 (m ² /ha)	1	3	14
T30 (m ² /ha)	6	10	15
T40 (m ² /ha)	7	8	11
TEST (Testigo)	5	9	12

Las mediciones de las evaluaciones posteriores a la instalación del ensayo se basaron en la marcación original de 1980 donde, en su oportunidad, se pintaron e

identificaron todos los árboles dejados. Esta marcación y señalización del ensayo se realizó siguiendo los procedimientos descritos en el “Manual de Instalación del Ensayo” del proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003 (Puente *et al.* 1980).

3.5 Técnica de muestreo y análisis de datos (Metodología de terreno y oficina)

Para la toma de datos se utilizó un formulario tipo (ver anexo 6) donde cada subparcela fue identificada en una ficha según: parcela a que pertenecía, fecha del registro, exposición, pendiente y jefe de brigada. Luego se procedió a registrar la información para cada árbol con diámetro a la altura de pecho (DAP) superior a 5 cm que fueron previamente marcados. Aquellos individuos no marcados con DAP superior a 5 cm se anotaron como nuevos individuos (ingrowth o reclutamiento). Las variables cuantificadas fueron: diámetro a la altura de pecho (DAP, en cm), especie, posición sociológica (PS) de acuerdo a la clasificación de copas de Kraft, sanidad (S), forma (F), origen (O), altura total (AT, en metros), altura a comienzo de copa (ACC, en metros), diámetro a comienzo de copa (DCC, en cm), altura superior (AS, en metros) y diámetro superior (DS, en cm). La información detallada de cada variable medida puede verse en el anexo 1.

La información fue organizada mediante el uso de un software administrador de bases de datos (MS Access®). Para administrar y procesar dichas bases se generaron planillas de cálculo, mediante el uso del software MS Excel®.

Se calculó el AB individual mediante la fórmula [1]. La suma de las AB individuales expandidas a la hectárea, dio como resultado el AB/ha.

$$AB = \frac{\pi \times DAP^2}{40000} \quad [1]$$

Los incrementos netos, o sea, la diferencia positiva en AB para un período de tiempo también fueron calculados. Esta variación del AB fue evaluada y comparada como incremento acumulado entre tratamientos, por especie y en el total de ellas.

Para ajustar y seleccionar los mejores modelos de altura y volumen se utilizó el software estadístico Matlab® (Mathematic laboratory), y las funciones generadas por el proyecto FONDEF D9711065. Para la estimación de la altura total por árbol individual y por especie (Raulí y Roble), se utilizó la función [2] de Mitscherlich's ajustada por Agüero (2002) descritas en el Cuadro 4.

$$AT = a(1 - e^{-b \times DAP}) \quad [2]$$

donde: AT : altura total en metros del árbol
 DAP : diámetro a la altura del pecho
 a y b : parámetros de la función

Cuadro 4. Ajuste de las funciones DAP-AT para Roble y Raulí utilizadas en este estudio.

Medición	Año de Medición	Edad (años)	A	B	n	Syx	R ²
1	1980	39,59	26,9314	0,0744	239	2,4526	0,5157
3	1983	42,59	28,3981	0,0622	161	2,3006	0,5359
5	1991	50,84	29,1096	0,0659	175	2,6690	0,4175
6	2000	59,42	30,1825	0,0604	184	3,0333	0,4370

Las funciones de DAP-AT para otras especies fueron ajustadas por Núñez y Peñaloza (1986), cuya mejor función fue la [3] para la zona en estudio.

$$AT = 26,22982 - \frac{337,068}{DAP + 10} \quad [3]$$

$$n = 74; r^2 = 0,77; E = \pm 2,39$$

Para la estimación de volúmenes individuales se trabajó con la misma metodología. Se procedió a estimar los volúmenes individuales a través de un programa generado en Matlab® por el proyecto FONDEF D9711065, el cual utiliza la fórmula de Smalian e interpolación *Spline* que genera perfiles para la estimación de volumen con corteza. Mediante una prueba de F se determinó que debía ajustarse un modelo para las especies Raulí, Roble y otras por separado ($P < 0,05$). Se probaron 11 modelos de volumen para ser ajustados a las especies (anexo 2). Se seleccionaron los dos modelos mejor evaluados según los estadísticos de error (raíz del error medio cuadrático, REMC) y sesgo (diferencia agregada, DIFA) expresados en porcentaje.

Para la comparación y análisis de los tratamientos se utilizó un Análisis de Varianza (ANOVA), el cual permite comparar si los tratamientos poseen igual media o promedio. El ANOVA se realizó para un diseño al azar, que está dado por el siguiente modelo [4] (Morales, 2005)

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij} \quad [4]$$

donde: y_{ij} = Es la variable dependiente
 μ = Es el efecto medio del ensayo.
 τ_i = Es el efecto del i -ésimo Tratamiento
 e_{ij} = Es el error

Se consideró el factor raleo con cinco niveles. Se analizaron los crecimientos anuales medios en DAP, AT y Volumen. Se comprobaron los supuestos de normalidad para

cada tratamiento (test Chi Cuadrado) y homogeneidad de varianza entre tratamiento (test de Bartlett) al 95% de confianza. Se realizó un ANOVA para el período 1981-1983, 1983-1991, 1991-2000 y para el total (1981-2000). Para el análisis de los datos de reclutamiento se realizó un ANOVA considerando el número de árboles reclutados por subparcela. En caso de diferencia significativa (valor de probabilidad $P < 0,05$), se utilizó la prueba de multicomparación de medias de Tukey según la metodología descrita por Sokal y Rohlf (1995). Para la comparación de tratamientos en cuanto a reclutamiento se realizó una prueba H de Kolmogorov-Smirnov utilizando las 12 subparcelas como unidades muestrales. El mismo test se realizó para comparar las variaciones en calidad de los tratamientos.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos, en primer lugar los relativos a los parámetros descriptivos (DAP, AT, AB, VOL.) por parcela, antes de aplicar los tratamientos y al año 2000, sumándose en aquel año la participación de las especies presentes. Luego se exponen los ajustes de las funciones de volumen seleccionadas. Y finalmente se muestran los resultados relativos al desarrollo del renoval, estos son: incrementos a nivel de árbol individual y rodal; reclutamiento o ingrowth; calidad a nivel de individuos y mortalidad a nivel de rodal.

4.1 Parámetros descriptivos de rodal

Los parámetros descriptivos del rodal antes del raleo se presentan en el Cuadro 5. Se puede observar que todas las parcelas del rodal tienen una estructura homogénea y sus características no presentan mayores diferencias.

Cuadro 5. Parámetros dasométricos por parcela antes del raleo (1980).

Parcela	Tratamiento	DAP (cm)		Altura (m)		Área basal (m ² /ha)	Volumen neto (m ³ /ha)
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.		
1	T20	13,22	6,45	15,80	4,33	51,11	470,46
2	T10	13,28	6,47	15,80	4,47	46,59	427,60
3	T20	13,56	6,79	15,95	4,44	46,16	428,11
4	T10	14,51	7,14	16,60	4,54	48,08	458,94
5	TEST	16,32	6,84	18,09	4,11	47,43	469,63
6	T30	15,44	6,78	17,48	4,24	42,55	410,24
7	T40	14,71	8,00	16,65	4,62	53,96	521,94
8	T40	16,37	6,54	18,15	3,56	45,88	438,32
9	TEST	16,35	8,59	17,62	4,32	45,35	533,13
10	T30	15,87	7,42	17,58	4,14	40,85	396,20
11	T40	14,66	6,79	16,93	3,86	42,63	400,81
12	TEST	12,26	6,31	15,05	4,37	47,41	423,72
13	T10	16,78	6,97	18,17	3,83	46,27	456,31
14	T20	17,29	6,98	18,53	3,69	42,85	428,83
15	T30	16,81	7,30	18,11	3,79	45,37	444,15

Los diámetros y alturas medias del rodal, al momento de la evaluación de este estudio (febrero de 2000) se muestran en el Cuadro 6. A excepción de la parcela 12 y 5, los diámetros son similares tras 18 años de raleo. La variación en altura también es leve, exceptuando las parcelas testigo (5, 9 y 12), que presentan alturas inferiores. El AB se ha recuperado en buena parte. En el peor caso (parcela 4) la parcela recuperó hasta un 37% de su área basal mientras que en la parcela 10, la recuperación llegó a un 99%. De igual forma, la recuperación del volumen neto varía entre las parcelas mostrando una buena recuperación.

Cuadro 6. Parámetros dasométricos por parcela al momento de la evaluación (año 2000).

Parcela	Tratamiento	DAP (cm)		Altura (m)		Área Basal (m ² /ha)	Volumen neto (m ³ /ha)
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.		
1	T20	27,1	6,6	23,9	2,7	29,55	346,89
2	T10	31,5	5,5	25,5	2,2	17,25	213,07
3	T20	28,3	6,0	24,1	2,3	29,97	352,18
4	T10	33,4	6,1	25,1	2,6	17,16	213,45
5	TEST	23,6	8,6	22,0	4,0	52,02	602,06
6	T30	26,3	8,2	23,1	3,3	42,00	486,57
7	T40	26,9	9,1	23,3	3,5	51,16	591,93
8	T40	24,9	8,6	22,7	3,5	47,55	539,93
9	TEST	24,5	10,6	22,1	4,4	50,68	705,13
10	T30	27,9	9,4	23,6	3,5	40,58	473,18
11	T40	22,4	8,8	21,4	4,1	44,50	498,29
12	TEST	18,8	7,1	19,6	4,0	48,29	495,73
13	T10	32,8	6,6	25,2	1,8	20,23	247,18
14	T20	30,9	8,0	25,1	2,8	35,07	435,79
15	T30	28,5	8,3	24,1	2,9	41,39	488,32

El Cuadro 7 muestra una participación mayoritaria de las especies Roble, Raulí, Avellano (*Gevuina avellana*), Olivillo (*Aextoxicon punctatum*), y Trevó (*Dasyphyllum diacanthoides*). Sin embargo, al observar la participación de estas especies en cuanto al AB que ocupan, su participación es mínima en comparación con Roble y Raulí, las cuales en conjunto y en promedio para los cuatro tratamientos representan un 91,33% del AB y un 60,56% de la densidad total.

