

# Evaluación de raleos en un renoval de canelo (*Drimys winteri* (Forst.)) en la Cordillera de la Costa de Valdivia, Chile

Evaluation of thinning for a *Drimys winteri* (Forst.) second growth forest in the  
Coastal Range of Valdivia-Chile

CELSO NAVARRO<sup>1</sup>, CLAUDIO DONOSO<sup>2</sup>, VICTOR SANDOVAL<sup>3</sup>, CONRADO GONZALEZ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Católica de Temuco, Casilla 15-D, Temuco.

<sup>2</sup> Instituto de Silvicultura, <sup>3</sup> Instituto de Manejo Forestal, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia.

<sup>4</sup> Corporación Nacional Forestal, X Región, Ochagavía 464, Puerto Montt, Chile.

## SUMMARY

A set of 17 permanent plots of a *Drimys winteri* young second growth forest were established in two adjacent sectors of the Coastal Range of Valdivia, during 1985. They were intervened in summer 1986, applying 5 thinning treatments, randomly assigned to the sample units. The evaluation comprised four vegetative periods, from 1986 to 1990.

Treatments results justify application of thinning when compared with their natural growth condition. Growth response was better as intervention occurred with higher intensity. No relation between thinning intensity and mortality was found.

*Key words:* thinning, second growth forest, *Drimys winteri*.

## RESUMEN

En la Cordillera de la Costa de Valdivia se estableció, durante 1985, un set de 17 parcelas permanentes en renovales de canelo, distribuidos en dos sectores contiguos. Estos fueron intervenidos durante el verano de 1986 aplicando cinco tratamientos de raleo, asignados aleatoriamente en las unidades muestrales. La evaluación de las intervenciones comprende cuatro períodos vegetativos, desde 1986 hasta 1990.

Los resultados de las respuestas de los tratamientos justifican la aplicación de raleos, materializados en respuestas favorables del crecimiento en árboles individuales, en relación a su condición natural de desarrollo. Las respuestas de crecimiento fueron mejores a medida que se intervino con mayor intensidad, no determinándose relación entre intensidad de raleo y mortalidad.

*Palabras claves:* raleos, renovales, *Drimys winteri*.

## INTRODUCCION

La importancia del sector forestal chileno se basa en las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y en la exportación de sus productos. La participación de especies nativas es mucho menor y ocupa un plano secundario en la economía nacional.

La carencia de un marco legal e institucional para la adecuada conservación del bosque nativo ha generado una disminución considerable de recursos únicos en el mundo que cumplen funciones

de producción, equilibrio ecológico, protección de los recursos suelo y agua, hábitat de vida silvestre, etc.

Entre los tipos de bosques que generan mayor interés económico se encuentran los renovales o bosques de segundo crecimiento, que, según el "Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile", constituyen una de las reservas más importantes de maderas nativas del país, alcanzando una superficie de 3.582.407 ha (CONAF *et al.* 1997). Destacan por su forma, rápido crecimiento

y calidad de su madera los renovales de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*), coigüe (*Nothofagus dombeyi*) y canelo (*Drimys winteri*). Estos últimos presentan buenas características para incorporarse al desarrollo económico-social del país, alcanzando su mejor expresión en cuanto a superficie y productividad en la Décima Región, donde forma parte de los tipos forestales Alerce y Siempreverde.

El conocimiento sobre aspectos ecológicos, dasométricos, silviculturales y tecnológicos publicados en trabajos de tesis y proyectos de investigación, evidencian la potencialidad del canelo para convertirse en una importante especie productiva dentro del bosque nativo chileno.

La carencia de experiencias silviculturales bien documentadas, específicamente raleos, que además de justificarse desde el punto de vista técnico-económico tienen gran impacto en ocupación de mano de obra, motivaron desarrollar este estudio. El objetivo principal de él fue establecer parcelas permanentes para evaluar el efecto de raleos de intensidad variable, en renovales de canelo, de una edad entre 25 y 30 años en la Cordillera de la Costa de Valdivia.

## MATERIAL Y METODOS

1. *Area de estudio.* El área de ensayo se localiza en la Cordillera de la Costa de Valdivia, en el lugar denominado Hueicolla, ubicado geográficamente en el paralelo 40° 07' de latitud sur y 73° 23' de longitud oeste (fig 1).

En el lugar predomina el tipo forestal siempreverde, con presencia importante en los sectores de menor pendiente del subtipo renovales de canelo. En estos últimos se seleccionaron dos bosquetes cercanos de un área promedio de 15 ha cada uno, donde se establecieron las parcelas.

El área presenta una altitud media de 113 m s.n.m. con exposiciones preferentemente sur y suroeste, y pendientes moderadas del orden del 15% al 49%. El sector 1 presenta exposiciones sur y suroeste con una altitud media de 158 m s.n.m. y pendientes que en promedio alcanzan a 32%. El sector 2 alcanza una altitud de 41 m s.n.m. predominando las orientaciones noroeste y oeste y la pendiente promedio alcanza a 21%.

2. *Diseño experimental.* El estudio a evaluar está conformado por 17 parcelas permanentes, en

que se aplicaron cinco tratamientos de raleos asignados aleatoriamente en las unidades muestrales. El tamaño de las parcelas es de 600 m<sup>2</sup>, de forma rectangular (20 x 30 m). Los criterios de intervención fueron distanciamiento medio en tres tratamientos, un tratamiento de raleo de liberación y un testigo (cuadro 1).

Sobre la base de un criterio combinado de distanciamiento y calidad se establecieron tres tratamientos: 2, 3, 4 m de distanciamiento, cuyos espaciamientos reales alcanzaron un promedio de 2.12, 3.06 y 4.18 m, respectivamente.

Un cuarto tratamiento fue el raleo de liberación que se efectuó seleccionando árboles de buena calidad del dosel superior, a los que se les eliminó la competencia de los árboles vecinos que interferían con sus copas, sin consideración de distancias entre individuos. El resultado de esta intervención dejó a los árboles seleccionados con un distanciamiento promedio de 3.75 m, privilegiando al igual que los otros tratamientos al canelo con individuos pertenecientes al estrato dominante y de las calidades 1 y 2.

3. *Mediciones y evaluación de la información.* En cada parcela se registraron las variables ambientales, altitud, exposición y pendiente. Se midieron todos los árboles mayores o iguales a 5 cm de Dap con forcípula, previa identificación con un número y una marca perimetral con pintura a la altura de 1.3 m de cada uno de ellos. La calidad se evaluó en base a una clasificación de árbol completo, considerando sanidad, forma y dominancia.

CUADRO 1

Resumen de los tratamientos de raleo en renovales de canelo, Hueicolla, Cordillera de la Costa de Valdivia.

Response to thinning treatments in a *Drimys winteri* second growth forest, Hueicolla-Coastal Range of Valdivia.

