

Desarrollo de renovales de coihue común (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) en la Cordillera de la Costa y de los Andes de la provincia de Valdivia en sus primeros 25 años*

Development of second growth stands of *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. in the coastal and Andean ranges of the province of Valdivia (Chile) 25 years after establishment

PABLO DONOSO¹, CLAUDIO CABEZAS², ANDRES LAVANDEROS³, CLAUDIO DONOSO³

¹ SUNY-ESF Marshall 211-B One Forestry Drive, Syracuse, NY 13210.

² Forestal Valdivia S.A., Casilla 347, Valdivia, Chile.

³ Universidad Austral de Chile, Instituto de Silvicultura, Casilla 567, Valdivia, Chile.

SUMMARY

Two *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. second growth stands located in the province of Valdivia (Chile), one in the coastal range and the other in the Andean range, were compared in terms of structure, quality and growth. The coastal stand had an average age of 27 years (20-33), and the Andean stand 23 years (17-27). At these ages the Andean stand had more number of trees (5425 trees/ha vs. 3146 trees/ha) and a similar basal area (47 m²/ha vs. 45 m²/ha) compared to the coastal stand. It is believed that at time of initiation the number of trees was also larger in the Andean stand. For this reason the coastal stand has had a better diameter growth (0.47 cm/yr vs. 0.43 cm/yr). The better height growth (0.62 m/yr vs. 0.44 m/yr) in the coastal stand could have been affected by density. Yet, the soil characteristics and the higher carrying capacity of the Andean site support the idea of a better site in the Andes. Basal area growth has been better in the Andean stand, and volume growth has levelled-off around 20 m³/ha/yr, after age 20 in each stand. Although site quality is better in the Andean stand, both have sufficient number of trees and a great potential to conduct silvicultural treatments in them.

Key words: *Nothofagus dombeyi*, second-growth forests, growth, disturbances.

RESUMEN

Dos renovales de coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.), ubicados en la provincia de Valdivia (Chile), uno en la Cordillera de la Costa y el otro en la Cordillera de los Andes, fueron comparados en términos de estructura, calidad y crecimiento. El renoval costero tenía una edad media de 27 años (20-33) y el renoval andino de 23 años (17-27). A estas edades el renoval andino tenía una mayor densidad (5425 árboles/ha vs. 3146 árboles/ha) y similar área basal (47 m²/ha vs. 45 m²/ha) que el renoval costero. Se presume que la densidad al momento de establecimiento de cada renoval debe haber sido también mayor en el renoval andino. Debido a esto el renoval costero ha tenido un crecimiento medio en diámetro mayor (0.47 cm/año vs. 0.43 cm/año) y ello pudo haber afectado también el mayor crecimiento medio en altura (0.62 m/año vs. 0.44 m/año). Sin embargo, las características del suelo y la mayor capacidad de carga del renoval andino permiten clasificar a este sector como de mejor sitio. El crecimiento medio en área basal ha sido mayor en el renoval andino, y el crecimiento en volumen neto se ha estabilizado en alrededor de 20 m³/ha/año en ambos renovales después de los 20 años. A pesar de que la calidad del renoval andino es mejor, ambos renovales poseen un número suficiente de árboles y un gran potencial como para conducir un manejo silvícola.

Palabras claves: *Nothofagus dombeyi*, renovales, crecimiento, perturbaciones.

* Los trabajos que dieron origen a esta publicación han sido apoyados y financiados por el proyecto CONAF/UACH Ecología y Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile.

INTRODUCCION

Los bosques de segundo crecimiento o renovales de especies nativas constituyen la mejor reserva potencial de madera de estas especies. Esto obedece no sólo a la reconocida calidad de la madera de muchas especies nativas, sino que también a otros dos factores: por ser jóvenes tienen altas tasas relativas de crecimiento y una rápida respuesta a intervenciones silvícolas (Avilés 1995), y constituyen una importante superficie de los bosques nativos chilenos. CONAF *et al.* (1997) determinaron que la cifra nacional de renovales de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*) alcanzan 1.37 millones de hectáreas, constituyendo el 10.2% de la superficie total de bosques nativos de Chile.

La composición de especies y la estructura de edades de los bosques son en buena medida el resultado de perturbaciones previas (Oliver 1981). Perturbaciones tales como deslizamientos de tierra, incendios, talas rasas, avalanchas de nieve, u otras, generan condiciones en el terreno bajo las cuales las especies que se establecen con posterioridad no tienen competencia de árboles cercanos. Durante esta fase de establecimiento o de iniciación del rodal (Oliver 1981, Peet y Christensen 1987, Oliver y Larson 1996) el suelo es cubierto por plántulas de una o más especies, generalmente intolerantes a la sombra. Con posterioridad, en la medida que estos individuos desarrollan sus raíces y copas, los factores ambientales comienzan a ser limitantes para la sobrevivencia y crecimiento de algunos individuos. Durante esta segunda etapa, la fase de raleo o exclusión fustal (Oliver 1981, Peet y Christensen 1987, Oliver y Larson 1996), comienza a haber una alta mortalidad de individuos suprimidos, y el establecimiento de regeneración nueva es mínimo o nulo. En Chile se reconocen como renovales aquellos bosques que se encuentran en alguna de las dos fases de desarrollo señaladas. Cuando la competencia de copas intensifica las tasas de mortalidad y se producen espacios abiertos en el dosel superior que posibilitan el establecimiento de nuevos individuos (etapa de reiniciación del sotobosque arbóreo en la clasificación de Oliver (1981)), en general ya no se reconoce un determinado rodal como renoval. En síntesis, cuando hablamos de renovales nos referimos a bosques coetáneos de segundo crecimiento, generados después de la ocurrencia de una alteración de tamaño mayor, en su etapa de iniciación o

de exclusión fustal. Por convención el rango de edades en una comunidad coetánea no difiere en más de un 20% de la rotación deseada para un bosque (Nyland 1996).

Coihue común es una especie intolerante a la sombra, o demandante de luz (Donoso 1981 b) que es común encontrarla formando renovales puros en el sur de Chile. En la Cordillera de los Andes es una especie invasora característica después de la ocurrencia de deslizamientos de tierra (producidos por movimientos telúricos frecuentemente). Cuando estos deslizamientos ocurren y eliminan los bosques establecidos previamente, la sucesión secundaria posterior es dominada por coihue o raulí entre las especies arbóreas (Veblen y Ashton 1978, Veblen 1985). Estas especies, demandantes de luz y de rápido crecimiento, tal como coihue, se ven favorecidas por perturbaciones catastróficas que generan sitios abiertos y extremos (Barnes *et al.* 1998). Grime (1977) señala que las especies se encuentran donde sus patrones de crecimiento y ciclos de regeneración son compatibles con la frecuencia y regularidad de perturbaciones. Esta situación es característica de la Cordillera de los Andes, donde coihue es siempre una especie importante debido a la frecuencia de fenómenos catastróficos tales como deslizamientos de tierra, terremotos y erupciones volcánicas y donde esta especie no podría mantener su dominancia si no fuera por estas perturbaciones (Veblen y Ashton 1978, Veblen 1985). Deslizamientos de tierra, como los que ocurren luego de movimientos telúricos, generalmente remueven todas las semillas enterradas, la regeneración avanzada, tocones, y otros materiales orgánicos, y exponen el material del suelo mineral o la roca madre en el área de denudación. El resultado es una disminución en el espacio de suelo para el crecimiento de plantas favoreciendo especies que germinan a partir de semillas dispersadas por el viento (Oliver y Larson 1996), como es el caso de coihue. Renovales de coihue establecidos de esta forma en la Cordillera de los Andes pueden alcanzar 2.7 millones de plántulas por hectárea después de un año de edad (Burschel *et al.* 1976, Donoso 1993), 97 mil plántulas por hectárea menores a 0.5 m de altura, y entre 32 y 55 mil plantas por hectárea en renovales jóvenes de entre 0.5 y 3.8 m de altura (Henríquez 1985). Estas altas tasas de mortalidad en la fase de establecimiento, particularmente después del primer año, han sido observadas en diversos estudios de

sobrevivencia de plántulas de especies forestales (Peet y Christensen 1987).

