

# Proposición de zonas de crecimiento de renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*) en su rango de distribución natural\*

Proposition of growth zones for roble (*Nothofagus obliqua*) and raulí (*Nothofagus alpina*) second growth forests along their natural distribution rank

C.D.O.: 181.2-561-562

PABLO DONOSO<sup>1</sup>, CLAUDIO DONOSO<sup>1</sup>, VÍCTOR SANDOVAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Silvicultura. <sup>2</sup>Instituto de Manejo Forestal, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

## SUMMARY

This study evaluated and characterized growth of second growth forests of roble (*Nothofagus obliqua*) and raulí (*Nothofagus alpina*) in 40 different locations between 35° and 41° south latitude.

The second growth forests were clustered for each species in 4 growth zones. Most of these forests are between 30 and 49 years old and have an important composition of shade tolerant species growing together with the *Nothofagus* species. Roble presents better growth than raulí in the best growth zone of each lot, but raulí has a more homogeneous growth.

In the best zones, roble reaches an average of 12.26 m<sup>3</sup>/ha/year and raulí 10.44 m<sup>3</sup>/ha/year, at an age of 20 years. In diameter, the differences among the growth zones are clear until 35 years old, after which growth is about the same. In height, there are differences for all the period studied among the different growth zones.

Raulí growths in colder areas than roble, but the best growth zones of raulí are in those areas where roble still growths, this is, in more temperate climate.

## RESUMEN

El presente estudio caracterizó y evaluó los crecimientos de renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*) en 40 localidades, entre los paralelos 35° y 41° latitud sur.

Se agruparon los renovales para cada especie en 4 zonas de crecimiento. Los renovales, que en su mayoría se concentran en edades de 30 a 49 años, tienen una composición importante de especies tolerantes, que acompañan a aquellas del género *Nothofagus*; roble presenta crecimientos más altos que raulí en las respectivas mejores zonas de crecimiento, pero en raulí se observa para la totalidad de localidades estudiadas mayor homogeneidad. En la mejor zona roble alcanza un promedio de 12.56 m<sup>3</sup>/ha/año y raulí 10.44 m<sup>3</sup>/ha/año, a la edad de 20 años.

En diámetro, las diferencias entre las zonas de crecimiento se manifiestan hasta los 35 años, después de lo cual éstas tienden a igualarse. En altura, las diferencias entre las distintas zonas de crecimiento se mantienen en el tiempo, al menos hasta los 50 ó 60 años.

Raulí se desarrolla, en general, en climas más fríos y lluviosos que roble, pero las mejores zonas de crecimiento de raulí corresponden generalmente a sectores de traslapeo con roble, es decir, de clima más templado.

## 1. INTRODUCCION

No es nuevo en Chile hacer un estudio relacionado con los renovales del género *Nothofagus*, espe-

cialmente del roble (*N. obliqua*) y raulí (*N. alpina*). Este tipo de bosques de segundo crecimiento se ha investigado desde hace aproximadamente 25 años, y en ese período se ha determinado que éstos representan la reserva potencial más rica del bosque nativo de Chile.

Entre los estudios desarrollados en renovales

\* Financiado por el proyecto S-84-34 de la Dirección de Investigación de la Universidad Austral de Chile.

sin manejo destacan, entre otros, De Camino *et al.* (1974), quienes determinaron que los renovales de roble y raulí crecen entre 5 y 14.3 m<sup>3</sup>/ha/año, Paredes (1982), que menciona crecimiento de 10 m<sup>3</sup>/ha/año en renovales sin manejo en Jauja, provincia de Malleco, Donoso (1988), quien determina crecimientos anuales periódicos de 5 a 18 m<sup>3</sup>/ha/año, con una media de 13 m<sup>3</sup>/ha/año para los últimos años en renovales de roble de 30 a 50 años en la cordillera de los Andes de Curicó, Donoso *et al.* (1988), que para renovales de raulí en las provincias de Malleco, Cautín y Valdivia estiman crecimientos de 6 a 13 m<sup>3</sup>/ha/año, y Grosse (1989), quien para renovales de raulí en las mismas provincias estima crecimientos de 4 a 16 m<sup>3</sup>/ha/año.

En cuanto a crecimientos diametrales, en general, los valores medios anuales en renovales de roble y raulí se encuentran entre 0.4 y 0.5 cm (Vita, 1974; Paredes, 1982; Donoso *et al.*, 1984; Núñez y Peñaloza, 1986; Donoso, 1988; Grosse, 1989; Castillo, 1992). Sin embargo, en estos mismos estudios se encuentran, con frecuencia, valores ligeramente mayores a 1 cm.

Respecto a índices de sitio en renovales, Burgos (1986) señala para renovales de raulí en la precordillera andina de la VIII Región valores de altura acumulada, a los 20 años, de 11.2 m para exposiciones sur a baja altura (< 650 m s.n.m.), 10.6 m para la misma exposición a mayor altura y 9.3 m para exposiciones norte. Wadsworth (1976) obtiene a los 20 años de edad, valores de 12.33 m en la provincia de Malleco, 10.63 m en la provincia de Cautín y 10.9 m en la provincia de Valdivia, en promedio para renovales de roble, raulí y mixtos. Donoso (1988), en la precordillera andina de Curicó, señala crecimientos acumulados en altura a los 20 años para árboles dominantes de raulí de 12.07 m y para roble, desde 11.3 m hasta 8.76 m, disminuyendo estos valores a medida que aumenta la altitud.

El objetivo del presente trabajo es aportar un conocimiento global sobre los renovales de roble y raulí en el área principal de su distribución geográfica, esto es, desde la provincia de Curicó, por el norte, hasta la provincia de Llanquihue, por el sur.

En el estudio se hace una caracterización de los renovales estudiados respecto a: a) ubicación fisiográfica; b) composición y estructura de los rodales; c) suelos sobre los cuales se desarrollan y d) crecimiento y productividad.

Por la envergadura de la información recogida

en terreno no se incluye en esta publicación la caracterización de la vegetación y la de los suelos, temas que se tratarán en publicaciones posteriores.

De este modo se pretende entregar un conocimiento amplio sobre los renovales de las especies señaladas, información que se espera sea complementada con estudios locales, desarrollados en numerosos lugares dentro del sector geográfico estudiado, y de esa forma se convierta en una herramienta útil para el manejo de este tipo de bosques.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. AREA DE ESTUDIO

Comprendió 40 localidades de muestreo entre las provincias de Curicó y Llanquihue. La descripción general de cada una de ellas se señala en el cuadro 1 y su ubicación se encuentra en las figuras 1 y 3.

### 2.2. OBTENCION DE INFORMACION EN LOS LUGARES DE ESTUDIO

En cada localidad muestreada se estableció una parcela de 1.000 m<sup>2</sup> (20x50 m), orientada en el sentido de la pendiente. Esta parcela se estableció en sectores que no mostraran evidencias de extracción de individuos del renoval. Las variables determinadas fueron las siguientes:

a) En individuos > 5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP= 1.3 m)

-DAP.

-Ubicación sociológica (Donoso *et al.*, 1984; Donoso, 1988).

-Altura total (previamente se midieron con Hipsómetro Suunto 3 individuos, como referencia para la estimación posterior).

-Sanidad y forma (Donoso *et al.*, 1984; Donoso, 1988).

b) En brinzales (individuos < 5 cm de DAP y > 2 m de altura).

-Estimación de la calidad (Donoso, 1988).

-Cantidad por especie.

Para evaluar el crecimiento y la productividad de los renovales, dentro de cada parcela, se seleccionaron 3 individuos dominantes por cada especie de *Nothofagus* que estuviesen presentes en el dosel dominante. Cada individuo seleccionado fue volteado, con el objeto de extraer rodela a la altura del tocón (30 cm), del DAP, a 2 metros, y de allí hacia arriba cada 2 m hasta la mayor altura

