

ISSN 0716-5904

VOLUMEN 7 N°2

CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL

DICIEMBRE 1993



INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE

ESTUDIO DE CRECIMIENTO DE PLANTACIONES Y RENOVALES MANEJADOS DE ESPECIES NATIVAS EN EL AREA ANDINA DE LAS PROVINCIAS DE CAUTIN Y VALDIVIA

Patricio Gonzalez H. (*)
Tomás Martín C. (**)
Luis Otero D. (**)
Luis Barrios M. (***)

RESUMEN

En contextos al sur de la Provincia de Cautín y al norte de la Provincia de Valdivia, se establecieron 11 renovales y 18 plantaciones de especies del género *Nothofagus*.

Estos renovales se establecieron en términos de ubicación y posición topográfica y de sus atributos perimetrales. Además se realizó un estudio de crecimiento del *Diametra* a la Altura de Pecho (DAP), entre la zona de tres rangos de explotación demostrados por especie cuya participación en número de árboles por hectárea supera el 20%. Los datos además sirven para determinar la edad del codal considerando que las plantaciones y los renovales estudiados son codales.

En las renovales se evaluaron los incrementos diamétricos cada 10 años y la espesura de los individuos a los rabeos. Después de haberse iniciado con rabeos, poco aproximadamente 15 años, los individuos diamétricos de las renovales intervinieron una vez más al momento a 1,05 cm/año en DAP y los de renovales sustitutos a 2 rabeos a 1,18 cm/año. De mantenerse estas tasas de crecimiento y si las renovales siguen siendo rabeos, las expectativas de crecimiento abarcan a entre 15 y 27 años/año en la próxima época.

En las plantaciones, que en general tienen menos de 20 años, se registró un incremento en DAP en los primeros 10 años de 1,6 cm/año en promedio y de 1,5 cm/año durante los últimos 5 años. Al comparar plantaciones de similar densidad y edad del de rabeo y rabeo abarcan 12 a 17 cm/año, mientras que las de codal abarcan entre 21 y 25 cm/año.

Se concluye que las especies de *Nothofagus* estudiadas tienen un gran potencial social al producir madera de buena calidad y rápido crecimiento.

ABSTRACT

Eighteen planted *Albizia* stands and their second growth stands of species of the same genus, located in the southeast of the Province of Cadiz and in the south part of the Province of Huelva, were studied.

These stands were characterized in terms of location, physiographic position and main stand parameters. The diameter growth at breast height (DBH) was also studied by analyzing wood cores obtained from the dominant tops of the species which had a least a 20% participation in the volume. These cores were also used to determine stand ages, considering that all stands were averaged.

In the second growth stands, the variation in DBH was measured each 10 years, evaluating also the response of the remaining trees after the thinning. Fifteen years after the first thinning the growth of the dominant trees was 0.88 cm/year and in those stands with two thinning the measured growth was 0.85 cm/year. If these growth rates could be maintained in the future through adequate management, the expected future yield could be between 18 to 22 m³/ha/year.

In the case of the old-growth, that is, general red oak trees 20 years of age, the growth in DBH obtained was 1.0 cm/year during the first 10 years and near 1.5 cm/year in the last 5 years. Increasing plantations of *Albizia* and other species of similar density and age the growth in volume was between 12 and 15 m³/ha/year.

The study confirms that the *Albizia* species analyzed have great utility due to their fast growing characteristics and its high quality timber.

INTRODUCCION

En Chile es conocido el hecho que las especies del género *Nothofagus* especialmente aquellas que crecen en las zonas más templadas y húmedas de la zona sur como *N. obliqua*, *N. alicata* y *N. dombeyi* son las de mejor crecimiento y potencial productivo entre las especies forestales nativas.

Por tal motivo desde la década de los años 50 se vienen desarrollando las primeras plantaciones, tanto en parcelas como en plantaciones de estas especies. De estas plantaciones, las de mayor magnitud son las realizadas en el Complejo Forestal y Maderero Panguipulli, CORFOAF dependiente de la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, entre los años 1975 y 1985.

El presente trabajo recopila y sistematiza estas experiencias de plantaciones y manejo de renovales, mediante una caracterización general de las más importantes. Para tal efecto se visitaron y muestreadon principalmente establecidas en los fundos del ex CORFOAF comunas de Panguipulli y Fircón, donde se concentra la mayoría de este trabajo. A ello se agrega un ensayo en la comuna de Río Bueno, dos de la comuna de Los Lagos y cuatro en la provincia de Cautín, en las comunas de Pucón y Curruhue.

Los datos que aquí se describen, corresponden a información tomada en terreno en invierno y primavera de 1988.

MATERIAL Y METODO

Ubicación y Caracterización de Lugares de Estudio

Se estudiaron 11 renovales y 18 plantaciones de espedos de *Nothofagus* ubicadas la mayoría en comarcas de la provincia de Vallarta, principalmente en Parícutipullí, además de una aspenancia en Río Bueno, una en Fulceno y dos en Los Lagos.

En la provincia de Calles se estudiaron cuatro aspenancias, dos en la comuna de Putón y dos en la comuna de Guamochú. Las plantaciones se identifican con un número y los renovales con una letra (Figura 59).

Cada ensayo visado fue caracterizado según:

- Lugar
- Sector
- Exposición
- Altitud
- Parediente

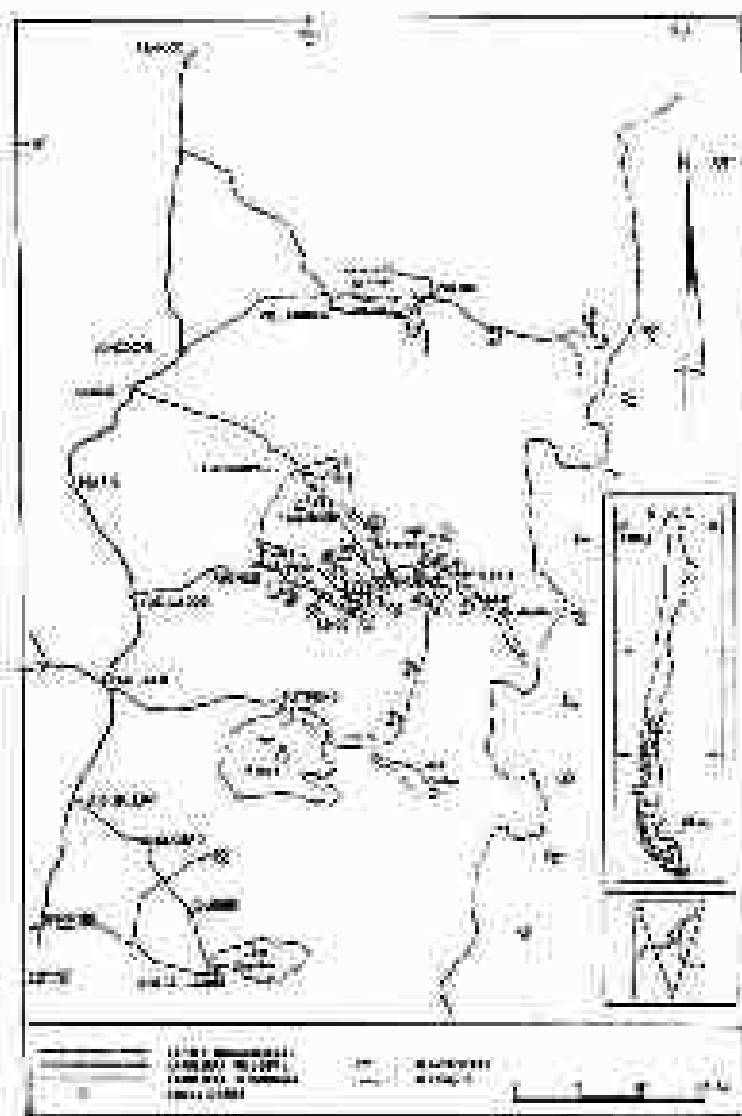


Figura N°1. UBICACIÓN DE PLANTACIONES Y PUNTALES MUESTREADOS

Caracterización de Variables Económicas y de Crecimiento

Muestreo Puntual

El muestreo puntual permitió obtener información inferencial respecto a densidades, composición, rangos diamétricos y área basal de las rotas. Este muestreo consistió en medir los individuos más cercanos en cada cuadrante respecto a un punto escogido (Doroso, 1983), el cual es seleccionado al azar de acuerdo a un avance sistemático a una distancia aproximada de 15 metros (no de uno a guisa (M2)). Cada cuadrante se dividió de acuerdo a la división en cuatro partes, o cuadrantes de un cuadrado mayor, orientándose siempre pendiente hacia abajo o de acuerdo a un rumbo preestablecido en terreno plano. Una vez fijado el punto y trazados los cuatro cuadrantes, se procedió a medir el DAP y la distancia respecto al punto de cada uno de los individuos más cercanos (cuatro árboles).

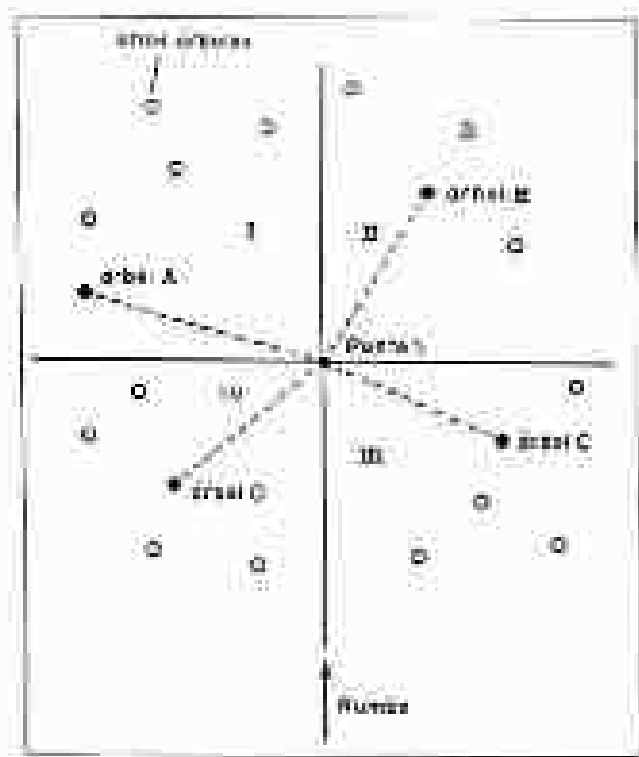


Figura N°2: ESQUEMA DE MEDICIÓN EN NUESTRO PUNTO.

De acuerdo a la heterogeneidad del rodal en cuanto a diámetros y composición, se midió un número variable de cuadrantes, entre 5 y 10. En plantaciones y renovales de una sola especie se midieron 5 puntos y a mayor complejidad se aumentó el número de puntos, hasta un máximo de 10 en las situaciones de mayor diversidad.

Los datos de diámetro y distancias individuales obtenidos permiten eliminar rangos diamétricos y diámetros medios por especie y totales, composición, densidades, área basal y volúmenes.

Evaluación de Crecimientos

- Extracción y Preparación de Tangos

En cada lugar estudiado se retiraron con taladro de incremento tres tangos por especie seleccionada en el total con un mínimo de 20% del total de árboles. El tango se obtiene a la altura del DAP en árboles seleccionados según dos criterios:

- A) Árboles con diámetros superiores a la media del talle;
- B) Árboles sanos y de buena forma

La preparación de los tangos para su posterior análisis se lleva a cabo pegando y apisonando cada tango en una moldura durante 24 horas. Luego los tangos fueron sometidos a sucesivos liados de más gruesos a más finos (Stoke y Smiley, 1959).

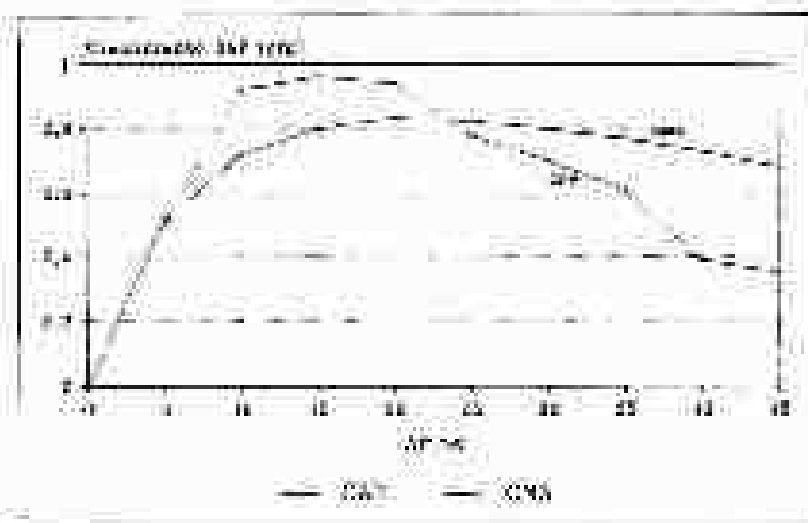
- Medición e Información básica de cada tango

A cada tango se le midieron los anillos de crecimiento desde la médula hacia la corteza, valores que representan el crecimiento radial del individuo. Se multiplicaron los valores obtenidos por 2 y se sumaron. Con esta suma más la del ancho espesor de corteza, se obtiene el valor de diámetro a la altura del pecho (DAP). La diferencia que generalmente se produce entre este valor y el DAP real del árbol medido extensamente son huérfanos diámetros de crecimiento al año por la muestra de años a edad del individuo, y resultado a aumentar este valor a cada año, según si la suma de los anillos era mayor o menor al DAP medida con huérfanos diámetros.

Una vez obtenida y corregida la información de cada tango, se midieron las siguientes variables:

- 1.- Crecimiento Anual Periódico entre los 3-13 años, 11-20 años, 21-36 años, 31-43 años y 6 de los últimos 5 años (USA).

- Crecimiento Anual Periódico: de los 5 años previos y de los 5 años posteriores a la fecha de corte insólita y de los 5 años del período de mejoras continuadas después del primer raleo.
- Edad óptima a la cual debió efectuarse el raleo, de acuerdo a dos criterios (Figura N°3): a) Cuando la curva de Crecimiento Anual Corriente o Periódico (CAP) alcanza su máximo, después de lo cual comienza a disminuir; b) Cuando se cruzan las curvas de Crecimiento Anual Corriente o Periódico y de Crecimiento Medio Anual (GMA), que corresponde a la edad en que la curva de Crecimiento Medio Anual alcanza su máximo. Este segundo punto siempre se produce con posterioridad al primero.
- Edad cronológica del individuo, considerada como la edad medida a la altura del DAP más 2 años en renovales y más 1 año en plantaciones.



GMA: Crecimiento medio anual
CAP: Crecimiento anual corriente

Figura N°3: REPRESENTACIÓN DE MOMENTOS ÓPTIMOS DE RALEO

- Estimación de la Productividad

Con la información recogida, tanto de antecedentes de manejo como de las mediciones en terreno y de los tarugos, se pueden obtener los correspondientes medios anuales en Diámetro, en Altura, en Área Base y en Volumen.