En el valle central de Chile o en la Cordillera de la Costa las perturbaciones no son tan severas ni tan frecuentes como lo son en la Cordillera de los Andes. Esta característica, junto a las temperaturas más elevadas y la ausencia de nieve en el valle central y precordillera de la costa favorecen la ocurrencia de una mayor cantidad de especies arbóreas en estas zonas comparadas con la Cordillera de los Andes. Para que coihue domine en estas zonas, por ejemplo a través de renovales puros, generalmente deberá ocurrir alguna alteración de tipo antrópico. Las quemadas para abrir terrenos agrícolas o ganaderos han sido una práctica habitual en los campos en Chile. El posterior abandono total o parcial de estos terrenos ha favorecido la invasión de semillas y posterior formación de renovales dominados por especies colonizadoras e intolerantes a la sombra (o demandantes de luz), tales como los *Nothofagus*. Según los factores que determinan la invasión de una u otras en estas situaciones será característico encontrar regenerando en forma dominante a una especie o a una combinación de especies demandantes de luz (Donoso 1981b, Oliver 1981), entre ellas coihue en el valle central o precordillera de la costa de las regiones IX y X en Chile (Región de la Araucanía y Región de Los Lagos).

Aunque más escasos que los estudios que se han desarrollado en renovales de roble o raulí, algunos estudios en renovales de coihue han determinado crecimientos medios en diámetro, altura y volumen que demuestran el rápido crecimiento de esta especie. En la Cordillera de Nahuelbuta se determinó un crecimiento diametral de 0.51-0.82 cm/año en renovales mixtos de *Nothofagus* (incluyendo coihue) de 25 a 35 años (Donoso *et al* 1984). Delgado (1986) determinó un crecimiento diametral de 0.31-0.7 cm/año, en altura de 0.44 m/año, y en volumen de 12.4 m³/ha/año en un renoval puro de coihue de 25 a 35 años en la Región de Aysén. En renovales de coihue de 25 a 46 años de edad media, en las regiones VIII y IX, se encontraron crecimientos medios en diámetro de 0.3 a 0.55 cm/año, en altura de 0.25 a 0.55 m/año, y en volumen de 8.2 a 12.7 m³/ha/año (información sin publicar de Pablo Donoso, citada en Lavanderas (1997)). En renovales de 30-40 años con presencia de coihue y sometidos a raleos entre los 20 y 30 años se encontraron crecimientos medios de 0.5-0.6 cm/año en DAP y de 0.48 m/año

en altura (Donoso *et al.* 1993b). Estos últimos valores son muy similares a los encontrados por Delgado (1986) en Aysén, y aparentemente un poco inferiores en diámetro a los encontrados en Nahuelbuta por Donoso *et al.* (1984). Estos antecedentes de crecimiento sugieren que renovales de coihue tienen similares tasas de crecimiento en diámetro y en altura a las de sus pares de roble y/o raulí, pero que los crecimientos en área basal y volumétricos son mayores (como referencia acerca de crecimiento de roble y raulí en el rango natural de distribución de estas especies, ver Donoso *et al.* (1993a)). Estos mayores crecimientos podrían obedecer a que coihue tiene una copa más eficiente que roble y raulí, y por lo tanto el área basal por hectárea de rodales de coihue a una determinada densidad relativa es mayor que aquella de rodales de raulí o roble a esa misma densidad relativa. Dicho de otra forma, la razón de área de árbol (Chisman y Schumacher 1940, Prodan *et al.* 1997) parece ser menor en coihue, o un árbol de coihue para alcanzar determinado diámetro requiere de una copa más pequeña que un árbol de roble o raulí, y por lo tanto en una hectárea puede haber más árboles de un determinado diámetro medio de coihue que de raulí o de roble. Como consecuencia, el área basal es mayor en el renoval de coihue. Esta misma idea puede ser expresada como eficiencia del crecimiento de un árbol (Oliver y Larson 1996). Un ejemplo que ilustra el efecto de las diferencias en la razón de área de árboles ocurre en los bosques mixtos de latifoliadas del noreste de los Estados Unidos, en los cuales *Prunus serotina* tiene una razón menor que las restantes latifoliadas (Marquis *et al.* 1986). Esto implica que un rodal puro de *Prunus serotina* alcanza mayores niveles de área basal y número de árboles para un determinado diámetro medio del rodal comparado con rodales mixtos o con menor presencia de esta especie (Marquis *et al.* 1986).

El propósito del presente estudio fue comparar dos renovales puros de coihue, uno cercano a la ciudad de Valdivia en la ladera oriental de la precordillera de la costa, y el otro en el fundo Pilmaiquén, en la Cordillera de los Andes de la provincia de Valdivia. Ambos renovales tienen edades similares y se encuentran en la etapa de desarrollo de exclusión fustal (Oliver 1981, Peet y Christensen 1987, Oliver y Larson 1996). Por medio de una caracterización del renoval y de análisis fustal se compararon ambos renovales en cuanto a la longitud de la fase de establecimiento

de cada rodal, a sus estructuras y al crecimiento. Para la evaluación del crecimiento adicionalmente se debieron construir funciones dendrométricas. Cada rodal fue estudiado por separado por Cabezas (1997) en la Cordillera de los Andes y Lavanderas (1997) en la precordillera de la costa. Este artículo fusiona ambos trabajos en un análisis comparativo, y discute los resultados en términos de dinámica y de sus implicaciones para el manejo silvícola.

MATERIAL Y METODOS

Áreas de estudio. El rodal de la Cordillera de los Andes se ubica en el fundo Pilmaiquén a los 700 msnm (71°52'34" longitud W, 39°52'34" latitud S), ocupa 3 hectáreas de superficie, y su exposición dominante es suroeste, con una pendiente media de 27%. La precipitación anual de esta zona es de 4600 mm, con 40% en la época invernal (Almeyda y Sáez 1958). En esta zona parte de la precipitación de invierno ocurre en forma de nieve. La temperatura media anual es de 11.9°C y la humedad relativa de 83% (Di Castri y Hajek 1976). El origen del renoval fue producto de un deslizamiento de tierra a causa del terremoto que sacudió la zona en 1960 (Lavanderas 1997). El rodal de la precordillera de la costa se encuentra a 22 km al sureste de la ciudad de Valdivia a una altitud de 150 msnm (73°05' longitud W y 39°57' latitud S). En realidad, se trata de una serie de rodales o bosquetes situados a media ladera con exposición predominantemente noroeste, con una pendiente media de 20%. La precipitación anual supera los 2000 mm, toda en forma de lluvia, la temperatura media anual es de 12.5°C y la humedad relativa es constantemente alta, con un promedio superior a 80% (Di Castri y Hajek 1976). La precipitación en esta zona es más concentrada en los meses de invierno, con un 70% entre los meses de abril y septiembre (Donoso 1993).