Cuadro 7. Participación de las especies en densidad y área basal.

Especie	Densidad (individ./ha)					AB (m ² /ha)				
	T10	T20	T30	T40	TEST	T10	T20	T30	T40	TEST
<i>Nothofagus alpina</i>	478	358	588	833	847	11,13	20,14	38,12	45,66	36,16
<i>Nothofagus obliqua</i>	1065	292	47	12	178	12,94	12,15	3,43	0,91	9,15
<i>Aristotelia chilensis</i>	3	15	3	0	0	0,01	0,07	0,01	0,00	0,00
<i>Amomyrtus meli</i>	0	0	0	0	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Aextoxicon punctatum</i>	13	8	5	0	127	0,03	0,02	0,01	0,00	1,64
<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	17	57	27	18	75	0,05	0,18	0,09	0,09	2,60
<i>Gevuina avellana</i>	848	813	213	148	370	3,03	3,01	0,64	1,43	3,43
<i>Persea lingue</i>	37	45	5	2	32	0,16	0,20	0,07	0,03	0,40
<i>Lomatia dentata</i>	53	40	12	0	20	0,26	0,12	0,04	0,00	0,13
Otras	0	5	2	5	38	0,00	0,02	0,01	0,10	0,12

4.2 Ajuste de funciones de volumen

Los modelos de regresión para estimar volumen fueron sometidos a análisis para determinar su R², valor de Fischer y su significancia (*P*). Los valores de diferencia agregada porcentual (DIFA%) y raíz del error medio cuadrático porcentual (REMC%) fueron comparados para obtener las mejores funciones (anexo 2). Los modelos ajustados y sus parámetros pueden observarse en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Modelos de regresión para estimación del volumen total.

Esp.	Nr.	Modelo	R ²
Raulí	M11	$\frac{V}{DAP^2 \times AT} = 3,473E - 05 + \frac{3,887E - 05}{DAP} + \frac{-1,029E - 03}{DAP^2 \times AT} + \frac{4,986E - 05}{AT^2}$	0,993
Roble	M4	$\ln V = -9,775 + 2,197 \times \ln DAP + 0,659 \times \ln AT + 1,364 \times DAP^2 \times AT$	0,998
Otras	M4	$\ln V = -9315 + 2,139 \times \ln DAP + 0,462 \times \ln AT + 1,403E - 05 \times DAP^2 \times AT$	0,930

Donde: V = Volumen neto (m³)
DAP = Diámetro del fuste a 1,3m del suelo (cm)
AT = Altura total (m)
ln = Logaritmo natural
R² = Coeficiente de determinación

4.3 Incrementos a nivel de árbol individual

Los incrementos medios anuales en DAP fueron calculados para los períodos 1981-1983, 1983-1991, 1991-2000 y total. Los valores medios pueden observarse en la Figura 3.

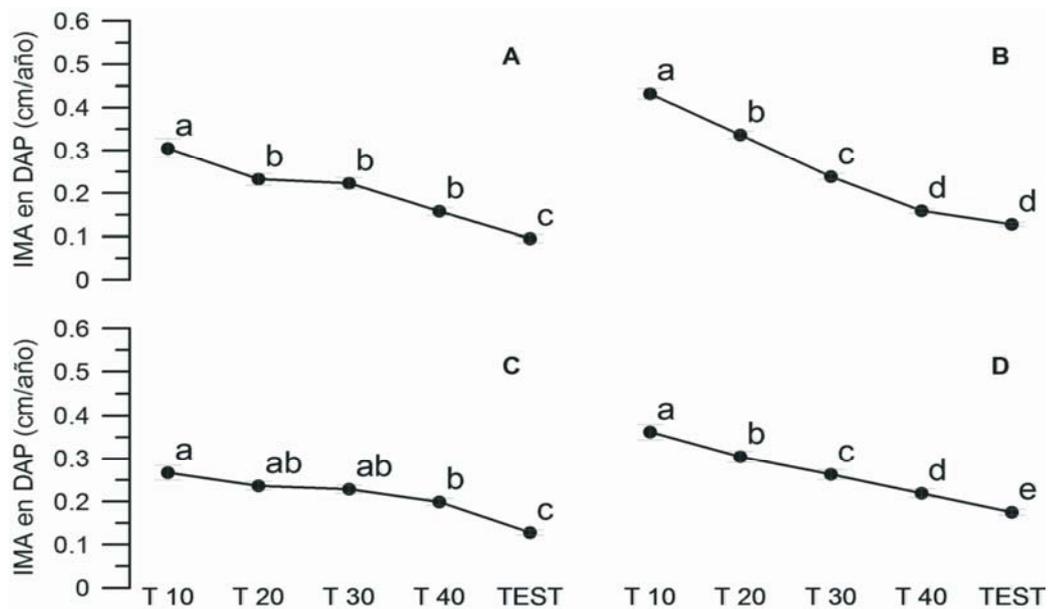


Figura 3. Incrementos anuales en diámetro para período 1981-1983 (A), período 1983-1991 (B), período 1991-2000 (C) y total (D), donde T 10, T 20, T 30, T 40 y TEST son los tratamientos descritos anteriormente. Letras distintas significan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias según test de Tukey.

En todos los casos el tratamiento T10 fue significativamente superior a los demás. Al ver el IMA del período total (D) puede notarse que los mayores crecimientos se dan en el tratamiento T10 disminuyendo sucesivamente hasta el tratamiento testigo, el cual obtuvo los menores crecimientos en diámetro en todos los casos.

También puede observarse que en todos los tratamientos la respuesta al raleo es mayor en el segundo período (B), es decir, los árboles tardaron algunos años en responder positivamente al raleo.

Los incrementos medios anuales en AT también fueron calculados para los períodos 1983-1991, 1991-2000 y total. Las medias y sus diferencias pueden observarse en la Figura 4. El período 1981-1983 fue excluido de este análisis puesto que muchas mediciones de altura resultaron ser mayores en el año 1981 que en el año 1983, probablemente debido a errores en la medición de los individuos seleccionados.

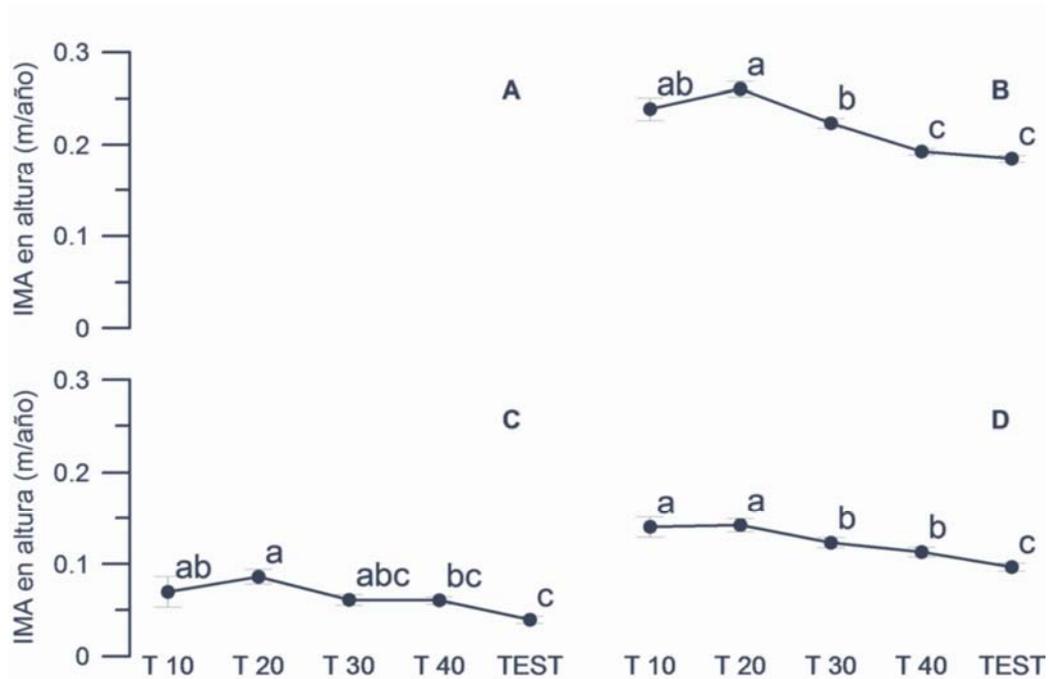


Figura 4. Incrementos anuales en altura para período 1983-1991 (B), período 1991-2000 (C) y total (D), donde T 10, T 20, T 30, T 40 y TEST son los tratamientos descritos anteriormente. Letras distintas significan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias según test de Tukey. El período 1981-1983 no se analizó por incongruencias en las mediciones.

Los crecimientos del segundo período (B) fueron muy superiores a los del tercer período, llegando a crecimientos de 26 cm al año. A diferencia de los crecimientos diamétricos, los crecimientos en altura no respondieron siguiendo la secuencia de raleos, siendo siempre el T20 el tratamiento de mejores resultados. También se observa que el tratamiento testigo obtuvo menores crecimientos en todos los casos.

En la Figura 5 pueden observarse los incrementos medios anuales en volumen, los cuales también fueron calculados para los períodos 1981-1983, 1983-1991, 1991-2000 y total. Estos incrementos corresponden a volumen individual en m^3 por árbol.