Los volúmenes de plantaciones se estimaron sobre la base de factores de forma artificiales. Como valor medio de factor de forma artificial para las plantaciones de raulí y roble menores a 20 años se consideró 0,48, valor establecido por Cubillas (1989) y por Donoso et al. (en prensa) para individuos con DAP entre 0 y 20 cm y entre 10 y 17 m de altura, que son los rangos dentro de los cuales se encuentran estas plantaciones de menos de 20 años. Cabe señalar que Christle et al. (1974) establecieron un valor de factor de forma artificial de 0,46 para plantaciones de raulí y roble con un DAP medio de 12 a 15 cm en Inglaterra y un valor de 0,53 a 0,55 para plantaciones con un DAP medio de 15 a 17 cm.

Para colihue fue usado 0,4305, valor superior del rango establecido por Grosse (1987) para renovales de esta especie en el Fundo Huelmo Viejo. Donoso et al. (en prensa) determinan para individuos dominantes en renovales de colihue de 30 y 40 años un valor de factor de forma artificial de 0,47 y 0,45, respectivamente.

Los volúmenes de los renovales se estimaron usando las siguientes funciones (Grosse, 1987):

$$\text{Raulí: } V = 0,03955 + 0,00032 (\text{DAP})^2 \\ (\text{Nothofagus alpina}; \quad n = 75; r = 0,94)$$

$$\text{Colihue: } V = -0,06476427 + 0,00073811 (\text{DAP})^2 \\ (\text{Nothofagus dombergii}; \quad n = 50; r = 0,88)$$

$$\text{Roble: } V = -0,03695309 + 0,00076407 (\text{DAP})^2 \\ (\text{Nothofagus villosa}; \quad n = 50; r = 0,98)$$

$$\text{Tepal: } V = -0,04229157 + 0,00007879 (\text{DAP})^2 \\ (\text{Laurelia philippiana}; \quad n = 58; r = 0,97)$$

Para obtener los volúmenes totales y ser consiguiente poder comparar los correspondientes volúmenes anuales, se le sumó el valor de volumen en 00

aduan, el obtenido en las distancias cosechas.

Situación Original de los Renovales Antes de Ser Intervenido en Fanguipull

Los renovales intervenidos de ex Complejo Forestal y Maderero Fanguipull II, tenían las siguientes características (Morillo T., comunicación personal):

- Alta densidad: no más de 4 000 individuos por hectárea, y con claras evidencias de esclerizado.
- Edades entre 15 y 25 años.
- Altura media entre 3 y 10 metros y diámetros medios entre 5 y 12 centímetros.
- Raíces generalmente puras.
- Presencia importante de deformaciones de los tallos debido a la competencia por luz, daños por nieve y por ramoneo.
- Alta presencia de doble hebra y escasas ramas laterales debido a ramoneo.
- Dendricos fuertes en algunos sectores.

RESULTADOS

Renovales

Criterios de Selección de Ráboles al Momento de Efectuar la Primera Intervención

Los criterios de selección que se aplicaron al clasificar las ráboles, tomando en cuenta sólo los antecedentes de los renovales fueron los siguientes:

- Árboles dominantes y codominantes.
- Individuos de mejor forma y estado sanitario.
- De preferencia árboles originados de semillas.
- Especies de mayor valor maderable.
- Igual tratamiento a estratos semejantes e inclinamos a la sombra.
- En árboles de individuos dominantes o codominantes, de buena forma, se liberaron los individuos suprimidos de buena forma, a fin de obtener una superficie total homogénea.
- La cantidad final que se cosechará, depende de los datos del primer relevo que va de 1.800 a 1.200 árboles por hectárea.
- Los ramoses fueron podados a altura variables entre 3 y 6 m.

En los árboles en que el primer rama fue más intensa, hubo caídas por nieve y desmenuzamiento de agudos por el

Descripción General de los Renovales

A continuación se describen en forma general las características de los renovales estudiados, cuya ubicación aparece en la Figura N°1. Se evaluaron 11 renovales manejados: 5 de ellos en los fundos del ex Complejo Forestal y Maderero Panguipulli (CFPMMP) en la comuna de Panguipulli, provincia de Valdivia; y 6 en el sector de Casas Viejas, en la comuna de Curanahue, provincia de Caucho.

Los datos relativos a parámetros de talle y las referencias respecto al crecimiento de los árboles 5 años corresponden al año 1985, antes de que comenzara el periodo vegetativo.

En el Cuadro N°1 se muestran las características generales de los renovales estudiados.

Cuadro N°1

CARACTERÍSTICAS DE LOS RENOVALES ESTUDIADOS

Redes	Pro.	Fon.	Esp.	AF	Fond	Especies y participación en el total de árboles del (s)				Categoría
						B.	H.	A.	T.	
Palmar	A	350	U	300	10-40	50%	20%	30	12%	140
Palmar	B	140	D	300	10-40	30%	30%	40%	17%	R.S.D.E.
Desbraz	E	140	N	300	10-40	50%	20%	30	0%	D.E.
Fuente	E	15	SE	300	10-40	40%	30%	30	0%	140
Casas Viejas 1	E	4.1a	SD	300	10-40	100%	0%	0%	0%	140
S. Huacho	F	250	NE	300	10-40	10%	0%	30	30%	R.S.D.E.
S. Trufe	F	350	NE	300	10-40	50%	0%	30%	3%	R.S.D.E.
Palmar	E	140	E	300	10-40	10%	20%	40%	30%	R.S.D.E.
Miraflores	H	350	E	300	10-40	100%	0%	0%	10%	R.S.D.E.
Casas Viejas 2	I	250	N	300	10-40	100%	0%	0%	0%	R.S.D.E.
Casas Viejas 3	L	0.5a	SE	300	10-40	100%	0%	0%	0%	140

F: Antiguos fundos de propiedad de la familia Donoso.
 R.S.D.E.: Categoría de renovales con árboles de especies de reserva que se cultivó originalmente en forma parcelada.
 D.E.: Renovales de Casas Viejas y Cuadro 1, con árboles.
 R.S.D.E.: Categoría de renovales con árboles de especies de reserva.
 A.S.: Antiguos fundos de propiedad de la familia Donoso.
 B.S.: Antiguos fundos de propiedad de la familia Donoso.

Análisis de Crecimiento de los Renovales

Los renovales evaluados han sido sometidos a distintos tipos de manejo, como corte de liberación de individuos pertenecientes a la generación anterior al renoval, distintas podas y uno o dos raleos.

Estas intervenciones, según su intensidad, han llevado a los renovales a densidades variables, desde 250 hasta 1.400 árboles por hectárea. Por tal motivo, los renovales fueron agrupados según densidad en: Menos de 500, entre 500 y 1.000 y más de 1.000 árboles por hectárea (Cuadro N°2).

La edad a la que fueron intervenidos los renovales oscila entre los 15 y 30 años. Las intervenciones se realizaron entre 1975 y 1989, en la actualidad los renovales tienen edades entre 30 y 45 años. Los crecimientos medios en diámetro (DAP) y en altura para la edad total de los renovales alcanzan un promedio de 2,67 cm y 0,53 m, respectivamente.

Las tallas de muestra corresponden a árboles de un DAP medio de 18,5 cm, mientras que el DAP medio de los renovales fue de 23,92 cm. La gran mayoría de las tallas reflejan el comportamiento de individuos de diámetro igual o superior al promedio de las tallas.

Cabe hacer notar que a pesar de la intensidad de muestreo a nivel de cada renoval, al analizar el análisis conjunto de numerosos índices entre los puntos, hay algunos de gran similitud, especialmente al nivel muestral.

Cuadro N°2

RESUMEN DE PARÁMETROS DE REGAL DE RENOVALES EVALUACIÓN

Especie	Parámetro	Porcentaje	Cálculo	Ejemplo	UMF	Age	ABN	Age	UMF	Age	ABN	Age
					Alcance	Umbral	Umbral	Umbral	Alcance	Umbral	Umbral	Alcance	Umbral	Umbral
M.	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
M.	7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	11	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	12	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
M.	13	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	14	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	15	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	16	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
M.	17	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	18	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	19	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
M.	20	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	21	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Se muestra solo que se usa de renovación y no todos los datos.
 Resaltar que se muestra indicadores a campo sobre

Los tasas de crecimiento en diámetro muestran un óptimo comportamiento hasta los primeros 10 años, con un promedio de 0,55 cm/año (Cuadro N°3). Luego éstas ascenden en el periodo 11-20 años alcanzando 0,51 cm/año de promedio. En el período siguiente, entre los 21 y los 30 años, ya han sido cosechados los renovales, de modo que no se pueda evaluar la tasa de crecimiento en metros.

Esos valores son muy similares a los señalados por Domingo et al. (en prensa), que para los mejores sitios de renovales de eucalipto determinó 0,85 y 0,82 cm/año en crecimiento diametral en individuos dominantes para los períodos comprendidos entre los 1-10 años y 11-20 años, respectivamente, y para sitios intermedios en que determinó 0,42 y 0,70 cm/año, para los mismos

periodos de edad. Para robles estos autores determinan crecimiento de 0,48 y 0,55 cm/año en los mejores sitios considerando los periodos de edad señalados.

Cuadro Nº3

RESUMEN DE CRECIMIENTO BIENAL DE RENOVALES EVALUADOS

Parcela	Sitio	Ede	D.A.P. (cm)					D.A.P. (% Pobl. evaluada)					Evolución			
			1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	1-2	3	4	5	6	Crec. anual	Perc. Anual	I	II
			años	años	años	años	años	Pobl. E	Pobl. E	Pobl. E	Pobl. E	Pobl. E				
I	Robles	1	0,7	1,00	0,88	0,73	1,11	1,31	1,20	1,3	0,10	28	15	28		
	Pinos	2	0,41	0,30	0,34	0,19	0,28	0,20	0,38	0,27	0,11	11	20	28		
	Opuntias	3	0,18	0,27	0,22	0,18	0,28	0,22	0,26	-	10	8,18	11	28		
	Pinos	4	0,10	0,26	0,22	0,17	0,28	0,24	0,24	0,20	0,11	0,2	18	28		
	Parcela	5	0,48	1,26	0,92	0,7	1,11	0,87	1,11	-	0,1	1,28	28	28		
II	La Perca	1	0,48	0,78	1,12	-	1,18	0,87	0,17	1,18	1,01	24	1	11		
	El Cerezo	2	0,18	0,26	0,26	0,28	0,24	0,26	0,26	1,1	0,10	0,1	1	11		
	La Perca	3	0,1	0,26	0,28	-	0,27	0,28	0,28	0,00	0,10	0,1	1	11		
	El Cerezo	4	0,17	0,26	0,27	0,27	0,24	0,27	0,28	0,17	0,10	0,1	1	11		
	Parcela	5	0,11	0,27	0,28	0,27	0,2	0,28	0,28	1,18	1,01	0,1	1	11		
III	Robles	1	0,42	0,87	-	-	0,28	0,2	0,28	0,28	0,10	1,18	1	11		
	Pinos	2	0,20	0,26	0,24	-	0,28	0,26	0,2	-	0,10	0,2	11	11		
	Cuadro	3	0,73	1,27	0,74	-	0,27	0,28	0,28	-	0,1	0,73	11	11		
	Parcela	4	0,18	0,27	0,28	-	0,27	0,28	0,28	1,18	0,10	0,10	11	11		
Parcela Obj.			0,78	0,87	0,81	0,78	0,87	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78		

I Crecimiento Anuales periódicos

Si se analizan por separado los crecimientos de las renovales asociadas a campo abierto, ya sea porque su origen es un incendio o un desdramiento (A, C, E, E y J), de los establecidos bajo el cuidado de árboles omerpetas de la generación anterior (B, K, F, G, H e I), se pueden observar claras diferencias entre ellos (Cuadro Nº4). En los primeros, el crecimiento promedio entre el año 0 y el año 20, momento hasta el cual estos aún no se intervenían, se

relativamente superior, con 0,81 unidades, comparado por 0,57 unidades en los renovales crecidos bajo densidad.

Cuadro Nº4

COMPARACIÓN DE CRECIMIENTOS DIAMETRALES ENTRE RENOVALES DESARROLLADOS A CAMPO ABIERTO Y BAJO DENSIDAD.

Diámetro	C.A.T. (cm ²)					C.A.T. (cm ²) (cm ² /año)					Estat. Otras Frec.	
						1 ^o Año		2 ^o Año		Promedio (C.A.T. - Frec.)		
	1970 cm ²	1971 cm ²	1972 cm ²	1973 cm ²	1974 cm ²	1 ^o Año Frec.	2 ^o Año Frec.	1 ^o Año Frec.	2 ^o Año Frec.	1	2	
10-15cm	1,06	1,06	1,02	1,01	1,00	272	271	1,00	271	-12	11	11
20-25cm	1,04	1,06	1,04	1,04	1,04	189	1,04	1,04	1,04	-11	12	20

* Crecimiento Ajustado periódico.

La edad a la cual debieron haberse efectuado los raleos correspondientes al momento en el cual el crecimiento anual comienza a disminuir (1), se determinó en promedio a los 12 años, mientras que aquella en que comienza el descenso del crecimiento medio anual (2), se determinó a los 20 años aproximadamente. Los raleos evaluados se realizaron entre los 20 a 25 años de edad de los renovales, es decir con posterioridad a la edad óptima en que se debieron haber efectuado de acuerdo a estos criterios.

Tal como se ha observado en otros estudios (Donoso et al., en prensa) se puede señalar que el momento óptimo para efectuar el primer raleo en renovales de especies de *Nothofagus* como las estudiadas es entre los 10 y los 20 años. En relación a la edad óptima del raleo, cabe señalar también que en los renovales desarrollados a campo abierto se mantienen por más tiempo los árboles crecidos, ya que el crecimiento anual comienza a disminuir su máximo dos años después que en los renovales desarrollados bajo densidad y el crecimiento medio anual 8 años después.

La respuesta al primer raleo de parte de los renovales se observó que es

leve en los 5 años posteriores. El crecimiento promedio en diámetro aumentó en sólo 0%. La respuesta inmediata al raleo, en términos porcentuales, es mejor en los renovales desarrollados bajo dosel, al aumentar el crecimiento e DAP en un 10%, comparado con renovales desarrollados a campo abierto e que la respuesta inmediata es de sólo un 2%.

En general, se observa que los mejores valores de crecimiento después de raleo se producen entre los años 5 a 7, en los renovales desarrollados a campo abierto, y entre los 7 y 11, en los renovales desarrollados bajo dosel, periodos que coinciden con los recivos sometidos a 1 raleo y los sometidos a más de 1 raleo, respectivamente. Esta situación refleja que por una parte hay una demora en la respuesta al raleo y por otra que el efecto del segundo raleo fue mayor que el del primero. En los renovales desarrollados bajo dosel el crecimiento anual período promedio del mejor período posterior a raleo llega a 1,12 cm y en los generados a campo abierto a 1,01 cm (Cuadro Nº4).