El suelo de ambos sectores es ácido, con un horizonte orgánico de tipo Moder Multiforme. Sin embargo, el suelo del renoval andino es profundo (> 1 m), su material de origen es fundamentalmente de cenizas volcánicas, y su textura franco arenosa, lo cual junto a altos niveles de fósforo, potasio, calcio y magnesio determinan que se pueda considerar un suelo fértil (Cabezas 1997). En cambio, el suelo del renoval costero es medianamente profundo (aproximadamente 60 cm), su tex-

tura es franca a franca arcillosa, y los contenidos de potasio, calcio y fósforo son bajos, todo lo cual determina que este suelo sea de moderada fertilidad (Lavanderas 1997).

El renoval costero corresponde al subtipo renovales o bosques de segundo crecimiento del tipo forestal roble-raulí-coihue; el renoval andino, al tipo forestal coihue-raulí-tepa (Donoso 1981a).

Estructura y crecimiento. Para determinar la estructura de los renovales y algunos estadísticos de interés tales como densidad, área basal y diámetro medio se establecieron al azar 7 parcelas de 500 m² (25 x 20 m) en el renoval costero y 6 en el renoval andino. En cada parcela se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP, 1.3 m) de todos los individuos mayores a 5 cm, identificando la especie. Cada individuo fue clasificado, en cuanto a su posición sociológica, siguiendo la clasificación de Kraft de 1884 (citada en Daniel *et al.* 1982, Nyland 1996, Smith *et al.* 1997) en dominantes (D), codominantes (C), intermedios (I) y suprimidos (S). También cada individuo se clasificó de acuerdo a criterios de sanidad y de forma, en 1, 2, ó 3, correspondiendo 1 a la mejor calidad o forma, y 3 a la peor. Individuos de sanidad 1 y forma 1 ó 2 fueron clasificados como de calidad 1, individuos de sanidad 2 y formas 1 ó 2 como de calidad 2, y cualquier individuo de sanidad 3 como de calidad 3 (Cabezas 1997, Lavanderas 1997). Adicionalmente en cada parcela fueron contados e identificados, según especie, todos los brinzales (especies arbóreas de menos de 5 cm de DAP, pero más de 2 m de altura).

Para el análisis de crecimiento se efectuó análisis fustal a 31 individuos de coihue mayores a 5 cm de DAP en cada sector, muestra que se considera adecuada para este tipo de formaciones y los objetivos del presente estudio (Víctor Sandoval, comunicación personal). El diseño de muestreo fue estratificado con muestreo aleatorio simple en cada estrato (*stratified random sampling*). En cada estrato, definido por un rango de diámetros, el número de árboles muestreados para análisis fustal se efectuó en forma ponderada según la participación de cada clase diamétrica en la densidad total del renoval (cuadro 1). El análisis fustal permite calcular el área basal, volumen, factores de forma y crecimientos medios y periódicos a partir de la medición de las variables diámetro, altura y edad (INFOR 1991).

CUADRO 1

Muestra seleccionada de árboles para análisis fustal en cada sector.
Sample of trees for stem analysis in each stand.

Clase DAP (cm)	N° árboles/ha		Arboles muestra	
	Costa	Andes	Costa	Andes
5-8.99	900	2790	9	15
9-12.99	1003	1724	10	10
13-16.99	674	629	6	3
17-20.99	346	183	3	1
21-24.99	131	66	1	1
25-28.99	60	33	1	1
29 >	32	0	1	0
Total	3146	5425	31	31

La fase de establecimiento o iniciación de los renovales (Oliver 1981, Peet y Christensen 1987, Oliver y Larson 1996) fue comparada a partir del rango de edad y la edad media de los individuos. La estructura de los renovales se comparó en base al histograma de frecuencias según clases diamétricas de cada renewal y de acuerdo a la proporción de individuos en las distintas posiciones de copas. Para comparar los crecimientos en altura y diámetro entre ambos renovales se usaron los promedios de las clases de edad (promedios de crecimiento de los individuos analizados en este estudio cuando éstos tenían entre 1 y 5 años, 6 y 10 años, 11 y 15 años, 16 y 20 años y 21 y 25 años) y de las clases diamétricas (5-8.99, 9-12.99, 13-16.99, 17-20.99, 21-24.99, > 25 cm). Los crecimientos en diámetro y en altura fueron comparados a nivel de cada clase de edad y de cada clase diamétrica entre uno y otro renewal por medio del test de t para dos muestras ($\alpha = 0.05$).

Los crecimientos medios anuales (CMA) y anuales corrientes (CAC) en DAP, altura, área basal y volumen neto fueron analizados para cada renewal, con valores hasta los 27 años para el renewal costero y 23 años para el renewal andino. Se está considerando entonces como inicio de cada renewal

la edad media de cada uno. Para la estimación de estos crecimientos se ponderó el crecimiento de cada variable en cada una de las clases diamétricas por la proporción de individuos en cada clase, y se obtuvo el total.

Para la estimación de alturas totales ($H = f(DAP)$) y de volumen ($V = f(DAP, H)$) se construyeron funciones usando los mismos individuos cortados para análisis fustal. La mejor función en cada caso se determinó en base a tres estadísticos: el coeficiente de determinación (R^2), el error cuadrado medio (EMC) y el coeficiente de variación (CV%). Las funciones de altura y de volumen ajustadas para cada sector se escogieron en base a modelos probados para especies del género *Nothofagus* (Delgado 1986, Cubillos 1988, Grosse 1989, Maureira 1995, Hernández 1996). Los modelos escogidos fueron sometidos a análisis de residuales y de normalidad, cumpliéndose los supuestos de normalidad y varianzas homogéneas.

RESULTADOS

Estructura de edades. El renewal costero tiene una edad promedio de 27 años, y el renewal andino tiene 23 años. La etapa de establecimiento o de iniciación del renewal fue de 14 años para el renewal costero y de 11 años para el renewal andino (cuadro 2). Sin embargo, nótese que el establecimiento de los árboles en el renewal andino fue mucho más acelerado que en el renewal costero. En el renewal costero todos los árboles mayores a 13 cm se establecieron durante los primeros 9 años, y todos los árboles menores a 9 cm empezaron a establecerse después del quinto año de establecimiento de los primeros árboles. El promedio de edad de los árboles mayores a 9 cm es de 29 años, y el de los árboles menores a 9 cm de 23 años, es decir, 6 años de diferencia. En el renewal andino los primeros árboles se establecieron en 1967, 7 años después del terremoto de 1960, que supuestamente generó el deslizamiento de tierra en este sector y que dio origen posteriormente al renewal. Para un análisis más detallado de dinámica de regeneración de estos renovales jóvenes de coihue en la Cordillera de los Andes se sugiere revisar Larraín (1997).

CUADRO 2

Edades promedio y porcentajes de plantas establecidas en cada renoval de acuerdo a rangos de tiempo.

Average age and percentage of stems established in each stand according to time ranges.