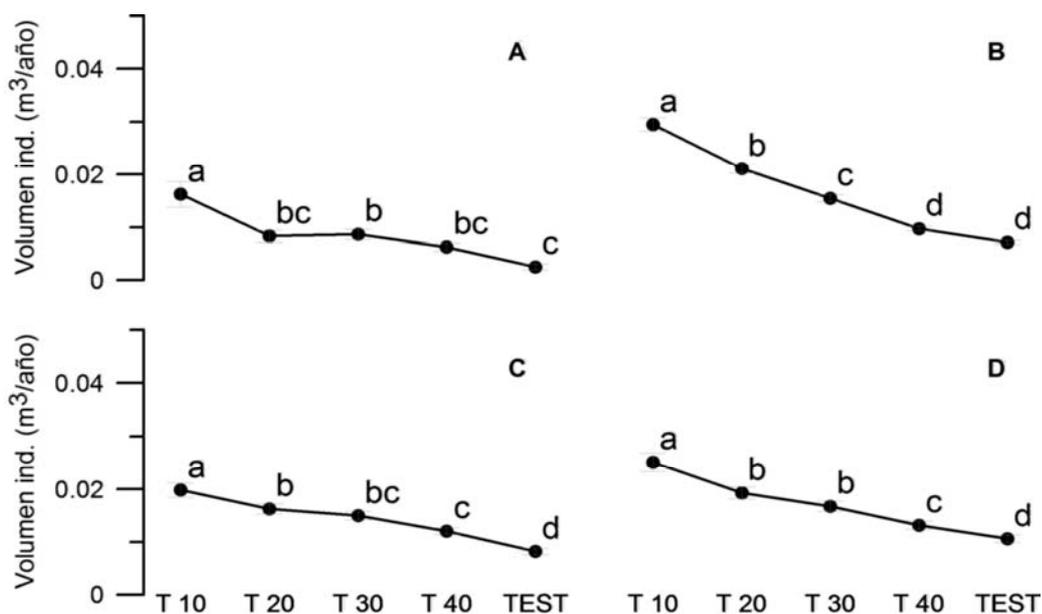


Figura 5. Incrementos anuales en volumen neto de árbol individual para período 1981-1983 (A), período 1983-1991 (B), período 1991-2000 (C) y total (D), donde T 10, T 20, T 30, T 40 y TEST son los tratamientos descritos anteriormente. Letras distintas significan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias según test de Tukey.

Al igual que en IMA en DAP, en todos los casos el tratamiento T10 fue significativamente superior a los demás siendo el que presentó los mayores incrementos. Los crecimientos disminuyen a medida que aumenta el área basal remanente (tratamientos) siendo el tratamiento testigo el que presenta menores incrementos.

También se observa en todos los tratamientos que la respuesta al raleo es mayor en el segundo período (B), al igual que para las variables DAP y AT.

4.4 Incrementos a nivel de rodal

En las Figuras 6 y 7 se presentan los incrementos a nivel de rodal para el AB. Se observa claramente que los incrementos individuales son mayores a menores AB residuales, sin embargo es necesario verificar si esta tendencia se repite a nivel de rodal en unidades de superficie equivalentes (hectáreas).

La Figura 6 muestra el AB acumulada por hectárea. Puede notarse que los tratamientos intermedios recuperaron en mayor parte su área basal extraída durante el raleo.

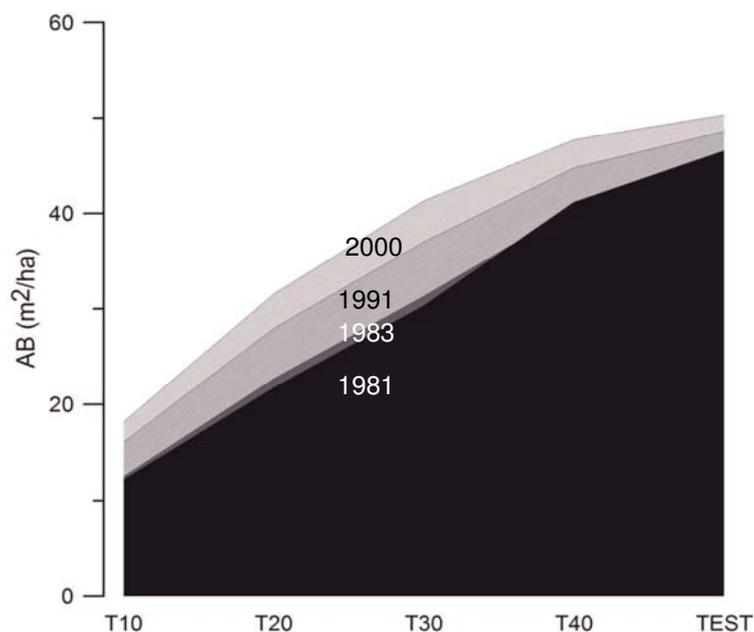


Figura 6. Áreas basales acumuladas por tratamiento donde T10, T20, T30, T40 y TEST son los tratamientos descritos.

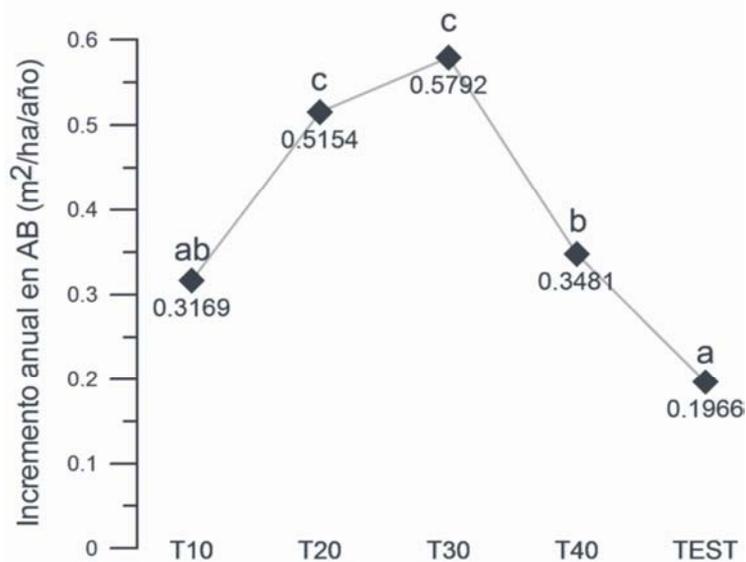


Figura 7. Incremento anual en área basal donde T10, T20, T30, T40 y TEST son los tratamientos descritos. Letras distintas significan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias según test de Tukey.

Se puede apreciar en la Figura 7, que el tratamiento que mejor responde es el T30 que puede considerarse estadísticamente igual al T20.

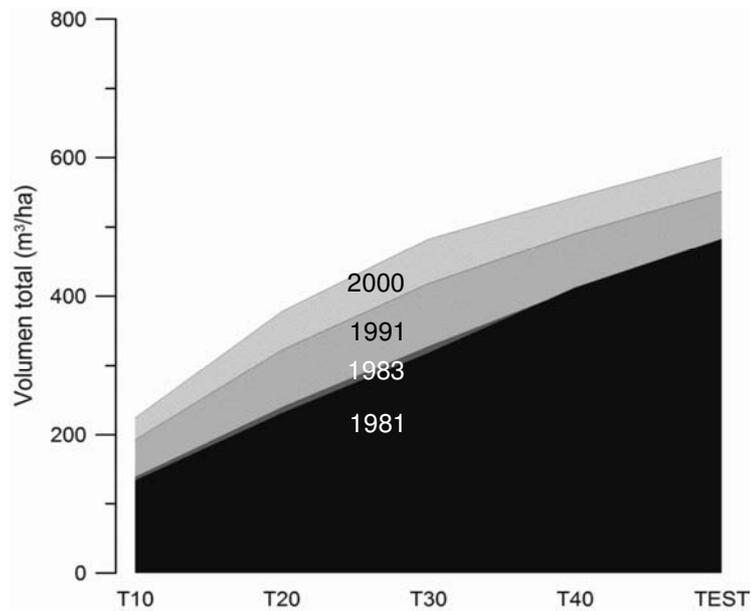


Figura 8. Volumen neto acumulado por tratamiento donde T10, T20, T30, T40 y TEST son los tratamientos descritos.

De forma similar que el AB, el volumen neto por hectárea se recupera mayormente en los tratamientos intermedios. La acumulación generada entre las mediciones de 1981 y 1983 apenas es perceptible dado el corto período (Figura 8).

En la Figura 9 se aprecia que el tratamiento que mejor responde es el T30 al igual como ocurre con el incremento en AB. Puede considerarse que los tratamientos T30 y T20 son estadísticamente iguales.

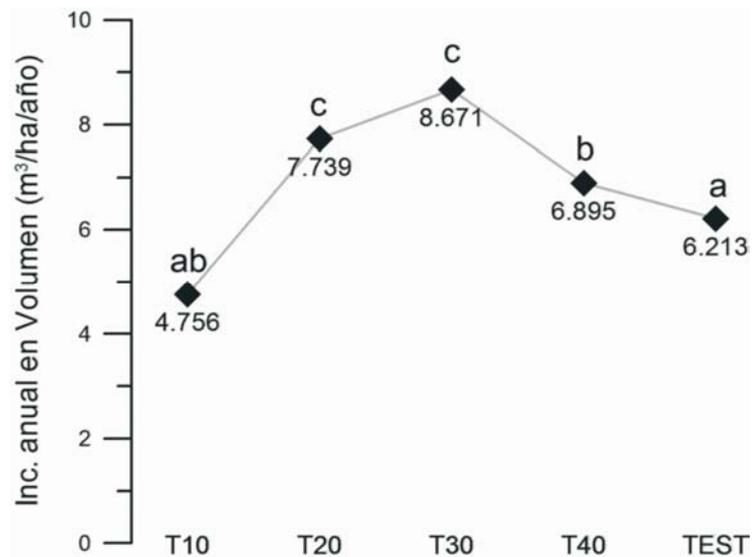


Figura 9. Incremento anual en volumen neto donde T10, T20, T30, T40 y TEST son los tratamientos descritos. Letras distintas significan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias según test de Tukey.

4.5 Reclutamiento de especies

Las condiciones de luminosidad provocaron un fuerte aumento de la regeneración. Esto es claramente visible en la Figura 10, en la cual puede verse un aumento del reclutamiento ($5 \text{ cm} < \text{DAP} < 15 \text{ cm}$ sin numeración) en los tratamiento más intervenidos como el T10 y el T20.

Existen diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,001$). El tratamiento testigo muestra un reclutamiento mayor a los T30 y T40 ya que contaba con regeneración, la cual no fue afectada por los raleos.