Tratamiento	Criterio	Repeticiones	Número parcela
1	2 m	3	5-9-17
2	3 m	3	2-4-11
3	4 m	3	1-10-12
4	R. Liberación	3	3-8-16
5	Testigo	5	6-7-14-15-18

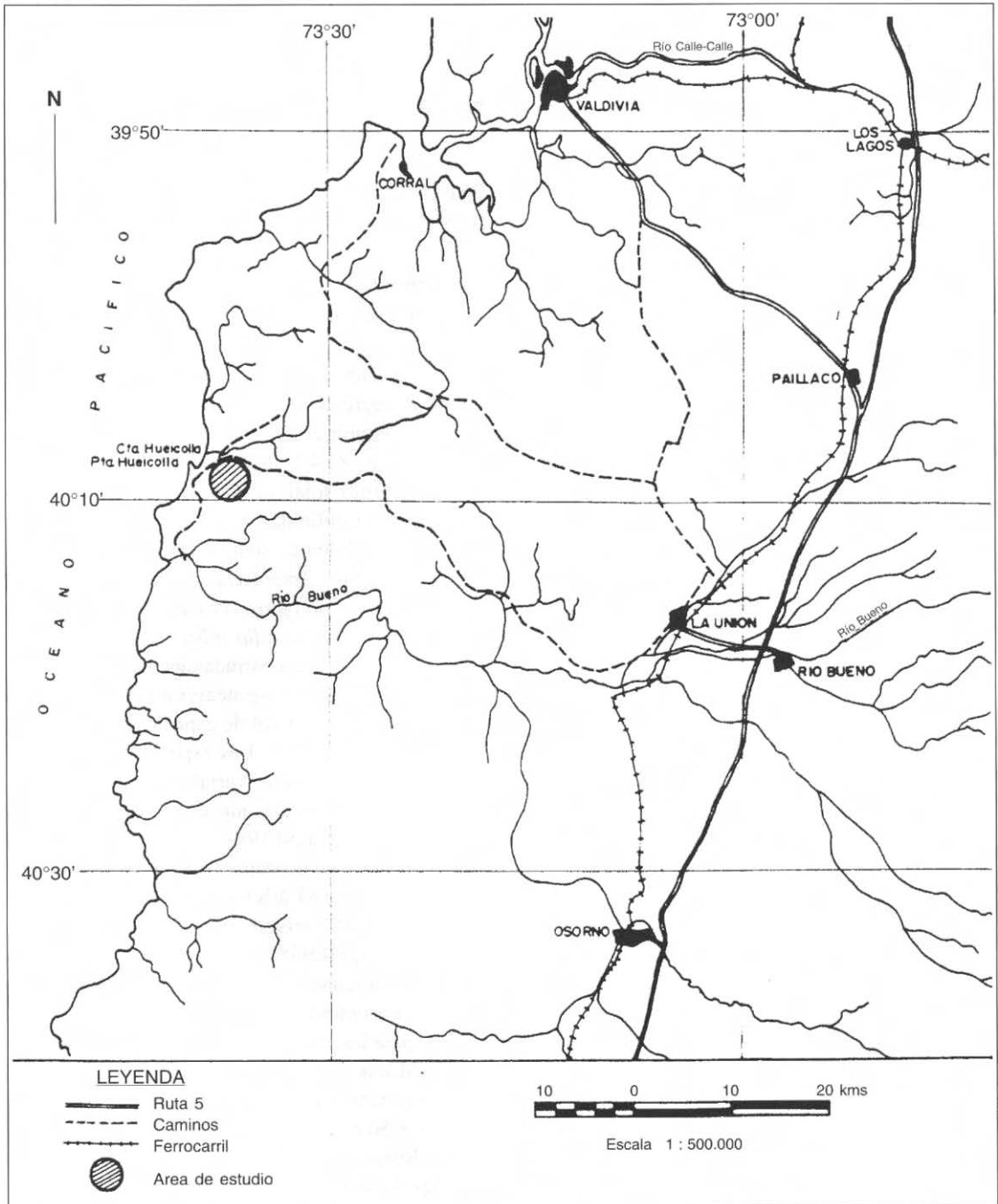


Figura 1. Ubicación general ensayo de renovales de canelo, Cordillera de la Costa de provincia de Valdivia. General location of the *Drimys winteri* second growth forest trials Coastal Range of Valdivia - Chile.

Para canelo se tomó una muestra de árboles, a los que se midió la altura total y altura comienzo de copa, para estimar estos parámetros en base al Dap. Para las especies acompañantes se aplicaron en la estimación de alturas las funciones construidas por Cox y Peters (1975).

Se tomó una muestra de 30 rodelas a la altura del tocón para determinar la edad del renoval.

El período de evaluación entre los años 1986 y 1990 comprende cuatro períodos vegetativos. El año 1985 se estableció el ensayo, durante el verano del 86 se aplicaron los tratamientos y en julio del 90 se evaluaron las respuestas.

Para cada una de las parcelas en los períodos se obtuvieron tablas de rodal y existencia y elementos descriptivos de rodales. Para la obtención de volúmenes se utilizó una función general de canelo construida por Gunckel (1980), y funciones generales de volumen construidas por Cox y Peters (1975) para las especies acompañantes.

En el procesamiento de la información se utilizó la misma función de volumen y altura para los años 86 y 90, lo que permite mantener constante el error implícito de una función de regresión.

Se efectuó un análisis de crecimiento diametral en árboles individuales para cada tratamiento, para lo cual se extrajo de la base de datos una muestra al azar de 80 árboles.

Para determinar la velocidad de crecimiento diametral de los árboles de calidad 1 y dosel superior, se seleccionó al azar de la base de datos una muestra de 50 árboles con estas características por tratamiento. Ello con el objeto de comprender la influencia del dosel inferior e intermedio en el desarrollo diametral de los árboles del dosel superior, ya que podría ocurrir que los árboles dominantes y de buena calidad de las parcelas control tengan crecimientos similares a los árboles de estas características dejados en los raleos.

Para el estudio comparativo de los tratamientos se consideró la variación experimentada en el período por el diámetro medio cuadrático, área basal, densidad, volumen (bruto y neto), altura media y calidad del bosque residual. Se aplicaron análisis de varianza paramétrico y no paramétrico para determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos y pruebas de comparaciones múltiples de Tukey y Dunn para definir grupos de tratamientos con respuestas similares. Antes de aplicar estas pruebas se verificaron los supuestos de normalidad de las variables mediante la prueba

de Kolmogorov Smirnov y de homocedasticidad a través de la prueba de Bartlett.

El nivel de significación utilizado para las pruebas estadísticas fue de un 5%.

## PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

### CARACTERIZACION DE LOS RENOVALES DEL AREA DE ESTUDIO

*Antecedentes dasométricos.* Los renovales estudiados corresponden a bosques puros, donde el canelo aporta el 81.2% del número de árboles por hectárea, 81.4% del área basal y 84.1% del volumen bruto total por hectárea. Las especies acompañantes definidas "otras" no fueron analizadas individualmente, siendo las más frecuentes *Liana apiculata*, *Amomyrtus luma*, *Embothrium coccineum*, *Eucryphia cordifolia*, *Laurelia philippiana* y *Ovidia pillo pillo*.

Las densidades encontradas en las 17 parcelas son relativamente homogéneas, con un coeficiente de variación para el total de especies de 20.33% y para canelo de 25.78%. Las especies acompañantes presentan una fuerte variabilidad de la densidad, reflejada en el elevado coeficiente de variación que alcanza a 54.19%.

Para el total de especies se observó una densidad media de 6.134 árb/ha, con valores extremos de 3.784 y 8.451 árb/ha. El canelo participa con un promedio de 4.985 árb/ha, variando de 2.850 a 7.501 árb/ha (cuadro 2). Estos valores son similares a los encontrados por Tapia (1982) y Balharry (1984), para las zonas de Corral-Valdivia y Lenca-Puerto Montt.