	Costa	Andes
Edad promedio (años)	27	23
Rango de edad	20-33	17-27
0-4 años	26%	55%
0-9 años	70%	99%
0-14 años	100%	100%

Densidad, calidad y estructura vertical. Si bien el análisis fustal se desarrolló sólo para coihue, los resultados son plenamente representativos de cada renoval, ya que en cuanto a número de árboles mayores a 5 cm de DAP en el renoval costero coihue representa un 91% y en el renoval andino un 99%. En el renoval costero ulmo (*Eucryphia cordifolia*) y las mirtáceas luma (*Amomyrtus luma*) y melí (*Amomyrtus meli*) fueron las especies acompañantes principales, mientras que en el renoval andino lo fue raulí. A nivel de brinzales, sin em-

bargo, de un total de 977 individuos, en el renoval costero coihue representó sólo un 14%, y ulmo junto a las mirtáceas un 72%. En el renoval andino, de un total de 1819 brinzales por hectárea coihue representó un 98%, y raulí el 2% restante. Para ambos renovales se sugiere que los brinzales de coihue no constituyen regeneración establecida con posterioridad a la etapa de establecimiento del renoval, sino que se trata de árboles de edades similares a los de mayores edades, suprimidos, y prontos a morir por falta de luz. El proceso de mortalidad al parecer ya ha comenzado a ocurrir con mayor intensidad en el renoval costero durante la fase de exclusión o raleo en que se encuentran estos renovales (Oliver 1981, Peet y Christensen 1987, Oliver y Larson 1996). El histograma de frecuencias diamétricas muestra una curva tendiente a una forma de campana o normal, mientras que en el renoval andino la curva del histograma de frecuencias tiene una forma del tipo J-inversa (figura 1). La curva del renoval andino es típica de renovales más jóvenes comparada con la curva del renoval costero (Puente *et al.* 1979), pero de todas maneras es poco probable que el renoval costero a la edad del renoval andino, de 23 años, haya tenido la densidad de este último. Más bien la mejor calidad del sitio andino podría explicar esta diferencia.

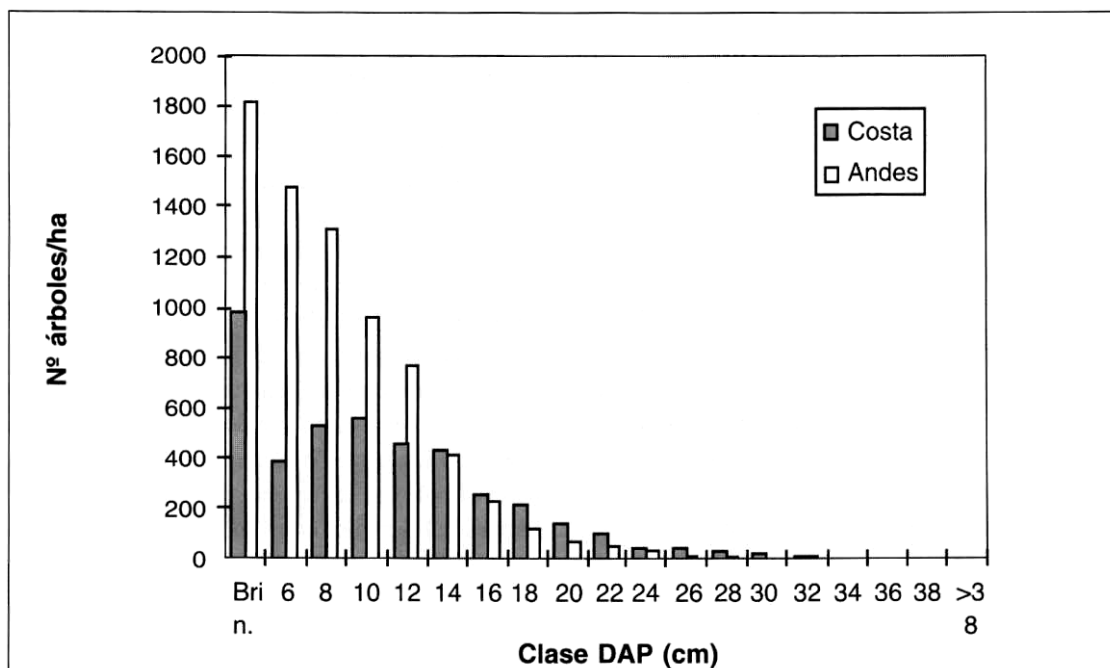


Figura 1. Distribuciones diamétricas de cada renoval. Diameter distribution in each stand.

La clasificación de los árboles según calidad y posición sociológica (cuadro 3) muestra que el renoval costero tiene 1036 árboles dominantes o codominantes de calidad I (33%), mientras que el renoval andino tiene 2390 árboles en esta condición (44%). En cuanto a área basal en el renoval costero 21.4 m²/ha corresponden a árboles dominantes o codominantes y de calidad I (48%), mientras que en el renoval andino 29.5 m²/ha están en esta condición (63%). Ambos renovales tienen aproximadamente la misma proporción de árboles dominantes y codominantes (56% del total de árboles), pero el renoval andino además tiene una mayor proporción de árboles que además de esta condición son de calidad I.

Funciones dendrométricas. El modelo de altura que mejor se ajustó a los datos para el renoval andino fue mejor que el modelo de altura para el renoval costero. El ajuste de los datos fue muy bueno para ambos modelos de volumen (cuadro 4).

Crecimiento. El renoval costero ha tenido un CAM en DAP de 0.47 cm/año, mientras que en renoval andino, éste ha sido de 0.43 cm/año. Ambos renovales no presentaron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) en cuanto al CAC en DAP para un mismo rango de edad en ninguno de los cinco rangos de edades analizados (cuadro 5). En cuanto al CAC en DAP para las distintas clases de DAP entre ambos renovales sólo se presentaron diferencias significativas en la clase de DAP 13 a 17 cm ($\alpha = 0.05$).

CUADRO 3

Clasificación de árboles según calidad y posición sociológica en cada renoval.
Classification of trees according to quality and crown classes in each stand.

Costa

Calidad	Número de árboles por hectárea					Area basal por hectárea (m ² /ha)				
	D	C	I	S	Tot.	D	C	I	S	Tot.
1	662	374	246	151	1434	16.6	4.8	1.7	0.7	23.8
2	97	71	63	57	289	2.7	0.9	0.6	0.3	4.4
3	275	326	457	366	1423	7.6	4.3	3.3	1.7	16.8
Total	1035	771	766	574	3146	26.9	9.9	5.6	2.6	45.1

Diámetro medio cuadrático: 13.51 cm.

Andes

Calidad	Número de árboles por hectárea					Area basal por hectárea (m ² /ha)				
	D	C	I	S	Tot.	D	C	I	S	Tot.
1	1463	927	697	123	3210	23.1	6.4	2.9	0.4	32.8
2	23	60	157	20	260	0.4	0.5	0.6	0.1	1.6
3	227	293	950	487	1957	4.3	2.2	4.6	1.6	12.7
Total	1713	1280	1804	630	5427	27.8	9.1	8.1	2.1	47.1

Diámetro medio cuadrático: 10.51 cm.

CUADRO 4

Modelos de altura y de volumen seleccionados para cada renewal.
Height and volume models selected in each stand

	Modelo	R ²	ECM	CV%
Costa	$\text{Ln H} = 3.55084 - 17.941/(\text{DAP}+10)$	0.757	0.106	3.95
Costa	$V = 0.0046465 + 0.00003254*(\text{DAP}^*H)$	0.990	0.014	12.34
Andes	$H = 1.3 + 4.34559*\text{LnDAP}$	0.960	2.313	20.11
Andes	$\text{LnV} = -8.38712+2.18229*\text{LnDAP}$	0.997	0.197	12.93

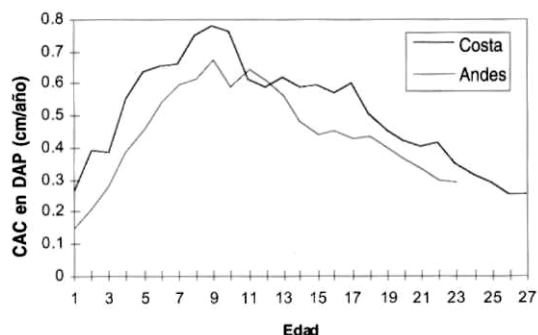
El renewal costero ha tenido un CAM en altura de 0.62 m/año, y el renewal andino de 0.44 m/año. En cuanto al CAC en altura, para igual rango de edad, ambos renewales presentaron diferencias significativas sólo para el rango 1-5 años. Entre las distintas clases diamétricas no hubo diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) en crecimiento en altura durante los 25 años (cuadro 6).