## CUADRO 1

## Ubicación y características fisiográficas de los lugares estudiados

Location and physiographical characteristics of the places studied

Código	Lugar	Sector	Región	Provincia	Lat. Sur	Long. W	Posición	Alt. (msnm)	Exp.	Pendiente (%)
1	Queñes 1	Andes	VII	Curicó	35°04'	70°40'	Lad. media	1.000	NW	49
2	Queñes 2	Andes	VII	Curicó	35°04'	70°40'	Lad. media	950	S	65
3	Radal 1	Andes	VII	Curicó	35°25'	71°08'	Lad. media	800	SW	31
4	Radal 2	Andes	VII	Curicó	35°25'	71°08'	Lad. media	900	N	23
5	Radal 3	Andes	VII	Curicó	35°25'	71°08'	Lad. media	890	SW	31
6	Radal 4	Andes	VII	Curicó	35°25'	71°08'	Lad. me-baja	850	SE	30
7	Vilches 1	Andes	VII	Talca	35°36'	71°08'	Lad. media	950	SW	30
8	Vilches 2	Andes	VII	Talca	35°36'	71°08'	Lad. media	1.100	N	25
9	Vilches 3	Andes	VII	Talca	35°36'	71°08'	Lad. me-baja	1.100	S	5
10	Lara 1	Andes	VII	Linares	36°14'	71°23'	Lad. alta	900	SE	32
11	Lara 2	Andes	VII	Linares	36°14'	71°23'	Lad. alta	900	S	3
12	Bullileo	Andes	VII	Linares	36°17'	71°30'	Lad. baja	650	SW	3
13	Recinto	Andes	VIII	Ñuble	36°48'	71°44'	Lad. media	650	SW	25
14	Cipreses 1	Andes	VIII	Ñuble	36°53'	71°33'	Lad. alta	700	N	30
15	Polcura 1	Andes	VIII	Bío-Bío	37°18'	71°41'	Lad. baja	900	S	17
16	Polcura 2	Andes	VIII	Bío-Bío	37°18'	71°41'	Lad. media	850	NW	25
17	Agua Fría	Costa	IX	Malleco	37°46'	72°50'	Lad. media	700	S	41
18	Vegas Blancas	Costa	IX	Malleco	37°49'	72°49'	Lad. media	860	SE	48
19	Santa Luisa	Andes	IX	Malleco	38°07'	71°52'	Lad. media	650	S	17
20	Jauja	Andes	IX	Malleco	38°07'	71°53'	Lad. media	600	NE	13
21	San Agustín	Andes	IX	Malleco	38°19'	71°56'	Lad. media	750	NW	15
22	Santa Felisa	Andes	IX	Malleco	38°15'	71°52'	Meseta	950	P	Plano
23	Curacautín	Andes	IX	Malleco	38°16'	71°53'	Ondul. a queb.	900	N	15
24	Retiro	D. int.* Andes	IX	Malleco	38°16'	72°07'	Plano a lig. ondulado	500	P	Plano
25	Manzano	Andes	IX	Cautín	38°50'	71°47'	Lad. media	450	P	Plano
26	Pangui	Andes	IX	Cautín	39°21'	71°35'	Lad. media	600	SE	42
27	Casas Viejas	Andes	IX	Cautín	39°18'	71°34'	Lad. media	650	S	28
28	Nueva Etruria	Costa	IX	Cautín	39°05'	72°52'	Lad. media	310	NE	30
29	Castilla	D. int.	IX	Cautín	39°20'	72°37'	Lad. media	200	NW	30
30	Neltume	Andes	X	Valdivia	39°46'	72°80'	Lad. media	450	W	10
31	Pilmaiquén	Andes	X	Valdivia	39°56'	71°55'	Lad. media	800	N	10
32	Riñihue	D. int.	X	Valdivia	39°45'	72°38'	Lad. media	250	P	Plano
33	Dollinco	D. int.	X	Valdivia	39°33'	72°48'	Lad. alta	200	S	30
34	Pumillahue	D. int.	X	Valdivia	39°40'	72°53'	Lad. media	250	S	50
35	Raulintal	Costa	X	Valdivia	40°10'	72°31'	Lad. media	350	E	13
36	Las Trancas	Costa	X	Valdivia	40°12'	72°26'	Lad. media	350	NE	25
37	Nilahue	D. int.	X	Valdivia	40°17'	72°15'	Valle fondo	300	P	Plano
38	Puyehue	D. int.	X	Osorno	40°35'	72°36'	Plano a lig. ondulado	200	P	Plano
39	Santa Elena	D. int.	X	Osorno	40°55'	73°33'	Lomajes bajos ladera	200	P	Plano
40	Fresia	D. int.	X	Llanquihue	41°08'	73°36'	Lad. alta- lomajes bajos	150	P	Plano

\* Depresión intermedia o Valle Central

posible. Desde allí se midió la distancia hasta la punta del árbol.

### 2.3. EVALUACION DE LA INFORMACION

Con la información de terreno fue posible estimar los principales parámetros de rodal. Las funciones utilizadas para estimar volúmenes brutos corresponden a las generadas por varios autores para distintas zonas geográficas y especies (Gunckel, 1989; Puente *et al.*, 1981; Donoso *et al.*, 1984; Donoso, 1988; Grosse, 1989, y Santelices, 1989). El programa utilizado corresponde al INVEN2. FOR<sup>1</sup>.

Para determinar el tipo de renoval se usó el criterio establecido por Puente *et al.* (1979), quienes señalan que se consideran puros aquellos renovales en que una especie de *Nothofagus* por sí sola ocupa al menos el 70% del área basal total y mixtos aquellos en que 2 o más especies de *Nothofagus* ocupan en conjunto el 70% del área basal. Los renovales evaluados en que ocurría una presencia importante de especies de *Nothofagus*, pero que no cumplían ninguna de estas condiciones, se clasificaron como indefinidos.

El crecimiento y la productividad de los renovales se determinó a partir del análisis fustal de 3 individuos por parcela de cada especie de *Nothofagus*, el cual entregó resultados correspondientes al dosel superior de árboles dominantes en cada parcela para las siguientes variables<sup>2</sup>:

- Edad.
- Crecimiento anual periódico en diámetro, cada 5 años.
- Crecimientos medios anuales en altura, cada 10 años.
- Crecimiento anual periódico en volumen bruto total, cada 5 años.
- Factor de forma artificial, cada 10 años.
- Crecimiento acumulado en altura hasta los 20 años, como un indicador de índice de sitio (Donoso, 1988; Castillo, 1993).
- Crecimiento acumulado en diámetro sin corteza hasta los 20 años.

En cuanto al crecimiento en volumen, se hicieron las siguientes estimaciones:

<sup>1</sup> Programa desarrollado por Pedro Real, profesor de mensura forestal en la Universidad Austral de Chile.

<sup>2</sup> Programa ANATAL para procesamiento de análisis de tallo, diseñado por el Instituto Forestal.

- Productividad o crecimiento anual en volumen total ( $m^3$ S.S.C./ha/año) para los últimos 5 años, de la siguiente forma:

a) Se obtuvo la altura media y el diámetro medio actual de los individuos dominantes volteados por especie.

b) Se determinó con cuántos individuos por hectárea de la especie en cuestión se alcanzaba la media equivalente, tanto en altura como en diámetro, a los árboles dominantes volteados. Ello se desarrolló partiendo desde los mayores diámetros y alturas hacia los menores, hasta alcanzar el valor medio buscado.

c) Se escogió entre los dos valores de números de individuos, determinados en el punto anterior, el menor. Este se multiplicó por el crecimiento anual periódico en volumen de los últimos 5 años determinado para los árboles volteados, con lo cual se obtuvo el primer resultado parcial de productividad para el bosque.

En cuanto los individuos de *Nothofagus* no incluidos en el punto c, el crecimiento volumétrico fue estimado sobre la base de calcular la altura media y el diámetro medio de estos árboles y dividir  $DAP^2 \times H$  de éstos con  $DAP^2 \times H$  de los primeros. De esta forma, se obvia alguna diferencia de factor de forma entre ambas categorías, lo que en todo caso puede ser causal de subestimación del crecimiento volumétrico de esta categoría de árboles. El cociente resultante es multiplicado por el crecimiento anual periódico en volumen determinado para los individuos volteados (el mismo del punto c) y por el número total de individuos que representa esta segunda categoría de árboles de *Nothofagus*.

d) Para la estimación del crecimiento volumétrico de especies tolerantes asociadas a los *Nothofagus*, se llevó a cabo análisis fustal de algunos individuos dominantes en distintas localidades. De estos análisis se obtuvo la participación porcentual de distintos períodos de edad, de 10 años cada uno, en el volumen total de cada individuo analizado. De esta forma, se promediaron los resultados obtenidos de los árboles tolerantes analizados y se construyó el cuadro 2. Conociendo la edad del renoval y el volumen total de estas especies, se estima el crecimiento de los últimos 5 años. Con ello, se asume que éstas tienen la misma edad de los *Nothofagus*, lo cual puede ser una causal de subestimación del crecimiento anual en volumen de estas especies.

-Productividad potencial para los últimos 5 años:

- a) Con el diámetro medio de los individuos de *Nothofagus* analizados y el área basal del renoval se estimó cuántos árboles se requerirían para mantener dicha área basal con el diámetro señalado.
- b) El número de árboles determinado se multiplicó por el crecimiento anual periódico en volumen de los últimos 5 años, obtenido del análisis fustal. Este resultado corresponde a la productividad potencial.
  - Productividad media del renoval: volumen total por hectárea dividido por la edad del renoval. Este valor no considera el volumen perdido por concepto de mortalidad natural.
  - Se determinó la productividad a los 20 años y la edad de mayor productividad. Para ello se ajustó una tasa de mortalidad a los distintos renovales (Rodríguez, 1993). Con ello se estimó el número de árboles/ha a distintas edades, valor que fue multiplicado por el crecimiento anual corriente en volumen para estas edades, determinando así la participación porcentual en el volumen total de cada período (e.g. 15-24 años, 25-34 años, etc.).

Con la información recogida se procedió a agrupar los renovales. Los criterios principales para hacer esta agrupación fueron, en primer lugar, el incremento en altura acumulado a los 20 años, ya que este parámetro es usado como un indicador de sitio (Donoso, 1988 y Castillo, 1993) y, en segundo lugar, la productividad a una edad común entre ellos, para lo cual se escogió 20 años, por tener sólo 22 años los renovales más jóvenes evaluados.

A los grupos resultantes se les analizaron sus principales variables climáticas, de acuerdo a la información agrometeorológica de CIREN (1990) y del INIA (1989), con el objeto de determinar sus diferencias en este aspecto.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. CARACTERIZACION DE LOS RENOVALES

De los 40 renovales estudiados, 22 corresponden a roble puro y uno a roble indefinido, 6 a raulí puro y 3 a raulí indefinido. Los restantes 8 renovales son mixtos de distinto tipo, con participación de más de una especie de *Nothofagus* (cuadro 3).

La mayoría de los renovales tiene edades entre 30 y 39 años (32.5%). Las clases de edad 20-30, 40 a 50 y 50 y más participan con aproximadamente un 20% cada una, en relación al total de localidades estudiadas.

En cuanto a las densidades, éstas fluctúan entre 490 árboles/ha en el rodal más viejo analizado (Santa Elena, 78 años) y 4.570 árboles/ha en Fresia, con 31 años (X=1.871). Las especies de *Nothofagus* ocupan un 63.7% de la densidad total. En área basal los valores fluctúan entre 16.81 m<sup>2</sup>/ha en la localidad más septentrional (Los Queñes) y 69.16 m<sup>2</sup>/ha en Vegas Blancas (X=36.89 m<sup>2</sup>/ha). Las especies de *Nothofagus* ocupan en promedio un 82.1% del área basal total (cuadro 4).

El diámetro medio observado es de 14.93 cm, con un rango de 9.78 cm a 25.04 cm. La altura media es de 13.60 m, con un rango de 6.62 m a

CUADRO 2

Participación porcentual de distintos períodos de edad en el volumen total de especies acompañantes en renovales de *Nothofagus*  
 Percent participation of different age periods in total volumen of *Nothofagus* associated species

Edad renoval (años)	Clases de edad (años)					
	5-14	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64
	Porcentaje del volumen total acumulado					
60	3	9	17	22	24	25
50	5	15	22	26	32	
40	8	25	30	37		
30	12	38	50			
20	25	75				

21.16 m. Las especies de *Nothofagus* por sí solas tienen valores medios para estas dos variables superiores, con 18.26 cm para el diámetro y 16.13 m para la altura.