El área basal total promedio para estos renovales alcanza a 56.65 m<sup>2</sup>/ha, aportando el canelo 46.13 m<sup>2</sup>/ha. Respecto a los volúmenes para el total de especies, se determinó una cifra de 360.21 m<sup>3</sup>/ha, correspondiendo 300.56 m<sup>3</sup>/ha al canelo (83.44%).

La edad promedio del renoval en 1985 era de 30 años, lo que arroja productividades de 1.65 m<sup>2</sup>/ha año y 10 m<sup>3</sup>/ha año para canelo en términos de área basal y volumen, respectivamente. Estas cifras indican que los renovales del área de estudio corresponden, según las productividades medias determinadas por Calquín (1987), a la clase de sitio 3, de un rango de 1 a 6.

CUADRO 2

Antecedentes dasométricos originales de las parcelas.  
Initial dasometric characteristic of the plots.

Nº Parcela	CANELO					OTRAS					TOTAL				
	N	G	VT	Dc	HT	N	G	VT	Dc	HT	N	G	VT	Dc	HT
1	3364	46.61	292.0	13.28	13.23	1100	7.70	51.63	8.59	10.11	4467	54.31	343.6	12.44	13.20
2	3484	47.61	298.4	13.19	13.40	1002	6.38	45.08	9.01	14.35	4484	53.99	343.5	12.38	13.46
3	4050	22.37	164.9	8.39	11.72	2867	24.62	35.24	10.45	11.45	6918	46.99	200.1	9.30	11.70
4	5767	40.12	263.4	9.41	11.49	1183	10.45	65.51	10.53	13.58	6951	50.38	328.9	9.61	11.85
5	5901	49.72	316.3	10.36	10.34	383	7.96	35.27	16.26	10.22	6284	57.69	351.4	10.81	12.18
6	4867	44.17	293.7	10.74	11.81	716	7.48	33.49	11.52	13.60	5584	51.65	327.2	10.80	12.04
7	2850	43.47	287.7	13.93	12.37	933	10.46	48.28	11.94	13.27	3784	53.93	335.9	13.47	12.59
8	4134	44.79	283.7	11.74	12.46	1383	14.20	78.56	11.43	13.87	5517	58.99	362.3	11.67	12.46
9	7501	48.83	343.2	9.10	11.94	950	6.32	39.12	9.34	13.82	8451	55.34	382.3	9.13	12.06
10	5684	38.91	255.6	9.33	12.54	617	5.63	32.89	10.78	14.19	6301	44.54	288.4	9.48	12.63
11	5134	60.51	383.7	12.24	13.37	467	4.80	26.94	11.44	12.42	5601	65.31	410.7	12.18	13.33
12	3384	33.82	217.2	11.28	13.03	1950	10.64	77.81	8.33	13.82	5334	44.46	295.0	10.30	13.12
13	4000	31.97	214.8	10.90	12.83	1600	16.24	81.77	11.37	12.44	5601	48.21	296.6	10.47	12.74
14	5817	59.30	378.8	11.39	11.89	250	2.09	10.22	10.22	13.92	6067	61.34	389.0	11.34	11.97
15	5934	54.63	339.4	10.82	11.73	1383	13.01	61.41	10.94	14.16	7318	67.64	400.8	10.85	12.20
16	6101	60.38	392.6	11.22	12.38	1233	8.74	55.11	9.50	15.22	7334	69.11	447.7	10.95	12.38
17	5251	57.38	380.9	11.79	12.78	1033	16.78	72.75	14.38	12.80	6285	74.16	453.6	11.86	12.80
18	6501	45.81	303.3	9.47	11.47	1617	15.79	68.31	11.15	14.09	8118	61.59	371.6	9.83	11.99
Promedio	4985	46.13	300.5	11.03	12.26	1149	10.52	51.07	10.95	13.02	6134	56.65	351.6	10.93	12.48
C.V (%)	25.78	22.44	21.07	13.93	6.47	54.18	51.82	39.98	17.69	11.72	20.33	15.17	17.13	11.21	4.28

N = N° de árboles por hectárea. G = área basal por hectárea (m<sup>2</sup>/ha). VT = volumen bruto total por hectárea (m<sup>3</sup>/ha). Dc = diámetro medio cuadrático. HT = altura total promedio (m).

*Estructura diamétrica.* La distribución diamétrica de las parcelas corresponde a una curva de forma J inversa, producto de la mayor participación de árboles de similares edades en las clases diamétricas menores, y no a la participación de diferentes clases de edad, lo que es característico de renovales jóvenes. La forma de la curva queda determinada por un fuerte proceso de competencia por luz y espacio entre los individuos de canelo, que presentan en promedio 4.459 árb/ha y 29.84 m<sup>2</sup>/ha de área basal en las clases diamétricas menores a 15 cm, equivalente al 72.04% y 52.31%, respectivamente, del total del bosque (figura 2).

*Calidad.* El mayor porcentaje de árboles de calidad 1 en términos de número de árboles y área basal por hectárea corresponde a canelo, con 30% y 37% del total del bosque, respectivamente, y con 80% y 91% en relación con el total de árboles de calidad 1 (cuadro 3).

La distribución de la densidad y área basal según calidad revela la potencialidad del recurso canelo como materia prima para distintos usos, no descalificándolo para generar productos de mayor valor agregado como madera aserrable o madera para la construcción de muebles, lo que permite flexibilizar las pautas de manejo según los objetivos de producción como lo plantean Alvarez y Rojas (1980), y según las potencialidades tecnológicas y silviculturales de la especie.

ANTECEDENTES DESPUES DEL RALEO

*Tratamientos.* Las distintas intervenciones tienen, en general, características de un raleo por lo bajo intenso. Se extrajeron fundamentalmente árboles de las clases diamétricas menores, lo que produjo un aumento del diámetro medio cuadrático del bosque residual, y la liberación de las copas de los árboles del dosel superior. Quedaron en pie principalmente árboles de canelo del dosel superior y de buena calidad.