El CAC en DAP en ambos renewales experimentó un incremento hasta los 10 años aproximadamente, para luego comenzar a decrecer (figura 2a). El CAC en DAP en el renewal costero fue siempre del orden de 0.05-0.15 cm/año mayor que en el renewal andino. En cuanto al CAC en altura el comportamiento fue distinto en ambos renewales. En el renewal andino, éste aumentó hasta aproximadamente los 8 años y luego se mantuvo constante en una tasa de alrededor de 0.5 m/año (figura 2b), mientras que en el renewal costero aumentó hasta el año 10 y luego comenzó a decrecer. Durante los primeros 17 años el crecimiento en altura fue claramente mayor en el renewal costero, especialmente durante los primeros 10 años.

El crecimiento en volumen fue muy similar entre ambos renewales, aunque siempre levemente superior en el renewal costero (del orden de un 10% superior). En ambos renewales un crecimiento del orden de 20 m³/ha/año parece representar el máximo volumen neto anual posible de alcanzar, ya que ambas curvas han tendido a estabilizarse alrededor de este valor, el cual fue alcanzado aproximadamente a los 20 años en ambos renewales (figura 3a). En cuanto al crecimiento en área basal, éste fue siempre entre 25-35% superior en el renewal andino respecto al costero. Esta diferencia se produce fundamentalmente debido a la mayor densidad existente en el renewal andino. Nótese,

sin embargo, que es en el renewal costero en donde las curvas de CAC y CAM están por cruzarse, o el CAM está llegando a su máximo (figura 3b).

(a)



(b)

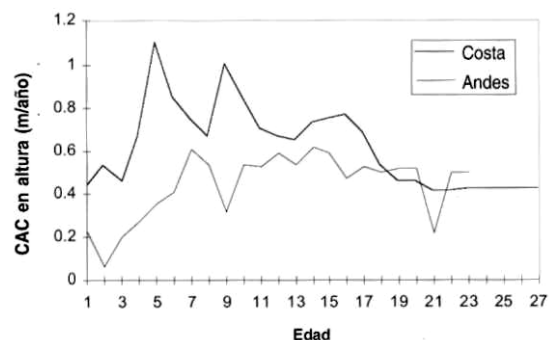


Figura 2. Crecimientos anuales corrientes en (a) DAP y (b) altura en cada renewal.

Current annual increment in (a) DBH, and (b) height in each stand.

CUADRO 5

Crecimiento anual corriente en DAP para ambos renovales, según clase diamétrica y edad desde el establecimiento de cada renewal.
 Current annual increment in DBH for both stands, according to diameter class and age since the establishment of each stand.

Clase DAP (cm)	Rango de edad												Sign.*
	1-5		6-10		11-15		16-20		21-25		Promedio		
	Costa	Andes	Costa	Andes	Costa	Andes	Costa	Andes	Costa	Andes	Costa	Andes	
5-9	0.29	0.16	0.51	0.49	0.38	0.36	0.22	0.31	-	0.16	0.35	0.30	ns
9-13	0.37	0.31	0.61	0.42	0.56	0.56	0.42	0.40	0.22	0.29	0.44	0.40	ns
13-17	0.44	0.35	0.66	0.31	0.74	0.25	0.49	0.23	0.32	0.22	0.53	0.27	s
17-21	0.70	0.47	1.06	1.16	0.71	0.96	0.50	0.83	0.43	0.69	0.68	0.82	ns
21-25	0.54	0.63	0.96	1.59	1.08	1.01	1.32	0.94	0.86	0.42	0.95	0.91	ns
>25	0.53	0.97	1.27	1.78	1.26	1.44	1.25	1.09	0.96	-	1.053	1.31	ns
Prom.	0.48	0.48	0.84	0.96	0.79	0.76	0.7	0.6	0.46	0.30	-	-	-
Sign.*	ns		ns		ns		ns		ns		-	-	-

*: ns implica que ambos renovales para un determinado rango de edad o de clase diamétrica no fueron significativamente distintos ($\alpha=0.05$).

s implica que ambos renovales fueron significativamente distintos.

CUADRO 6

Crecimiento anual corriente en altura para ambos renovales, según clase diamétrica y edad desde el establecimiento de cada renewal.
 Current annual increment in height for both stands, according to diameter class and age since establishment of each stand.

Clase DAP (cm)	Rango de edad												Sign.*
	1-5		6-10		11-15		16-20		21-25		Promedio		
	Costa	Andes	Costa	Andes	Costa	Andes	Costa	Andes	Costa	Andes	Costa	Andes	
5-9	0.43	0.17	0.56	0.31	0.72	0.57	0.48	0.52	0.48	0.49	0.54	0.41	ns
9-13	0.39	0.31	0.79	0.71	0.92	0.57	0.63	0.43	0.32	0.47	0.61	0.50	ns
13-17	0.52	0.11	0.80	1.23	0.77	0.31	0.61	0.63	0.47	0.63	0.63	0.59	ns
17-21	0.43	0.23	0.90	0.50	0.77	0.50	0.70	0.50	0.41	0.50	0.64	0.45	ns
21-25	0.80	0.35	0.80	0.50	0.60	0.77	0.75	0.47	0.59	0.47	0.71	0.51	ns
>25	0.75	0.12	0.87	0.50	0.83	1.00	0.74	0.50	0.52	0.69	0.74	0.56	ns
Prom.	0.55	0.22	0.79	0.63	0.77	0.62	0.65	0.51	0.46	0.54	-	-	-
Sign.*	s		ns		ns		ns		ns		-	-	-

*: ns implica que ambos renovales para un determinado rango de edad o de clase diamétrica no fueron significativamente distintos ($\alpha = 0.05$).
 s implica que ambos renovales fueron significativamente distintos.

DISCUSION

En términos generales se puede mencionar que la etapa o fase de iniciación (Oliver 1981, Peet y Christensen 1987, Oliver y Larson 1996) de estos renovales ocurre en un periodo de 10 a 15 años. El proceso de invasión del terreno es más acelerado en el caso del renoval andino, lo que sugiere menos competencia en el momento de la invasión de las plántulas. En el sector andino se produjo un deslizamiento de tierra, con lo cual el suelo mineral quedó al descubierto; en cambio en el sector costero el renoval se debió haber establecido luego del abandono de terrenos previamente usados para la ganadería. En el sector costero las semillas y plántulas invasoras de coihue deben haber tenido desde su origen competencia de al menos vegetación herbácea. Aun cuando los inviernos son más rigurosos en el sector andino, en el sector costero la precipitación es menos abundante y más concentrada en los meses invernales. Como consecuencia, hay mejores condiciones para el desarrollo de las plantas en el período de crecimiento en el sector andino. En el sitio del sector costero los factores limitantes para el desarrollo de los árboles son mayores (especialmente veranos más secos y suelos más pobres), y por lo tanto los recursos disponibles deben repartirse entre un menor número de individuos. Aunque no fue medida, es esperable que la densidad relativa de los suelos del renoval costero haya sido mayor si es que anteriormente fueron usados por ganado. La mayor densidad observada en el renoval andino en este estudio sería consecuencia de una mayor densidad desde el establecimiento de estos renovales, causada por la mayor disponibilidad de recursos en éste. Oliver (1981) documenta que *Pseudotsuga menziesii* toma 20 años en reinvadir un sitio bueno, y 60 años en reinvadir un sitio más seco o de menor calidad en el Oeste de Norteamérica, lo cual es consistente con lo observado en el presente estudio en cuanto a que la etapa de establecimiento para renovales de una misma especie demora más en sitios pobres.