El incremento promedio del crecimiento en la actualidad respecto a la situación previa al raleo, corresponde a un 18%. Tanto en el grupo de los renovales más jóvenes y más densos (Grupo 3) como en los renovales originados bajo dosel, este incremento es de un 22 a 23%, y en los renovales desarrollados originalmente a campo abierto de un 0%. Sin embargo la principal explicación para esta situación está dada por el efecto del segundo raleo sobre el crecimiento (Cuadro Nº5).

Los renovales sometidos a un segundo raleo (A, B, C, K, S, y H) incrementan en un 30% el crecimiento en diámetro respecto a los 5 años previos al primer raleo, en cambio el incremento después del primer raleo es de sólo un 4% respecto al periodo previo al raleo. Por tal motivo, los individuos dominantes de los renovales sometidos a 2 o más raleos en la actualidad están creciendo a 0,94 cm/año en diámetro, mientras que los de los renovales sometidos a 1 raleo a 0,65 cm/año.

Cuadro N°3

COMPARACIÓN DE CRECIMIENTOS DIAMETRALES ENTRE RENOVALES
CONSIDERADOS A 1 RAÍZ Y A 2 O MÁS RAÍCES.

Región forestal	DAP (cm)					DAP (cm) Por Edad (años)						Crec. Diámetro (cm/año)	
						1 Raíz		2 Raíces	Procedimiento: Crecimiento Diámetro (cm/año)		Crec. Diámetro (cm/año)		
	3 a 10 años	11 a 20 años	21 a 30 años	31 a 40 años	40 años o más	3 a 10 años	11 a 20 años	21 a 30 años	40 años o más	3 a 10 años	11 a 20 años	1	2
1	3,48	3,43	3,27	3,01	2,89	3,25	3,28			1,0	1,07	12	33
2	3,27	3,18	3,01	2,75	2,64	3,01	2,98	2,82		1,17	1,05	17	38

* Datos obtenidos de registros permanentes.

El incremento relativamente leve en las tasas de crecimiento en diámetro después del primer raído puede explicarse por los siguientes motivos:

- En cuanto al período de mayores crecimientos anuales en diámetro, Domínguez et al. (en prensa) señalan que éste se produce entre los 15 y 20 años y en el presente estudio (Cuadro N°3) se determina que el máximo crecimiento anual corriente se produce entre los 12 y 13 años. Por lo tanto, los renovales fueron intervenidos en una etapa en que el crecimiento anual corriente en DAP era decreciente.

En los renovales originados a campo abierto, el raído permitió a los individuos renovales en pie mantener las tasas de crecimiento de los últimos años y evitó que éstas continuaran descendiendo, como venía ocurriendo naturalmente. En los renovales desamplificados bajo dose!, cuyo crecimiento natural es inferior a aquellos desamplificados a campo abierto, el raído permitió incrementar las tasas de crecimiento en diámetro, aunque en términos absolutos el crecimiento alcanzado en estos renovales es inferior al de los renovales creados a campo abierto.

Esta diferencia en la respuesta al raído entre los renovales desamplificados bajo dose! y los generados a campo abierto se puede deber a que en los segundos, cuando se efectuó el raído, había una

cara diferenciación entre los individuos, distinguiéndose bien los árboles que estaban dominando en el rozal. Estos árboles dominantes, con buena disponibilidad de luz después de los raleos logran mantener sus tasas de crecimiento y no seguir disminuyéndolas, como era la tendencia cuando se efectuó el raleo.

En cambio, en el rozal desmontado bajo basal, ninguno de los individuos presentes en raleo tenía óptimas niveles de disponibilidad de luz y la liberación producida por el raleo así como por la eliminación de los árboles de la generación anterior, les permitió a los individuos que quedaron en pie después del raleo, aumentar sus tasas de crecimiento.

- La intensidad del primer raleo en el mejoría de los bosques puede tener más muy buena en términos de permitir un mejoramiento significativo en las tasas de crecimiento.

El efecto de la intensidad del raleo sobre la capacidad de respuesta de los árboles en crecimiento diametral, queda en evidencia al observar el rozal de Casas Viejas (E), en el que se produjo una fuerte reducción de área basal y la mejor respuesta en crecimiento. Además esto se demostrará también al observar que el efecto de segundo raleo es notablemente superior al del primero.

- Como tercera consideración para explicar la falta de respuestas más fuertes a los raleos, se debe tener en cuenta que los árboles analizados son aquellos que quedaron en pie después del raleo con diámetros cercanos a la media, por lo que su capacidad de respuesta en cuanto a tasa de crecimiento puede ser inferior a la de los árboles seleccionados para quedar en pie después de raleo con diámetros cercanos a la media.

En el estudio se analizaron árboles cuyo crecimiento diametral antes del raleo era cercano a los 3,5 cm, en circunstancias que en renovales no manejados los crecimientos medios en diámetro fluctúan entre 0,4 y 0,5 cm/año (varias autoras, citados por Danosa, 1980). Si se hubieran analizado además individuos con diámetros cercanos a la media del rozal después del raleo, probablemente las tasas de crecimiento en diámetro habrían sido superiores.

En conclusión señala que en casi todas las renovales, después de raleos,

tuvo períodos de crecimiento anual en diámetro superiores a 1 cm, con lo cual queda en evidencia que efectuando raleos oportunos se pueden lograr tasas de crecimiento levemente superiores a esta cifra en árboles dominantes.

En la actualidad, sin embargo, el promedio de crecimiento anual en diámetro es de 0.9 cm para los tres grupos divididos según densidades. Con este dato y los parámetros de rotal actuales de los renovales, se puede efectuar una proyección de crecimientos hasta la cosecha final (Cuadro Nº6). Para ello se utiliza la función de volumen de renovales de raíz antes citada (Grasse, 1967). Se supone que los niveles de extracción seleccionados para cada intervención son idénticos para el número de árboles, el área basal y el volumen, y el diámetro medio no cambia después del raleo.

PROYECCION DE RENDIMIENTOS VOLUMETRICOS DE PERSONALES
HASTA LA COSECHA FINAL

Grupo		Primer Riego (Año 0)		Segundo Riego (Año 10)		Tercer Riego (Año 20)		Cosecha Final
		Arboles	Cespedales	Arboles	Cespedales	Arboles	Cespedales	
1	Edeal	40	40	-	-	-	-	80
	Demarcal	1.360	360	-	-	-	-	200
	DAP y	30.16	30.16	-	-	-	-	40.16
	Volcan	572.87	192.12	-	-	-	-	454.85
	A. Base	22.96	16.24	-	-	-	-	36.20
C.M.A. - VOL. BR.	5.06 m ³ /ha/año						11.02 m ³ /ha/año	
C.A.P. - VOL. BR.							14.59 m ³ /ha/año	
2	Edeal	60	50	60	40	60	50	61
	Demarcal	852	500	660	300	500	360	292
	DAP y	20.27	20.27	20.07	20.07	20.97	20.17	40.24
	Volcan	45.32	111.50	271.36	180.12	242.84	291.22	403.68
	A. Base	17.87	16.44	15.87	10.96	25.02	24.12	16.08
C.M.A. - VOL. BR.	5.26 m ³ /ha/año		8.77 m ³ /ha/año		8.02 m ³ /ha/año		10.01 m ³ /ha/año	
C.A.P. - VOL. BR.			1.36 m ³ /ha/año		1.96 m ³ /ha/año		22.28 m ³ /ha/año	
3	Edeal	30	40	40	30	50	50	70
	Demarcal	1.256	700	600	400	450	250	252
	DAP y	16.32	16.32	27.30	27.30	34.32	34.32	45.32
	Volcan	146.36	76.76	252.84	144.16	238.04	211.36	416.64
	A. Base	26.94	14.24	17.24	20.00	37.20	28.12	36.68
C.M.A. - VOL. BR.	5.37 m ³ /ha/año		6.99 m ³ /ha/año		12.58 m ³ /ha/año		12.22 m ³ /ha/año	
C.A.P. - VOL. BR.			17.21 m ³ /ha/año		18.26 m ³ /ha/año		20.12 m ³ /ha/año	

Al observar el Cuadro N.º 5, es destacable el hecho que se pueden lograr rendimientos volumétricos cercanos a los 20 m³/ha/año, es decir, si los renovales siguen siendo sembrados a raleas, en 30 años más se habrán producido 600 m³/ha.

Plantaciones

Información General de las Plantaciones

Se efectuó un total de 15 plantaciones, 13 ubicadas en sectores predominantemente de la provincia de Malvinas y dos en la comuna de Pucón, provincia de Cautín (Figura N°1) y Cuadro N°7). De éstas, doce son plantaciones puras de rauli, una mixta rauli-roble, una mixta rauli-roble-ulme (*Eucryphia sedifolia*) una pura de roble y tres puras de castaña.

Cabe hacer notar que todas las plantaciones fueron hechas con plantas extraídas o replicadas del bosque directamente al sitio de plantación. Sólo en algunas ocasiones la planta replicada del bosque fue llevada a vivero y mantenida allí durante un año antes de la plantación.

Los datos relativos a parámetros de rodal y las referencias del crecimiento de los últimos 5 años corresponden a 1963, antes del período vegetativo (Cuadro N°5).

Cuadro Nº7

CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTACIONES ESTUDIADAS

Mudal	Ede	Esp. (mal)	Esp.	Ár (m)	Paeo (%)	Especies y Participación en SP de árboles (%)			
						Raul	Roble	Cones	Umo
Ere	1	40	NO	400	30	100			
Aija-Ede-Quelme	2	27	O	220	34	10,2	100,0		
Chan-Chan	3	22	NP	200	20	100			
Quelmea B	4	50	E	240	35	100			
Ruabe	5	100	N	800	15	100			
Quelmea C	6	200	SE	300	25	100			
Rapu	7	2	E	250	5		100		
Quelmea D	8	25	NO	300	12	100			
Aija-Ede-Parada	9	4	O	450	20	100			
Mico	10	55	NO	270	40	100			
Rau-Ede-Raul	11	18	N	230	14	100			
Rau-Ede-Mina	12	12	N	220	10	25,0	40,0		30,0
Berica	13	30	SO	650	8	100			
Quelmea E	14	52	NO	160	10	100			
E-Vieja	15	2	SO	500	20	100			
Quelmea F	16	10	SE	250	25		100		
Quelmea G	17	20	NO	320	40		100		
Ma	18	5	N	140	45		100		

Análisis de Crecimiento:

Las plantaciones en su mayoría son jóvenes, con edades entre 10 y 18 años, concentrándose la mayor parte entre 14 y 16 años. Dos de ellas son plantaciones de mayor edad, de 27 y de 38 años, siendo las plantaciones de raul más viejas existentes en el país.

El análisis se hizo segregando las plantaciones según especie, para lo cual se analiza por separado el hue de raul y roble, siendo estas dos últimas analizadas en conjunto. Para raul y roble se analizan 15 plantaciones y se segrega además según densidad entre las con menos de 1.500 árboles por hectárea y las que tienen una densidad mayor.

Cabe hacer notar que la intensidad de muestreo a nivel de cada mudal analizado es baja, pero el análisis consta de numerosas rodales, entre las

cuales hay algunas de gran similitud, intensifica el nivel muestral.

Respecto a los parámetros de rodal (Cuadro N°6), se observa entre el grupo de plantaciones menos densas y el de las plantaciones más densas de raulí y roble, que para una misma edad con menor densidad se logran mayores diámetros medios, pero menor biomasa, reflejado esto en que el volumen de la situación menos densa es un 17% inferior al de la de mayor densidad, y en área basal, ésta es un 25% inferior. En el caso de la altura, variable poco influida dentro de ciertos rangos de densidad normal de los rodales, ésta es 1,5 metros inferior en las plantaciones más densas.

Los crecimientos medios anuales para los diferentes parámetros de rodal, también evidencian diferencias entre las plantaciones más densas y las menos densas (Cuadro N°6). Los crecimientos en altura y diámetro son mayores en las plantaciones menos densas, pero como producto de la subutilización del sitio los crecimientos medios en área basal y volumen son inferiores.

ESTUDIO DE CRECIMIENTO DE PLANTACIONES Y BOSQUES
 MANEJADOS DE ESPECIES NATIVAS EN EL AREA AMBIA DE LAS
 PROVINCIAS DE CAUTIN Y VALDIA

CUADRO N°3

RESUMEN DE PARAMETROS DE ROSAL DE PLANTACIONES EVALUADAS

Espe.	Pa	Edad	Flora (m ²)	Flora (m ²)	Flora (%)	Flora (m ²)	Flora (%)	Flora (m ²)	Flora (%)	Flora (m ²)	Flora (%)
Espe.	1	21	50	47	94.0	51.31	57.96	13.97	13.03	13.08	13.11
Espe. + Pa	2	21 a 22	50	524	758.1	14.14	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
	3	23	50	507	2021	18.99	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
	4	24	50	21	625	12.03	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	5	24	50	111	2.41	12.27	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	6	24	50	1727	1.24	12.27	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	7	24	50	1188	8.71	8.26	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	8	24	50	1782	12.01	11.45	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	9	24	50	1423	12.2	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	10	24	50	1344	11.62	11.41	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	11	24	50	1782	12.29	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	12	24	50	1468	11.51	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	13	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
	14	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
	15	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	16	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	17	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	18	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	19	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	20	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	21	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	22	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	23	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	24	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	25	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	26	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	27	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	28	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	29	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28
Espe. + Pa	30	24	50	1782	11.57	12.23	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28

† Corresponden al 25% medio de los árboles remanentes, según el
 †† Solo se evaluó el área total evaluada y no se evaluó el área de los árboles remanentes según el
 ††† Corresponden al 25% medio de los árboles remanentes, según el
 †††† Solo se evaluó el área total evaluada y no se evaluó el área de los árboles remanentes según el
 ††††† Corresponden al 25% medio de los árboles remanentes, según el

Pa: País
 Espe: Especie
 J: Joven

En cuanto al análisis de crecimiento en diámetro, esta se realizó con tarajos de árboles de DAP promedio de 17,96 cm, mientras que el DAP promedio de las plantaciones evaluadas es de 18,78 cm. Es decir, el análisis de crecimiento diametral es representativo de los árboles de diámetros iguales o superiores a la media del rodal.

Se observa que los crecimientos diametrales son ligeramente superiores en las plantaciones menos densas, pero en los últimos 5 años los individuos de diámetros superiores de las plantaciones más densas están creciendo a una tasa mayor. Esto puede deberse a que la competencia por luz es mayor en plantaciones más densas y por lo tanto los niveles de diferenciación entre los individuos de la plantación son más drásticos, con lo cual los que avanzan más rápidamente las doselas superiores crecen con mayor vigor.