En general se observa que en el dosel inferior de los renovales hay una importante presencia de

especies distintas a los *Nothofagus*, las cuales son especies tolerantes a la sombra, y abundante cantidad de brinzales, de los cuales casi un 60% corresponde a estas mismas especies, dominando entre las principales *Gevuina avellana* y *Persea lingue*.

CUADRO 3

Parámetros de rodal y variables de importancia dasométrica para los totales por parcela  
Stand parameters and other important variables in the plots evaluated (total)

Lugar	Có- di- go	Tipo renoval <i>Nothofagus</i>	Edad (años)	N/ha	Area Basal/ha (m <sup>2</sup> )	Vol.Br. Tot/ha (m <sup>3</sup> )	DAP (cm)	ALT (m)	Calidad Sanidad	Forma	Brin- zales n/ha	Especies más importantes en orden por A. Basal/ha**
Queñes 1	1	Ro	30	1.780	16.81	97.41	9.96	8.82	1.6	2.5	3.060	Ro-Ma-Pi-Li
Queñes 2	2	Ro Ind.*	33	1.830	17.60	82.53	9.78	6.62	1.5	2.7	1.690	Ro-Av-Pe-Li-Li-Ma-Pi
Radal 1	3	Ra-Ro	48	1.700	46.95	390.76	16.86	18.48	1.0	2.0	440	Ra-Ro-Pe-Qu-Av
Radal 2	4	Ro	48	1.050	27.87	194.12	16.48	12.49	1.1	2.4	110	Ro-Qu-Av
Radal 3	5	Ro	47	940	19.99	127.75	14.80	10.43	1.1	2.6	50	Ro-Av-Pe-Ra-Qu
Radal 4	6	Ra	59	690	45.18	416.60	25.04	20.88	1.4	1.9	2.160	Ra-La-Pi-Av
Vilches 1	7	Ra-Ro	24	2.650	29.03	180.24	9.83	8.55	1.1	2.4	1.880	Ra-Ro-Av-Qu
Vilches 2	8	Ro	38	1.540	36.50	258.23	15.49	12.29	1.1	2.5	640	Ro-Qu-Rd-Pi-Av
Vilches 3	9	Ro	46	800	34.47	300.31	22.64	19.91	1.2	2.5	70	Ro
Lara 1	10	Ra Ind.	55	2.940	48.49	347.14	11.54	7.88	1.1	2.5	2.480	Ra-Ma-Av-Ca-Co-Pi-Arr-Ro
Lara 2	11	Ro	24	2.440	27.54	148.58	11.11	10.13	1.0	2.4	1.440	Ro-Av
Bullileo	12	Ra Ind.	44	2.640	37.52	239.10	11.42	9.13	1.1	2.3	2.300	Ra-Ol-Av-Ro-Pi-Co-Li
Recinto	13	Ro-Ra	58	2.380	62.19	487.50	14.94	10.49	1.1	2.6	1.620	Ro-Ra-Av-La-Ca
Cipreses 1	14	Ro-Ra Ind.	22	2.730	33.11	156.67	11.43	7.71	1.1	2.8	1.100	Av-Ro-Ra-Li-Mn-Co
Polcura 1	15	Co-Ra-Ro	43	3.320	37.40	156.59	10.61	9.89	1.1	2.3	3.620	Co-Ra-Rd-Ro-Pi-Mi-Av
Polcura 2	16	Ro	32	1.590	19.68	101.94	11.14	8.36	1.1	2.6	1.830	Ro-Rd-Ra-Mh-Co
Agua Fria	17	Ro	52	1.040	31.10	259.06	16.18	12.52	1.5	2.5	0	Ro-Li-Ra-Ca-La-Av-Tr-Ol
Vegas Blancas	18	Ra Ind.	58	2.840	69.16	513.12	14.82	11.33	2.3	3.0	990	Ra-La-Av-Li-Ro-Pi-Ol
Santa Luisa	19	Ra-Ro-Co	48	3.140	44.96	350.06	11.46	10.42	1.2	2.4	2.570	Ra-Av-Li-Ol-Co-Ro-Hi-Ol
Jauja	20	Ro	44	3.890	43.62	306.84	10.20	9.41	1.1	2.6	4.000	Ro-Av-Li-Rd-Mi-Mh-Co-Lt
San Agustín	21	Ra	37	1.850	45.20	224.24	15.55	15.02	1.2	1.8	360	Ra-Ro-Tr-Av-Li
Santa Felisa	22	Ra-Ro-Co	38	2.970	39.53	310.81	11.87	13.89	1.1	1.6	1.400	Ra-Ro-Co-Tr
Curacautín	23	Ro	53	1.070	43.47	368.90	21.85	17.65	1.2	2.0	0	Ro-Hi-Ra-Mh
Retiro	24	Ro	33	1.620	27.80	179.20	13.75	13.35	1.1	1.8	850	Ro-Li
Manzano	25	Ra	44	1.210	40.04	357.08	18.74	18.74	1.1	1.8	40	Ra-Ro-Li
Panguí	26	Ro	29	1.720	28.06	205.19	16.75	16.75	1.8	2.3	610	Ro-Ra
Casas Viejas	27	Ra	38	2.071	28.70	201.95	14.66	14.66	-	-	-	Ra-Ro
Nueva Etruria	28	Ro	34	1.150	34.00	270.53	17.88	17.88	1.4	1.8	40	Ro-Li-La-Av
Hac. Castilla	29	Ro	60	1.150	45.77	361.62	16.40	16.40	1.2	1.9	40	Ro-Li
Neltume	30	Ro	30	870	45.77	222.83	15.74	15.75	1.5	2.4	1.900	Ro-Pi
Pilmaiquén	31	Ra	32	1.500	25.97	221.13	13.75	13.75	1.2	1.6	570	Ra-Mh-Co-Te-Tr-Pi
Riñihue	32	Ro	50	760	39.83	338.65	18.53	18.53	1.2	1.8	110	Ro-Li-Pi-Av
Dollinco	33	Ro	51	1.570	49.24	390.05	17.01	17.01	1.4	2.3	100	Ro-Av-Li-Rd-Te-La-Ul-Pi-Ol
Pumillahue	34	Ro	29	1.450	27.73	229.91	17.83	17.83	1.5	1.9	370	Ro-Li-Rd-La-Av-Pi
Raulintal	35	Ra	72	1.270	35.25	251.70	14.61	14.61	1.6	2.0	240	Ra-Tr-Ca-Li-Ti-Te-Av
Las Trancas	36	Ro	23	2.360	29.43	152.16	11.18	11.18	1.5	1.9	3.370	Ro
Ñilahue	37	Ro	38	1.700	46.00	361.44	13.31	13.31	1.0	2.4	460	Ro-Av-Li-Te-Arr-Te-Ti-Tr
Puyehue	38	Ro	26	1.540	27.49	194.00	14.90	14.90	1.4	2.0	2.390	Ro-Ol
Santa Elena	39	Ra-Ro	78	490	57.13	475.38	21.16	21.16	1.5	1.8	0	Ra-Li-Ro-La
Fresia	40	Ro	31	4.570	48.36	385.45	16.05	16.05	1.1	2.2	1.250	Ro
Promedio			41.2	1.871	36.89	270.42	14.93	13.60	1.3	2.2	1.183	

\* Indefinido. \*\* Roble, Raulf. Coigüe, Maitén, Avellano, Peumo, Litre, Lingue, Piñol, Quillay, Badal, Canelo, Arrayán, Olivillo, Mañío hembra, Laurel, Treyo, Híbrido Ro-Ra, Mirtáceas, Tapa, Tineo, Tiaca, Ulmo.

CUADRO 4

Parámetros de rodal y variables de importancia dasométrica para *Nothofagus* por parcelaStand parameters and other important variables for *Nothofagus* species in the plots