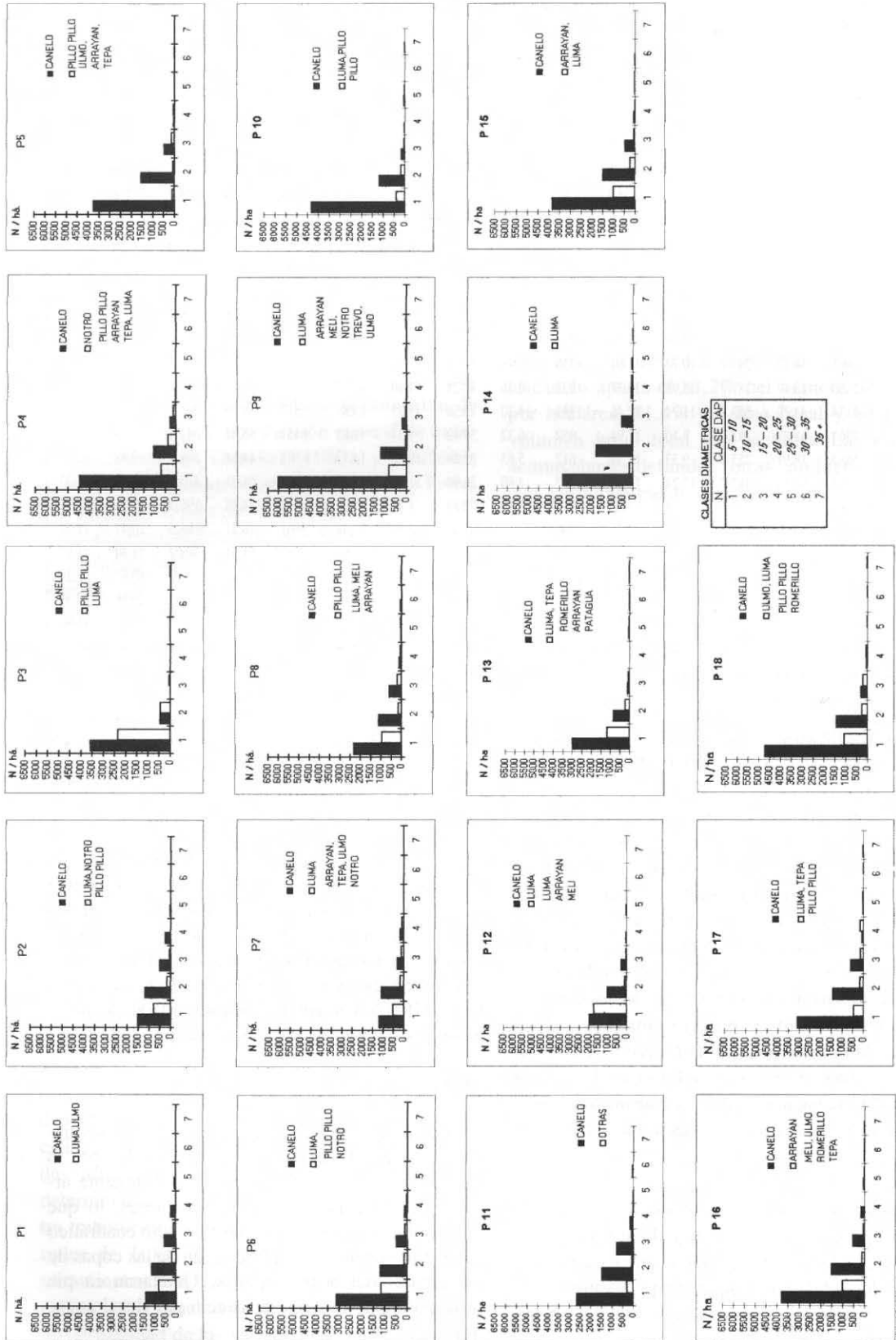


Figura 2. Distribución diamétrica por parcela y especie.  
Diameter distribution for plots and species.

CUADRO 3

Parámetros de rodal según calidad.  
Stand parameters according to quality.

	CANELO								
	CALIDAD 1			CALIDAD 2			CALIDAD 3		
	Nº/ha	G/ha	DMC	Nº/ha	G/ha	DMC	Nº/ha	G/ha	DMC
Promedio	1.858	21.06	12.3	1.777	13.72	9.89	1.412	10.92	9.95
C. Variación(%)	80.18	52.96	15.77	39.42	42.69	18.52	36.32	37.20	18.59
	OTRAS ESPECIES								
	CALIDAD 1			CALIDAD 2			CALIDAD 3		
	Nº/ha	G/ha	DMC	Nº/ha	G/ha	DMC	Nº/ha	G/ha	DMC
Promedio	345	2.07	8.94	159	2.23	12.77	645.5	6.07	11.16
C. Variación (%)	62.35	65.54	22.70	132.24	110.6	34.48	66.0	67.06	14.35
	TOTAL ESPECIES								
	CALIDAD 1			CALIDAD 2			CALIDAD 3		
	Nº/ha	G/ha	DMC	Nº/ha	G/ha	DMC	Nº/ha	G/ha	DMC
Promedio	2.305	23.14	11.69	1.936	15.95	10.19	2.058	17.08	10.37
C. Variación (%)	54.44	49.75	13.02	38.93	41.72	18.28	27.20	22.89	11.53

Donde:

- Nº/ha = Número de árboles por hectárea.
- G/ha = Área basal por hectárea.
- DMC = Diámetro medio cuadrático.
- Calidad 1 = sanidad 1 y forma 1 ó 2.
- Calidad 2 = sanidad 2 y forma 1 ó 2.
- Calidad 3 = sanidad 3 o forma 3.

*Estructura diamétrica.* Los mayores porcentajes de extracción corresponden a las clases diamétricas menores en términos de número de árboles; criterio técnico adecuado para un renoval muy joven dominado por una especie de tolerancia media, con una distribución diamétrica que indica una baja mortalidad en las clases menores y en que el 67% de los árboles se encuentran en las calidades 1 y 2 (fig. 3).

Los porcentajes de extracción en número de árboles para los tratamientos con distanciamientos a 2, 3 y 4 metros entre árboles alcanzan a 64.39, 80.73 y 88.60%, respectivamente, mientras que el raleo de liberación, similar al raleo a 4 m, experimenta una cifra de 89.12%.

*Número de árboles y mortalidad.* El análisis de varianza para el número de árboles por hectárea en las parcelas antes del raleo indicó que no existen diferencias significativas, es decir, las densidades eran estadísticamente iguales.

La prueba de Dunn aplicada a las densidades resultantes de las intervenciones (1986) determinó tres grupos con rangos medios similares: el primero (A) constituido por el raleo a 4 m y el tratamiento de liberación; el grupo (AB) formado por el raleo a 3 y 2 entre árboles que no difiere de los otros tratamientos; y el tercer grupo el testigo (B) (cuadro 4).

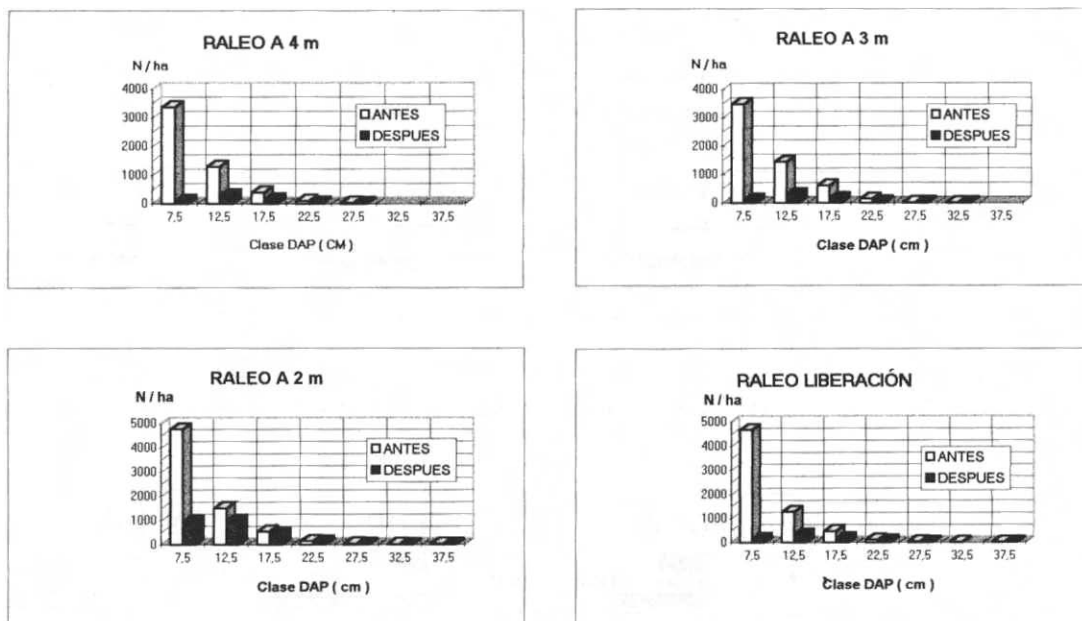


Figura 3. Estructura diamétrica por tratamiento antes y después del raleo.  
Diameter structure for treatments before and after thinning.