En las plantaciones menos densas los niveles de diferenciación son menores y cada individuo dispone de un espacio adecuado para desarrollarse sin competir mayormente con sus vecinos (con el tamaño actual de las plantaciones); de modo que el crecimiento es más homogéneo al interior del rodal.

Excepcionalmente las plantaciones de mayor edad, en 14 de las 16 plantaciones menores a 20 años evaluadas los crecimientos diametrales de los últimos 5 años son superiores a los de los primeros 10 años, entre un 10 y un 50%.

Los crecimientos de los primeros 10 años son mejores en coihue, respecto de raulí y roble, y el crecimiento diametral de los últimos 5 años sigue inferior. Lo anterior puede obedecer a su elevada área basal acumulada, lo que implica mayores niveles de competencia actual.

En cuanto a los crecimientos medios en altura, se observa claramente que en promedio en las plantaciones de raulí y roble menos densas, éstas son superiores a las de las plantaciones más densas. Los crecimientos medios en altura de coihue son superiores a aquellos de las plantaciones de raulí y roble.

Los crecimientos descritos en este estudio para raulí y roble son superiores a los descritos por Vía (1977, citado por Donoso, 1979) en Frutillar para las mismas especies. Comparando el crecimiento de las plantaciones de coihue de Frutillar citadas por este autor con las de este estudio, en diámetro los valores son superiores en Frutillar, pero inferiores en altura.

Los mejores crecimientos en diámetro y en altura observados en coihue,

sumado a la menor mortalidad natural de esta especie respecto de raulí y roble (Prado et al. 1993), se reflejan también en los crecimientos volumétricos. Al comparar plantaciones con niveles de densidad y edades similares, los crecimientos en volumen de coihue son aproximadamente un 40 a 60% superiores a los crecimientos de las plantaciones de raulí y roble (20 m³/ha/año versus 14 m³/ha/año respectivamente). A nivel de renovales, se ha determinado que coihue tiene productividades más elevadas que raulí y roble (Dancos et al. *in press*).

Se observa en todas las plantaciones que la edad óptima a la que se debe efectuar el raleo corresponde a los 10 años, momento en el cual el crecimiento anual comienza a disminuir (1), ó a los 15 años aproximadamente si se decide efectuar el raleo cuando el crecimiento medio anual comienza a disminuir (2) (Cuadro Nº8).

Cuadro N°9
 RESUMEN DE CRECIMIENTOS DE PLANTACIONES

Tipo	PC	Esp	Incremento Medio Anual				DIF. PDC (M ³ /ha)			Cosecha	
			Def	Vol	A. PDC	Vol PDC	6-07	11-07	Dist	Cosecha	
			(m ³)	(m ³)	(m ³ /ha)	(m ³ /ha)	m ³	m ³		1	2
Lep	1	Al	1,28	3,67	1,21	1,86	1,08		1,28	8	12
Majuelo	2	Al	1,02	3,08	1,30	1,81	1,13		1,02	12	131
		Pa	1,28	3,69	1,26	1,74	0,88		1,08		
		Pa	1,28	3,62	1,42	1,71	1,41		1,28		
Don-Don	3	Pa	1,02	3,73	1,38	1,83	1,07		1,04	49	12
Saccharum 1	4	Pa	0,94	3,75	1,34	1,80	0,64		1,21	11	-
Bucaya	4	Pa	0,97	3,46	1,36	1,46	0,99		1,19	69	-
Saccharum 2	6	Pa	0,84	3,48	1,31	1,81	0,60		1,06	9	-
Algarro	7	Pa	0,74	3,07	1,25	1,28	1,09		1,13	12	-
Reserva			1,61	3,82	1,28	1,91	1,11		1,27	60	114
Ochomil + E. Ciego	8	Pa	0,87	3,07	1,38	1,28	1,03		1,24	7	14
		Pa	0,87	3,24	1,17	1,26	0,90		1,20	11	132
		Pa	0,86	3,21	1,78	1,26	1,01		1,26	10	-
		Pa	1,06	3,30	1,75	1,28	1,17		1,04	10	-
		Total	0,90	3,30	1,72	1,28	0,92		1,19	9	117
Majuelo - H	10	Pa	0,91	3,39	1,58	1,47	1,17		1,25		
		Pa	0,72	3,19	1,77	1,28	0,73		1,17		
		Pa	0,72	3,24	1,44	1,22	0,87		1,13		
Reserva 3	12	Pa	0,83	3,21	1,07	1,24	0,79		1,04	11	-
Reserva			0,89	3,30	1,08	1,27	0,80		1,40	10	114
Saccharum 3	14	Pa	0,80	3,24	-	-	1,04	0,99	0,87	8	14
Algarro	16	Pa	0,84	3,36	1,26	1,37	0,82	1,17	0,92	18	21
Charasca			0,72	3,37	1,26	1,27	0,81	1,06	0,67	11	14
Don-Don 1	18	Pa	1,19	1,12	0,96	10,18	1,19		0,32	8	18
Don-Don 2	17	Pa	1,26	1,33	1,37	12,04	1,30		1,13	11	1
Maj	18	Pa	1,11	1,34	1,87	11,48	1,34		1,44	12	14
Reserva 4			1,14	1,38	1,21	10,45	1,38		1,11	12	14

- 1) Representa el crecimiento anual promedio de los últimos 5 años.
 2) Señala que la edad no representa un promedio de toda la cosecha, sino una parte de ella.

Los únicos antecedentes conocidos de plantaciones de *Nothofagus* en Chile son las señaladas por Espinosa et al (1977) y Vial (1977), citados por Donoso (1979). Los antecedentes más importantes de plantaciones de *Nothofagus*, son los de roble y pail en Inglaterra, donde se han determinado distintas clases de rendimiento según la clase de sitio (Christy et al. 1974; Tuley, 1979). Estas clases de rendimiento, que aún en total cinco (16, 18, 14, 12 y 10) representan la última media de los árboles dominantes de la plantación a los 20 años de edad.

En el Cuadro Nº10 se comparan algunos parámetros de rodal y crecimiento entre plantaciones evaluadas en este estudio y las tablas de rendimiento para plantaciones de pail y roble de Inglaterra.

Cuadro Nº10

COMPARACIÓN DE PLANTACIONES DE CHILE Y DE INGLATERRA

EDAD	País	Densidad (árboles/ha)	DAP a (cm)	Área # (m ²)	A. SPB (árboles)	VOLÚMEN (m ³ /ha)		
						Total	16-18 cm	14-12-10
16	CHILE	2.022	12.28	11.32	49.00	282.1	223.3	58.8
12-5	CHILE	2.022	10.57	12.52	30.48	150.0	166.7	13.0
12	IN	2.193	13.10	12.30	36.00	170.0	168.0	2.8
15	IN	2.193	11.74	12.40	34.20	160.0	144.0	16.0
12	IN	2.193	11.00	10.00	38.10	148.7	162.0	14.4
17	CHILE	1.177	13.84	10.07	22.74	147.2	127.7	19.5
18	CHILE	1.111	14.40	13.28	30.24	192.0	170.0	11.0
17	IN	1.067	16.45	18.00	47.40	312.2	281.0	14.5
16	IN	1.469	16.10	15.60	45.00	294.4	275.0	14.7
18	IN	1.579	15.52	14.90	44.10	299.6	229.0	12.8

(*) Para el caso de las de Inglaterra corresponde a la última distribución, caso Chile a ésta y roble.

(†) Representa el número de distribuciones del estudio.

* = Volumen de plantaciones de clase de rendimiento 10

* = Volumen de plantaciones de clase de rendimiento 16

* = Volumen de plantaciones de clase de rendimiento 14

Se puede observar en el Cuadro N°10 que entre las plantaciones que se ubican alrededor de los 13 años, las de Chile se acercan más a la mejor clase de rendimiento de Inglaterra, esto es a la de 15 años, e incluso tienen valores superiores. En cuanto a las plantaciones con edades de alrededor de los 15 años, las de Chile se asemejan más a aquellas de Inglaterra en las clases de rendimiento 14 y 18, considerando que las de Chile tienen una densidad menor que las de Inglaterra.

Las diferencias entre la primera y la segunda situación pueden obedecer a que en las plantaciones de 13 años, las densidades son similares entre las plantaciones de ambos países, mientras que en la segunda las densidades de las plantaciones en Chile son inferiores. Si la densidad de las plantaciones de Chile se lleva a los niveles de las de Inglaterra, en cada se produce un incremento en los valores de área basal y de volumen. Ordenando los valores según esta proporcionalidad, la comparación de plantaciones de 19 años parece ubicar las chilenas en la clase de rendimiento 14 ó 16.

De acuerdo a estas comparaciones, pareciera que la fase de crecimiento en altura entre las plantaciones de Chile y Inglaterra es similar hasta los 13 años, pero luego ésta es superior en Inglaterra. Sin embargo, hay que considerar que las plantaciones de Gran-Chán (3) y Queorunaki (4) fueron ramoneadas los primeros años, lo cual tiene un efecto importante en disminuir los incrementos, especialmente los de los primeros años (Grosz, 1987). En todo caso, se debe recordar que la altura registrada para las plantaciones de Chile representa la media, en cambio la de Inglaterra es a altura de las 4 horas dominantes.

CONCLUSIONES

- Las plantaciones de las especies estudiadas tienen mejores crecimientos totales que las renovadas, especialmente al comparar los crecimientos de los primeros años, donde las primeras desfilan a las segundas en diámetro. Incluso después de ramoneo, las mejores respuestas en renovados no alcanzan los valores base-voco en las plantaciones.
- Considerado como un momento oportuno de buen nivel en que el

crecimiento anual comienza a disminuir, en plantaciones se sugiere elevar el primer raleo entre 8 y 10 años de edad y en renovales entre los 12 y 15 años. Como alternativa se podría elevar el primer raleo en el momento en que el crecimiento medio anual comienza a disminuir, lo que se produce alrededor de los 15 años en plantaciones y de los 20 años en renovales.

Las plantaciones de *Clusia* son comparables en su estructura local a las plantaciones de *maí* y *tulle* en suja, desamole y mediantino de Inglaterra, especies que las que a los 20 años alcanzan entre 18 y 25 metros de altura dominante y entre 15 y 17 metros de espaldado.

En los renovales estudiados, después de 15 años del primer raleo existe una diferencia en el crecimiento entre árboles dominantes de renovales sembrados a 2 árboles y los sembrados a 1 árbol, con tasas de crecimiento de 0,96 y 0,85 árboles/año respectivamente.

Si se mantiene el manejo al que han sido sometidos estos renovales las expectativas de crecimiento conducen a un crecimiento volumétrico de 20 m³/ha/año en los próximos 20 a 30 años.

- Las plantaciones muestran un mejor desempeño cuando los árboles a 20 años respecto al crecimiento medio anual de los primeros 15 años. En los primeros 15 años el crecimiento medio alcanza aproximadamente 1 por ciento, mientras que en los últimos años el promedio se acerca a 1.5 cm.
- El primer raleo en plantaciones con una densidad inicial de 2.500 árboles por hectárea, en ningún caso deberá reducir la densidad a menos de 1.400 árboles por hectárea, ya que de otra forma se estaría subutilizando la capacidad del sitio.
- Los crecimientos de las plantaciones de *maí*, *tulle*, *mediantino* y *desamole* a los 20 m³/ha/año, son superiores a los observados en *cañi* y *añá*, que alcanzan entre 12 y 17 m³/ha/año, al comparar plantaciones de similar edad y densidad.

Al comparar una plantación de *cañi* puro y otra mixta de *cañi*-*desamole*, se observa un mejor crecimiento volumétrico total de la de *cañi* puro. Sin embargo, la plantación mixta permite cosechar una silvicultura en dos cosechas, incrementando de esa forma las

posibilidades futuras de obtención de maderas y bienes distintos, en forma permanente, en un bosque rodal.

- El crecimiento radial de los renovales desarrollados bajo dosel de árboles de la generación anterior, es más lento que el de renovales originados a campo abierto. El momento óptimo para efectuar el raleo en renovales crecidos bajo dosel es anterior al de los renovales desarrollados a campo abierto. La respuesta al primer raleo en los individuos medidos en los renovales originados bajo dosel es superior a de los renovales desarrollados a campo abierto.

- En renovales se observa una respuesta baja en el crecimiento diametral de individuos dominantes después del primer raleo, lo que responde básicamente a que la intensidad de este fue reducida, a que se realizó a una edad cercana a la disminución natural del crecimiento medio anual en diámetro y a que el análisis se concentró en individuos dominantes, donde la respuesta porcentual en crecimiento es menor a la que se podría esperar en individuos con un diámetro medio dentro del roda.

Por razones de restricciones climáticas, se sugiere efectuar el segundo raleo a los 3 o 5 años después del primero, una vez estabilizado el roda después del primer raleo.

- Es mejor la respuesta de los renovales a intervenciones fuertes en cuanto al incremento en las tasas de crecimiento en diámetro. Igualmente, el crecimiento medio anual de los 5 años posteriores al segundo raleo es un 22% superior al crecimiento medio en diámetro de los 5 años anteriores al primer raleo, en árboles dominantes.
- Siempre antes se intervenga, a partir de la edad determinada como óptima para efectuar el raleo, mayor es el número de raleos que se puedan efectuar hasta un determinado diámetro objetivo requerido y mayores las tasas de crecimiento volumétrico pasivas de obtener.

AGRADECIMIENTOS

Las experiencias silvícolas existentes hoy en los fundos del ex Complejo Forestal y Maderero de Panguipulli (COFONAP), de la precordillera andina de la provincia de Valdivia, corresponden al trabajo práctico de mayor envergadura realizado en el bosque nativo de esta Región.

Los autores desean reconocer el trabajo y el aporte al conocimiento del manejo del bosque nativo de esta Región que representan estas experiencias, impulsadas por la Corporación de Fomento de la Producción y ejecutadas con dedicación por Don Tomás Martí, silvicultor responsable de todas las experiencias visitadas en los fundos del ex Complejo y activo participante en el desarrollo del presente informe.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chiselle, J. M. y Brumm, L. E., 1974. *Nothofagus Yield Tables*. Forestry Commission Research and Development Paper 106. Inglaterra: 5 p.
- Cogollo, G. y Vial, A., 1979. *Regeneración en Bosque Nativo de Rauli*. I. Plantaciones y Ensayos de Regeneración. Proyecto CONAFAD-PIULOVAD-CHIT6/000. 82 p.
- Cabillas, V., 1988. Funciones de Volumen y Factor de Forma para Renovales de Rauli. En: Ciencia e Investigación Forestal, Vol. 2, N°3, pp. 103-120.
- Cabillas, V., 1988. Funciones de Volumen y Factor de Forma para Renovales de Cenizo. En: Ciencia e Investigación Forestal, Vol. 3, N°4, pp. 62-68.
- Donoso, C., 1979. *Monografía sobre Nothofagus en Chile*. Configuración silvícola por FAO. Documento mimeografiado. 3 p.
- Donoso, C., Sandoval, V. y González, C., 1988. Estudio de Rales y Círcos Téncos para el Manejo de Renovales de Rauli (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*). Informe de Convenio N°147. Proyecto CONAF-SAGH. 84 p.