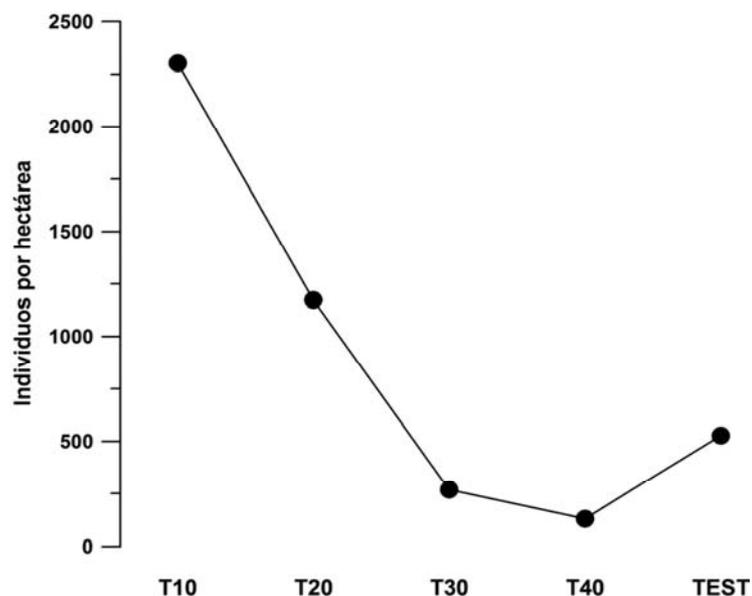


Figura 10. Reclutamiento de individuos 19 años luego del raleo según tratamiento

Cuadro 9. Reclutamiento por hectárea según especie y tratamiento

Especie	T10	T20	T30	T40	TEST
<i>Nothofagus alpina</i>	220	37	3	4	22
<i>Nothofagus obliqua</i>	579	77	0	0	3
<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	10	34	16	9	33
<i>Gevuina avellana</i>	509	488	127	64	156
<i>Luma apiculata</i>	0	1	0	0	21
<i>Persea lingue</i>	22	27	2	0	8
<i>Aristotelia chilensis</i>	2	9	2	0	0
<i>Aextoxicon punctatum</i>	8	5	3	0	60
<i>Lomatia dentata</i>	32	24	7	0	10
Totales	1382	702	160	77	313

En el Cuadro 9 puede notarse que las especies más intolerantes como Raulí y Roble se concentran mayormente en el T10, el cual cuenta con abundante regeneración de otras especies también. En cuanto a la diversidad de especies el tratamiento que menos contribuye es el T40 presentando sólo tres especies en el reclutamiento.

En cuanto al origen de los individuos reclutados, en el Cuadro 10 se observa una fuerte regeneración por tocón en todos los tratamientos, menos el testigo, el cual presentó abundante regeneración de semilla.

Cuadro 10. Origen del reclutamiento.

Tratamiento	Origen		
	Raíz	Semilla	Tocón
T10	0,3%	8,4%	91,3%
T20	1,3%	8,4%	90,3%
T30	0%	10,0%	90,0%
T40	0%	13,0%	87,0%
TEST	1,2%	50,6%	48,2%

El origen del reclutamiento influyó fuertemente en la forma (y por consiguiente en la calidad) de los individuos. La sanidad observada fue en general buena, por lo que no se analizó en este estudio, sin embargo la forma presentó valores distintos entre tratamientos y entre especies (Cuadros 11 y 12).

Cuadro 11. Forma del reclutamiento de Raulí y Roble.

Tratamiento	1 (%)	2 (%)	3 (%)
T10	59,2	32,6	8,2
T20	61,4	31,6	7,0
T30	66,7	33,3	0,0
T40	50,0	50,0	0,0
TEST	40,0	44,0	16,0

Cuadro 12. Forma del reclutamiento de otras especies.

Tratamiento	1 (%)	2 (%)	3 (%)
T10	41,4	36,5	22,0
T20	24,2	41,4	34,3
T30	5,6	26,1	67,7
T40	2,5	21,5	75,9
TEST	8,0	18,2	73,2

Puede notarse que, en general, el reclutamiento de Raulí y Roble tiene buena forma. Para estas especies, los tratamientos con mejores resultados fueron los T20 y T30 aunque los demás tratamientos en general mostraron altos porcentajes de individuos de forma 1 y bajos porcentajes de forma 3 (Cuadro 11). En cambio para las demás especies, claramente hay una tendencia a mejores formas en intervenciones más drásticas, siendo el Testigo el que muestra las peores formas.

4.6 Calidad de los individuos

Las calidades fueron fijadas en términos de sanidad y forma de acuerdo a la clasificación propuesta en el anexo 1, en la cual se define A para la mejor calidad, B para calidad regular y C para mala calidad. Al separar calidades por tratamiento y expresarlas porcentualmente se obtuvo el Cuadro 13.

Cuadro 13. Distribución de las calidades entre los tratamientos.

Tratamiento	Calidad A (%)	Calidad B (%)	Calidad C (%)
T10	84,4	12,7	2,9
T20	73,2	23,7	3,1
T30	59,5	36,1	4,4
T40	59,8	29,5	10,7
TEST	42,4	38,5	19,1

Donde A = Mejor calidad; B = Calidad regular; C = Mala calidad

Como puede observarse, las calidades comienzan siendo muy favorables para el T10, en el cual la mayoría de los individuos presenta calidad A y sólo unos pocos presentan calidades B y C. Esta distribución tiende a equipararse a medida que aumenta el AB residual. Finalmente, el tratamiento en el cual el porcentaje de individuos calidad C es mayor en relación a los demás tratamientos, es el testigo. En el tratamiento testigo, la participación de individuos de calidad B y C juntos suman un 57,6%.

4.7 Mortalidad del rodal

Los procesos de mortalidad fueron normales para un renoval de Roble-Raulí y los datos por tratamiento se pueden ver en la Figura 11.

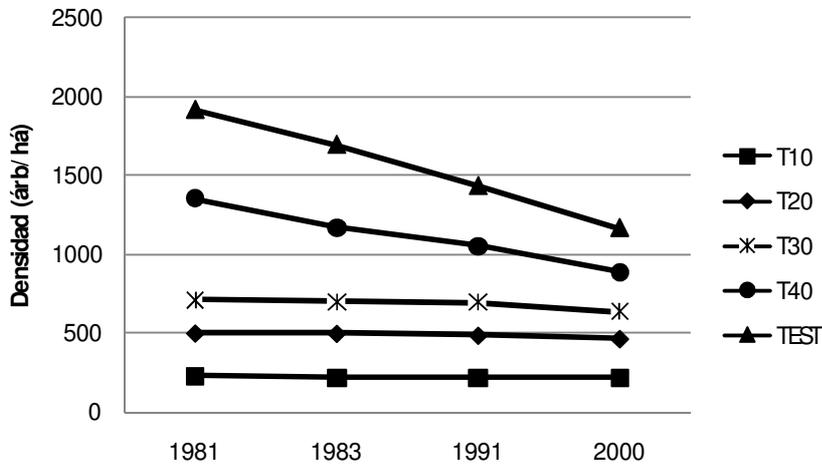


Figura 11. Mortalidad del renoval por tratamiento donde T10, T20, T30, T40 y TEST son los tratamientos descritos.

Puede observarse que la mortalidad prácticamente no afecta a los tratamientos T10, T20 y T30, pero si en gran medida a los tratamientos menos drásticos. Al desglosar esta información por especies se observa que la tendencia es la misma para Raulí y Roble (Figura 12) y para otras especies (Figura 13). En esta última se registraron otras especies sólo para los tratamientos T30, T40 y TEST porque para los demás tratamientos se contaba con muy poca participación.

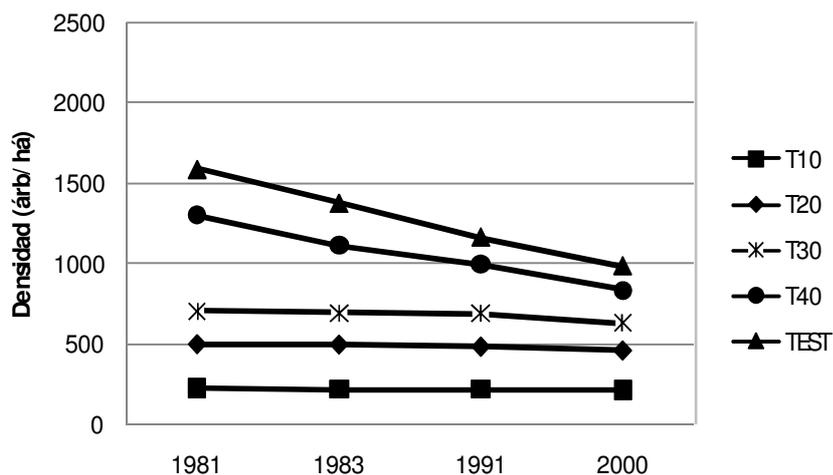


Figura 12. Mortalidad de Raulí y Roble por tratamiento donde T10, T20, T30, T40 y TEST son los tratamientos descritos.

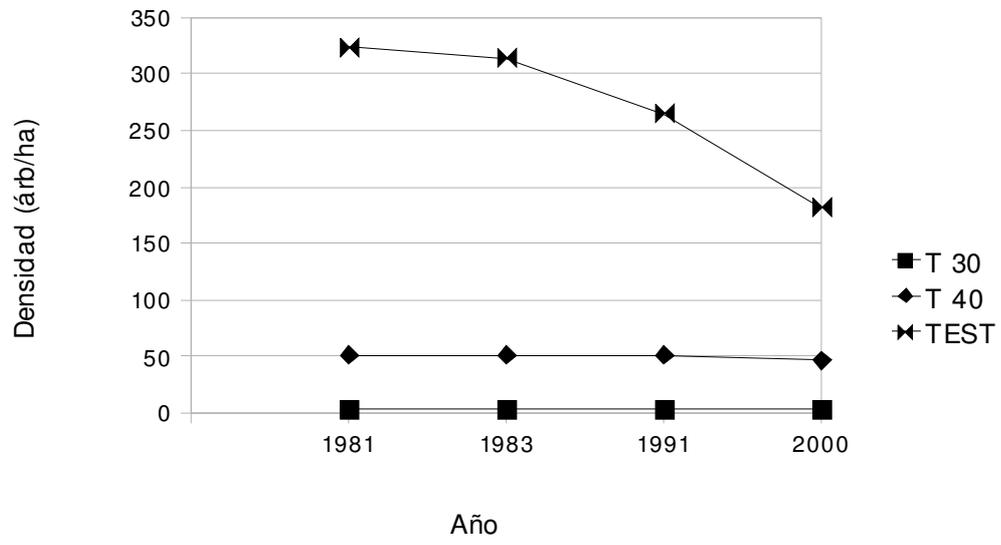


Figura 13. Mortalidad de otras especies por tratamiento donde T10, T20, T30, T40 y TEST son los tratamientos descritos.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El renoval en estudio se encuentra en un estado de sucesión avanzado llegando a edades entre 50 y 70 años (al momento de la sexta evaluación) en el dosel dominante y presentando abundante regeneración de varias especies, sobre todo de tolerantes (Nuñez y Peñaloza, 1985). En este sentido, los tratamientos aplicados sobre el renoval pueden considerarse apenas a tiempo para una respuesta favorable.