CUADRO 4

Mortalidad período 86 al 90. Ensayo manejo de renovales de canelo, Cordillera de la Costa de Valdivia.  
Mortality during the 86-90 periods in *Drimys winteri* second growth forest trials in the Coastal Range of Valdivia-Chile.

Tratamiento	Año 86		Prueba Dunn	Año 1990		Prueba Dunn	Mortalidad 86-90	
	N°/ha			N°/ha			N°/ha año	Tasa (%)
2 m	2.494 ±	79	AB	2.322 ±	79	B	43 ± 12	1.78
3 m	1.095 ±	42	AB	867 ±	120	A	57 ± 33	5.67
4 m	611 ±	25	A	556 ±	35	A	14 ± 10	2.45
R. Liberación	717 ±	268	A	667 ±	301	A	13 ± 15	1.79
Testigo	6.174 ±	1.670	B	5.654 ±	1.627	B	130 ± 34	2.17

La mortalidad producida en el período 86 al 90 significó, como lo muestra el cuadro 4, conformar solamente dos grupos con rangos medios similares de densidad, donde el tratamiento de raleo a 3 m que experimentó una alta mortalidad pasó a conformar el grupo (A), mientras que el raleo a 2 m y el testigo presentan rangos de densidad estadísticamente similares (cuadro 4).

Los valores absolutos de mortalidad no son buenos indicadores para seleccionar el o los tratamientos de mejor respuesta, ya que sin duda las parcelas intervenidas más intensivamente van a tener una menor densidad y las cifras de mortalidad van a ser menores que aquellas de mayor densidad residual. Las comparaciones múltiples mostraron que sólo el tratamiento testigo fue estadísti-



camente distinto del resto y presentó una mayor mortalidad en el período, por lo que se analizaron los tratamientos en base a la tasa de mortalidad. El análisis de Kruskal-Wallis determinó que no existen diferencias significativas para la tasa de mortalidad ( $P < 0.2826$ ).

Es importante destacar que el tratamiento a 3 m presenta la tasa más alta de mortalidad con un 5.67%. Esta cifra promedio del tratamiento se debió a la alta mortalidad de la parcela 4, con un 9.3%, provocada por una mala ejecución del raleo, ya que se dejaron verdaderos callejones expuestos al fuerte viento, lo que produjo la caída de árboles en forma agrupada, al contrario de lo ocurrido en las otras parcelas con cifras menores de mortalidad. Esta situación significó que no se cumpliera la hipótesis esperada, de una menor mortalidad en los tratamientos de mayor intensidad. Sin embargo, al comparar los tratamientos sin considerar la parcela 4, el promedio de mortalidad para el tratamiento es de un 2.6%, muy similar al tratamiento de raleo a 4 m, que es el que presenta mayor mortalidad (fig. 4).

El tratamiento testigo presentó una curva de mortalidad de forma exponencial negativa, lo que da la pauta para el criterio de intervención que se debe aplicar (fig. 4).

Es importante destacar para este tipo de renovales el "anclaje" del árbol como elemento de selección de árboles en un raleo. El seleccionar individuos que se encuentren sobre el relieve promedio del terreno (sobre tocones, troncos y árbo-

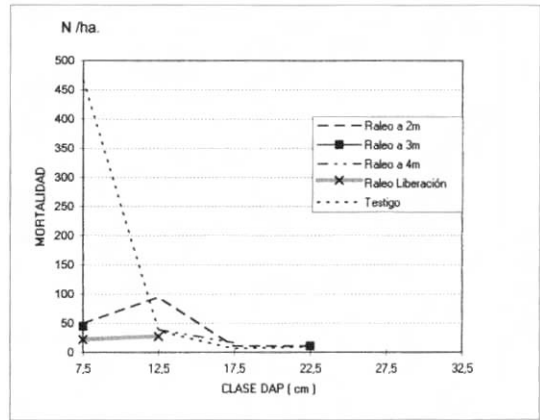


Figura 4. Mortalidad según clase diamétrica por tratamiento en el período 86 al 90.

Natural mortality according to diameter class and treatments during the period of evaluation.

les caídos) hace que estén más expuestos a ser derribados por los fuertes vientos de la zona y desencadenar la caída de otros árboles producto del "injerto de raíces", como se pudo observar en algunas parcelas.

*Variación del diámetro medio cuadrática (DMC) y crecimiento diametral.* Se observan en el cuadro 5 los valores de DMC antes del raleo (1985), después del raleo (1986) y primera evaluación (1990) y los crecimientos experimentados en el período en términos absolutos y relativos.

CUADRO 5

Resumen de valores promedio de la variación del diámetro medio cuadrático (cm) por tratamiento y especie.  
Average variation values of the mean quadratic diameter per treatment and species.

Tratamiento	DMC 1985		DMC 1986		DMC 1990		CAP		Tasa crecimiento (1)	
	Canelo	Total	Canelo	Total	Canelo	Total	Canelo	Total	Canelo	Total
2 m	10.42	10.43	13.19	13.56	14.47	14.62	0.32	0.26	110	96
3 m	11.61	11.39	15.49	15.31	18.21	18.05	0.68	0.68	234	251
4 m	11.30	10.74	15.35	15.09	18.55	18.17	0.80	0.77	275	285
R. Liberación	10.45	10.64	14.25	14.32	16.98	16.98	0.68	0.67	234	248
Testigo	11.27	11.26	11.27	11.26	12.44	12.33	0.29	0.27	100	100

(1) Crecimiento basado en el testigo.

Entre 1985 y 1986 se produjo un aumento del diámetro medio cuadrático en los tratamientos de raleo a 2 m, 3 m, 4 m y de liberación, que es un indicador de la aplicación de un raleo por lo bajo. La mayor variación del DMC el año 1986 respecto del año 1985 se debió a la intensidad del raleo, siendo mayor en los tratamientos más fuertes (cuadro 5).

Un aumento en la intensidad del raleo produjo mayores incrementos. El CAP en el tratamiento a 4 m alcanzó una cifra de 0.80 y 0.77 cm para canelo y total de especies, 176% y 185% mayor que el testigo. Este presentó los incrementos más bajos para el período con un CAP de 0.29 cm. Sin embargo, para el total de especies el tratamiento de raleo a 2 m experimentó un menor crecimiento en el período, 1.06 de CAP, mientras que el testigo alcanzó a 1.09 cm, lo que podría deberse a la participación de especies tolerantes en el tratamiento a 2 m, que al ser expuestas a la luz en forma brusca experimentaron crecimientos en el período a tasas decrecientes, mientras que en las parcelas testigos mantuvieron su ritmo de crecimiento a tasas crecientes.

Al considerar como variable el DMC para definir el tratamiento más adecuado, se puede señalar que el tratamiento de raleo a 4 m entre árboles y

dejando una densidad media de 572 árb/ha es el que ha experimentado los mejores resultados, determinándose crecimientos anuales para el período de 0.80 cm para canelo y 0.77 cm para el total de especies, 275% y 285% mayor que el testigo.