Domínguez, C., 1983. Bosques Templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 484 p.

Domínguez, P., 1988. Caracterización y Proposiciones Silviculturales para Renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*) en el Área de Protección "Radao-Siete Tazas", VI Región. En: *Revista Bosque*, vol. 8(2), 105-114.

Domínguez, P., Domínguez, C. y Sandoval, Y., 1994. Proposición de Zonas de Crecimiento de Renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*) en su Rango de Distribución. En prensa, *Revista Bosque*. 38 p.

España, M., Rodríguez, G. y Medina, G., 1977. Tres Años de Crecimiento en una Plantación de Raulí (*Nothofagus alpina*) de 25 años de edad. *Boletín de Investigación CCF-1, Universidad de Concepción*. 19 p.

Gross, H., 1987. Desarrollo de Renovales de Raulí Raleados. En: *Ciencia e Investigación Forestal*, vol. 1(2), pp. 31-43.

Prado, E., Fuentes, J., Prado, E. y Domínguez, P., 1983. Caracterización de la Estructura, Crecimiento y Respuesta a Raleos de Renovales de Roble, Raulí y Coihue Mediante Modelos Estadísticos Estructurales. *Investigación y Desarrollo Forestal CONAF/INIA/ICH/INTA/CO, número 22/82*. 87 p.

Stok, N. and Smiley, T. L. 1968. *Introduction to Tree-ring Dating*. University of Chicago Press, Chicago.

Foley, G., 1979. *Nothofagus in Britain*. Forestry Commission, Forest Record 122, England. 35 p.

FUNCIÓNES DE ALTURA TOTAL Y ÁREA DE COPA PARA *LENGA* (*Anthofagus pumilla* [Poepp. et Endl.] Krasske) EN LAZO GENERAL WITTER - CERRO COLORADO, PROVINCIA DE CHUBUT - ARGENTINA. ALCANCES POR CLASES DE EXPOSICIÓN Y ALTITUD
 D. Fernández y G. Martínez Pastur, CADIC - Programa de Recursos Vegetales, cc B2 (8410) Ushuaia - Prov. de Tierra del Fuego Argentina; E. Boyerás, E. Pen, Ingeniero Forestal UNLP, Argentina.

RESUMEN

Para lazo se obtuvieron funciones de Altura Total y Área de Copa. Los datos provienen de Lazo General Witter y Lazo de la OIAF como variables predictoras. Los lazos se analizaron mediante técnicas de regresión lineal simple y múltiple y fueron tratados estadísticamente y generalmente, dando resultados satisfactorios. Un modelo fue seleccionado para cada combinación de exposición y altura, sobre los que presentamos los gráficos y estadísticos. Entre los que resultaron con un número más satisfactorio de estadísticas:

- HT = altura²
- AC = ACOP
- HT = Altura Total (m)
- AC = Área de Copa (m²)
- HT = Distancia a la Altura del Pecho (m)

Estadísticamente se determinaron estadísticamente los modelos seleccionados para generalizar como funciones de exposición y altura. Se determinaron los puntos para la selección en la forma de datos para la construcción de ecuaciones de Altura Total y Área de Copa.

Palabras clave Lengua (*Anthofagus pumilla*), Funciones Altura, Funciones Área de
 copa

INTRODUCCIÓN

El presente estudio integra una serie de trabajos realizados en la cuenca sur de Lago General Vintler y al pie del Cerro Colorado, en la Provincia del Chaco, Argentina.

La lenga *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasske es una especie de gran interés desde el punto de vista ecológico. El amplio rango altitudinal y altitudinal y la rigurosidad de las condiciones climáticas en que su desarrollo se contienen características de excepción en lo que respecta a su mecanismo biológico (Cambelli, 1991).

El área en estudio se encuentra entre los 45°57' y los 44°04' L. S. y los 71°33' hacia los 71°43' L. W. cubriendo una superficie de 5.800 ha de bosques, que corresponden al Tipo Forestal Lengua, Subtipo Forestal Bosque Puro de Lengua (Urliano y Grasse, 1991).

La lenga crece desde las márgenes del Lago General Vintler (935 msnm) y la escapa hasta los valles y las laderas del Cerro Colorado. En los mejores sitios alcanza los 30 metros de altura total y 136 cm de DAP, estos corresponden a lugares húmedos de exposición Sur y baja altitud. Se observa un gradiente altitudinal en lo que respecta a las alturas dominantes. A los 1.500 msnm se observan los bosques en 11° de altura actual y a los 1.400 msnm se presenta en forma subparada (Moore, 1965) debido a los factores ambientales adversos. Las laderas de exposición Norte presentan un ambiente más seco con un subbosque totalmente diferente y un bosque más húmedo y orfano.

Para la determinación de las Alturas Totales y las Áreas de Cope, mediante las relaciones empíricas existentes, se utiliza el diámetro (DAP), ya que es una variable correlacionada con los parámetros a calcular (Gutter et al., 1983). Las muestras que se toman en una misma regresión deben tomarse teniendo en cuenta las condiciones del sitio (Climer et al., 1989). Para esto, en el muestreo se consideraron como posibles variables de la calidad de sitio la exposición y la altitud (Fuente et al., 1980; Dorado, 1985). Se desconoce si se obtienen diferencias significativas al realizar el muestreo para la construcción de

ecuaciones, sin tener en cuenta la exposición y la altura.

Los límites precedentes que se encuentran en la bibliografía para la zona considerada, son estudios deométricos e instalación de pérgolas permanentes para el manejo del bosque de lenga (Orellana, 1987; Mulamelli y Orellana, 1971). No existen ecuaciones de Altura Total y Área de Copa.

OBJETIVOS

Elaborar un conjunto de ecuaciones de Altura Total para lenga que permita estimar este parámetro en ejemplares que se encuentren en distintas exposiciones y alturas.

Elaborar un conjunto de ecuaciones de Área de Copa para Lenga que permita estimar este parámetro en ejemplares que se encuentran en distintas exposiciones y alturas.

Determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los modelos de las distintas combinaciones de exposición y altura, de manera de descartar las relaciones de las mismas y acotar su rango de utilización.

Derivar pautas para la planificación en la toma de datos para la elaboración de ecuaciones de Altura Total y Área de Copa para lenga en la zona bajo estudio.

MATERIALES Y METODOS

Estimación de la Altura Total y Área de Copa

La toma de datos se realizó obteniendo muestras homogéneamente distribuidas en la superficie bajo estudio. La selección se hizo tratando de cubrir la variación diamétrica para cada combinación de exposición y altura.

A los árboles muestreados se les midió diámetro en cm con forcipuls a 130 cm de altura, altura total con diámetro y número de copa en dos sentidos con cinta métrica.

Materiales Ajustados

Se ensayaron funciones donde el DAP es la variable predictora. Los ajustes se realizaron en base a técnicas de regresión lineal y múltiple.

Evaluación Estadística

Para evaluar y comparar el ajuste de los modelos ensayados y realizar su posterior selección, se consideraron los siguientes estimadores estadísticos: prueba de F, coeficiente de determinación r^2 , error estándar de la estimación "ee", coeficiente de variación de los residuos "var%", prueba de t, análisis de los residuos "anres", ponderación "weight", índice de Durbin-Watson, índice de Spearman y el índice de Fomby. De suma importancia se consideró también la simplicidad de los modelos (Lillie y Hills, 1985; Sonntag y Tedin, 1982; Chouchard, 1991; Yamane, 1976; Cantatore de Frank, 1983; Friedl et al, 1991; Alder, 1988; Neter y Wasserman, 1973; Sojak y Rovil, 1984; Giller et al, 1983; Giller, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSION

Muestra

El total es de 330 individuos muestreados y los DAP mínimo y máximo obtenidos son, respectivamente, 10 cm y 176 cm (Cuadro 1).

CUADRO N° 1

DISTRIBUCION DE LOS ARBOLES MUESTRA POR CLASE DE MEDITERRANEA, ALTITUD Y EXPOSICION

Esp.	Alt. (metros)	DAP (cm)							Total
		<20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	>70	
Eure	> 500	2	2	8	5	2	2	4	30
	> 100	3	2	0	0	6	0	2	26
	> 200	4	2	9	8	2	5	2	32
	> 300	2	4	0	2	0	0	0	16
Sur	> 500	3	4	6	5	5	3	7	33
	> 100	8	4	6	5	7	1	5	36
	> 200	0	2	10	4	3	1	0	20
	> 300	0	0	7	3	1	0	0	11
Norte	> 500	0	2	0	0	4	2	2	10
	> 100	3	12	9	8	3	2	1	38
	> 200	4	12	11	2	1	1	0	31
	> 300	0	7	8	2	0	0	0	17
Total		30	52	61	50	47	18	21	322

Modelos

Se ajustaron 14 modelos de ecuaciones para Altura Total y 13 modelos para estimación de Área de Copa. Entre los ensayados se encuentran los clásicos citados por la bibliografía y otros no tradicionales (Wider, 1960; Colliec, 1960; Guillet et al., 1983; Little y Hiltz, 1985; Neter y Wasserman, 1973; Sakai y Robit, 1984; Garland de Benbes et al., 1985) (Cuadro 2).

Cuadro N° 2

MODELOS DE ECUACIONES PARA ALTURA TOTAL Y AREA DE COPA

Nº	Altura Total	Área de Copa
1	$H = a + bD$	$AC = a + bD$
2	$H = a + bD^2$	$AC = a + bD + cD^2$
3	$H = a + bD + cD^2$	$AC = a + bD$
4	$H = a + bD + cD^2 + dD^3$	$AC = a + bD + cD^2$
5	$H = a + bD + cD^2 + dD^3 + eD^4$	$AC = a + bD + cD^2 + dD^3$
6	$H = a + bD + cD^2$	$AC = a + bD + cD^2 + dD^3$
7	$H = a + bD + cD^2 + dD^3$	$AC = a + bD^2$
8	$H = a + bD + cD^3$	$AC = a + bD + cD^2 + dD^3$
9	$H = a + bD + cD^2 + dD^3 + eD^4$	$Ln AC = a + Ln b + Ln D + cD$
10	$H = a + bD + cD^2 + dD^3 + eD^4$	$Ln AC = a + Ln b + Ln D + cD + dD^2$
11	$Ln H = a + Ln b + Ln D$	$Ln AC = a + Ln b + Ln D$
12	$Ln H = a + Ln b + Ln D$	$Ln AC = a + Ln b + Ln D + cD$
13	$Ln H = a + Ln b + Ln D + cD + dD^2$	$Ln AC = a + Ln b + Ln D$
14	$Ln H = a + Ln b + Ln D + cD + dD^2$	$Ln AC = a + Ln b + Ln D$

H = Altura Total (m), AC = Área de Copa (m²), D = DAP (cm).

Una gran parte de los modelos presentaron resultados satisfactorios. Aquellos que presentaron los mejores estadísticos y buena aptitud a través de ANARE, para cada combinación de exposición y altura, son detallados en los Cuadros N°s 3 a 8.

Cuadro N° 3

VALORES DE LOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS PARA LOS MODELOS EFECTUADOS PARA ALTURA TOTAL PARA LA EXPOSICIÓN ESTE

Alt. (metros)	Vec. (N°)	R ²	Exp. (m)	F	T	S	R _{exp} (%)	Err. (Máx. %)	F _{lim}	Prob.
1.500	8	0.985	3.04	734.0	**		19.43	3.00	3.84	-
		0.986	0.11	882.8	**		0.85	0.08	0.08	1.000
		0.985	1.07	9719.0	**	**	7.11	1.00	1.77	-
1.550	8	0.984	1.02	2497.0	**	**	0.34	1.04	0.88	1.000
		0.983	3.63	711.2	**		19.07	1.49	3.84	-
		0.987	0.06	787.8	**		0.64	1.75	0.38	1.000
1.600	8	0.980	1.08	2904.0	**	**	4.08	1.03	1.24	-
		0.985	1.03	3092.0	**	**	0.38	1.80	0.85	1.000
		0.983	1.19	414.0	**	**	19.99	1.57	3.78	-
1.650	8	0.982	0.09	868.0	**	**	0.58	1.89	0.07	1.000
		0.982	1.16	832.8	**		18.86	1.82	3.14	-
		0.982	0.07	818.7	**		0.82	1.82	0.07	1.000
1.700	8	0.985	0.44	130.4	**		31.88	1.82	3.44	-
		0.985	0.44	123.8	**		8.00	1.70	0.20	1.000
		0.980	1.74	2020.0	**		10.09	1.30	0.07	-
1.750	8	0.982	1.02	2026.7	**		0.42	1.82	0.27	1.000

8 Para un nivel de significancia del 0.5%

** altamente significativo, * significativo, no es significativo

8 Para un punto de significancia del 0.5%, * valor superior al $D_{(n-2)}$ (valor máximo) inferior a $\sqrt{D_{(n-2)}}$ o valor inferior al $D_{(n-2)}$

Cuadro N° 4

VALORES DE LOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS PARA LOS MODELOS SELECCIONADOS PARA ALTURA TOTAL PARA LA EXPANSIÓN SUR

Alt. (metros)	Mod. (M)	R ²	RSE (%)	F	F			Seo (%)	Dur-Med (h)	Fum	Presl
					a	b	c				
1.000	8	0.965	4.91	373.1	**	**		20.85	1.67	*	4.5
		0.908	6.43	325.5	**	**		0.58	1.88	*	0.10
		0.958	4.74	371.8	**	**		23.08	1.69	*	4.74
1.100	8	0.938	6.43	422.3	**	**		0.58	1.39	*	0.11
		0.967	2.01	548.6	**	**		19.28	2.09	*	0.01
		0.967	0.68	541.5	**	**		0.58	3.25	*	0.02
1.200	15	0.954	1.62	2751.02	**	**	**	7.61	2.40	*	1.77
		0.960	1.00	1.871.8	**	**	**	0.37	1.95	*	0.58
		0.982	2.21	713.4	**	**	**	13.23	1.68	*	2.21
1.300	18	0.955	0.28	814.2	**	**	**	0.31	1.16	*	0.04
		0.988	1.28	5132.1	**	**	**	3.03	1.25	*	1.34
		0.968	1.00	5325.8	**	**	**	0.36	1.67	*	0.25
1.350	8	0.977	1.82	320.7	**	**		12.53	2.08	*	1.23
		0.970	0.26	542.5	**	**		0.58	1.62	*	0.03
		0.983	1.55	3233.2	**	**		3.58	1.55	*	1.77
1.400	8	0.960	1.20	2016.1	**	**		0.45	1.45	*	0.77

* Para un valor de significancia del 10%.