Lugar	N/ha	Area Basal/ha (m <sup>2</sup> )	Vol. B. Tot/ha (m <sup>3</sup> )	DAP (cm)	ALT (m)	Calidad		Rango DAP (cm)	Brin- zales N/ha
						Sanidad	Forma		
Queñes 1	1.570	15.01	75.12	10.02	8.66	1.5	2.4	5-45	2.380
Queñes 2	510	9.65	50.04	14.06	9.67	1.5	2.7	5-45	70
Radal 1	950	37.06	352.12	21.31	21.74	1.1	1.7	5-40	60
Radal 2	460	19.50	161.98	22.13	17.67	1.1	2.1	5-35	10
Radal 3	520	15.80	112.69	18.41	13.56	1.2	2.4	5-35	20
Radal 4	420	42.18	400.37	34.69	22.88	1.7	1.8	5-55	0
Vilches 1	900	21.99	158.41	15.54	13.79	1.2	2.0	5-40	150
Vilches 2	1.270	34.30	250.52	16.79	13.65	1.1	2.5	5-35	410
Vilches 3	800	34.47	300.31	22.64	19.91	1.2	2.5	5-40	50
Lara 1	570	16.47	118.72	16.44	12.95	1.0	1.9	5-40	380
Lara 2	2.000	25.25	141.17	11.86	11.12	1.0	2.3	5-25	970
Bullileo	740	23.60	190.73	17.71	15.40	1.2	2.0	5-45	110
Recinto	760	51.50	337.15	28.33	20.93	1.1	1.9	5-50	760
Cipreses 1	510	12.19	79.29	16.26	14.06	1.1	2.2	5-30	40
Polcura 1	2.610	34.22	146.69	11.50	10.90	1.1	2.1	5-40	1.900
Polcura 2	790	16.01	88.85	14.95	10.97	1.3	2.4	5-30	310
Agua Fría	460	25.99	217.27	24.06	17.76	1.3	2.1	5-45	0
Vegas Blancas	620	46.66	398.22	29.61	21.37	1.2	2.4	5-50	70
Santa Luisa	1.000	28.80	271.15	16.51	15.56	1.1	2.0	5-45	400
Jauja	1.190	30.11	247.81	16.56	17.32	1.1	2.0	5-35	240
San Agustín	1.350	39.74	204.23	17.32	17.53	1.2	1.4	5-55	20
Sta. Felisa	2.950	39.46	310.60	11.88	13.90	1.1	1.6	5-30	1.390
Curacautín	1.040	43.17	356.72	21.46	17.85	1.2	2.0	5-45	0
Retiro	1.560	27.20	173.86	13.87	13.56	1.1	1.8	5-35	740
Manzano	1.200	39.93	356.20	19.03	18.76	1.1	1.8	5-50	0
Panguí	1.720	28.06	201.18	13.38	16.25	1.8	2.3	5-30	610
Casas Viejas	1.826	26.00	190.81	12.00	12.59	-	-	5-70	-
Nueva Etruria	1.080	33.02	263.82	18.51	18.34	1.4	1.8	5-45	10
Hac. Castilla	1.140	45.42	359.33	20.68	16.42	1.2	1.9	5-40	0
Neltume	810	26.92	221.83	18.02	16.52	1.5	2.3	5-40	940
Pilmaiquén	1.300	17.46	134.17	11.97	14.87	1.2	1.5	5-30	240
Riñihue	650	36.71	319.79	24.54	19.38	1.2	1.6	5-45	110
Dollinco	1.010	30.05	339.61	20.71	20.05	1.4	2.1	5-40	0
Pumillahue	1.120	23.48	200.76	15.37	19.19	1.4	1.8	5-30	190
Raulintal	880	26.45	210.94	17.76	16.53	1.4	1.6	5-35	150
Las Trancas	2.360	29.43	152.16	11.71	11.18	1.5	1.9	5-40	3.370
Nilahue	590	35.58	314.08	24.00	19.95	1.0	2.0	5-55	380
Puyehue	1.530	27.45	194.12	14.00	14.91	1.4	2.0	5-30	1.980
Sta. Elena	380	46.61	409.19	36.95	21.68	1.4	1.7	10-70	0
Fresia	4.570	48.36	385.45	10.37	16.05	1.1	2.2	5-25	1.250
Promedio	1.193	30.28	234.94	18.26	16.13	1.3	2.0		504

### 3.2. CRECIMIENTOS, PRODUCTIVIDADES Y FACTORES DE FORMA

3.2.1. *Roble*. A partir del análisis de los datos, se proponen 4 zonas de crecimiento para roble (cuadro 5 y figura 1).

La zona de crecimiento 1 la constituyen las siguientes situaciones:

- los renovales más meridionales de la distribución de roble, en el sur de la provincia de Valdivia y en las provincias de Osorno y Llanquihue.
- los renovales de la ladera oriental de la cordillera de la costa, a altitudes bajo los 350 m s.n.m., en las provincias de Valdivia y Cautín.
- los renovales de la cordillera de los Andes desde altitudes menores a 1.000 m s.n.m. en la provincia de Talca hasta altitudes de 700 m s.n.m. en la provincia de Ñuble. En esta situación se debe señalar que los renovales son mixtos roble-raulí, pudiendo haber individuos o poblaciones híbridas de estas especies (Donoso *et. al.*, 1990), lo que sería una explicación de los elevados crecimientos encontrados en este sector, ya que corresponde a la zona de mejores crecimientos de raulí determinada en este estudio.

La zona de crecimiento 2 la constituyen los renovales del valle central de la provincia de Valdivia y de los faldeos cordilleros andinos de altitud intermedia (400 a 800 m s.n.m.) de las provincias de Valdivia, Cautín y Malleco y probablemente de la provincia de Bío-Bío.

La zona de crecimiento 3 la componen renovales ubicados desde las provincias de Cautín y Malleco bajo los 300 m s.n.m. y sobre los 900 m s.n.m. hasta la provincia de Talca. En las provincias de Linares y Talca el límite altitudinal de la zona de crecimiento 3 estaría sobre los 1.000 m s.n.m. Cabe destacar que en esta zona de crecimiento, el renoval correspondiente a Lara 2, ubicado a 900 m s.n.m. en la provincia de Linares, es el que presenta mejores crecimientos del grupo, y podría haber pertenecido alternativamente a la zona de crecimiento 2, marcando de esta forma un pequeño rango altitudinal entre la zona 1 y la zona 3.

Además se consideran de la zona de crecimiento 3 los renovales del faldeo oriental de la cordillera de Nahuelbuta.

La zona de crecimiento 4 la componen los renovales del extremo norte, esto es, provincia de Curicó, y de allí hacia el sur desde aquellos ubicados sobre 1.100 ó 1.200 m s.n.m. en la provincia de Talca, hasta los ubicados sobre los 800 m s.n.m.

en la provincia de Bío-Bío, en un rango en que la altitud límite disminuye hacia el sur. Probablemente son parte de la zona de crecimiento 4 también los renovales de roble que se encuentran en la cordillera de la costa en la VII Región y norte de la VIII Región.

Los valores más altos de productividad se producen en promedio a los 31 años de edad, con 10.98 m<sup>3</sup>/ha/año. El rango de valores de productividad para la edad total de los renovales va desde 12.43 m<sup>3</sup>/ha/año (Fresia) a 2.50 m<sup>3</sup>/ha/año (Queñes 2).

En el período comprendido entre los 15 y 24 años, el valor más alto nuevamente se produce en Fresia con 18.17 m<sup>3</sup>/ha/año y el más bajo en Polcura 1 con 2.08 m<sup>3</sup>/ha/año.

Estos resultados son consistentes con los señalados en renovales de roble en las dos zonas de crecimientos extremos de esta especie, esto es, en Nueva Etruria, cordillera de la costa de la provincia de Cautín (Castillo, 1993) y en la cordillera de los Andes de la provincia de Curicó (Donoso, 1988).

La productividad potencial de los renovales es un 38% superior en relación a la actual en la zona 1, un 21% superior en la zona 2, un 3% en la zona 3 y un 22% en la zona 4. Es decir, la tendencia muestra que mientras más productivo un renoval, o mientras mejor es el sitio para una determinada especie, mayor debe ser la capacidad de respuesta positiva en aumentar el crecimiento al ser sometido a manejo.

Al observar los valores de crecimiento en diámetro y en altura (figura 2), éstos son decrecientes desde la zona 1 a la zona 4.

Los mayores valores de crecimiento en diámetro en la zona 1 se producen alrededor de los 15 años, en la zona 2 alrededor de los 20 años, en la 3 nuevamente alrededor de los 15 años y en zona 4 se observa que no hay una edad de crecimiento máximo en diámetro bien definida, siendo éste relativamente homogéneo entre los 10 y 30 años.

Las diferencias encontradas entre las zonas de crecimiento en cuanto al crecimiento en diámetro se manifiestan especialmente hasta los 30 años de edad, para luego tender a disminuir, aunque hasta los 50 años siempre las zonas 1 y 2 mantienen crecimientos superiores a las zonas 3 y 4.

Los crecimientos medios en diámetro observados para la zona de mejor crecimiento de este estudio son similares a los señalados por Castillo (1993) en relación a la mejor zona de crecimiento y a estudios desarrollados en renovales correspon-

CUADRO 5

Productividad de renovales puros y mixtos de *N. obliqua* y parámetros de crecimiento a los 20 años de edad  
 Productivity of pure and mixed *N. obliqua* second growth forest, and growth at 20 years old

ZONA CREC.	Lugar	Código	Edad	Edad Mayor Prod.			Prod.Ult.5 años (m <sup>3</sup> ssc)	Prod. Pot. Ult. 5 años (m <sup>3</sup> ssc)	Crecimiento a los 20 años		
				Prod.Media (m <sup>3</sup> scc)	Edad	Valor (m <sup>3</sup> scc)			Vol (m <sup>3</sup> scc) Prom 15-24 años	DAP*(cm) Acumulado	H (m) Acumulado
1	Nilahue	38	38	9.51	30	15.77	13.68	24.63	11.77	15.53	16.67
	Fresía	40	31	12.43	30	19.45	17.32	19.57	18.17	12.67	13.90
	Puyehue	37	26	7.46	26	15.07	14.54	15.79	12.58	15.43	16.04
	Nva. Etruria	28	34	7.96	20	11.60	10.01	14.02	11.60	21.75	18.00
	Las Trancas	36	23	6.62	20	11.32	10.42	15.57	10.32	17.92	16.22
	Vilches 1	7	24	7.51	20	13.39	11.91	17.15	13.39	19.40	15.85
	Cipreses 1	14	22	7.12	20	10.12	9.78	14.55	10.12	19.47	14.42
	Promedio		28	8.37	24	13.82	12.52	17.33	12.56	17.45	15.87
2	Pumillahue	34	29	7.93	20	13.03	11.99	11.55	13.03	15.80	14.33
	L. Neltume	30	30	7.43	30	13.32	11.59	12.59	11.21	13.85	13.92
	Panguí	26	29	7.08	29	13.62	12.60	12.86	10.85	11.60	12.27
	Jauja	20	44	6.97	20	10.55	9.92	12.67	10.55	17.28	12.77
	S. Agustín	21	37	8.26	37	14.50	12.93	17.52	9.56	16.47	12.17
	Riñihue	32	50	6.77	40	10.55	10.28	15.11	5.63	16.80	13.83
	Dollinco	33	51	7.74	30	13.26	9.63	11.09	7.74	13.26	11.17
	Promedio		39	7.45	29	12.69	11.28	13.34	9.80	15.00	12.92
3	Lara 2	11	24	6.19	20	10.49	9.44	10.30	10.49	18.17	11.77
	Recinto	13	58	8.41	58	13.33	13.07	13.36	6.58	12.47	9.67
	Vilches 2	8	38	6.80	38	11.36	10.74	11.61	7.82	12.65	9.83
	Vilches 3	9	46	6.53	46	10.80	11.01	9.37	6.32	11.92	10.17
	H. Castilla	29	60	6.03	40	9.70	7.56	11.03	5.08	10.45	12.00
	Curacautín	23	53	6.96	40	10.67	10.46	10.68	6.69	11.45	9.94
	A. Fría	17	51	5.08	30	7.53	6.70	7.97	5.61	12.37	12.08
Retiro	24	33	5.43	30	9.11	8.01	8.22	7.52	14.00	9.00	
	Promedio		45	6.43	37	10.37	9.63	10.32	7.01	11.20	10.56
4	Radal 2	4	48	4.04	48	8.49	8.81	10.12	2.68	9.40	8.23
	Polcura 1	15	43	3.64	40	8.53	8.22	10.94	2.08	8.60	8.06
	Polcura 2	16	32	3.18	30	3.63	5.10	7.30	4.34	11.68	7.96
	Queñes 1	1	29	3.36	29	6.58	6.32	6.10	3.11	9.76	8.44
	Radal 3	5	47	2.66	30	5.44	5.31	5.58	2.80	10.87	11.13
	Queñes 2	2	33	2.50	20	3.48	2.70	3.21	3.48	8.80	8.44
	Promedio		39	3.23	33	6.03	6.08	7.20	3.08	9.85	8.80
	Prom. Total		38	6.48	31	10.98	10.00	12.16	8.25	13.49	12.10