5.1 Consideraciones en raleos de renovales

Los resultados muestran tendencias muy claras que pueden analizarse desde varios puntos de vista. Grosse y Quiroz (1999) dicen que estos renovales se encuentran en pleno desarrollo y por lo tanto son susceptibles al raleo, lo cual es observable en los resultados. También citan otras experiencias con raleos en renovales entre 40 y 60 años con buenas respuestas al manejo. Sin embargo recomiendan que las intervenciones se hagan en forma temprana, ya que de esta forma se alarga el período del máximo crecimiento anual (aproximadamente a los 12 años).

En cuanto a los criterios ecológicos de los raleos efectuados, Lara *et al.* (1999) proponen normas de raleos para renovales de Roble-Raulí y renovales de Coihue basado en el criterio ecológico de las relaciones tamaño-densidad. Esta relación ha sido estudiada por Puente *et al.* (1979) y Prado *et al.* (1993) entre otros. Estos autores proponen que los raleos en renovales no deben disminuir la relación entre la densidad y el DMC (diámetro medio cuadrático) del rodal, manteniendo una tendencia similar a la disminución de densidad por mortalidad natural del renoval. En este sentido, se ofrece la posibilidad de efectuar raleos con criterios ecológicos. Como puede observarse en el Cuadro 14, los raleos efectuados en Jauja no cumplieron los parámetros establecidos por las normas, a excepción del tratamiento 40, el más conservador, en el cual se extrajo sólo un 14,3% del área basal.

Cuadro 14. Cumplimiento de la norma de manejo de renovales de Roble, Raulí y Coihue.

Tratamiento	Inicial (1980)		Final (1981)		Cumple norma
	Densidad (árb/ha)	DMC (cm)	Densidad (árb/ha)	DMC (cm)	
T10	2281	16,19	225	26,27	No
T20	2378	15,81	497	23,61	No
T30	1773	17,55	708	23,34	No
T40	2137	16,82	1346	19,74	Si
TEST	2267	16,20	1910	17,62	-

La información referente a la regeneración de este ensayo (Nuñez y Peñaloza, 1985) y el alto reclutamiento de los tratamientos T10 y T20 mostrados en la Figura 8, dejan entrever que las normas de manejo de renovales de Roble, Raulí y Coihue son más

bien conservadoras, tal como lo plantea Silva (2003) al estudiar raleos en renovales de roble. Por otro lado las Figuras 11, 12 y 13 muestran que la mortalidad en los tratamientos T40 y TEST es alta, por lo que se puede suponer que la extracción en los tratamientos restantes pertenece en gran medida a árboles destinados a morir.

De los cuatro tratamientos, es necesario encontrar un balance entre una mejor respuesta por parte del renoval (como en los tratamientos T10 y T20) y un criterio ecológico más ajustado a las condiciones naturales (como el T40). Al analizarse las diferentes variables, puede pensarse que silviculturalmente el T30 es el más apropiado, ya que fue el tratamiento con mayor crecimiento a nivel de rodal (Figuras 7 y 9), favoreciendo la productividad neta del rodal. Sin embargo, al cruzar esta información con los resultados de crecimiento individual y calidad de los individuos, los mejores tratamientos son los T10 y T20, ya que estos favorecen el crecimiento individual de árboles calidad "A". De esta forma el T10 es el que más favorece el crecimiento individual en DAP y al mismo tiempo es el tratamiento que tiene mayor proporción de individuos calidad "A". Sin embargo, al considerarse el hecho de que la extracción en AB fue de un 74,44%, puede descartarse este tratamiento (T10) ya que atenta contra la estabilidad propia del rodal. Esta situación es observable también en el drástico cambio de las distribuciones diamétricas sufridas en el raleo (anexo 3). Saavedra (2003) concluye para este mismo ensayo que en los tratamientos T10 y T20 la distribución diamétrica varía tan drásticamente que se generan "vacíos" en algunas clases diamétricas, originando una distribución interrumpida, la cual puede interpretarse como una alteración excesiva.

Por los motivos anteriormente expuestos, es necesario determinar distintos tratamientos para distintos fines. Si el fin es la producción de biomasa (por ejemplo para producción de leña o elaboración de tableros) los tratamientos más recomendables serían los T30 y T40 de los cuales, el primero es el que mayormente beneficia el incremento neto del rodal y, por lo tanto, la productividad. Por el contrario, si desea enfocarse la producción en árboles de calidad (por ejemplo para madera aserrada o producto debobinable) los tratamientos T10 y T20 son los que mejor cumplen este fin, concentrando el crecimiento en los árboles de mejor calidad. Sin embargo, de estos dos tratamientos, el segundo es más recomendable puesto que presenta una proporción similar de árboles de buena calidad, mayor número de árboles, alta regeneración y buenos crecimientos individuales.

A pesar de los promisorios resultados, no puede garantizarse que la tendencia en las proporciones de calidad (Cuadro 10) se mantengan en el futuro, ya que la mayoría de los individuos reclutados fueron originados a partir de tocón, por lo que en su mayoría presentan curvatura y bifurcaciones desde la base, lo cual dificulta su manejo, ya que se presentan en forma agrupada y no regularmente distribuidas como sería óptimo. Por esta razón, si el fin es la producción de maderas de alta calidad, se recomienda una pronta intervención para controlar las bifurcaciones y homogeneizar los distanciamientos, así como también eliminar aquellos individuos de mala forma.

6. CONCLUSIONES

- Las funciones de volumen que mejor se ajustaron para Raulí, Roble y otras especies fueron las M11, M4 y M4, respectivamente (ver anexo 2 para listado de todos los modelos utilizados).
- La participación de las especies se refleja mayormente en Roble y Raulí que juntos suman un 91% del AB y un 61% de la densidad. Sigue Avellano (*Gevuina avellana*) con una alta participación en la densidad, mas no en área basal.
- El tratamiento que más beneficia el crecimiento individual en diámetro y altura es el tratamiento T10, presentando un IMA en DAP de 0,36 cm/año y en AT de 0,14 m/año.
- El tratamiento que más favorece la acumulación de biomasa neta es el T30, presentando incrementos en AB de 0,58 m²/ha/año y en volumen de 8,67 m³/ha/año. Este tratamiento no presentó diferencias significativas con el T20.
- Los tratamientos que mostraron mayor número de individuos reclutados fueron los T10 y T20, muy superiores al resto. El T10 mostró ser el tratamiento que reclutó mayor número de las especies de interés económico (Raulí y Roble).
- La absoluta mayoría de los individuos reclutados provienen de regeneración de tocón, seguido por regeneración de semilla. Solamente el tratamiento testigo mostró proporciones equiparadas en el origen de los individuos.
- El tratamiento que mostró una mayor proporción de individuos calidad "A" (muy buena) fue el T10, seguido de los tratamientos T20, T30, T40 y Testigo sucesivamente.
- Solamente el tratamiento T40 cumple con las normas de manejo de renovales de Roble, Raulí y Coihue propuestas por Lara *et al.* (1999). En los demás tratamientos se extrajeron más individuos y más AB que la sugerida.
- El raleo efectuado (raleo por lo bajo) cumplió el objetivo de aumentar el DMC de las parcelas raleadas.
- Se sugieren dos alternativas silvícolas para este renoval. La primera privilegiando el T20 para producción de maderas de alto valor y la segunda privilegiando el T30 para producción de biomasa.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, F. 2002. Construcción de modelos de crecimiento para renovales de *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst. y *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. sometidos a distintas intensidades de raleo. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 68 p.
- Castillo, F. 1992. Caracterización, estudio dendrocronológico y proposición de intervenciones silvícolas para renovales de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.), Cordillera de la Costa, IX Región. Tes. Ing. For. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 68 p.
- Clutter, J.; Fortson, J.; Pienaar L.; Brister, G.; Bailey R. 1983. Timber management: a quantitative approach. Editorial J. Willey & Sons. New York, USA. 331 p.
- Cubbage, F.; Rubilar, R.; Siry, J.; Mac Donagh, P.; Baez, M.N.; Sawinski, J.; Ferreira, A.; Hoeflich, V.; Morales, V.; Balmelli, G.; Ferreira, G.; Alvarez, J.; Donoso, P. 2005. Comparative Timber Investment Returns for Selected Plantations and Native Forests in South America and the Southern United States. Speech Presented at the Annual Southern Forest Economics Workers (SOFEW) Meeting. April 18-20, 2005, Baton Rouge, Louisiana, USA. 30 p.
- CONAF, CONAMA, BIRF, Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad Católica de Temuco. 1999. "Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile." Informe Nacional con Variables Ambientales. Santiago, Chile. 88 pp.
- Donoso, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento técnico N° 38. Investigación y desarrollo forestal (CONAF, PNUD-FAO). Chile, Edición FAO. 82 p.
- Donoso, C.; Gerding, V.; Olivares, B.; Real, P.; Sandoval, V.; Schlatter, R.; Schlegel, F. 1984. Antecedentes para el manejo del bosque nativo de Forestal Arauco (Sector Cordillera de Nahuelbuta). Proyecto Forestal Arauco – UACH. Informe de convenio N°74. 183p.
- Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina; Variación, Estructura y Dinámica. 4º ed. Chile, Editorial Universitaria. 484 p.
- Donoso, P. 1988. Caracterización, crecimiento y proposiciones silviculturales para comunidades de Roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*) en el área de protección "Radal Siete Tazas", VII Región. Bosque 9(2):103-114