** altamente significativo, * significativo, ns no significativo.

*** Para un punto de significancia del 5%, * valor $F_{(a,b,c)}$ y ** valor $F_{(a,b,c)}$ entre $F_{(a,b,c)}$ y $F_{(a,b,c)}$ a valor inferior a $F_{(a,b,c)}$

Cuadro N° 5

VALORES DE LÍM. ESTADÍSTICOS OBTENIDOS PARA LOS MODELOS SELECCIONADOS PARA ALTURA TOTAL PARA LA EXPOSICIÓN NORTE

Alt (metros)	Modelo (%)	R ²	ESF (%)	S	ns	s	ns	Exp. (%)	Des-Mon. (%)	Fum.	Fond.
1.000	8	0,040	4,38	335,4	**	**		25,81	1,52	+	4,38
		0,050	0,10	399,8	**	—		3,02	1,05	+	2,00
	14	0,090	1,58	3.285,2	**			3,69	1,40	+	2,00
		0,040	1,17	3.933,9	**			3,56	1,07	+	1,04
1.100	8	0,040	2,50	417,9	**			24,88	1,28	+	2,69
		0,171	0,12	497,4	+			0,65	1,29	+	0,06
	12	0,084	1,58	1.474,3	+	—		11,22	1,28	+	1,90
		0,063	1,02	1.540,2	**	—		1,42	1,36	+	0,68
1.200	10	0,082	1,30	940,9	**	—		13,01	2,00	+	1,89
		0,084	0,28	914,4	+	—		3,49	2,00	+	0,04
	13	0,095	1,08	3.670,4	**	**		5,18	2,00	+	1,40
		0,090	1,07	4.181,2	**	**		3,44	1,88	+	0,68
1.300	8	0,074	1,55	562,9	**			16,50	1,70	+	1,85
		0,101	0,17	402,9	**			0,00	1,06	+	0,06
	11	0,094	1,8	3.889,2	**			7,58	1,81	+	1,74
		0,082	1,02	2.980,2	**			0,42	1,07	+	0,78

Puntuación de significancia del 25%.

— Altamente significativo, * significativo, ns no significativo.

⊕ Puntuación de significancia del 5%. * valor superior a $D_{0,1}$ (valor máximo crítico de $D_{0,1}$ a nivel = 0,05) al $D_{0,1}$.

Cuadro N° 6

VALORES DE LOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS PARA LOS MODELOS SELECCIONADOS PARA AREA DE CGPA PARA LA EXPOSICION ESTE

A1 (manej)	A00 (M)	R ²	ESE (%)	F	t			Sex (%)	Duel/Vot (%)	Fam	Pong
					1	2	3				
1 000	4	0,932	17,9	232,3	**	**	**	33,13	1,81	+	17,9
		0,550	5,4	121,8	-	-	-	5,74	1,71	-	0,3
	0,984	1,2	1 987,6	-	-	-	13,45	1,44	+	2,8	
1 100	5	0,980	1,3	1 851,0	-	-	-	2,69	1,61	+	1,2
		0,915	1,8	281,1	-	-	-	32,64	1,79	+	13,8
	0,901	0,3	200,5	**	**	**	0,75	2,08	+	0,3	
1 200	11	0,994	2,0	4 305,8	-	-	-	8,29	2,09	+	2,7
		0,892	1,3	2 784,0	-	-	-	0,75	3,23	+	1,1
	0,984	2,5	1 925,8	-	-	-	11,71	2,16	+	2,8	
1 300	12	0,976	1,3	1 290,1	-	-	-	2,80	2,59	+	1,2
		0,985	2,5	1 963,8	-	-	-	11,71	2,17	+	2,8
	0,977	1,3	1 300,0	-	-	-	2,99	2,69	+	1,2	
1 300	3	0,811	11,8	84,3	-	-	-	53,25	1,88	+	11,4
		0,838	0,3	71,4	-	-	-	1,47	1,89	+	0,3
	0,903	4,0	385,8	-	-	-	20,43	2,06	+	4,5	
	11	0,920	1,3	426,0	**	**	**	3,40	1,82	+	1,2

* Para un nivel de significancia del 5%

** altamente significativo, + significativo, - no significativo

⊖ Para un punto de significancia del 5%, + vale superior al D_{α} , - vale inferior al D_{α} , = vale inferior al D_{α}

Cuadro N° 7

VALORES DE LOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS PARA LOS MODELOS
 DEL ESTIMADOR PARA AREA DE COPA PARA LA EXPOSICION SUR

Añ (year)	Mod (%)	R2	Ecc (m)	F	P			S _e (%)	Cu-250 %	F _{0.05}	F _{0.01}	
					a	b	c					
1 000	11	0,981	3,5	1 261,8	**			2,92	2,22	=	2,9	-
		0,967	1,3	1 467,8	**			2,46	2,14	=	1,2	10 ²
	12	0,921	2,8	1 264,5	**			2,82	2,22	=	2,9	-
		0,991	1,3	1 014,4	**			2,48	2,16	=	1,2	10 ²
1 100	11	0,947	4,0	1 126,3	**			18,78	1,27	=	4,5	-
		0,949	1,3	167,7	**			3,53	1,86	=	1,1	10 ²
	12	0,974	4,0	1 141,2	*			18,78	1,33	=	4,5	-
		0,991	1,3	171,8	+			3,18	1,52	=	1,1	10 ²
1 200	11	0,981	3,3	1 280,3	**			14,34	2,25	=	3,7	-
		0,993	1,3	1 371,0	**			2,87	2,42	=	1,1	10 ²
	12	0,981	3,3	1 275,0	**			14,34	2,22	=	3,7	-
		0,983	1,3	1 422,4	**			2,87	2,40	=	1,1	10 ²
1 300	11	0,949	4,7	254,8	**			24,89	1,82	=	4,7	-
		0,943	0,1	264,8	**			0,75	1,88	=	0,1	10 ²
	12	0,999	1,8	2 220,4	**			0,52	1,79	=	1,9	-
		0,993	1,3	2 252,9	**			2,42	1,51	=	1,2	10 ²

0 = Para el nivel de significancia de 10%.

** = altamente significativo, * significativo, + no significativo.

0 = Para un punto de significancia del 5%, * está superior a D_{0.05}, está inferior a D_{0.01}, a distribuido al 5%.

Cuadro N° 5

VALORES DE LOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS PARA LOS MODELOS SELECCIONADOS PARA AREA DE COPA PARA LA EXPOSICION NORTE

NI (muestras)	Med (h ²)	R2	ESSE (m)	F	t	SN (%)	D ₁ /D ₂ (h)	Fum	RMSE
1.000	1	0.807	13,7	297,8	+	15,45	2,07	13,7	-
		0.850	0,4	354,1	+	3,82	2,28	3,3	1,02
	11	0.968	2,5	2.733,6	+	11,03	2,11	2,9	-
		0.862	1,3	1.923,2	+	3,88	2,65	1,1	1,02
1.100	8	0.865	3,5	2,011	+	32,58	1,40	3,8	-
		0.850	0,1	196,2	+	1,26	1,38	3,3	1,02
	10	0.979	3,7	1.528,0	+	15,15	1,18	2,5	-
		0.974	1,2	1.803,9	+	0,60	1,17	1,1	1,02
1.200	4	0.933	7,3	326,1	+	40,65	1,78	3,2	-
		0.855	3,1	178,3	+	0,01	1,24	2,2	1,02
	11	0.943	4,5	483,0	+	21,38	1,02	3,0	-
		0.888	1,1	334,0	+	1,23	1,30	1,0	1,02
1.300	11	0.901	2,0	1.294,5	+	10,40	1,30	2,4	-
		0.891	1,3	1.057,4	+	1,48	1,77	1,0	1,02
	12	0.891	2,0	1.633,7	+	13,48	1,60	2,4	-
		0.891	1,2	1.858,8	+	1,40	1,77	1,0	1,02

+ Para un nivel de significancia del 0,1%

++ altamente significativo + significativo no muy significativo

⊖ Para un punto de significancia del 5% + valor superior al D₁ y/o inferior al D₂ entre D₁ y D₂ - valor inferior al D₂

Los valores de F para los modelos presentados, con y sin ponderación, se mostraron altamente significativos al 95% de significancia.

Los valores de significancia de t fueron significativos y altamente significativos.

El coeficiente de variación de los residuos presenta desde valores muy pequeños hasta valores del 43%.

Algunos de los modelos ensayados presentaron autocorrelación de errores, ya que el índice de Durbin-Watson obtenido en la regresión fue inferior al valor crítico teórico d_L. Otros se presentaron en la zona de indeterminación por lo que no se pudo comprobar la existencia de la autocorrelación de errores por esta métrica. El resto no mostró evidencia de la autocorrelación de errores.

El índice de Speman para cada variable independiente para los modelos finales seleccionados (Figuras N°s 9 a 14) de diferencias no significativas en gran parte de los casos al aplicarse la prueba de F con $n-2$ grados de libertad para un 85% de significancia. Por lo que fue rechazada la hipótesis que había heterocedasticidad en los casos mencionados.

Al observar los t obtenidos de los coeficientes de los modelos elegidos, se puede inferir que no hay multicolinealidad como lo sugiere la bibliografía (Canziani de Frank, 1983).

El R^2 presentó buenos resultados entre los modelos finales seleccionados (Cuadros N°s 9 a 14), pero algunos autores citan que el mismo puede estar sobrestimado por la ponderación (Alder, 1980; Chaschard, 1991). Por otra parte, regresiones en las cuales la misma variable dependiente ha sido sometida a diferentes transformaciones, no pueden compararse directamente mediante R^2 (Alder, 1980). Por lo que se recurrió al índice de Furnival, que toma en cuenta las transformaciones que sufren la variable dependiente, el tamaño de la muestra, las ponderaciones aplicadas y el error estándar de la estimación.

Modelos Finales Seleccionados

Los modelos que presentaron las mejores selecciones (para esta combinación de expresión y ajuste), fueron elegidos a través de ANARE y simplicidad, fueron seleccionados. Se ven mostrados en los Cuadros N°s 9 a 14.

Se tuvo en cuenta como principal estadístico al índice de Furnival, seleccionando aquel modelo con menor valor. Las excepciones son los modelos de Área de Cose para expresión Norte y los 1100 mm, que presentan problemas de autocorrelación de errores.

Cuadro N° 9
MODELOS FINALES SELECCIONADOS PARA ALTURA TOTAL
PARA LA EXPOSICION ESTE

Modelos (metros)		
1000	$H = T = 3,05762E - 0^3 E^2$ $R^2 = 0,83026$ $F_{(2,10)} = 21,3658^{***}$	Modelo B $\ln \text{ sup } = 3,25400$ $\ln \text{ inf } = 1,00^*$
1100	$H = T = 3,78203E - 0^3 E^2$ $R^2 = 0,82281$ $F_{(2,10)} = 20,1419^{***}$	Modelo B $\ln \text{ sup } = 3,66726$ $\ln \text{ inf } = 1,00^*$
1200	$H = T = 2,98160E - 0^3 E^2$ $R^2 = 0,82167$ $F_{(2,10)} = 24,5754^{***}$	Modelo B $\ln \text{ sup } = 3,00085$ $\ln \text{ inf } = 1,00^*$
1300	$H = T = 2,60756E - 0^3 E^2$ $R^2 = 0,82116$ $F_{(2,10)} = 17,8915^{***}$	Modelo B $\ln \text{ sup } = 3,24088$ $\ln \text{ inf } = 1,00^*$

H = Altura Total (m)

E = Dirección N del E en grados norte

FSP = m

ln sup y ln inf = Intervalo de confianza al 95% de los coeficientes cuadráticos

*** estadística significativa al 0,05% de significancia

Cuadro N° 10

MODELOS DE PIMELAS SELECCIONADOS PARA ALTURA TOTAL PARA LA EXPOSICIÓN SUR

Alturas (cm)		
1000	$HT = 0,7575661 D + 0,005125 D^2$ $R^2 = 0,92147$ $SE\text{ (reg)} = 0,00657$ $SE = 14,2222$ ¹⁾ $\Delta\text{Regres} = 1,07^2$	Modelo 7 $R^2 = 0,94337$ $SE\text{ (reg)} = 0,00608$ $SE = 15,0000$
1100	$HT = 2,501307 D^2$ $R^2 = 0,42053$ $SE = 30,0137$ ¹⁾	Modelo 5 $R^2 = 0,77422$ $\Delta\text{Regres} = 1,07^2$
1200	$HT = 1,857746 D^2 + 1,047 D + 0,000000 D^3$ $R^2 = 0,90000$ $SE\text{ (reg)} = 0,00666$ $SE = 14,0000$ ¹⁾ $\Delta\text{Regres} = 1,07^2$	Modelo 10 $R^2 = 0,98071$ $SE\text{ (reg)} = 0,0017010$ $SE = 2,4548$ ¹⁾
1300	$HT = 1,855000 D^2$ $R^2 = 0,97558$ $SE = 22,2266$ ¹⁾	Modelo 8 $R^2 = 0,99061$ $\Delta\text{Regres} = 1,07^2$

HT = ALTURA (cm)

D = Diámetro a la altura del pecho (cm)

SE = SE

SE (reg) y SE (reg)¹⁾ = errores de regresión al 95% de los individuos seleccionados.¹⁾ solamente a partir de un nivel 95% de significancia.

Cuadro N° 11

MODELOS FISICA SELECCIONADOS PARA ALTURA TOTAL PARA LA EXPOSICION NORTE

Actividad (m/min)		
1000	$H(T) = 0,0057116 + 0 - 0,000047110T^2$ $\ln(\text{inf } a) = 0,57420$ $\ln(\text{inf } b) = -0,000180$ $t_a = 14,2826 \text{ "}$ $\Delta(\text{log}) = 1,0^2$	Modelo 0 $\ln(\text{sup } a) = 0,79517$ $\ln(\text{sup } b) = -0,00034$ $t_b = 11,2997 \text{ "}$
1100	$H(T) = 2,0182094 + 0T^2$ $\ln(\text{inf } a) = 1,60998$ $t_a = 23,0788 \text{ "}$	Modelo 1 $\ln(\text{sup } a) = 2,00801$ $\Delta(\text{log}) = 1,0^2$
1200	$H(T) = 1,0000001 + 0T^2 + 40,81707110T$ $\ln(\text{inf } a) = 1,00000$ $\ln(\text{inf } b) = 28,1668$ $t_a = 17,0714 \text{ "}$ $\Delta(\text{log}) = 1,0^2$	Modelo 10 $\ln(\text{sup } a) = 1,00100$ $\ln(\text{sup } b) = 02,07507$ $t_b = 0,8257 \text{ "}$
1300	$H(T) = 1,9400000 + 0T^2$ $\ln(\text{inf } a) = 1,78200$ $t_a = 20,2918 \text{ "}$	Modelo 11 $\ln(\text{sup } a) = 0,15000$ $\Delta(\text{log}) = 1,0^2$

H(T) = Altura total (m).