FIGURA 1

Ubicación geográfica de las zonas de crecimiento de *N. obliqua*

Geographical location of the *N. obliqua* growth zones

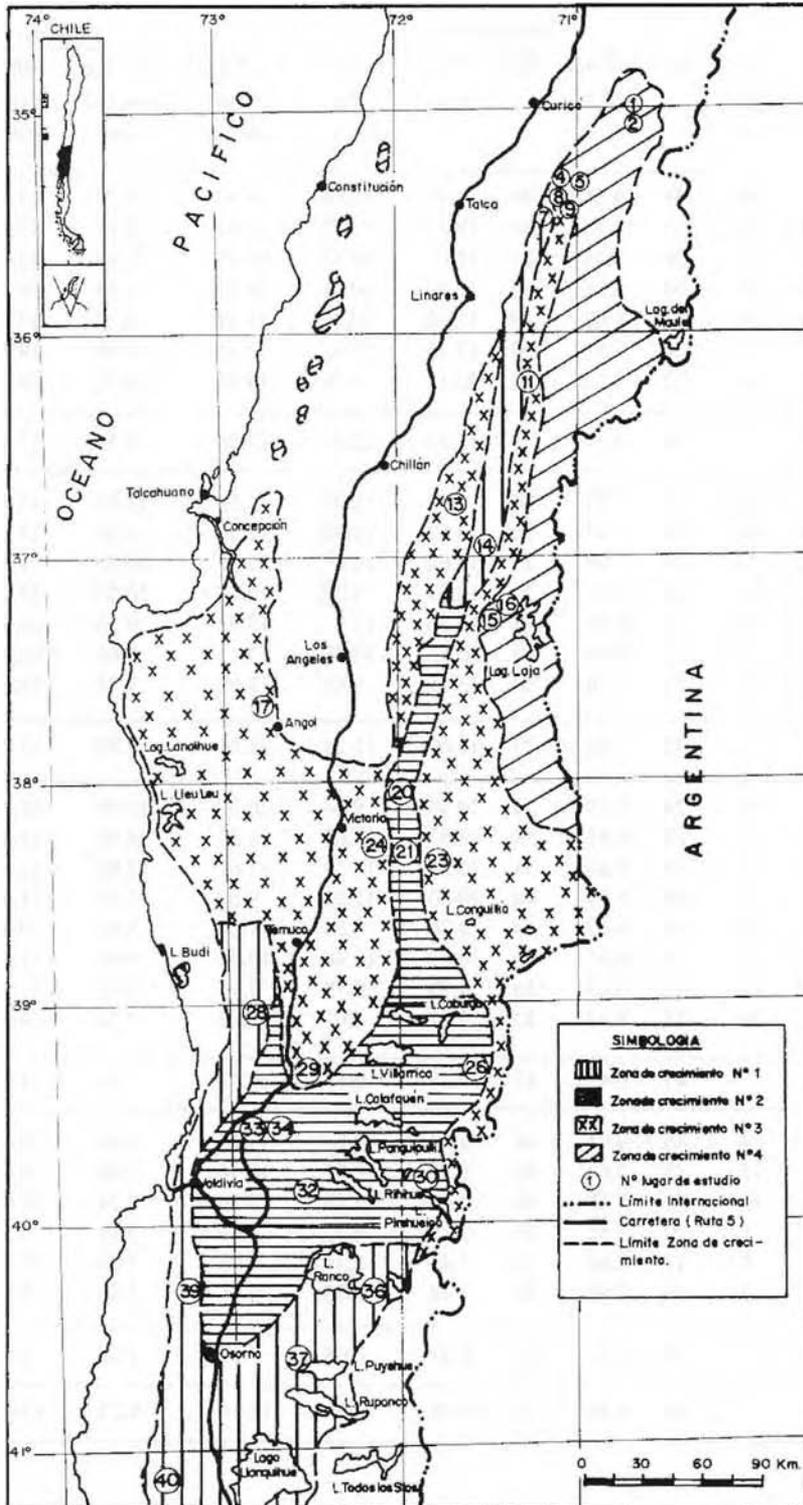
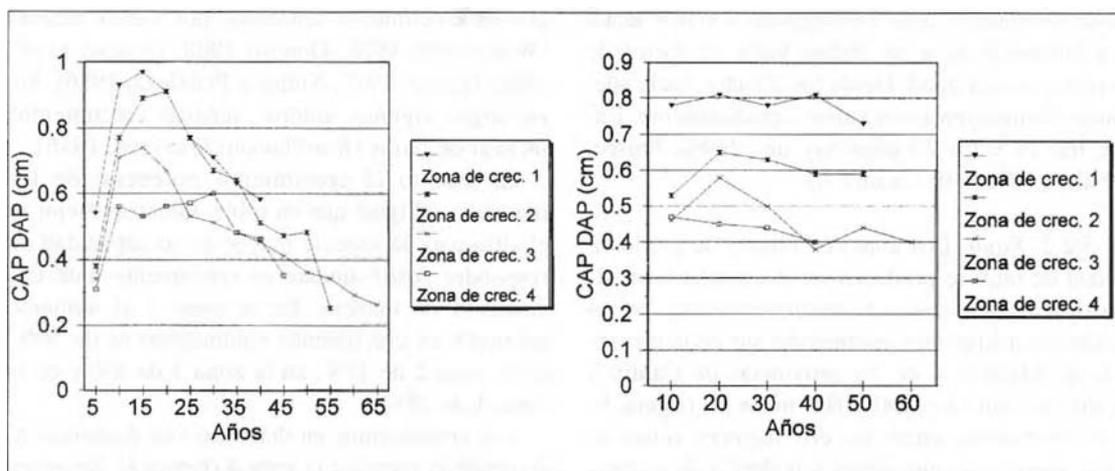


FIGURA 2

Crecimiento anual periódico en DAP cada 5 años (a) y medio anual en altura cada 10 años (b) para *N. Obliqua*  
 Periodic annual growth in DBH each 5 years (a) and mean annual growth in height each 10 years (b) for *N. obliqua*



dientes a zonas de menor crecimiento (Donoso *et al.*, 1988; Donoso, 1988).

En altura, la zona 1 mantiene un crecimiento parejo con valores entre 0.73 y 0.81 m/año hasta la edad registrada de 50 años, con una media para este período de 0.78 m/año. En las zonas 2 y 3 se producen los máximos valores alrededor de los 20 años para luego decrecer, siendo el crecimiento medio de estos dos sectores a la edad de 50 años de 0.60 m/año y de 0.47 m/año, respectivamente. En la zona 4 los mayores valores se producen a temprana edad, alrededor de los 10 años, y desde

entonces empiezan a disminuir, alcanzando una media para el período de 40 años de 0.44 m/año.

En altura los valores registrados para la mejor zona de crecimiento son superiores a los señalados por Castillo (1993), pero similares a los mencionados por Donoso (1988) para la zona norte, la de menor crecimiento.

Las diferencias en altura se mantienen durante todo el período registrado, pudiéndose señalar que en general el crecimiento en altura de una zona respecto a la otra es alrededor de un 20% mayor.

Se observa entonces que mientras los crecimien-

CUADRO 6

Factores de forma artificial para *N. obliqua*  
 Shape factors (1.3 m) for *N. obliqua*

Zona de crecimiento	Años					
	10	20	30	40	50	60
1	0.58	0.52	0.49	0.47		
2	0.57	0.49	0.46	0.47		
3	0.60	0.46	0.46	0.48	0.47	0.45
4	0.59	0.54	0.48	0.48		
Promedio	0.58	0.49	0.47	0.48	0.47	0.45
C.V.%*	20.7	15.9	16.6	15.2	12.1	15.3

\* C.V.%: Coeficiente de variación porcentual.

tos máximos en diámetro y altura se producen alrededor de los 20 años, en volumen éstos se producen aproximadamente 10 años después.

Los factores de forma para las distintas zonas de crecimiento no muestran diferencias, y tienden a ser similares y más homogéneos a mayor edad. La tendencia es a un menor valor de factor de forma a mayor edad. Desde los 20 años hacia adelante disminuyen estos valores gradualmente. Entre los 10 y los 20 años hay un cambio brusco, desde 0.58 a 0.49 (cuadro 6).

3.2.2. *Raulí*. Los mayores valores de productividad de raulí se producen en el extremo norte de su distribución (zona de crecimiento 1) y en los faldeos cordilleranos andinos del sur de la provincia de Malleco y de las provincias de Cautín y Valdivia, entre los 400 y 800 m s.n.m. (figura 3). Las diferencias entre las dos mejores zonas de crecimiento son muy leves (cuadro 7). Los crecimientos más bajos (zona de crecimiento 4) se producen en 2 regiones diferentes:

- en las poblaciones de la cordillera de la costa existentes en la ladera oriental de ésta, en las provincias de Valdivia y Osorno.
- en los renovales sobre 800 m s.n.m., ubicados entre los 36° y los 38° latitud sur.