- Donoso, P.; Donoso, C.; Sandoval, V. 1993. Proposición de zonas de crecimiento para renovales de Roble y Raulí en su rango de distribución natural. *Bosque* 14(2):37-55
- Espinosa, M.; Rodríguez, G.; Medina, G. 1977. Tres años de crecimiento de una plantación de raulí (*Nothofagus alpina*) de 25 años de edad. Concepción, Chile. Boletín de Investigación CCF 3, Universidad de Concepción. 19 p.
- Grosse, H.; Quiroz, I. 1999. Silvicultura en los bosques de Segundo Crecimiento de Roble, Raulí y Coihue en la región centro-sur de Chile. En: Donoso, C; Lara, A. 1999. (eds.) Silvicultura de los bosques nativos de Chile. de. Universitaria. Santiago, Chile. Pp. 95-128.
- Heyer, C.J. 1841. Die Waldertrags-Regelung. Giesen : Ferber, 1841. 264 p.
- Hoffmann, A. 1998. Flora Silvestre de Chile, Zona Central. Edición 4. Fundación Claudio Gay, Santiago. 254p.
- INFOR - CONAF; Loewe, V.; Toral, M.; Mery, M.; Camelio, M. E.; Lopez, C.; Urquieta, E. 1997. Monografía de Roble : *Nothofagus oblicua*. 90 p.
- Köppen, W.P. 1923. Die Klimate der Erde: Grundriss der Klimakunde. Berlin: Walter de Gruyter. (Summarized, in 1937, by the Committee of the Geographical Association.) En: *Geography* 22(4):253-282.
- Lara, A.; Donoso, C.; Donoso, P.; Nuñez, P.; Cavieres, A. 1999. Normas de manejo para raleos de renovales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. En: Donoso, C; Lara, A. 1999. (eds.) Silvicultura de los bosques nativos de Chile. de. Universitaria. Santiago, Chile. Pp. 129-144.
- Loewe, V.; Toral, M.; González, M.; Pineda, G.; Delard, C.; Subiri, M. 1998. Silvicultura de especies no tradicionales: una mayor diversidad productiva. Informe Final. 129 p. Documento de Trabajo N° 199. INFOR. Santiago, Chile.
- Martin, G. 1982. A Method for Estimating Ingrowth on Permanent Horizontal Sample Points. *For. Sci.* 28(1):110-114
- Meneses, M.; Paredes, G.; Núñez, P. 1991. Opciones silviculturales para el manejo y utilización del bosque Siempreverde, Décima Región desde Río Bueno al sur. Informe de Convenio N° 184. Informe Final. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 103 p.
- Morales, E. 2005. Diseño experimental a través del análisis de varianza y modelo de regresión lineal. Ed. Carouna. Santiago Chile 248 p.

- Núñez, P.; Peñaloza, R. 1985. Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de Raulí (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*). Informe de convenio N° 80. CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. 109 p.
- Peng, Ch. 2000. Growth and yield models for uneven-aged stands: past, present and future. *Forest Ecology and Management*, 132(2-3):259-279
- Prado, C.; Fuentes, J.; Prado, C.D.; Donoso, P. 1993. Caracterización de la estructura, crecimiento y respuesta a raleos de renovales de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*) y coigüe (*Nothofagus dombeyi*) mediante modelos estadísticos estructurales. Investigación y desarrollo forestal, CONAF/FAO/PNUD.
- Puente, M.; Donoso, C.; Peñaloza, R.; Morales, E. 1979. Manejo de renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*). Identificación de renovales de Raulí-Roble. Investigación y desarrollo forestal, documento de trabajo nr. 29, CONAF/FAO/PNUD.
- Puente, M.; Peñaloza, R.; Donoso, C.; Paredes, R.; Núñez, P.; Morales, R.; Engdahl, O. 1980. Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de Raulí y Roble. Segunda fase: Informe de avance de instalación de ensayos de raleo en renovales de Raulí. Informe de convenio N° 30. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. Facultad de Ciencias forestales, Serie Técnica, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 59 p.
- Roesch, F.; Green, E.; Scott, C. 1989. New Compatible Estimators for Survivor Growth and Ingrowth from Remeasured Horizontal Point Samples. *For. Sci.* 35(2):281-293
- Saavedra, P. 2003. Análisis descriptivo del comportamiento de las distribuciones diamétricas aplicando diferentes tratamientos en renovales de Rauli y Roble en la Novena Región. Tes. Ing. For. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 31 p.
- Silva, J.; Carvalho, J.; Lopes, J.; de Almeida, B.F.; Costa, D.; de Oliveira, L.; Vanclay, J.; Skovsgaard, J.P. 1995. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. *Forest Ecology and Management*, 71(3):267-274
- Silva, J. 2003. Estudio de seis años de respuesta de raleo en renovales de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) en el predio Aillapán, comuna de Loncoche, Novena Región. Tes. Ing. For. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 78 p.

- Sokal, R.; Rohlf, F. 1995. Biometry. San Francisco, USA. WH Freeman and Company. 887 p.
- Vanclay, J. 1994. Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests. CAB International, Wallingford UK. 312 p.
- Vita, A. 1977. Crecimiento de algunas especies forestales en el Arboretum del Centro Experimental Frutillar. X Región. Boletín Técnico 47. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 16 p.

ANEXOS

ANEXO 1
Detalle de las variables medidas

- **N° de árbol:** Se apuntó el número rotulado en cada árbol y si éste no poseía número se le asignaba el sucesor correlativo al último del registro histórico, esto quiere decir que pasaba a constituir un nuevo individuo que se incorporaba al muestreo.
- **Especie (SP):** Código del nombre científico registrado
- **DAP:** Diámetro del árbol a 1,3 metros de altura medido con una precisión del milímetro más cercano. La medición se realizó con forcípula y para los árboles con diámetros superiores a 50 centímetros se ocupó huincha diamétrica.
- **Posición Sociológica (PS):** Posición relativa a la competencia de los individuos en el rodal según la clasificación de Kraft

Código	Posición	Descripción
1	Dominante	Árbol que se encuentra claramente en el estrato superior sobresaliente por sobre los demás individuos.
2	Codominante	Árbol que se encuentra en los estratos superiores presentando una copa bien desarrollada, no sobresaliendo por sobre los demás individuos.
3	Intermedio	Árbol que constituye el estrato superior. Debido a su posición no se encuentra recibiendo energía solar directa, salvo en la parte superior de su copa.
4	Suprimido	Árbol que se encuentra bajo el dosel medio de los demás árboles, no recibe energía solar en forma directa.

- **Calidad (S/F):** Calificación relacionada a la Sanidad y Forma considerando una porción del fuste equivalente al 75% de la altura de comienzo de copa.

Sanidad	Descripción
1	Fuste aparentemente sano, sin ningún indicio de ataque.
2	Fuste con signos de daños locales de poca extensión.
3	Fuste con daños generalizados.

Forma	Descripción
1	Fuste recto y cilíndrico, sin bifurcación
2	Fuste no recto y no cilíndrico, pudiendo ser utilizado para madera aserrable.
3	Fuste con concavidades, arqueaduras y torceduras fuertes, solo utilizable para leña.

Determinación de la calidad en base a los criterios de Sanidad y Forma

Sanidad	1	2	3
Forma			
1	A	A	B
2	B	B	C
3	C	C	C

- **Tipo de Origen (O):** Corresponde al tipo de regeneración que posee cada individuo. Esta puede ser vegetativa (tocón o raíz), por semilla o mixto.

Código	Origen
1	Semilla
2	Tocón
3	Raíz

- **Status:** Se asignaron dos números, 1 y 2, para diferenciar a los árboles que (1) tienen bajo su numeración información dasométrica tomada en las distintas mediciones, de los individuos que (2) se integran a la medición “ingrowth” aportando así a la numeración original.
- **Altura Total (AT):** Luego de finalizar la toma de los datos anteriormente descritos se seleccionaron cinco individuos para medición de altura total en cada subparcela. Cuatro de ellos debían corresponder a las especies Roble o Raulí y estar ubicados en el dosel superior, con la salvedad de que de estos cuatro árboles tres hayan sido anteriormente medidos. Además de forma aleatoria se seleccionó un quinto árbol esta vez del dosel intermedio o suprimido que podía pertenecer a cualquier especie. A todos ellos se les registró una segunda medición del DAP (DAP2) orientada perpendicularmente de la anterior. De los cuatro árboles del dosel superior, se eligieron dos, más el quinto del dosel inferior o suprimido suman los tres individuos a los que se les medía además las siguientes variables dasométricas:
 - **Altura hasta comienzo de copa (ACC):** Posteriormente se seleccionaron dos de los cuatro árboles del dosel superior sumado al del dosel intermedio o suprimido para medir la altura de inicio de copa viva junto a los siguientes datos dasométricos. En el caso de las alturas, las mediciones se llevaron a cabo con hipsómetro Suunto, a distancias de 15 o 20 metros del árbol según la visibilidad obtenida. En caso de árboles del estrato suprimido la medición se hizo generalmente con vara telescópica.
 - **Diámetro comienzo de copa (DCC):** Diámetro a la altura del comienzo de copa medido con relascopeo o en caso de individuos del dosel suprimido con forcípula finlandesa.
 - **Altura Superior (AS):** Corresponde a la altura tomada desde el suelo hasta el segundo tercio del fuste libre de ramas.
 - **Diámetro Superior (DS):** Diámetro hasta la altura superior del fuste, medido con relascopeo.