T = Distancia a la altura del cuerpo (m).

SEB = m.

ln (sup) y ln (inf) = Intervalos de confianza al 95% de los coeficientes estadísticos.

" = Intervalo sign. Fichas al 50% de sign. Fichas.

Cuadro N° 12

MODELOS FINALES SELECCIONADOS PARA AREA DE COPA PARA LA EXPOSICION ESTE

Alturas (metros)		
1000	$AC = 0,105800 \cdot D + 0,000000 \cdot D^2$ $\ln(\ln a) = 0,11405$ $\ln(\ln b) = 0,00210$ $g = 0,0160 \text{ m}^{-1}$ $W_{adj} = 1,0^2$	Modelo 1 $\ln(\ln a) = 0,09755$ $\ln(\ln b) = 0,01974$ $g = 2,7860 \text{ m}^{-1}$
1100	$AC = 0,115762 \cdot D$ $\ln(\ln a) = 0,79726$ $g = 12,7400 \text{ m}^{-1}$	Modelo 3 $\ln(\ln a) = 1,03034$ $W_{adj} = 1,0^2$
1200	$\ln(AC) = 0,908023 \cdot \ln(D)$ $\ln(\ln a) = 0,66600$ $g = 44,5900 \text{ m}^{-1}$	Modelo 11 $\ln(\ln a) = 0,66230$
1300	$AC = 0,717740 \cdot D$ $\ln(\ln a) = 0,16722$ $g = 2,9100 \text{ m}^{-1}$	Modelo 8 $\ln(\ln a) = 0,26626$ $W_{adj} = 1,0^2$

AC = Área de Copa (m²)

D = Diámetro de la altura de copa (mm)

g = m⁻¹

ln(a) y ln(b) = Intervalos de confianza al 95% de las correlaciones calculadas

W_{adj} = ajuste de los datos al 95% de significancia

Cuadro N° 13

MODELOS FINALES SELECCIONADOS PARA AREA DE COPR PARA LA EXPOSICION SUB

Modelo (years)		Modelo
1000	$Ln(AC) = 0.522225 * Ln(D) + 0.2$ $R^2 = 0.50746$ $F = 3.24781^{**}$	Modelo 12 $Ln(AC) = 0.54388$ $R^2 = 0.02$
1100	$Ln(AC) = 0.444185 * Ln(D) + 0.2$ $R^2 = 0.42187$ $F = 21.5573^{**}$	Modelo 13 $Ln(AC) = 0.48559$ $R^2 = 0.02$
1200	$Ln(AC) = 0.21407 * Ln(D)$ $R^2 = 0.56554$ $F = 44.3526^{**}$	Modelo 14 $Ln(AC) = 0.25389$ $R^2 = 0.02$
1300	$AC = 0.581828 * D$ $R^2 = 0.48546$ $F = 16.2734^{**}$	Modelo 3 $Ln(AC) = 0.23483$ $R^2 = 0.02$

AC = Área de COPR (m²)

D = Distancia a la zona del juego (cm)

R² = r²

Ln sup = Ln inf + Intervalo de confianza a 95% de los coeficientes de ajuste.

** Valor es significativo al 5% de significancia.

Cuadro N° 14

MODELOS FINALES SELECCIONADOS PARA AREA DE COPA PARA LA EXPOSICION NORTE

# Resaca (m³/mts)	Modelo 1	Modelo 2
1000	$AC = 0,00943747 * B$ $R^2 = 0,81390$ $t_0 = 14,3757^{**}$	$\ln \text{sup} = 0,07299$ $\ln \text{inf} = 1,0^*$
1100	$AC = 0,041754 * B$ $R^2 = 0,54940$ $t_0 = 14,1135^{**}$	$\ln \text{sup} = 0,03410$ $\ln \text{inf} = 1,0^*$
1200	$AC = 0,053791 * B$ $R^2 = 0,48900$ $t_0 = 13,3783^{**}$	$\ln \text{sup} = 0,00000$ $\ln \text{inf} = 1,0^*$
1300	$\ln(AC) = 0,009922 * \ln(B)$ $R^2 = 0,71390$ $t_0 = 10,2037^{**}$	$\ln \text{sup} = 0,00044$ $\ln \text{inf} = 1,0^*$

AC = Area de copa (m²)

B = Diámetro a la altura de pecho (cm)

R² = r²

ln sup y ln inf = Intervalo de confianza al 95% de los coeficientes (SAS/STAT)

** estadística significativa a 95% de sign. (SAS)

En los gráficos de dispersión de los residuales se observó que los valores no siguen ningún patrón sistemático aparente. En los gráficos de valores predichos = valores observados en algunos modelos, se notó cierta dispersión no deseable de los valores observados con respecto a los ajustados.

Ningún residual normalizado superó el rango de +/- tres desviaciones estándar, factor que permite inferir que todos los datos pertenecen a la misma población (Gnanah, 1991).

Alcances de los modelos

Considerando los intervalos de confianza al 95% de los coeficientes calculados para los modelos de cada combinación de exposición y altura se determinó si existían diferencias significativas

Cuadro N° 15

DETERMINACION DE LOS ALCANCES PARA LOS MODELOS DE ALTURA TOTAL PARA CADA COMBINACION DE EXPOSICION Y ALTUD

	S10	S11	S12	S13	E10	E11	E12	E13	N10	N11	N12	N13
S10	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
S11	ns	-	ns	*	-	ns	ns	-	ns	-	*	*
S12	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
S13	*	*	ns	-	*	*	*	ns	*	*	ns	ns
E10	ns	-	ns	-	-	ns	-	-	ns	*	*	*
E11	ns	ns	ns	*	ns	-	ns	*	ns	*	*	*
E12	ns	ns	ns	*	-	ns	-	-	ns	-	*	*
E13	ns	-	ns	ns	-	*	-	ns	ns	ns	ns	ns
N10	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns
N11	*	*	ns	*	*	*	*	ns	ns	-	ns	ns
N12	*	*	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	-	ns
N13	*	*	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	-

* Significativo al 95% de significancia

ns No significativo

Dentro de una misma exposición se manifiesta un gradiente en la Altura Total que se evidencia a niveles de la significancia, tales como en las Este y Sur. En la exposición Sur los modelos a los 1100 y 1200 msnm son semejantes entre los modelos a los 1000 y 1300 msnm. En la exposición Este el modelo a los 1100 msnm es intermedia entre los modelos a los 1000 y 1200 msnm. También existen diferencias significativas entre los modelos a 1200 y 1300 msnm. En la exposición Norte no se detectaron diferencias significativas entre las distintas altitudes.

Dentro de una misma altitud para diferentes exposiciones se detectaron

diferencias significativas entre la exposición Sur con la Norte a los 1 100 msnm. No se detectaron diferencias significativas a los 1000 y 1200 msnm entre las distintas exposiciones.

Entre distintas exposiciones y alturas se presentaron pocas diferencias significativas al comparar las combinaciones correspondientes a Este y Sur, salvo las del gradiente altitudinal antes mencionado. Pero se detectó una mayor cantidad de diferencias significativas entre dichas combinaciones y las correspondientes a las de la exposición Norte.

Cuadro N° 15

DETERMINACIÓN DE LOS AL CAMPOS PARA LOS MODELOS DE ÁREA DE COBA PARA CADA COMBINACIÓN DE EXPOSICIÓN Y ALTITUD

	E10	E11	E12	E13	E14	E11	E12	E13	N10	N11	N12	N13
E10	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-	-	-
E11	+	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	-	-
E12	+	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-
E13	+	ns	ns	-	ns	-	-	ns	ns	ns	ns	ns
E14	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
E11	+	ns	ns	-	ns	-	ns	ns	ns	-	-	-
E12	+	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	-	-	ns	-
E13	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N10	-	-	ns	ns	ns	ns	-	ns	-	-	-	-
N11	+	ns	ns	ns	ns	-	-	ns	-	-	ns	ns
N12	+	-	-	ns	ns	-	ns	ns	-	ns	-	ns
N13	+	-	-	ns	ns	-	ns	ns	-	ns	ns	-

- : Significativo al 5% de significancia

ns : No significativo

Dentro de una misma exposición se manifiesta un gradiente en el tamaño del Área de Cobertura que se evidencia a través de la significancia (al 5%) como en las Norte y Sur. En ambas exposiciones los modelos a los 1000 msnm presentan diferencias significativas con los modelos de mayores alturas. En la exposición Este no se presentaron diferencias significativas para las distintas alturas.

Dentro de una misma altitud para diferentes exposiciones se detectaron diferencias significativas entre la exposición Sur con la Norte a los 1000 y 1200

marin. La exposición Este con la Norte se diferencia a los 1100 marin. No se detectaron diferencias significativas a los 1300 marin entre las distintas exposiciones.

Entre distintas exposiciones y altitudes se presentaron varias diferencias significativas al comparar las combinaciones correspondientes a Norte, Este y Sur, incluyendo las correspondientes al gradiente altitudinal antes mencionado. Sin embargo, se detectó una muy reducida cantidad de diferencias significativas entre las correspondientes al Sur y al Norte.

CONCLUSIONES

Para el ajuste de ecuaciones de Altura Total, el modelo que mejor se adaptó es el potencial, de potencia $n=0.5$. Para el ajuste de ecuaciones de Área de Copa el modelo que mejor se adaptó es el lineal, con ordenada al origen igual a cero.

Con respecto a los estadísticos ensayados, los modelos presentaron distintos comportamientos en el ajuste. Un mejor ajuste y aptitud se observó en los modelos que fueron ponderados por la inversa de GAP elevado al cuadrado y, en consecuencia, el error estándar de la estimación disminuyó notablemente. Por otra parte, la presencia de coeficientes independientes en los modelos está asociada a los valores más bajos de los estadísticos y peor aptitud en el análisis del ANARE.

En cuanto a los modelos de Altura Total seleccionados, menos del 7% de la variación no es explicada por el GAP y sus transformaciones algebraicas. El coeficiente de variación de los residuos varía entre 0,3 y 4%. Para los modelos de Área de Copa, en tanto, menos del 18% de la variación no es explicada por el GAP y sus transformaciones algebraicas. El coeficiente de variación de los residuos osciló entre 0,01 y 3%.

Dentro de una misma exposición se manifiesta un gradiente en la Altura Total y Área de Copa, lo que daría la pauta para el ajuste y uso de ecuaciones individualizadas por rango de altitud. La exposición Norte no presentó diferencias significativas en las diferentes altitudes para Altura Total. La exposición Este no presentó diferencias significativas en las diferentes altitudes.

para Área de Copa.

Dentro de una misma altitud se detectaron diferencias en los modelos de Altura Total y Área de Copa, lo que daría la pauta para el ajuste y uso de ecuaciones individualizadas por clases de exposición. La exposición Norte es la más distinta en relación a la Este y la Sur.

RECONOCIMIENTOS

Aj. Sr. Andrés Nicolás Focke por su apoyo en la toma de datos de campo. Al Productor Forestal Sr. Nicolás van Renswambampf por el apoyo logístico y movilización en el lugar de la campaña.

REFERENCIAS

Altier, D., 1981. Estimación del Volumen Forestal y Predicción del Rendimiento con Referencia Especial a los Trópicos. Predicción del Rendimiento. Vol 23/3. FAO-Roma, Italia.

Bonner, G. y Testin, D., 1983. Biometría. Los Métodos Estadísticos para la Elaboración de Experimentos Biológicos. Ed. Acribia, España.

Cattles, F., 1981. Estimación del Volumen Forestal y Predicción del Rendimiento con Referencia Especial a los Trópicos. Estimación del Volumen. Vol 22/1. FAO-Roma, Italia.

Comitato de Frank, N., 1983. Manual de Estadística Aplicada. Tomo II. Ed. Hemisferio Sur, Argentina.

Carabelli, F. A., 1981. Estudio Etnográfico sobre Lengua (*Neothoeque punilla* (Poeppe et Endl) Kraussler, con Énfasis en Aspectos de Dinámica y Manejo del Bosque). Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia, Centro de Investigaciones Forestales, Argentina.

Clutter, J.; Fortson, J.; Plummer, L.; Brider, G. y Bailey, R., 1983. *Timber Management a Growth-Oriented Approach*. Wiley & Sons, EE.UU.

Chausard, L., 1981. Forma de Funciones de Volumen de Lengü (Nuthofagus pumilio (Poepp et Endl) Krasser). Actas de las VI Jornadas Técnicas - Inventarios Modelos de Producción y Crecimientos Forestales. Eilatado, Pág. 25-39. Argentina

Donzoso, G., 1985. Relaciones Vegetación Suelo y Exposición en la Formación Forestal "Bosque Andino Acialto" en el Área de Eulhu. Departamento de Silvicultura, Universidad de Chile, Chile

Friedl, R.; Costas, R.; Malbeco, D.; Grande, L. y Palavecino, J., 1981. Construcción de Tablas de Volúmenes Estándares para (Nuthofagus pumilio (Poepp et Endl) Krasser) o Nive. Actas de las VI Jornadas Técnicas - Inventarios Modelos de Producción y Crecimientos Forestales. Eilatado. Pág. 57-65. Argentina

Gallard de Benítez, G.; Gale de Ferrari, J. y Pece de Rios, M., 1968. Determinación de Curvas de Altura en Función del Diámetro en Pruebas Experimentales de Admisión de la Especie Experimental San Carlos. Departamento Banco, Santiago del Chile. Actas del V Congreso Forestal Argentino. Santiago del Ecuador. Pág. 22. Argentina.

Lilje, T. y Hillis, J., 1965. *Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura*. Ed. Trilce, México.

Moore, D., 1983. *Flora del Tierno del Fuaga*. Publicado por Anthony Nelson (England) y Mission Scientific Garden (USA)

Mutterelli, E. y Orilla, E., 1975. Plan de Investigaciones Silvo-Castóricas en las Elapas de Ordenación. Rec. para el y Producción Económica de las Hoqueas Andino-Patagónicas. Informe FPA. Convenio CAFFTA-Coleto de Desarrollo (UBA), Instituto. Cátedra de Silvicultura. Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP)

Kater, J. y Wasserman, W., 1971. *Fundamentos de Estadística*. Compañía Ed. Continental, México

Orilla, E., 1987. Consideraciones Desempeños sobre (Nuthofagus pumilio (Poepp et Endl) Krasser) en la Zona del Lago General Witter. Prov. del Chubut, Rep. Argentina. Jornadas sobre Nuthofagus y la Le Argostera. Neuquén, Argentina

Puentes, M.; Marín, D. y Cuevas, A., 1985. Modelo de Ecuación para Bosques de (Nuthofagus glauca (Pill) Krasser) en Eulhu. Cpro. de Manejo de Recursos Forestales. Investigación y Desarrollo Forestal. Chile

Sokal, R y Rohlf, J., 1984. Introducción a la Bioestadística. Ed Reverté. España.