El crecimiento en altura de los árboles de mayor diámetro en cada renoval, que normalmente son también los árboles dominantes, no fue significativamente distinto entre ambos renovales. Los crecimientos en altura de los árboles de mayor diámetro fueron mayores en el renoval costero durante los primeros 10 años, para luego tender a equipararse en ambos sectores. Hasta los 20 años el renoval costero mantiene un crecimiento medio

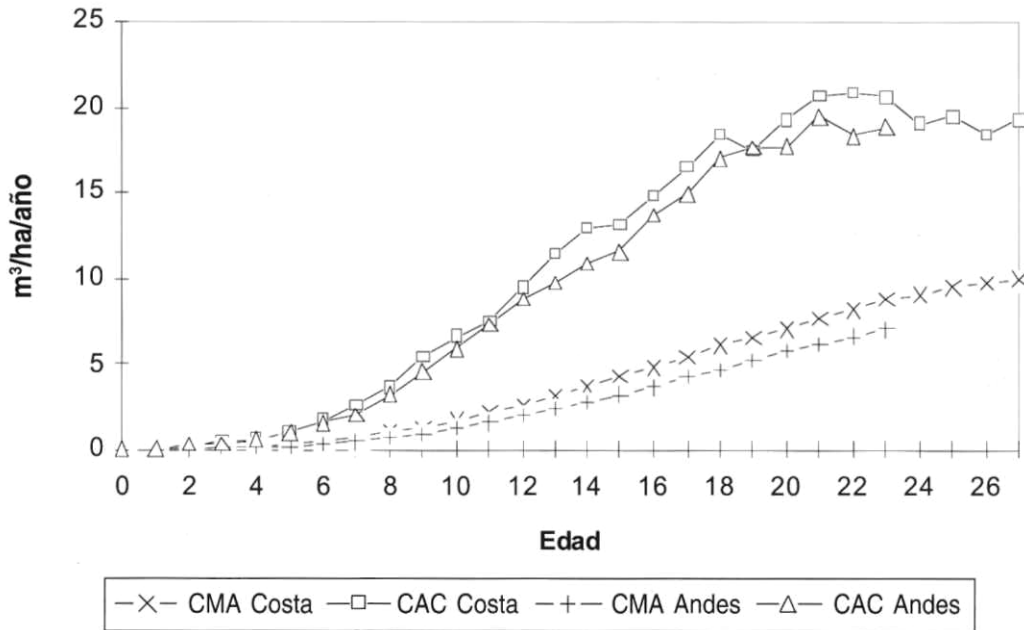
en altura mayor, pero de acuerdo a la tendencia observada para los últimos años y a las mejores condiciones de sitio del renoval andino, el crecimiento en altura debería ser mayor a futuro en el renoval andino. En efecto, coihue es una especie que alcanza alturas de 40 a 50 m en la Cordillera de los Andes y entre 35 y 40 m en la Cordillera de la Costa. El crecimiento en altura fue significativamente menor en el rodal andino respecto al costero sólo durante los primeros 5 años. Ello puede deberse a las dificultades y a veces daños causados por la nieve durante los meses invernales en el sector andino. Adicionalmente, en casos de muy elevada densidad el crecimiento en altura se puede ver afectado (Davis 1966, Daniel *et al.* 1982). Henríquez (1985) reportó densidades de hasta 55 mil plántulas por hectárea cuando éstas aún tenían alrededor de 3 m de altura. Las fuertes fluctuaciones observadas en el crecimiento en altura en ambos renovales pueden explicarse por el hecho de que esta variable es muy sensible a las condiciones climáticas. Años con veranos secos afectan el crecimiento de los árboles (Barnes *et al.* 1998), y particularmente el crecimiento en altura pareciera ser más fuertemente afectado (Hernández 1996).

El mayor crecimiento en área basal del renoval andino se debió fundamentalmente a su mayor densidad, lo cual obedece al mejor sitio del renoval andino. El área basal a una misma edad determina la capacidad de carga del sitio si ambos rodales están a densidad completa. La mayor área basal del renoval andino a una misma edad indica que la capacidad de carga de este sitio es mayor.

El mayor crecimiento en diámetro en el renoval costero podría explicarse por la menor densidad de éste, la cual se presume que ha sido siempre menor considerando una misma edad en cada renoval. Los crecimientos diametrales registrados son similares a los encontrados en renovales de la Octava Región (Donoso *et al.* 1984), Novena Región (Lavanderas 1997) y Undécima Región (Delgado 1986), e inferiores a los observados en renovales manejados de distintas especies de *Nothofagus* (Donoso *et al.* 1993b).

Con similares tasas de crecimiento diametral la consecuencia natural es que el renoval andino, de mayor densidad, tenga un mayor crecimiento en área basal. Sin embargo, en ambos renovales la tendencia de las curvas de CAC y CAM en área basal sugiere que el máximo CAM ha de ocurrir a una edad cercana a los 30 años, siendo este CAM superior en el renoval andino.

(a)



(b)

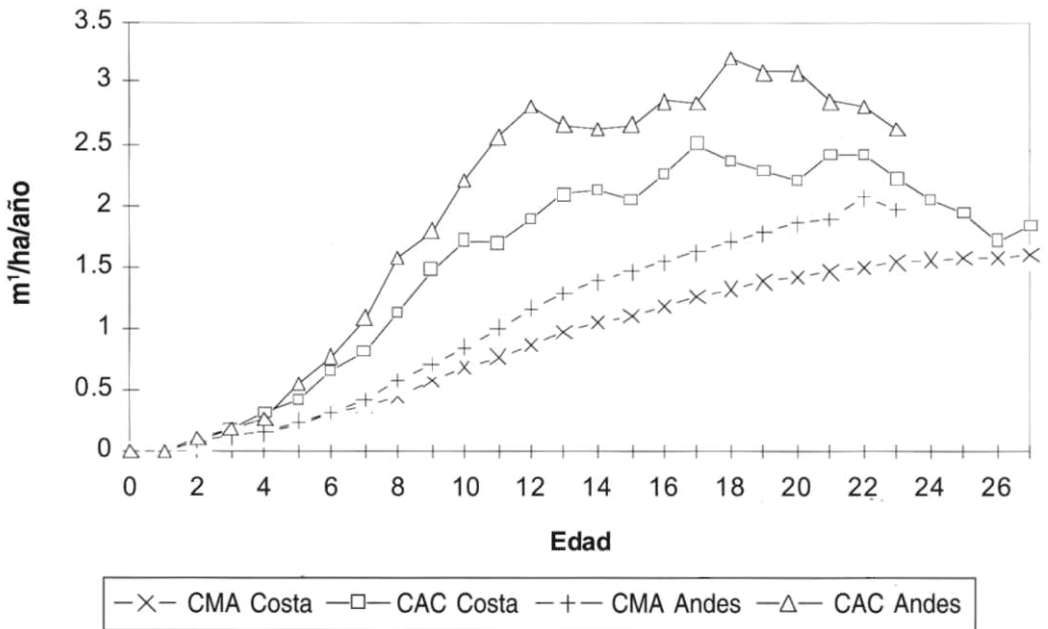


Figura 3. Crecimientos anuales medios (CAM) y corrientes (CAC) en (a) volumen (m³/ha/año) y (b) área basal (m²/ha/año) para cada renovación.