Tres de los 4 renovales de la mejor zona de crecimiento son mixtos (raulí-roble), pero los crecimientos acumulados en altura a los 20 años para raulí son superiores.

La zona de crecimiento 3 es extensa, y comprende las poblaciones de la cordillera de Nahuelbuta y aquellas desde Ñuble hasta el norte de Malleco, en altitudes bajo 600 m s.n.m. y desde Malleco hasta Cautín, en altitudes sobre los 900 m s.n.m. (salvo el renoval de Casas Viejas, que se encuentra sólo a 650 m s.n.m. en la provincia de Cautín, muy cerca del límite con Argentina).

En esta zona se consideran también los renovales que se internan hacia el límite con Argentina en las provincias de Cautín y Valdivia, los cuales se ha determinado que tienen menores crecimientos debido a la disminución de precipitaciones hacia la vertiente oriental de la cordillera de los Andes (Donoso, *et al.*, 1988).

Los valores más altos de productividad se producen a los 36 años en promedio, con 11.27 m<sup>3</sup>/ha/año. El rango de valores de productividad para la edad total va desde 8.31 m<sup>3</sup>/ha/año (Radal 1) hasta 3.18 m<sup>3</sup>/ha/año (Polcura 2), siendo este rango más estrecho que el encontrado en roble.

En el período comprendido entre los 15 y 24 años, el valor más alto ocurre en Vilches 1, con 13.39 m<sup>3</sup>/ha/año, y el más bajo en Polcura 1 con 2.08 m<sup>3</sup>/ha/año.

Estos valores se encuentran dentro de los rangos de crecimiento señalados por varios autores (Wadsworth, 1976; Donoso 1988; Donoso *et al.*, 1988; Grosse, 1987; Núñez y Peñaloza, 1986). Sin embargo, algunos autores señalan crecimientos incluso de hasta 18 m<sup>3</sup>/ha/año (Forvesa, 1986).

En cuanto al crecimiento potencial de los renovales, al igual que en roble, mientras mejor es el sitio para la especie mayor es su capacidad de responder positivamente en crecimiento ante una situación de manejo. En la zona 1 el aumento potencial en crecimiento volumétrico es de 50%, en la zona 2 de 21%, en la zona 3 de 8% y en la zona 4 de 25%.

Los crecimientos en diámetro van disminuyendo desde la zona 1 a la zona 4 (figura 4). En general, se observa al igual que en roble que los mayores crecimientos en diámetros se producen entre los 10 y 20 años. Las zonas 1, 3 y 4 tienen los valores máximos alrededor de los 20 años, mientras que en la zona 2 alrededor de los 10 años. Las diferencias en crecimientos se manifiestan más claramente hasta los 30 años.

Los crecimientos diametrales determinados en este estudio son similares a los encontrados en otros estudios desarrollados en las mejores zonas de crecimiento de esta especie (Donoso, 1988 y Grosse, 1989), así como en zonas de menor crecimiento (Donoso *et al.*, 1988).

En todas las zonas de crecimiento de raulí se observa un crecimiento descendente en altura desde los primeros años. Los crecimientos en altura son mayores en la zona más productiva y van descendiendo hacia las menos productivas.

A nivel de las zonas más productivas esta es una diferencia con roble, ya que esta especie mantiene valores altos y homogéneos de crecimiento en altura durante todo el período registrado; en cambio raulí desciende desde 0.73 m/año al principio hasta 0.53 m/año a los 50 años. En la zona 2 se observa un descenso gradual en el crecimiento en altura durante el período registrado, desde 0.65 a 0.60 m/año, muy similar al observado en roble.

En la zona de crecimiento 3 los crecimientos en altura son muy parejos en todo el período registrado, con valores entre 0.45 y 0.40 m/año, mientras que en la zona 4 éstos disminuyen desde 0.47 a 0.33 m/año desde los 10 a los 70 años.

## CUADRO 7

Productividad de renovales puros y mixtos de *N. alpina* y parámetros de crecimiento a los 20 años de edadProductivity of pure and mixed second growth forest of *N. alpina*, and growth at 20 years old

ZONA CREC.	Lugar	Código	Edad	Edad Mayor Prod.			Prod.Ult.5 años (m <sup>3</sup> ssc)	Prod. Pot. Ult. 5 años (m <sup>3</sup> ssc)	Crecimiento a los 20 años		
				Prod.Medía (m <sup>3</sup> scc)	Edad	Valor (m <sup>3</sup> scc)			Prom 15-24 años	DAP*(cm) Acumulado	H(m) Acumulado
1	Vilches 1	7	24	7.51	20	13.39	11.91	16.21	13.39	21.08	16.22
	Cipreses 1	14	22	7.12	20	10.12	9.78	17.67	10.12	17.18	14.69
	Radal 1	3	47	8.31	30	11.48	11.15	19.04	9.55	14.33	11.53
	Radal 4	6	59	7.06	59	10.84	10.84	12.72	8.71	12.96	13.25
	Promedio		38	7.50	32	11.45	10.92	16.41	10.44	16.39	13.92
2	Manzano	25	44	8.12	20	11.18	10.27	13.10	11.18	11.03	14.17
	Pilmaiquén	31	32	6.91	30	13.59	12.74	15.23	8.40	11.66	13.41
	Pangui	26	29	7.08	29	15.26	12.60	12.86	10.66	11.01	11.30
	San Agustín	21	37	8.26	37	14.50	12.93	17.52	9.56	16.52	11.17
	Promedio		36	7.59	36	13.63	12.14	14.68	9.95	12.56	12.51
3	V. Blancas	18	58	8.84	58	17.94	17.11	17.83	5.93	12.11	9.50
	Recinto	13	58	8.41	58	13.33	13.07	13.36	6.58	13.73	9.89
	Sta. Luisa	19	48	7.29	40	12.20	12.13	17.84	7.21	11.75	9.45
	Sta. Felisa	22	38	8.18	38	13.53	10.32	11.29	10.18	10.63	6.75
	Curacautín	23	53	6.96	40	10.67	10.46	9.09	6.69	9.97	9.56
	C. Viejas	27	38	5.31	30	8.78	10.00	9.32	6.77	8.98	9.56
	Promedio		49	7.49	44	12.74	12.17	13.11	7.22	11.20	9.11
4	Santa Elena	39	78	6.09	30	8.57	7.94	11.41	5.74	8.61	9.75
	Bullileo	12	44	5.43	30	8.13	7.24	10.53	6.03	10.35	10.58
	Lara 1	10	55	6.31	40	11.20	7.57	13.96	3.23	7.05	7.19
	Polcura 2	16	32	3.18	30	6.63	5.10	5.97	4.34	11.03	10.13
	Polcura 1	15	43	3.64	40	8.53	8.22	9.34	2.08	10.24	8.65
	Raulintal	35	72	3.50	72	5.45	5.61	6.14	3.28	6.73	6.56
	Promedio		54	4.69	40	8.09	6.95	9.55	4.11	9.00	8.81
	Promedio total		45	6.69	36	11.27	10.02	12.56	7.48	11.82	10.73

\* Sin corteza

En cuanto a crecimientos en altura hay pocas referencias. En la cordillera de los Andes de la provincia de Ñuble, Burgos (1986) señala crecimientos acumulados en altura a los 20 años, para individuos dominantes (índice de sitio), de 10.1 m., mientras que para las provincias del sur de Bío-Bío, esto es, Malleco, Cautín y Valdivia,

Núñez y Peñaloza (1986) determinan como promedio 11.5 m. Donoso (1988), en la provincia de Curicó, determina valores de 11.5 a 12.6 m. Estos valores son consistentes con los encontrados en este estudio para las distintas zonas de crecimiento.

Los valores de factor de forma, al igual que en roble, no muestran diferencias claras entre las dis-

FIGURA 3

Ubicación geográfica de las zonas de crecimiento de *N. alpina*  
 Geographical location of the *N. alpina* growth zones