ANEXO 2
Funciones de volumen utilizadas en este estudio

Modelos de volumen ajustados *

Número	Modelo
M1	$V=a+b \times DAP^2 \times AT$
M2	$\ln V=a+b \times \ln DAP+c \times \ln AT$
M3	$\ln V=a+b \times \ln AT+c \times DAP^2 \times AT$
M4	$\ln V=a+b \times \ln DAP+c \times \ln AT+d \times DAP^2 \times AT$
M5	$V=a+b \times DAP^2 +c \times AT+d \times DAP^2 \times AT$
M6	$V=a+b \times DAP^2 +c \times DAP^3 +d \times AT+\frac{g}{AT}$
M7	$V=a \times DAP^b \times AT^c$
M8	$V=a+b \times DAP^c \times AT^d$
M9	$V=a \times [DAP^2 \times AT]^b$
M10	$V=DAP^2 \div \frac{a+b}{AT}$
M11	$\frac{V}{DAP^2 \times AT} =a+\frac{b}{DAP} \square \frac{c}{DAP^2 \times AT} \square \frac{d}{AT^2}$

Donde: V = Volumen total

DAP = Diámetro a la altura del pecho

AT = Altura total

ln = Logaritmo natural

a, b, c, d y g = Parámetros de la función

* Fuente: S. Gezan y P. Moreno. 2000. Informe de Modelos de Volumen. EN: A. Ortega. Informe final Proyecto FONDEF D9711065. (31/10/2000). 224p.

Resultado de las mejores funciones

Especie	N° Modelo	Parámetros			
		a	b	c	d
Raulí	M11	3,4730282E-05	3,8870487E-05	-1,0298269E-03	4,986342E-05
Roble	M4	-9,7755744	2,1970627	0,65956087	1,364963E-06
Otras	M4	-9,3154953	2,1390356	0,46195486	1,40274E-05

Error y sesgo por modelo

Código especie	Nombre	Modelo	REMC	DIFA	REMC%	DIFA%	R ²
2	Roble	M4	0,17075	0,01349	19,34031	1,52799	0,998
99	Otras	M4	0,00245	0,00019	3,98977	0,30684	0,930
1	Raulí	M11	0,16188	0,00049	19,19057	0,05859	0,993

ANEXO 3
Distribuciones diamétricas

MEDICIÓN 1980

MEDICIÓN 1 - TODAS LAS ESPECIES (Valores expandidos a la hectárea)

Clase	T10			T20			T30			T40			TT		
	N	AB	VOL												
5 - 10	692	3.10	16.91	745	3.32	18.43	330	1.69	9.65	510	2.57	14.33	695	3.08	17.07
10 - 15	625	7.31	53.52	683	7.73	56.84	598	6.77	50.32	725	8.15	58.64	672	7.57	55.55
15 - 20	440	10.20	91.50	438	10.07	90.88	372	8.80	80.21	398	9.25	83.91	403	9.27	83.27
20 - 25	283	10.85	110.75	298	11.46	116.85	235	8.87	89.68	283	10.72	107.84	262	9.80	99.26
25 - 30	167	9.24	101.19	150	8.47	92.11	138	7.94	85.56	117	6.58	71.26	150	8.50	92.29
30 - 35	63	5.02	59.33	47	3.69	42.12	72	5.64	64.07	55	4.41	49.77	52	4.13	47.45
35 - 40	10	1.02	12.57	12	1.30	16.08	18	1.86	21.55	33	3.49	40.54	23	2.39	28.63
40 - 45	2	0.24	2.84	5	0.67	9.15	10	1.35	15.82	12	1.60	18.73	3	0.43	6.78
45 - 50	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.30	3.58	2	0.32	7.06
50 - 55	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.34	7.98
55 - 60	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.43	5.10	3	0.90	30.15
60 - 65	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Total	2262	46.98	447.62	2378	46.71	442.47	1773	42.92	416.87	2137	47.49	453.69	2267	46.73	475.49

MEDICIÓN 1981

MEDICIÓN 2 - TODAS LAS ESPECIES (Valores expandidos a la hectárea)

Clase	T10			T20			T30			T40			TT		
	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL
5 - 10	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	73	0.46	2.91	318	1.74	10.01
10 - 15	0	0.00	0.00	27	0.38	3.08	72	1.01	8.15	417	4.85	36.89	693	7.89	57.91
15 - 20	30	0.79	7.45	118	2.88	26.65	220	5.30	48.74	357	8.34	76.09	395	9.19	82.87
20 - 25	67	2.66	27.46	175	6.81	69.55	188	7.35	74.52	282	10.65	107.15	265	10.08	102.10
25 - 30	80	4.56	50.39	122	6.83	74.62	125	7.31	79.04	113	6.40	68.81	143	8.22	89.42
30 - 35	37	2.88	33.15	42	3.28	37.90	70	5.56	62.90	63	4.29	48.38	63	5.06	57.92
35 - 40	10	1.04	12.71	12	1.30	15.89	23	2.42	28.57	35	3.70	42.54	22	2.36	28.74
40 - 45	2	0.26	3.05	2	0.25	3.54	10	1.37	16.02	13	1.81	21.17	2	0.21	3.32
45 - 50	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.29	3.42	2	0.27	5.07
50 - 55	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3	0.67	15.33
55 - 60	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.42	5.01	2	0.43	13.58
60 - 65	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.47	16.67
Total	225	12.19	134.21	497	21.74	231.24	708	30.32	317.94	1347	41.20	412.38	1910	46.59	482.93

MEDICIÓN 1983

MEDICIÓN 3 - TODAS LAS ESPECIES (Valores expandidos a la hectárea)

Clase	T10			T20			T30			T40			TT		
	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL
5 - 10	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	40	0.25	1.52	248	1.41	7.61
10 - 15	0	0.00	0.00	25	0.36	2.82	68	0.97	7.46	293	3.54	25.56	565	6.61	46.08
15 - 20	22	0.58	5.19	120	3.02	27.16	207	5.10	45.48	330	7.91	69.80	375	8.93	77.85
20 - 25	65	2.64	26.60	167	6.65	66.99	173	6.81	67.44	272	10.53	104.93	245	9.44	93.63
25 - 30	77	4.44	48.94	120	6.91	75.27	135	7.94	85.07	120	6.93	74.06	150	8.66	93.88
30 - 35	43	3.49	41.09	42	3.26	36.47	75	6.04	69.01	50	4.07	47.12	72	5.83	68.16
35 - 40	10	1.11	13.89	18	1.96	23.80	28	3.01	36.24	40	4.25	49.82	22	2.39	29.39
40 - 45	0	0.00	0.00	2	0.22	2.97	8	1.18	13.79	15	2.05	24.60	3	0.43	6.04
45 - 50	2	0.27	3.25	2	0.27	3.81	2	0.27	3.02	3	0.58	7.07	3	0.60	13.09
50 - 55	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.34	8.37
55 - 60	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.44	5.49	3	0.88	30.62
60 - 65	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Total	218	12.54	138.95	495	22.65	239.29	697	31.32	327.53	1165	40.55	409.99	1688	45.53	474.70

MEDICIÓN 1991

MEDICIÓN 5 - TODAS LAS ESPECIES (Valores expandidos a la hectárea)

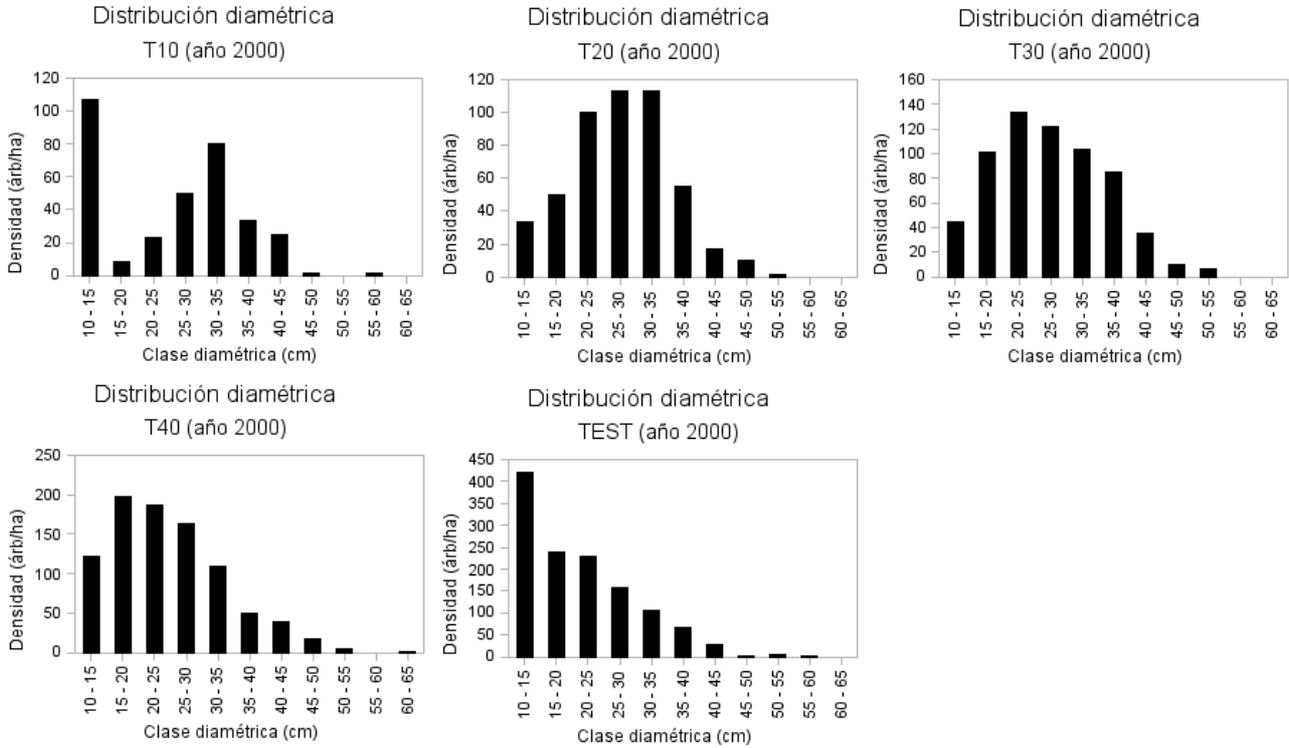
Clase	T10			T20			T30			T40			TT		
	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL
5 - 10	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	12	0.07	0.43	347	1.75	9.01
10 - 15	0	0.00	0.00	10	0.15	1.25	48	0.69	5.71	223	2.79	21.52	505	6.05	43.42
15 - 20	5	0.14	1.34	67	1.72	16.34	160	3.67	34.33	252	6.17	57.05	313	7.54	68.41
20 - 25	37	1.55	16.35	135	5.44	57.47	173	6.79	71.11	262	10.29	107.62	255	10.04	104.48
25 - 30	72	4.33	49.21	142	8.52	97.43	135	7.86	88.00	160	9.44	106.58	165	9.88	113.00
30 - 35	57	4.55	54.97	83	6.74	80.45	122	9.90	116.68	73	6.01	71.63	92	7.58	90.16
35 - 40	38	4.06	51.89	30	3.21	40.46	43	4.73	58.86	40	4.38	53.95	40	4.40	56.25
40 - 45	8	1.14	14.94	13	1.83	24.31	17	2.28	29.63	25	3.51	43.53	10	1.33	17.76
45 - 50	0	0.00	0.00	2	0.33	5.05	8	1.42	17.49	6	1.41	18.22	3	0.56	9.52
50 - 55	2	0.33	4.24	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.35	4.47	3	0.67	17.21
55 - 60	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3	0.90	33.82
60 - 65	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.49	6.34	0	0.00	0.00
Total	218	16.10	192.93	482	27.95	322.74	697	37.34	421.80	1058	44.92	491.34	1737	50.69	563.05