Mean annual increment (CAM) and current annual increment (CAC) in (a) volume (m³/ha/yr), and (b) basal area (m²/ha/yr) for each stand

Ambos renovales alcanzaron un CAC en volumen del orden de los 15 m³/ha/año entre los 16 y 17 años, y del orden de los 20 m³/ha/año a los 21 años. La tendencia de los datos de crecimiento volumétrico indica que al parecer este último crecimiento neto en volumen representa el máximo posible de alcanzar en estas formaciones naturales, al menos en estos sectores geográficos. De mantenerse este crecimiento en volumen, ambos renovales alcanzarían entre 13 y 14 m³/ha/año como CMA a los 40 años de edad. Estos crecimientos son muy similares a los encontrados por Delgado (1986) en la región de Aysén y a los citados por Lavanderas (1997) para renovales de coihue de las regiones VIII y IX.

La menor calidad observada en general entre los árboles del renoval costero obedece principalmente a dos razones: estos tenían peor forma (menor rectitud de los fustes) y presentaban un fuerte ataque del coleóptero taladrador *Cheloderus childreni* (Gray), disminuyendo por lo tanto la clasificación de sanidad de los individuos.

Si el objeto es producir madera pulpable, la edad de rotación debe establecerse cuando el CAM en área basal es máximo (Nyland 1996). Esto ocurriría en ambos renovales aproximadamente a los 30 años, edad a la cual ambos tendrían un volumen bruto de 350 y 400 m³/ha. Si, en cambio, el objeto es producir madera aserrable o debobinable, estos renovales deberían ser sometidos a raleos oportunamente. Se propone para este efecto hacer un raleo cuando el CAC en área basal haya alcanzado su máximo, lo cual ocurre aproximadamente entre los 17 y 18 años en cada renoval. A esta edad el crecimiento en diámetro se ha reducido algo respecto al máximo alcanzado, pero es del orden de 0.5 cm en promedio para todos los árboles. Se sugiere un raleo de liberación de copas (Nyland 1996, Smith *et al.* 1997), el que según los mercados disponibles, podría ser un raleo precomercial o del cual se podría obtener fundamentalmente leña. Un raleo precomercial mantiene a los árboles residuales con elevadas tasas de crecimiento en diámetro. La decisión respecto a si efectuarlo o no en definitiva estará determinada por la conveniencia financiera de ello, calculada, por ejemplo, de acuerdo al valor neto presente (VNP) con y sin este raleo (y otro u otros raleos posteriores). Si no se considera conveniente un raleo precomercial, entonces habrá que esperar hasta que los productos de un primer raleo tengan mercado, y en este caso, quizás los renovales más

cercanos al valle central y a las industrias madereras están en ventaja. Una ventaja adicional de esperar hasta efectuar el primer raleo es que la poda natural favorecerá la calidad de los árboles futuros. En cualquier caso los raleos deberían mantener la densidad entre un 60 y 80% con la finalidad de lograr mejores crecimientos y obtener árboles de buena calidad (Marquis *et al.* 1986, Marquis y Ernst 1991, Nyland 1996). Ello obedece a que el crecimiento bruto en área basal se estabiliza sobre un 60% de densidad relativa, y bajo un 60% el crecimiento neto disminuye (Mar-Moller 1954, Nyland 1996, Smith *et al.* 1997). Si bien aún no se han generado en Chile razones de área de árboles o guías de densidad (Chisman y Schumacher 1940, Prodan *et al.* 1997), u otro índice de densidad que permita determinar la densidad relativa en renovales de coihue, se puede momentáneamente, trabajar con el área basal como un indicador de densidad.

Las normas de manejo para renovales de roble-raulí-coihue (Lara *et al.* 1998) sugieren extracciones de no más de un 35% del área basal, incluyendo densidades mínimas a dejar para un determinado diámetro medio cuadrático (DMC) inicial e individuos que deberían ser favorecidos en el marco de un raleo de liberación de copas. Según las normas de manejo para renovales de coihue (Lara *et al.* 1998) la densidad mínima requerida para intervenir un rodal con un diámetro medio cuadrático de 10 a 14.9 cm es de 2708 árboles/ha, y la mínima a dejar 1896 árboles/ha. Ambos renovales cumplen con esta condición (3146 árboles/ha el costero y 5425 árboles/ha el andino), aunque el renoval costero está más cerca del mínimo. El DMC del renoval costero es tres centímetros mayor que el del renoval andino (13.5 cm vs. 10.5 cm), y ello puede explicar la mayor cercanía al mínimo requerido en renovales con un DMC de 10 a 15 cm en el caso del renoval costero. Con estas explicaciones, se puede considerar que ambos renovales tienen densidad completa (cercana al 100%). Por lo tanto, el área basal puede ser usada como índice de densidad en estos renovales, y en ambos se podrían aplicar las normas, con una extracción máxima de un 35% de área basal, además de seguir otras recomendaciones también señaladas en las normas.

Al intervenir estos renovales, extrayendo el 35% del área basal, que en el marco de un raleo de liberación de copas podría significar entre un 40 y un 50% del número de árboles, el CAC en DAP

de los árboles residuales sería de aproximadamente 0.5 cm/año. Como producto del raleo, en los años subsiguientes este crecimiento debería verse aumentado, por el período que dure el efecto del raleo, entre un 30 y 50%. Raleos posteriores deberían tener por objeto mantener altas tasas de crecimiento en los mejores individuos, en general los de mayores dimensiones. Raleos más tempranos, por ejemplo cuando los renovales tenían entre 15 y 20 años (raleos precomerciales probablemente), tendrán efectos aún más positivos que los esperables al intervenir estos renovales después de los 20 ó 25 años.

CONCLUSIONES

Los dos renovales analizados, ubicados a una misma latitud pero en sectores geográficos distintos, muestran similitudes notables en cuanto a crecimientos. Sin embargo, el sitio del sector andino se puede calificar como mejor que el del sector costero. Esto radica en que al menos hasta los 25 años el área basal alcanzada por el renewal andino fue mayor que la del renewal costero. Es esperable que los mayores niveles de área basal se mantengan hasta mayor edad. Otra diferencia la constituye la calidad de cada renewal, siendo el renewal andino de mejor calidad. Sin embargo, en ambas situaciones hay un número suficiente de árboles de buena calidad para conducir un manejo tendiente a producir madera de alta calidad en una rotación determinada con un número final de 300-500 árboles por hectárea. De ser el principal objetivo de producción madera pulperable, renovales de coihue se presentan como más promisorios que cualquier otra formación boscosa nativa por dos razones: los bosques adultos tienen un bajo volumen neto y por lo tanto son más costosos de explotar (además de consideraciones ecológicas que hacen inconveniente su uso para estos efectos en forma exclusiva); y los renovales de otras especies de *Nothofagus* presentan menores niveles de área basal por unidad de superficie, y por lo tanto un menor potencial de volumen neto a una determinada edad de corta.