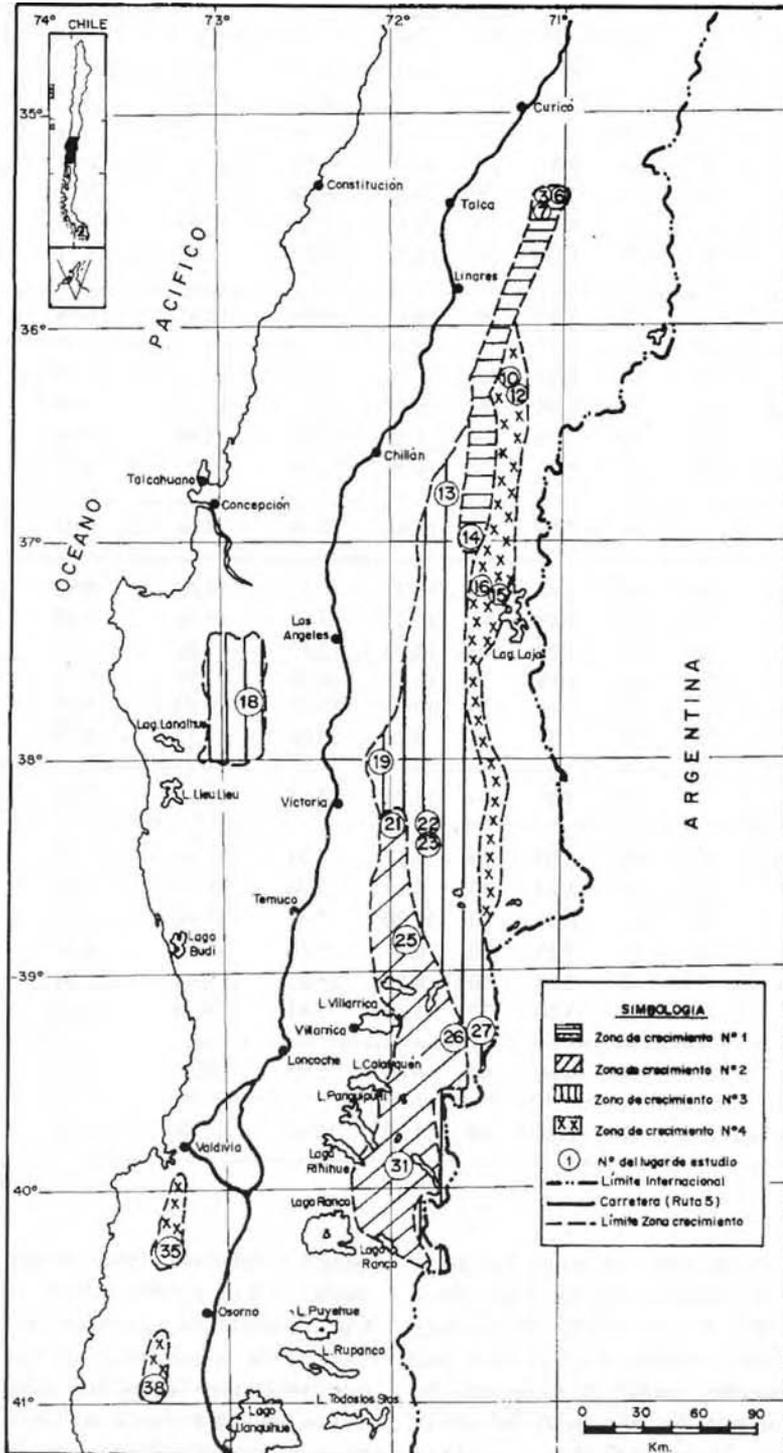
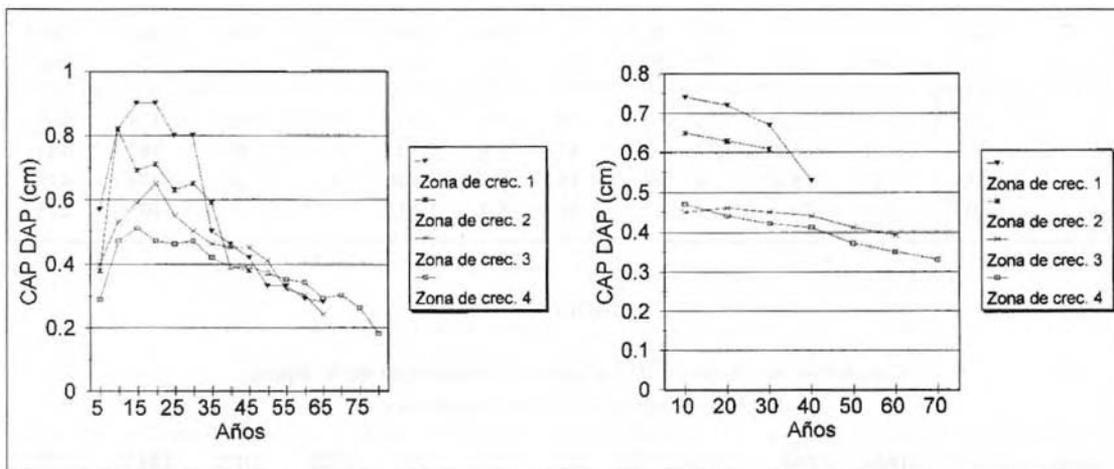


FIGURA 4

Crecimiento anual periódico en DAP cada 5 años (a) y medio anual en altura cada 10 años (b) para *N. alpina*  
 Periodic annual growth in DBH each 5 years (a) and mean annual growth in height each 10 years (b) for *N. alpina*



tintas zonas de crecimiento. También, como en roble, hay un cambio brusco entre los 10 y los 20 años (de 0.57 a 0.50) y de allí en adelante éste es gradual (cuadro 8). Estos valores son similares a los determinados por Santelices (1988) para renovales del área de Panguipulli, quien señala cifras de 0.43 a 0.50.

3.3..RELACION DE LAS ZONAS DE CRECIMIENTO CON EL CLIMA

3.3.1. *Roble*. Según la información del INIA

(1989), la zona de crecimiento 1 ocupa los climas Mediterráneos Frío y Marino (húmedo patagónico y fresco), la zona 2 ocupa sólo climas Marinos (fresco y húmedo patagónico) y en las zonas 3 y 4, si bien algunos sectores ocupan el clima Mediterráneo Frío, ambos también se encuentran en sectores de clima Polar Alpino. La zona 3, en una transición climática entre las dos primeras y la zona 4, ocupa además climas marinos (Marino Fresco y Marino Húmedo Patagónico).

La zona 1 resalta antes que nada por el hecho de tener temperaturas medias, durante el período

CUADRO 8

Factores de forma artificial para *N. alpina*

Shape factors (1.3 m) for *N. alpina*

Zona de crecimiento	Años							
	10	20	30	40	50	60	70	80
1	0.53	0.48	0.43					
2	0.64	0.54	0.51	0.50				
3	0.52	0.46	0.46	0.47	0.50			
4	0.59	0.52	0.49	0.48	0.50	0.49	0.48	0.43
Promedio	0.57	0.50	0.49	0.48	0.50	0.49	0.48	0.43
C.V.%*	22.8	15.4	11.6	9.0	6.9	6.9	9.4	-

\* C.V.%: Coeficiente de variación porcentual.

CUADRO 9

Características climáticas de las zonas de crecimiento de *N. obliqua*

Climatic characteristics of *N. obliqua* growth zones

Zona	PLH* (días) (a)	TMA (°C) (b)	TMC (°C) (b)	TMF (°C) (b)	TOM (°C) (b)	HRV (%) (a)	PRV (mes) (b)	Pp. (mm) (b)	HRI (%) (a)	DPS (mes) (b)	DHV (mm) (a)	ETPV (mm) (a)
1	200	11.2	22.7	3.1	>10	64	4.3	1.557	79	0-1	478	461
2	172	11.1	25.4	2.3	>7	67	5.6	2.347	80	0	387	464
3	192	13.7	28.4	3.8	>8	65	5.8	1.040	81	4	474	458
4	180	10.0	20.0	0.4	>7	56	5.7	1.051	67	3	493	475

CUADRO 10

Características climáticas de las zonas de crecimiento de *N. alpina*

Climatic characteristics of *N. alpina* growth zones

Zona	PLH* (días) (a)	TMA (°C) (b)	TMC (°C) (b)	TMF (°C) (b)	TOM (°C) (b)	HRV (%) (a)	PRV (mes) (b)	Pp. (mm) (b)	HRI (%) (a)	DPS (mes) (b)	DHV (mm) (a)	ETPV (mm) (a)
1	180	10.0	20.0	0.4	>7	51	5.0	2.050	67	3	580	461
2	130	10.3	22.7	2.1	>8	66	7.0	2.817	81	0	223	464
3	160	14.0	28.8	3.5	>8	62	5.7	2.122	78	4	388	458
4	170	11.4	23.8	3.2	>10	51	6.0	2.313	63	1	415	475

(a): Fuente CIREN (1990) (b): Fuente INIA (1989)

\*PLH = Período libre heladas  
 TMA = Temperatura media anual  
 TMC = Temperatura media mes más cálido  
 TMF = Temperatura mes más frío  
 HRV = Humedad relativa verano  
 PRV = Período receso vegetativo

Pp. = Precipitación anual  
 HRI = Humedad relativa invierno  
 DPS = Duración período seco  
 DHV = Déficit hídrico verano  
 ETPV = Evapotranspiración potencial del verano  
 TOM = Temperatura media octubre-mayo

vegetativo, superiores a 10°C, a diferencia de las otras tres zonas en que éstas son superiores a 7 u 8°C (cuadro 9). En esta zona las temperaturas medias mínimas del mes más frío son mayores, y el período libre de heladas es más largo, así como el período de receso vegetativo es más corto. En cuanto a las temperaturas medias anuales y del mes más cálido, se observa que en las zonas de crecimiento 1 y 2 éstas son más moderadas que en las zonas 3 y 4.

Si bien la humedad relativa tanto de invierno como de verano en las zonas de crecimiento 1, 2 y 3 es similar, siendo aquella de la 4 más baja, las zonas de crecimiento 1 y 2 tienen precipitaciones mayores que aquellas de menores crecimientos y, como consecuencia, la duración del período seco es mucho menor, de cero a un mes.

La zona 2 tiene un período libre de heladas menor que las zonas 3 y 4, y mayor que la 1.

En resumen, roble para un mayor crecimiento requiere de climas con abundante precipitación (sobre 1.500 mm anuales), sin o con un corto período seco, y con temperaturas moderadas durante el período vegetativo (entre 10 y 20°C). Por el contrario, las zonas de menor crecimiento de esta especie se dan bajo condiciones más secas, con temperaturas muy altas en verano y muy bajas en invierno y un prolongado período seco, debido también a menores precipitaciones.

3.3.2. *Raulí*. De acuerdo a la información obtenida a partir del INIA (1989) y de CIREN (1990), se visualiza claramente la adaptación del raulí a zonas climáticas cordilleranas, de temperaturas bajas

en invierno, sin estaciones secas y con precipitaciones elevadas, sobre los 2.000 mm/año (cuadro 10). La zona de crecimiento 1 ocuparía el Agroclima Precordillera Alta, dentro del clima Mediterráneo Frío; la zona 2 el clima Marino Húmedo Patagónico; la zona 3 ocuparía el Mediterráneo, el Marino Fresco y el Polar Alpino como dominantes, junto al Marino Húmedo Patagónico; finalmente la zona 4 se encontraría en una transición entre el clima Mediterráneo Frío y el Polar Alpino.

La zona 1 se encuentra en sectores más fríos que las restantes, lo que se manifiesta en todos los valores de temperaturas del cuadro 10. Sin embargo, el período libre de heladas es más largo en esta zona, lo que refleja probablemente que las menores temperaturas que se registran en ella tienen menores fluctuaciones (rango) y ocurren durante un período más corto. Las temperaturas bajas de las restantes zonas de crecimiento son probablemente más prolongadas y, por lo tanto, generan un período libre de heladas más corto. A esta situación se complementa aquella de menor humedad de la zona 1, lo cual se refleja en los valores de precipitación y en los de humedad relativa, que son menores que los de las restantes zonas, así como en un período seco más prolongado.