Sin embargo, el raleo a 3 m experimentó crecimientos diametrales similares a los tratamientos de mayor intensidad, lo que indica que el área promedio disponible para cada árbol en el raleo a 3 m permite que éstos expresen su máximo potencial de crecimiento para el período.

El análisis de varianza correspondiente al diámetro de canelo medido en 1990 arrojó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Para determinar qué grupos difieren entre sí, se aplicó el test de Tukey, resultando diferencias entre el tratamiento testigo con los raleos a 3 y 4 m, mientras que el tratamiento a 2 m y raleo de liberación no difieren con los demás tratamientos. Para el total de especies se experimentaron los mismos resultados.

La distribución de frecuencias de crecimiento, según clase de crecimiento diametral por tratamiento, muestra la tendencia a una curva normal en los raleos a 3 m, 4 m y liberación, con crecimientos hasta la clase 1.6 a 1.79 cm (fig. 5).

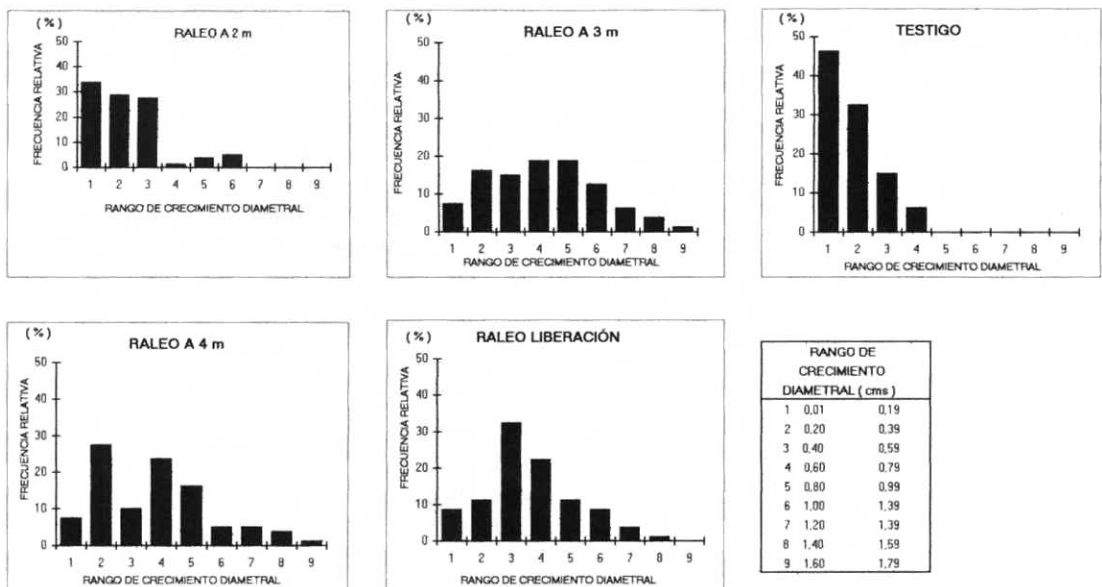


Figura 5. Distribución de frecuencias de crecimiento diametral anual por tratamiento.

Periodic annual increment frequency distribution in diameter according to treatments.

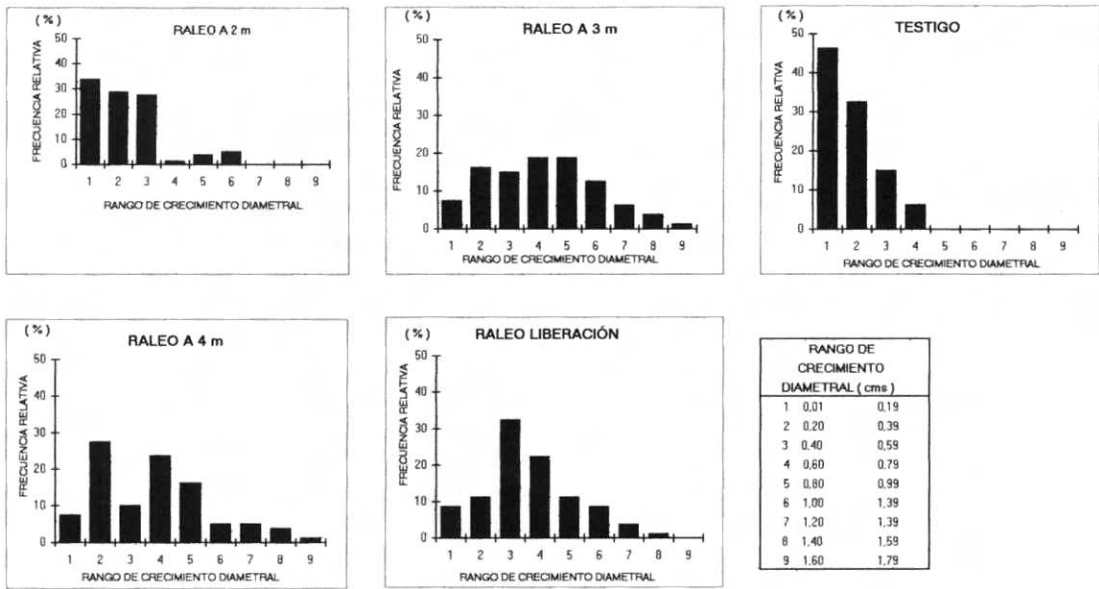


Figura 6. Distribución de frecuencias de crecimiento diametral anual por tratamiento para árboles de calidad 1 y dosel superior.

Frequency distribution of the periodic annual increment in diameter for trees belonging 1 quality are an dominant canopy.

El tratamiento testigo concentra el 78.75% de la muestra en las clases menores 1 y 2 de crecimiento, con una clara distribución de forma J inversa, que indica un estado mínimo de crecimiento para el potencial de la especie, producto, como lo señala Vera (1985), de una excesiva densidad y competencia que no les deja desarrollar una copa amplia y alcanzar una mayor superficie fotosintetizadora, lo que determina una menor velocidad de crecimiento diametral. Los tratamientos de raleo a 3 m, 4 m y de liberación forman el grupo de tratamientos que presentan los mayores incrementos diametrales.

El tratamiento de raleo a 2 m presentó una curva de forma irregular, pero muestra muy claramente un estado mínimo de crecimiento muy similar al tratamiento testigo, con un 90% de la muestra distribuida en las tres primeras clases de crecimiento, es decir, 0.01 a 0.59 cm/año de CAP, lo que indica que este tratamiento es muy suave para el potencial de crecimiento de la especie (fig. 5).

La distribución de frecuencias de crecimiento diametral para árboles de calidad 1 y dosel superior de la figura 6 muestra la misma tendencia observada en la figura 5, para los tratamientos de raleo a 3 m, 4 m y liberación. Sin embargo, difie-

ren las curvas en los tratamientos testigos y raleo a 2 m, experimentando incrementos mayores, con curvas con tendencia a la normal y no a la forma exponencial negativa de la figura 6, concentrándose los mayores incrementos en la clase 0.20 a 0.39 cm, con cifras del 50% de la muestra para el testigo y 40% en el raleo a 2 m. Esto indica la mayor velocidad de crecimiento de estos árboles respecto del promedio del tratamiento, pero el efecto de la competencia de la vegetación acompañante disminuye su potencial de crecimiento.