MEDICIÓN 2000

MEDICIÓN 6 - TODAS LAS ESPECIES (Valores expandidos a la hectárea)

Clase	T10			T20			T30			T40			TT		
	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL	N	AB	VOL
5 - 10	2183	7.96	38.70	1140	3.88	17.32	260	0.74	3.06	127	0.38	1.64	427	2.04	10.03
10 - 15	107	1.09	7.52	33	0.37	2.44	45	0.63	5.03	122	1.53	11.50	420	5.02	34.58
15 - 20	8	0.19	1.58	50	1.29	12.11	102	2.56	23.78	198	4.89	44.34	240	5.70	50.33
20 - 25	23	1.01	10.68	100	4.09	43.30	133	5.40	56.31	187	7.41	76.62	230	9.15	95.18
25 - 30	60	2.96	33.25	113	6.75	76.27	122	7.38	83.36	163	9.52	107.96	157	9.22	105.55
30 - 35	80	6.57	78.93	113	9.29	114.78	103	8.50	100.30	110	9.04	107.48	107	8.60	103.45
35 - 40	33	3.67	47.87	55	5.91	74.19	85	9.15	112.75	50	5.51	68.41	68	7.35	92.63
40 - 45	25	3.49	45.98	17	2.32	30.46	35	4.94	65.13	38	5.43	69.01	28	3.99	52.76
45 - 50	2	0.27	4.04	10	1.63	22.56	10	1.73	22.59	17	2.88	37.40	3	0.61	12.53
50 - 55	0	0.00	0.00	2	0.37	6.12	7	1.41	17.55	5	1.10	14.33	5	1.04	24.17
55 - 60	2	0.40	5.26	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3	0.92	37.54
60 - 65	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.53	7.06	0	0.00	0.00
Total	2513	27.61	273.83	1633	35.90	399.56	902	42.43	489.86	1018	48.22	545.75	1688	53.63	618.75

Distribuciones diamétricas por tratamiento



Nota: a fin de realzar la curva de distribución diamétrica en forma más clara, se omitió la clase 5-10 cm perteneciente principalmente al status 2.

ANEXO 4
Densidad y mortalidad para Roble, Raúlí y total

Nº de la parcela	Trat.	Total									
		Densidad (Nº/ha)					Mortalidad (%)				
		1980	1981	1983	1991	2000	80-81	81-83	83-91	91-2000	81-2000
2	10	2720	235	220	220	215	97,46	2,79	0	0,27	0,46
4	10	2340	205	200	200	190	97,41	1,05	0	0,60	0,40
13	10	1785	235	235	235	230	95,22	0	0	0,25	0,11
1	20	3010	520	515	505	485	92,82	0,41	0,24	0,47	0,36
3	20	2555	505	505	485	455	91,21	0	0,49	0,74	0,54
14	20	1570	465	465	455	440	83,88	0	0,26	0,39	0,29
6	30	1905	770	760	760	705	74,30	0,56	0	0,87	0,46
10	30	1695	690	670	665	595	74,03	1,25	0,09	1,29	0,77
15	30	1720	665	660	645	600	75,96	0,32	0,28	0,84	0,54
7	40	2450	1085	1015	950	805	70,53	2,82	0,80	1,91	1,55
8	40	1880	1360	1170	1045	875	38,47	6,25	1,36	2,05	2,27
11	40	2080	1595	1310	1145	980	32,85	8,09	1,62	1,80	2,51
5	TE	1930	1805	1565	1285	1055	9,56	5,93	2,36	2,27	2,76
9	TE	1695	1575	1420	1225	910	10,43	4,34	1,77	3,40	2,82
12	TE	3175	2350	2080	1775	1520	36,32	5,10	1,90	1,79	2,25

Nº de la parcela	Trat.	Rauli									
		Densidad (Nº/ha)					Mortalidad (%)				
		1980	1981	1983	1991	2000	80-81	81-83	83-91	91-2000	81-2000
2	10	795	130	125	125	125	93,39	1,67	0	0	0,20
4	10	620	90	90	90	85	94,47	0	0	0,66	0,30
13	10	620	125	125	125	125	90,95	0	0	0	0
1	20	1760	345	340	335	325	91,32	0,62	0,18	0,35	0,31
3	20	1280	275	275	265	260	90,04	0	0,45	0,22	0,29
14	20	1000	310	310	310	305	82,74	0	0	0,19	0,08
6	30	1540	735	725	725	670	67,03	0,59	0	0,91	0,48
10	30	1415	685	665	660	590	66,32	1,26	0,09	1,30	0,78
15	30	1305	535	530	520	490	73,75	0,40	0,23	0,69	0,46
7	40	1490	1060	990	925	780	40,00	2,89	0,82	1,97	1,59
8	40	1520	1260	1070	945	785	24,53	6,77	1,49	2,14	2,44
11	40	1775	1525	1240	1075	915	20,36	8,48	1,72	1,86	2,63
5	TE	1115	1160	1000	810	705	-6,11	6,16	2,52	1,60	2,56
9	TE	1095	1050	900	775	630	6,10	6,39	1,80	2,38	2,63
12	TE	2365	1635	1430	1235	1095	42,52	5,58	1,76	1,39	2,07

Nº de la parcela	Trat.	Roble									
		Densidad (Nº/ha)					Mortalidad (%)				
		1980	1981	1983	1991	2000	80-81	81-83	83-91	91-2000	81-2000
2	10	1420	105	95	95	90	97,99	4,20	0	0,63	0,80
4	10	1265	115	110	110	105	97,26	1,89	0	0,54	0,47
13	10	1045	110	110	110	105	96,58	0	0	0,54	0,24
1	20	805	175	175	170	160	89,86	0	0,35	0,70	0,47
3	20	800	230	230	220	195	84,58	0	0,54	1,40	0,86
14	20	525	155	155	145	135	83,96	0	0,81	0,83	0,72
6	30	55	30	30	30	30	59,72	0	0	0	0
10	30	5					100,00				
15	30	255	130	130	125	110	63,60	0	0,47	1,48	0,87
7	40	10					100,00				
8	40										
11	40	20	40	40	40	35	-182,84	0	0	1,54	0,69
5	TE	705	590	510	420	315	23,44	6,05	2,33	3,30	3,22
9	TE		10	5	5	5		25,70	0	0	3,55
12	TE	430	315	280	245	200	37,30	4,92	1,61	2,34	2,34

Nº de la parcela	Trat.	Otras									
		Densidad (Nº/ha)					Mortalidad (%)				
		1980	1981	1983	1991	2000	80-81	81-83	83-91	91-2000	81-2000
2	10	505					100				
4	10	455					100				
13	10	120					100				
1	20	445					100				
3	20	475					100				
14	20	45					100				
6	30	310	5	5	5	5	99,80	0	0	0	0
10	30	275	5	5	5	5	99,75	0	0	0	0
15	30	160					100				
7	40	950	25	25	25	25	99,57	0	0	0	0
8	40	360	100	100	100	90	85,36	0	0	1,22	0,55
11	40	285	30	30	30	30	96,58	0	0	0	0
5	TE	110	55	55	55	35	64,64	0	0	5,13	2,33
9	TE	600	515	515	445	275	20,48	0	1,76	5,45	3,22
12	TE	380	400	370	295	225	-8,00	3,29	2,71	3,11	2,96

ANEXO 5
Abstract and keywords

Abstract

Evaluation of thinning on a second growth stand dominated by Raulí (*Nothofagus alpina* poepp.et endl.) and Roble (*Nothofagus obliqua* (mirb)oerst) in the Malleco Province of the IX Region.

There are about 1,2 million hectares of second growth stands in Chile dominated by *Nothofagus alpina*, *N. obliqua*, *N. dombeyi* or combinations of these species. Most of them are degraded or were at least exploited once. Four thinning intensities were compared on a second growth stand located at the Chilean Andes (38°03' S : 71°57' W). For the analysis 15 plots were established, three for each treatment. All plots had about 42-50 m² of basal area per hectare. The five treatments were: thinning to leave a residual BA of 10m², 20m², 30m², 40m² and control. An ANOVA test was made to analyze the growth differences of the trees on each treatment. The accumulated BA and volume were analyzed too. A Kruskal-Wallis test was performed to determine differences between treatments on the recruitment of new trees after the thinning. The plots with 30m² of residual BA proved to be more efficient to increase the total growth of the stand, but those with 20m² were more successful to maximize the individual tree growth. These plots also showed higher ingrowth and better quality of the trees than those with 30m². The treatment 10m² was discarded because of ecological reasons.

Keywords:

Thinning, Second growth forests, *Nothofagus*, Ingrowth

ANEXO 6
Formulario tipo de terreno