La zona de crecimiento 2 se encuentra en una situación intermedia entre la zona 1 y las zonas 3 y 4 en el régimen de temperaturas. Las precipitaciones en esta zona son mayores que en el resto y no existe período seco.

Las zonas de crecimiento 3 y 4 tiene un régimen de temperaturas más altas que las zonas 1 y 2, lo que sería la principal condicionante de menores crecimientos, ya que en cuanto a precipitaciones éstas son similares a las restantes zonas.

En resumen, raulí requiere para un mejor crecimiento abundantes precipitaciones dentro de un régimen de temperaturas moderado, pero en que el período de heladas es corto en términos comparativos con zonas de menor crecimiento. Ello se traduce en que el período de receso vegetativo es más corto.

Este tipo de condiciones se pueden encontrar precisamente en sectores ecotonales de poblaciones de raulí y roble, en las áreas más bajas del rango altitudinal de raulí.

#### 4. CONCLUSIONES

- La importante presencia de especies tolerantes a la sombra bajo el dosel superior sugiere la necesidad de tomar en cuenta en el manejo de renovales de *Nothofagus* la existencia de este segundo dosel que, sin competir por la luz con los individuos dominantes, lo constituyen especies de alto valor comercial.

- Los renovales de roble tienen en general crecimientos volumétricos superiores a los renovales de raulí. Roble tiene incrementos mejores que raulí en las dos mejores zonas, mientras que en las zonas más malas raulí presenta mejores crecimientos. Esta situación refleja mayor homogeneidad entre las zonas de crecimiento de raulí respecto a las de roble.

Los resultados promedios de crecimientos volumétricos para toda la distribución estudiada de ambas especies son similares.

- Las tasas de crecimiento en altura para ambas especies en sus respectivas zonas de menor crecimiento (zonas 3 y 4) son muy parecidas, en cambio en las zonas de mejor crecimiento en roble estas tasas son superiores.

Las diferencias en el crecimiento en altura entre las distintas zonas de crecimiento, tanto para raulí como para roble, se manifiestan durante todo el período registrado.

- En cuanto a los crecimientos en diámetro se da una situación similar a lo que ocurre en altura para las zonas de menor crecimiento, esto es, las tasas de crecimiento son parecidas para ambas especies. Hasta los 35 años las tasas de crecimiento de las mejores zonas de ambas especies son similares. El comportamiento del crecimiento periódico en diámetro en las mejores zonas de crecimiento evidencia tasas ascendentes hasta edades de 15-25 años, después de lo cual comienzan a descender.

Las diferencias en crecimiento diamétrico entre las distintas zonas de crecimiento para ambas especies se manifiestan hasta los 35 años, luego tienden a equipararse.

- En cuanto a las zonas climáticas en que se desarrollan los renovales, el raulí lo hace preferentemente en zonas de temperaturas más frías que roble, con períodos secos más cortos y mayor número de horas de frío. Sin embargo, éstas no son necesariamente más húmedas, a juzgar por los valores de humedad tanto de verano como de invierno.

- Considerando la posibilidad de desarrollar áreas de crecimiento óptimo para estas dos especies, surge como prioritaria aquella correspondiente a los climas Marino Húmedo Patagónico y Mediterráneo Frío, en la cordillera de los Andes entre los 400 y 800 m s.n.m. en las regiones IX y X, y entre los 650 y 1.000 m s.n.m. en las regiones VII y VIII.

De esta área es limitante para roble principalmente aquella sobre 600 m en la X Región y para ambas especies el extremo norte de la VII Región.

En las zonas de mejores crecimientos ambas especies tienen similar sanidad aparente, pero raulí tiene mejor forma.

- Siendo el fin último de este trabajo evaluar el crecimiento actual y potencial en volumen de renovales de roble y raulí, se muestra un resumen de éstos para las distintas zonas de crecimiento de ambas especies, para el rango de edad de 15 a 24 años:

	Roble (m <sup>3</sup> /ha/año)	Aumento potencial %	Raulí (m <sup>3</sup> /ha/año)	Aumento potencial %
Zona 1	10 - 18	38	9 - 13	50
Zona 2	6 - 13	21	8 - 11	21
Zona 3	5 - 10	3	6 - 9	8
Zona 4	2 - 4	22	2 - 6	37

Considerando que las zonas 1 y 2 de raulí corresponden aproximadamente en valores de crecimiento a la zona 2 de roble, y que estas zonas son las que ocupan la mayor parte de la superficie de renovales en Chile, se puede señalar que la principal superficie de renovales en el país, al ser manejados desde temprana edad, podrían tener crecimientos volumétricos superiores a los evaluados en este estudio en un 25 a 35%, es decir, de 15 a 20 m<sup>3</sup>/ha/año.

- Los renovales de roble y raulí representan un recurso forestal potencial de alto valor desde las regiones VII a X.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó principalmente con el aporte del proyecto S-84-34 de la Dirección de Investigación de la Universidad Austral de Chile, y

parcialmente con aportes del Convenio U.A.Ch./ Forestal Venecia.

Los autores desean agradecer profundamente el apoyo de terreno de los amigos y colegas Carlos Le-quesne, Francisco Cofré, Conrado González, Marco Cortés, Celso Navarro y Juan A. González. A Carlos además por su valiosa colaboración en el procesamiento de los análisis fustales.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

BURGOS, R. 1986. *Determinación de índices de sitio para renovales de raulí (Nothofagus alpina (Poepp. et Endl.) Oerst.) en la Cordillera Andina de la VIII Región.* Tesis Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de Concepción, 35 pp.

CASTILLO, F. 1992. *Caracterización, estudio dendrológico y proposición de intervenciones silvícolas para renovales de roble (Nothofagus obliqua (Mirb) Oers), Cordillera de la Costa. IX Región.* Tesis, Facultad Ciencias Forestales, 68 pp.

CIREN, 1990. *Atlas Agroclimático de Chile, Regiones IV a IX.* Publicación N° 87, 67 pp.

CUBILLOS, V. 1988. "Funciones de volumen y factores de forma para renovales de raulí", *Revista Ciencia e Investigación.* Vol 2 (3): 31-43.

DE CAMINO, R., B. SMITH, M. BENAVIDES y J. RODAS. 1974. "Los renovales del bosque nativo como recurso forestal. Antecedentes para la discusión del problema", *Charlas y Conferencias N° 2:* 25-39. Instituto de Manejo y Economía Forestal, Universidad Austral de Chile.

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).* Informe de Convenio N° 74. Proyecto Forestal Arauco-Universidad Austral de Chile, 183 pp.

DONOSO, C., J. MORALES y M. ROMERO. 1990. "Hibridación natural entre roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*) en bosques del sur de Chile", *Revista Chilena de Historia Natural* 63:49-60.

DONOSO, C., V. SANDOVAL y C. GONZALEZ. 1988. *Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de raulí (Nothofagus alpina) y Roble (Nothofagus obliqua).* Informe de Convenio N°147, Proyecto CONAF/UACH, 64 pp.

DONOSO, P. 1988 *Caracterización, crecimiento y proposiciones silviculturales para comunidades de Nothofagus en el Area Protección "Radal-7 Tazas", VII Región.* Tesis Ing. For., Fac. Cs. For., Universidad Austral de Chile, 101 pp.

DONOSO, P. 1991. *Uso actual y alternativas de desarrollo de los recursos forestales de campesinos en Linares y Curacautín.* Informe final Proyecto CODEFF/WWF N°3881, 65 pp.

DONOSO, P., T. MONFIL, L. OTERO y L. BARRALES. 1994. "Estudio de crecimientos de plantaciones y renovales manejados de especies nativas en comunas andinas de las provincias de Cautín y Valdivia", *Revista Ciencia e Investigación.* (En prensa)

FORESTAL RIO VERGARA. 1986. *Raulí. Manejo de renovales,* 12 pp.

GROSSE, H. 1987. "Desarrollo de renovales de raulí raleados", *Revista Ciencia e Investigación* Vol 1 (2): 31-43.

GROSSE, H. 1989. "Renovales de raulí, roble, coigüe y tepa:

- expectativas de rendimiento", *Revista Ciencia e Investigación* Vol 6: 37-72.
- GUNCKEL, G. 1980. *Estudio de desarrollo y rendimiento de renovales de canelo en el sector de Corral, Cordillera de la Costa, provincia de Valdivia*. Tesis Facultad Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile, 94 pp.
- INIA, 1989. *Mapa Agroclimático de Chile. Proyecto Agrometeorología*. Editores: Rafael Novoa y Sergio Villaseca, 221 pp.
- NUÑEZ, E. y R. PEÑALOZA. 1986. *Evaluación del estado actual y proposición de manejo de los renovales de raulí y roble intervenidos en los predios Jauja y Santa Luisa de FORVESA*. Informe Final, Serie Técnica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, 101 pp.
- PAREDES, M. 1982. *Proyección de raleos en renovales de raulí (Nothofagus alpina (Poep. et Endl), según diversos criterios de intervención*. Tesis Ing. For., Valdivia, Universidad Austral de Chile, 109 pp.
- PRADO, C., J.E. FUENTES, C.D. PRADO y P. DONOSO. 1993. *Caracterización de la estructura, crecimiento y respuesta a raleos de renovales de roble, raulí y coigüe mediante modelos estadísticos estructurales*. Informe Final, Proyecto CONAF/PNUD/CHI/89/003, 71 pp.
- RODRIGUEZ, C. 1993. *Estimación de la mortalidad en los renovales de roble y raulí entre 20 y 50 años*. Tesis Fac. Cs. For., Universidad Austral de Chile, 75 pp.
- SANTELICES, R. 1989. "Funciones de volumen, factores de forma y modelos de crecimiento para rodales de lingue y mañío", *Revista Ciencia e Investigación* Vol 7: 1-20.
- VITA, A. 1974. *Algunos antecedentes para la silvicultura del raulí*. Boletín Técnico N° 28, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, 17 pp.
- WADSWORTH, R. 1976. *Aspectos ecológicos y crecimiento del raulí (Nothofagus alpina) y sus asociados en bosques segundo crecimiento de las provincias de Bio-Bío, Malleco y Cautín, Chile*. Boletín Técnico N° 37, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, 47 pp.