*Variación del área basal.* El área basal es un parámetro de ocupación de sitio del rodal de gran importancia, ya que su determinación involucra dos variables básicas que son el diámetro medio cuadrático y el número de árboles por unidad de superficie. Su utilización permite determinar el desarrollo y productividad de un sitio en el tiempo (Vera 1985).

Los porcentajes de extracción en área basal fluctúan entre 39.28% para el raleo a 2 m y 79.15% para el de liberación (cuadro 6). El canelo aporta en los tratamientos de distanciamiento a 3 m, 4 m y raleo de liberación el 98% del área basal después del raleo, participando en los tratamientos testigos y raleo a 2 m con el 82%.

CUADRO 6

Resumen de la variación en área basal (m<sup>2</sup>/ha) por tratamiento.  
 Basal area variation (m<sup>2</sup>/ha) per treatment.

Tratamiento	A. basal 1985	A. basal 1986	A. basal 1990	Crecimiento anual-neto (m <sup>2</sup> /ha año) <sup>1</sup> Período 86-90	Crecimiento anual-bruto (m <sup>2</sup> /ha año) <sup>2</sup> Período 86-90
2 m	62.40	36.46	39.20	0.68	1.35
3 m	56.63	20.38	22.73	0.59	1.39
4 m	47.77	10.99	14.42	0.86	1.08
R. Liberación	58.36	12.83	16.77	0.97	1.07
Testigo	59.23	59.23	64.41	1.30	1.96

<sup>1</sup> Área basal 86 - Área basal 90.

<sup>2</sup> Área basal 86 - Área basal 90 + Mortalidad Período 86 al 90.

El análisis de varianza para el área basal en 1985 indicó que previo a la aplicación de los tratamientos las parcelas que posteriormente conformaron los cinco tratamientos no diferían estadísticamente en el área basal. En cambio, los efectos de los tratamientos fueron estadísticamente distintos con un nivel de significación de un 5% para 1986 (post-raleo) y 1990 (1ª evaluación). La prueba de comparaciones múltiples de Tukey detectó que existen tres subgrupos de tratamientos con efectos estadísticamente diferentes tanto en 1986 como en 1990: el primer grupo con la menor área basal lo forman los tratamientos de distanciamiento a 3 m, 4 m y raleo de liberación; los tratamientos a 3 y 2 m con un área basal intermedia y finalmente un subgrupo formado sólo por el testigo con la mayor área basal. Los primeros dos subgrupos se intersectan en el tratamiento a 3 m, que pertenece a ambos subgrupos.

El tratamiento testigo presenta el mayor incremento absoluto promedio, que alcanza a 1.30 m<sup>2</sup>/ha año para el total de especies, situación lógica dada la mayor área basal original del tratamiento testigo. Sin embargo, las tasas de crecimiento presentan cifras de 2.21% para canelo y 2.19% para el total de especies, siendo los valores más bajos respecto de los otros tratamientos (cuadro 6). Las tasas de crecimiento aumentaron a medida que se intervino con mayor intensidad, a excepción del tratamiento a 3 m, donde se experimentó una disminución bruta alta, producto de la mortalidad por efectos del viento. Los tratamientos de raleo de

liberación y distanciamiento a 4 m experimentaron las mayores tasas de crecimiento del área basal neta, alcanzando el 7.55% y 7.79% respectivamente (cuadro 6).

Corroborando lo anterior se observó que el árbol de área basal media experimentó mayores incrementos a medida que se intervino con mayor intensidad, alcanzando el raleo a 4 m una tasa de 44.25% de crecimiento anual, siendo tres veces mayor que el tratamiento testigo, el que presenta la menor tasa de crecimiento. Esto ratifica la importancia de intervenir estos renovales de altas densidades, estimulando el crecimiento y concentrándolo en los mejores individuos, acortando el tiempo de rotación y aprovechando la mortalidad natural.

*Variación del volumen.* Del mismo modo que para el área basal, el volumen del año 1985 no arrojó diferencias significativas entre parcelas. En cambio, después de aplicados los raleos, los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas, para un nivel de significación de un 5%. La prueba de Tukey indicó tres grupos: (a) integrado por los tratamientos de distanciamiento a 4 m, 3 m y raleo de liberación; (b) formado por el raleo a 3 m, raleo de liberación y raleo a 2 m, y (c) sólo formado por el tratamiento testigo.

El incremento volumétrico neto anual del período varió entre 4.59 y 9.57 m<sup>3</sup>/ha año, correspondientes a los tratamientos de distanciamientos a 3 m y testigo, respectivamente. Las parcelas

raleadas a 4 m y el raleo de liberación experimentaron incrementos de 5.40 y 6.22 m<sup>3</sup>/ha año para el total de especies, mientras que el tratamiento de raleo a 2 m presentó un incremento de 9.47 m<sup>3</sup>/ha año (cuadro 7).

Dentro de los tratamientos se produjo una alta variabilidad en los incrementos volumétricos, causada por la alta mortalidad de algunas parcelas y a las diferencias de altitud. Independientemente de los tratamientos se observaron mayores incrementos volumétricos en el sector 2, que es de menor altitud, con cifras promedios para el total de especies de 8.97 m<sup>3</sup>/ha año, mientras que el sector 1 experimentó un incremento de 5.55 m<sup>3</sup>/ha año, cifra 40% menor que el sector 2.

La mayor disminución bruta la experimentaron las parcelas 2 y 4 en el tratamiento a 3 m, con una cifra promedio de 4.88 m<sup>3</sup>/ha año, muy superior a los otros tratamientos de mayor intensidad de raleo, lo que indica que las causas de mortalidad no se debieron a la alta intensidad del tratamiento, sino a la intervención descuidada, ya que las variables ambientales son similares a parcelas que forman parte de tratamientos de mayor intensidad de raleo.

Los tratamientos de raleo a 2 m, 3 m y testigo presentan CAP brutos (V. neto + mortalidad) similares del orden de 10 mVha año, mientras que los raleos de mayor intensidad presentan cifras de 6.7 y 6.9 m<sup>3</sup>/ha año. La elevada cifra de incremento bruto experimentada por el tratamiento de raleo a 3 m refleja las buenas perspectivas de esta intervención, ya que el menor incremento neto observado es producto de la alta mortalidad (viento) y no al menor incremento individual, con velocidades

de desarrollo similares a los tratamientos de mayor intensidad (cuadro 7).

El tratamiento que presentó las mayores tasas de crecimiento es el raleo a 4 m, creciendo a una tasa de 8% anual, mientras que en condiciones sin manejo lo hace a razón de 2.44% anual. En términos absolutos el tratamiento testigo presenta mayor incremento neto con 9.57 m<sup>3</sup>/ha año (cuadro 7).

Se espera a futuro menores incrementos en el raleo a 2 m y un mantenimiento de los crecimientos en los otros tratamientos. Sin embargo, debido a lo tardío del raleo, esta fuerte reacción en los tratamientos de mayor intensidad (raleo 3 m, 4 m y liberación) puede disminuir y ser más similar a los otros tratamientos de menor intensidad (testigo y raleo a 2 m).

*Variación de la altura y evaluación de calidad.* Se determinaron crecimientos anuales medios entre 0.37 y 0.34 m/año en las distintas intervenciones. El CAP (86-90) fluctúa entre 0.13 y 0.25 m/año en los tratamientos de raleo a 3 m y testigo, respectivamente.