El presente estudio demuestra la gran potencialidad de la especie coihue en distintas zonas geográficas de la provincia de Valdivia. Esta potencialidad de coihue puede ser extrapolada a renovales desde los Andes de la Octava Región y Novena Región hasta sitios de variadas características en las regiones Décima y Undécima.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEYDA, E., F. SAEZ. 1958. Recopilación de mapas climáticos de Chile y mapas sinópticos retrospectivos. Min. Agricultura, Santiago, Chile.
- AVILES, B. 1995. "Investigaciones para el tratamiento silvícola y manejo de renovales de *Nothofagus* en la zona centro de Chile", *Ciencia e Investigación Forestal* 9(1): 91-102.
- BARNES, B. V., D. R. ZAK, Sh. R. DENTON, H. S. SPURR. 1998. *Forest ecology*. 4th ed., Editorial John Wiley and Sons, New York. 774 p.
- BURSCHEL, P., C. GALLEGOS, O. MARTINEZ, W. MOLL. 1976. "Composición y dinámica de un bosque mixto de raulí y coihue", *Bosque* 1(2): 55-74.
- CABEZAS, C. 1997. Caracterización y análisis de crecimiento para un renewal de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst., en la Cordillera de los Andes, provincia de Valdivia. Valdivia. Tesis Ing. For. Universidad Austral de Chile, 79 p.
- CHISMAN, H. H., F.X. SCHUMACHER. 1940. "On the tree area ratio and certain of its applications", *J. For.* 38: 311-317.
- CORPORACION NACIONAL FORESTAL (CONAF), COMISION NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE Y UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO 1997. Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales 78 p., Santiago, Chile.
- CUBILLOS, V. 1988. "Funciones de volumen y factor de forma para renovales de coihue", *Ciencia e Investigación Forestal* 2(4): 62-68.
- DANIEL, T., J. HELMS, F. BAKER. 1982. *Principios de silvicultura*. Editorial McGraw-Hill, México, 491 p.
- DAVIS, K. 1966. *American Forest Management*. 2nd ed., Ed. McGraw-Hill, New York: 52-60.
- DELGADO, C. 1986. Caracterización del renewal de coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) en el sector Laguna Pedro Aguirre Cerda-Monte Picaflor, XI Región de Aysén. Concepción. tesis Ing. For, Univ. de Concepción, 56 p.
- DI CASTRI, F., E. HAJEK. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Universidad Católica de Chile, 128 p.
- DONOSO, C. 1981a. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Doc. de Trabajo N° 38 Investigación y desarrollo forestal (CONAF, PNUD, FAO, publicación FAO Chile).
- DONOSO, C. 1981b. *Ecología forestal. El bosque y su medio ambiente*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 369 p.
- DONOSO, C. 1993. *Bosques templados de Chile y Argentina Variación estructura y dinámica. Ecología Forestal*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 484 p.
- DONOSO, C., V. GERDING, B. OLIVARES, P. REAL, V. SANDOVAL, R. SCHLATTER, F. SCHLEGEL. 1984. Antecedentes para el manejo del bosque nativo de Forestal Arauco (Sector Cordillera de Nahuelbuta). Proyecto Forestal Arauco-Universidad Austral de Chile. Informe de convenio N° 74, 183 p.
- DONOSO, P., C. DONOSO, V. SANDOVAL. 1993a. "Proposición de zonas de crecimiento para renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*) en sus rangos de distribución", *Bosque* 14(1): 33-55.
- DONOSO, P., T. MONFIL, L. OTERO, L. BARRALES. 1993b. "Estudio de crecimiento de plantaciones y renovales de especies nativas en el área andina de las provincias de Cautín y Valdivia", *Ciencia e Investigación Forestal* 7(2): 253-287.
- GRIME, 1977. "Evidence of the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory", *American Naturalist* 111: 1169-1194.

- GROSSE, H. 1989. "Renovales de roble, raulí, coihue y tepa. Expectativas de rendimiento", *Ciencia e Investigación Forestal* 3(6): 37-72.
- HENRIQUEZ, M. 1985. Estrategias regenerativas de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. en el tipo forestal coihue raulí-tepa en la Cordillera de los Andes, provincia de Valdivia. Valdivia. Tesis Ing. For., Universidad Austral de Chile, 62 p.
- HERNANDEZ, E. 1996. Análisis de crecimiento de una plantación de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.) en la precordillera andina de la provincia de Valdivia. Valdivia. Tesis Ing. For., Universidad Austral de Chile, 73 p.
- INFOR. 1991. Antecedentes generales para el manejo de renovales de raulí, roble, coihue y tepa. Informe técnico N° 127, División Silvicultura. Concepción, Chile 50 p.
- LAVANDEROS, A. 1997. Caracterización y análisis de crecimiento para un renoval de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst, en la Cordillera de la Costa, provincia de Valdivia Valdivia. Tesis Ing. For., Universidad Austral de Chile 68 p.
- LARA, A., C. DONOSO, P. DONOSO, P. NUÑEZ, A. CAVIERES. 1998. Normas de manejo para raleo de renovales del tipo roble-raulí-coigüe. En: C. DONOSO y A. LARA (eds): *Silvicultura de los bosques nativos de Chile*, pp. 129-144. Edit. Universitaria, Santiago de Chile.
- LARRAIN, O. 1997. Establecimiento de coigüe en deslizamiento de tierra en el sector de Pilmaiquén, X Región. Tesis Ing. For., Universidad Austral de Chile, 82 p.
- MARQUIS, D. A., R. L. ERNST. 1991. "The effects of stand density after thinning on the growth of an Allegheny hardwood stand", *For. Sci.* 37(4): 1182-2000.
- MARQUIS, D. A., R. L. ERNST, S. L. STOUT. 1986. Prescribing silvicultural treatments in hardwood stands of the Alleghenies. USDA Forest Service Northeastern Station. Gen. tech. rep. NE-96, 89 p.
- MAR-MOLLER, C. 1954. The influence of thinning in volume increment I. Results of investigations. In: thinning problems and practices in Denmark, pp 5-32. Sunny College of Forestry at Syracuse, World For. Ser. Bull N° 1, Tech. Pub. N° 76.
- MAUREIRA, C. 1995. Caracterización y evaluación de crecimiento de tres plantaciones de coihue común (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) ubicadas en la provincia de Valdivia. Valdivia. Tesis Ing. For., Universidad Austral de Chile, 66 p.
- NYLAND, R. D. 1996. *Silviculture concepts and applications*. Primera edición, Edit McGraw-Hill, New York 633 p.
- OLIVER, Ch. D. 1981. "Forest development in North America following major disturbances", *Forest Ecology and Management* 3: 1536-168.
- OLIVER, Ch. D., B.C. LARSON. 1996. *Forest stand dynamics*. Update edition, Edit. John Wiley and Sons, New York, 520 p.
- PEET, R.K., N.L. CHRISTENSEN. 1987. "Competition and tree death", *BioScience* 37(8): 586-595.
- PRODAN, M., R. PETERS, F. COX, P. REAL. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Desarrollo Sostenible. IICA-BMZ/GTZ. San José, Costa Rica.
- PUENTE, M., C. DONOSO, R. PEÑALOZA, E. MORALES. 1979. Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de raulí (*Nothofagus alpina*) y roble (*Nothofagus obliqua*). Etapa 1. Identificación y caracterización de renovales de raulí y roble. Inf. de Conv. N°5. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76-003.
- SMITH, D. M., B. C. LARSON, M. J. KELTY, P. M. S. ASHTON. 1997. *The practice of silviculture. Applied forest ecology*. Novena edición, Editorial John Wiley and Sons, New York, 537 p.
- VEBLEN, T.T. 1985. Stand dynamics in Chilean *Nothofagus* forests. En: S. T. A. PICKETT y P. S. WHITE (eds.) *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*, Academic Press Inc., New York, 35-51.
- VEBLEN, T. T., D. ASHTON. 1978. "Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes", *Vegetatio* 36(3): 149-167.