Se observó un alto número de árboles dañados por la intervención, lo que significó encontrar en todos los tratamientos, a excepción del testigo, una menor densidad que la planificada de árboles de buenas características sanitarias, producto de daños mecánicos en el fuste. Estos daños fueron generados en las actividades de madereo (daño en la base de los árboles) y volteo (al golpear otros árboles en la caída)

CUADRO 7

Resumen de la variación volumétrica neta y bruta por tratamiento.  
Gross and net volume variation (m<sup>3</sup>/ha) per treatment.

Tratamiento	Volumen 1985 m <sup>3</sup> /ha	Volumen 1986 m <sup>3</sup> /ha	Volumen 1990 m <sup>3</sup> /ha	Crecimiento anual-neto (m <sup>3</sup> /ha año) <sup>1</sup> Período 86-90	Crecimiento anual-bruto (m <sup>3</sup> /ha año) <sup>2</sup> Período 86-90
2 m	395.8	216.7	254.6	9.47	10.5
3 m	361.0	126.6	145.0	4.59	9.5
4 m	309.0	67.4	89.1	5.40	6.7
R. Liberación	370.0	80.0	104.9	6.22	6.9
Testigo	364.9	364.9	403.2	9.57	10.7

<sup>1</sup> Volumen 86 - Volumen 90.

<sup>2</sup> Volumen 86 - Volumen 90 + Mortalidad en volumen período 86 al 90.

El tratamiento de raleo a 3 m presenta en la calidad 1 como promedio 488 árb/ha (40%) y 12.63 m<sup>2</sup>/ha (54%); el raleo a 4 m participa con 244.5 árb/ha (44%) y 5.43 m<sup>2</sup>/ha (38%) y el raleo de liberación lo hace con 361 árb/ha (54%) y 9.88 m<sup>2</sup>/ha (5.88%)

Aunque no se efectuó un estudio de defectos o daños internos de la madera, se observó en general una buena calidad, con una baja cifra de árboles dañados. Sin duda, estudios de este tipo son necesarios para distintas condiciones de sitio y edades de los renovales de canelo, para poder así planificar proyectos de aprovechamiento basados en esta especie.

## CONCLUSIONES

- Los renovales estudiados corresponden a bosques puros, donde canelo aporta el 81.26% del número de árboles por hectárea, 81.42% del área basal y 84.15% del volumen total. Se observaron como cifras promedios para el total de especies 6.134 árb/ha, 56.65 m<sup>2</sup>/ha de área basal y 357.1 m<sup>3</sup>/ha de volumen bruto total. La edad promedio del renoval el año 1985 era de 30 años, con incrementos de 10 m<sup>3</sup>/ha año en volumen y 0.417 m/año en altura para canelo.
- Los resultados obtenidos después de cuatro años de aplicadas las intervenciones justifican, desde el punto de vista técnico, la aplicación de raleos a los renovales de canelo de una edad entre 25 y 30 años, materializado en respuestas favorables de crecimiento diametral, incremento neto en área basal y volumen. Esta conclusión se realiza bajo el criterio de privilegiar la producción de trozas aserrables y debobinables, bajo el supuesto de que estos productos maximizarían el retorno económico del sitio. De esta forma, en las parcelas intervenidas más fuertemente se obtendrá en menor tiempo una mayor cantidad (volumen) de trozas aserrables y debobinables, en comparación a las parcelas no raleadas.
- El crecimiento diametral para el período experimentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, encontrándose mayores incrementos al aumentar la intensidad del raleo. El incremento del área basal neta para el período entre los tratamientos resultó estadísticamente no significativo, experimentando el árbol de área basal media mayores tasas

de crecimiento a medida que se intervino con mayor intensidad.

- El tratamiento testigo presenta el mayor incremento neto con 9.56 m<sup>3</sup>/ha año. Los tratamientos de mayor intensidad presentan cifras de 5.40 y 6.24 m<sup>3</sup>/ha año. La elevada cifra de incremento bruto de 9.47 m<sup>3</sup>/ha año, experimentada por el raleo a 3 m de distanciamiento entre árboles, refleja las buenas perspectivas de esta intervención, ya que el menor incremento neto observado se debe a la alta mortalidad por efectos del viento causada por una explotación descuidada y no al menor crecimiento individual.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias al aporte financiero de los Convenios Universidad Austral de Chile (UACH)-Corporación Nacional Forestal (CONAF) y UACH-Forestal Venecia, y al trabajo de terreno de egresados de Ingeniería Forestal adscritos a dichos proyectos.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, F., A. ROJAS. 1980. Estructura, crecimiento y rendimiento de un renoval de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.), en la Cordillera de Nahuelbuta. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, 79 p.
- BALHARRY, C. 1984. Estudio de la estructura y composición de renovales de canelo (*Drimys winteri* Forst) en el fundo Lenca (X Región). Tesis, Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile, Santiago, 167 p.
- CALQUIN, R. 1987. Índices y clases de sitio para canelo (*Drimys winteri* Forst) en la X Región. Tesis, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Santiago, 92 p.
- CONAF-CONAMA-UACH-PUCH-UCT. 1997. Informe Nacional sin Variables Ambientales Proyecto "Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile", 69 p.
- CORVALAN, P. 1987. "El Canelo": una alternativa de desarrollo para la X Región. Ministerio de Agricultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Vol III y IV.
- COX, F., R. PETERS. 1975. Inventario Forestal de la Cordillera de la Costa de la provincia de Valdivia, Valdivia, 114 p.
- DANIEL, T.W., J.A. HELMS, F.S. BECKER. 1982. *Principios de silvicultura*. Traducido de la 2ª ed. inglesa al español por Ramón Elizalde Mata. Ciudad de México, Mc Graw-Hill Ed., 492 p.
- DONOSO, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos chilenos. Documento de Trabajo N° 38. Proyecto CONAF/FAO de Investigación y Desarrollo Forestal, Santiago, Chile, 70 p.
- DONOSO, C. 1981. *Ecología forestal: el bosque y su medio ambiente*. Editorial Universitaria S.A., Santiago, Chile, 369 p.

- 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 de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 94 p.
- HAWLEY, R., B. SMITH. 1972. *Silvicultura práctica*. Editorial Omega, Barcelona, 544 p.
- HERRERA, D., F. MAY. 1976. Caracterización y análisis para el ordenamiento de renovales de raulí en Jauja, provincia de Malleco. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, 63 p.
- OSTLE, B. 1968. *Estadística aplicada*. Ciudad de México, Limusa Wiley S.A., 629 p.
- PAREDES, R. 1982. Proyección de raleos en renovales de Raulí (*Nothofagus alpina*, Poepp et Endl), según diversos criterios de intervención. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 52 p.
- PUENTE, M., R. PEÑALOZA, C. DONOSO, R. PAREDES, P. MUÑOZ, R. MORALES, O. ENGDAHL. 1980. Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de raulí y roble. Segunda fase: Informe de avance de instalación de ensayos de raleos en renovales de raulí. Informe de Convenio N° 30. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 58 p.
- SOKAL, R., F. RHOLF. 1979. *Biometría: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume Ediciones, Madrid, 832 p.
- TAPIA DE LA PUENTE, R. 1982. Variabilidad estructural de renovales no intervenidos de canelo en la Reserva Forestal de Valdivia. Tesis, Facultad Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 68 p.
- VERA, O. 1985. Evaluación de intervenciones silvícolas en un renoval mixto de Lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) y Coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst) ubicado en la Reserva Forestal Coyhaique, XI Región. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 107 p.