Uriarte, A. y Grosse, H., 1991. Los Bosques de Lengua. Una Orientación para su Uso y Manejo (Recopilación Bibliográfica). Informe Técnico N° 126. CORFO-INFOR. Chile.

Yamane, T., 1979. Estadística. Ed Harla. México.

EL GENERO *Nothofagus* BLUME EN CHILE, ALGUNAS IMPLICACIONES DE SU DIVERSIDAD BIOLÓGICA. Claudia Polyméris, Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, Casilla 2407, Concepción.

RESUMEN

Se examina el rol de los factores que probablemente hayan llevado al desarrollo de la variabilidad morfológica observada en los taxa de *Nothofagus* Blume dentro de su rango de distribución en Chile. Se sugiere que se trata de adaptaciones a gradientes ambientales, basadas en un polimorfismo genético, el cual sería fundamental para la diversidad biológica del género, lo que explica, a su vez, consecuencias para la conservación de *Nothofagus* en Chile.

INTRODUCCION

El género *Nothofagus* constituye un elemento estructural muy importante de los bosques del sur de Chile, donde está presente con 11 taxa. El género, que está conformado, en la actualidad, por 35 especies en el mundo (Hill & Read 1991), ha sido objeto de numerosas estudios. Se ha investigado tanto su distribución en el pasado y actual como su ecofisiología, la fisiología de los bosques dominados por éste y la variabilidad morfológica presente en muchas de sus especies.

Las especies vivientes de *Nothofagus* tienen una distribución restringida al Hemisferio Sur, donde están presentes en el sur de Sudamérica, Australia, Nueva Zelanda, Nueva Caledonia y Nueva Guinea. Esto le da una posición interesante al género con respecto a los demás representantes de la familia Fagaceae, que tienen una distribución casi exclusivamente boreal (Hill & Read 1991). La edad de esta familia junto con sus características de dispersión, le dan gran importancia en la discusión biogeográfica y paleobotánica (Haywood et al. 1982).

Debido a que la mayoría de los representantes del género *Nothofagus* en Chile son explotados por su madera; roble, roble blanco, roble maulino, colihue, ruli, ruli, lenga, colihue de Magallanes y colihue de Chiloé (Rodríguez et al. 1983), estos han sufrido una explotación bastante intensa. La especie *N. alexandri* Espinosa ha sido catalogada como "en peligro", mientras que *N. glauca* (Phil.) Krasser y *N. leonii* Espinosa son consideradas como "vulnerables" en la Lista Roja de la Flora Chilena Terrestre (Bent 1988). Por ello, se impone la necesidad de criterios adecuados de manejo y conservación para el género *Nothofagus* en Chile.

En el presente trabajo, se examina el rol de los factores que posiblemente hayan llevado al desarrollo de la variabilidad morfológica observada en las taxa de *Nothofagus* dentro de su rango de distribución en Chile, el cual estaría relacionado a eventos del pasado. Se sugiere que se trata de adaptaciones a gradientes ambientales basadas en un polimorfismo genético, el cual sería fundamental para la diversidad biológica del género, lo que implica, a su vez, consecuencias para la conservación de *Nothofagus* en Chile.

DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL GÉNERO NOTHOFAGUS BLUME EN CHILE

Actualmente, se reconoce la presencia de 11 taxa dentro del género *Nothofagus* Blume en Chile. Se trata de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser, *N. alexandri* Espinosa, *N. alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst., *N. obliqua* (Mirb.) Oerst. var. *obliqua*, *N. obliqua* (Mirb.) Oerst. var. *macrocarpa* (A. DC) Reiche, *N. pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser, *N. dombeyi* (Mirb.) Oerst., *N. nitida* (Phil.) Krasser, *N. betuloides* (Mirb.) Oerst., *N. antarctica* (G. Forster) Oerst. y *N. leonii* Espinosa (Maricorena & Guzzada 1988, Rodríguez et al. 1983). Varios autores, entre ellos Fuenzalida (1966), Galardo (1983), Ormazabal & Bent 1 (1985), Rodríguez et al. (1983), Ramírez (1987), así como Schimper (1855), describen la distribución actual del género *Nothofagus* en Chile.

La especie cuyo rango de distribución llega más al norte es *N. obliqua*, cuya variedad típica, el roble, se encuentra desde la provincia de Colchagua en la VI Región hasta la de Llanquihue en la X Región, creciendo en las laderas de ambas cordilleras y en la depresión intermedia. En el extremo norte del área

de distribución del género se encuentra *N. obliqua* var. *macrocarpa*, el roble blanco, en un sector restringido entre la provincia de Valparaíso en la V Región y la de Rancagua en la VI Región. En el Parque Nacional La Campana (32° 55'40") se hallan los ejemplares más noroccidentales de este taxón. *Nothofagus obliqua* var. *obliqua* y *N. obliqua* var. *macrocarpa*, al igual que *N. glauca* (roble maulino), *N. alexandri* (ruil), *N. alpina* (ruil) y *N. leonii* (ruil) se desarrollan en un clima de tipo mediterráneo y presentan hojas caducas.

Nothofagus glauca, *N. alexandri*, *N. leonii* y *N. obliqua* var. *obliqua* están presentes en el Bosque Caducifolio Maulino (Gajardo, 1983) o Bosque de Transición (Fuenzalida 1983), que se ubica en la Cordillera de la Costa de las provincias de Talca y Cauquenes. Además, en los cursos de agua, se encuentra allí *N. dombeyi*, especie de hoja chica y perenne (Rodríguez et al. 1983).

Nothofagus dombeyi (coihue), *N. nitida* (ushue de Chiloé) y *N. betuloides* (coihue de Magallanes) poseen hojas chicas y perennes; los coihues predominan desde la provincia de Valdivia hasta el Cabo de Hornos. *Nothofagus antarctica* y *N. pumilio*, especies de hoja chica y caduca, se desarrollan en climas subantárticos fríos y secos. El extremo sur del área de distribución del género es el Cabo de Hornos, a una latitud aproximada de 55° 55' S.

Se pueden entonces distinguir dos centros importantes de distribución del género en Chile, uno representado por los bosques al sur del río Biobío (37°45' S, aproximadamente), es decir, el Bosque Meridional y la Planicie Siempreverde Austral (Schmidtsson 1956), y el otro por el Bosque Caducifolio Medio al norte del río Biobío (Gajardo 1983). Los taxa que unen a los dos centros son *N. obliqua* var. *obliqua* y *N. dombeyi*. El primero hace la conexión con el límite norte del área de distribución del género (32°35'40") y, el segundo, llega hasta los Bosques Andino-Patagónicos (Gajardo 1983), donde se asocia a especies de *Nothofagus* de hoja chica y caduca, las que a su vez llegan hasta el límite altitudinal y el extremo sur del área de distribución del género (Cabo de Hornos, 55°55' aproximadamente).

VARIACIÓN E HIBRIDACIÓN EN ESPECIES DE *NOTHOFAGUS* CHILENO

Variación clinal o continua así como variación discontinua, también llamada variación racial o ecotípica, son fenómenos que se describen con frecuencia para los fenotipos de especies arbóreas en su ambiente natural (Stem & Roche 1974). En el área de distribución del género *Nothofagus*, se observan con frecuencia variaciones, tanto continuas o clinales como discontinuas o ecotípicas. Como se pudo comprobar revisando material de herbario, los caracteres fenotípicos de especímenes pertenecientes a una misma especie de *Nothofagus* pueden variar bastante de un lugar a otro, en lo que se refiere a forma, tamaño, textura y otras características de las hojas.

Donoso (1987) describe una variación clinal en peso y tamaño de nueces de *N. obliqua*. Peso y tamaño disminuyen gradualmente desde el norte al sur del área de distribución del taxon, y desde altas a bajas alturas. Según Donoso la variación latitudinal es de tipo discontinua y la separación de los dos "ecotipos" se produce a la altura de Malleco (altitud 39°30'S). El "ecotipo" presente al norte de Malleco se caracteriza por una alta capacidad germinativa y buena respuesta a la estratificación fría, en cambio el "ecotipo" presente al sur tiene baja capacidad germinativa y poca respuesta a la estratificación fría. En el sentido altitudinal, según Donoso (1987), existe una variación clinal o continua en cuanto a peso de semillas y número de estambres por flor masculina, en el mismo taxon.

Además, Donoso observó una variación clinal en el tamaño de las semillas de *N. alpina*. Esta disminuye de norte a sur, entre las latitudes 35° y 40°S. La variación observada por el autor en cuanto a capacidad germinativa es similar a la de *N. obliqua*, pero las tendencias se expresan con menos nitidez. También en *N. dombayii* se encontró el fenómeno de variación clinal en cuanto a tamaño de semillas así como en cuanto a viabilidad y capacidad germinativa, en poblaciones entre las 37° y 40° latitud sur. Para los tres parámetros mencionados se observó una disminución gradual de norte a sur (Donoso 1987, Ochoaiz 1986).

Se ha observado una población de *Nothofagus* cerca de las Termas de Chillán (35°53'S-71°28'W), en un sitio perturbado al lado de una cascada de lava, donde los árboles presentaron características intermedias entre *N. obliqua* y *N. punilla*. Por lo tanto, se puede especular que se trataría de un probable híbrido de *N. obliqua* x *N. punilla*. De hecho, existe abundante evidencia para hibridación entre diferentes especies del género *Nothofagus*

en su área de distribución en el mundo (Donoso 1978, 1987; Donoso & Aizenz 1983; Donoso & Landrum 1979; Hill & Road 1991; Morales 1986; Steens 1963, 1971, entre otros).

Steens (1963) sugirió que *N. leonii*, por sus características intermedias entre *N. obliqua* y *N. glauca*, podría ser un híbrido entre estas. Donoso & Landrum (1979) concluyeron que efectivamente *N. leonii* corresponde a un híbrido entre *N. obliqua* y *N. glauca* y que no sería de distribución tan restringida como se había pensado, sino que se podría producir también en otras áreas de contacto de poblaciones de *N. obliqua* y *N. glauca* (Donoso 1987). Morales et al. (1986) sugieren la existencia de híbridos entre *N. obliqua* y *N. alpina*, posiblemente a lo largo de toda la distribución de *N. alpina*, y muy probablemente en el límite norte de la distribución de *N. alpina*. Según Donoso (1987) existe evidencia además, para la ocurrencia de hibridación entre *N. antarctica* y *N. punifolia*, la que podría ser responsable, en parte, de la variabilidad fenotípica de *N. antarctica*.

Asimismo, existe amplia evidencia para la hibridación que ocurre entre las especies siempreverdes de *Nothofagus* en Chile. Muñoz (1980) menciona la presencia de un probable híbrido entre *N. betuloides* y *N. dombeyi* en el Parque Nacional Foyehue. Heusser (1984) observó una variabilidad en poblaciones puros de *N. nitida* y *N. betuloides* en los alrededores de la Laguna San Rafael y sugiere que ocurre hibridación entre estas especies. Donoso & Aizenz (1982) confirmaron que se produce hibridación entre *N. dombeyi* y *N. nitida* por un lado y, por otro, entre *N. dombeyi* y *N. betuloides*.

DISCUSION

Diferentes especies del género *Nothofagus* hibridan con facilidad. La producción de híbridos fértiles permite la hibridación introgresiva con incorporación de genes de una especie al pool genético de otra (Donoso 1987; Siem & Roche 1974). Considerando como válidas las especies del género *Nothofagus* en Chile, dentro de un modelo básico de gradualismo métrico (Ronnquist 1984), y dado el patrón de distribución actual de las taxa del género en Chile y la gran variabilidad fenotípica observada dentro del rango que ocupa, se propone la siguiente hipótesis:

El patrón evolutivo del género *Nothofagus* en Chile se puede interpretar como resultado de la adaptación a un ambiente determinado, su primer término por un gradiente climático complejo marcado por las condiciones hícticas y térmicas y modificado por un segundo gradiente o eje de variación, que correspondería a las perturbaciones naturales.

Historia Biológica del Género *Nothofagus*

Nothofagus ha sido concebido como un género clave para la biogeografía (Van Steenis 1971) y su historia filogeográfica y evolutiva ha captado el interés de los especialistas. Existe amplia y controvertida literatura acerca del tema (Cooque 1961; Hill 1991; Hill & Read 1991; Philipson & Philipson 1985; Román 1984, 1988; Steenis 1953, 1971, entre otros). Con respecto a los patrones de distribución y de variación del género en Chile, la historia biológica de *Nothofagus* permite la interpretación de los siguientes aspectos:

Patrones de Hibridación

Según Román (1984), los presuntos ancestros del género *Nothofagus*, cuya presencia en el Hemisferio Sur está documentada por polen del tipo "fusca" que aparece en el Santuario en el Sur de Australia, eran árboles con hojas pecínicas y con siete floras por inflorescencia. Según Philipson & Philipson (1985), es probable que el hábito siempreverde haya evolucionado más de una vez en la historia del género y, por lo tanto, no necesariamente constituirá un rasgo primitivo. Hill & Read (1991), a su vez, observan que el carácter "siempreverde" evolucionó independientemente por lo menos tres veces dentro del género y por lo tanto no sería útil como carácter primario en la clasificación infragénica. En cambio, estos autores sugieren que la hibridación solamente es posible entre especies que poseen el mismo tipo de árbol.

Los patrones de hibridación observados en Chile son consistentes con esta hipótesis. *Nothofagus nitida*, *N. domboeyi* y *N. betuloides* tienen polen del tipo "fusca", mientras que *N. obliqua*, *N. glauca* y *N. alpinus* así como *N. antarctica* y *N. punicea* poseen polen de tipo "merziesi" (Philipson &

Philippson 1988]. Ahora bien, hay que dejar constancia, que para el caso particular y restringido de Chile, estos dos grupos coinciden también en cuanto a hábitos siempreverde y deciduo, respectivamente. En el caso de las rônchas: *N. betuloides*, *N. dombergii* y *N. nitida*, éstas poseen flores, hojas y cutículas de características similares, y se supone que las tres especies son de diferenciación muy reciente (Sierota 1953, 1971, HIE & Reed 1991).

Adaptación a las Bajas Temperaturas

Sierota (1971) postula que en el Terciario hubo una variedad de *Nothofagus* mucho más amplia que hoy y que al deterioro del clima durante el Terciario Tardío y las glaciaciones del Pleistoceno llevaron a la destrucción del bosque mesófilo austral, constituido, entre otros, por especies de *Nothofagus* más termófilas. El autor explica la selección de especies adaptadas a climas templado-fríos por el trayecto a lo largo de la frontera antártica, que habría sido una ruta de dispersión del género. En este trayecto habrían sobrevivido sólo especies capaces de soportar temperaturas bajas.

Romero (1986) sostiene que en las paleofloras del Hemisferio Sur, que constituyen una mezcla entre especies supuestamente adaptadas a climas tropicales y subtropicales con especies de climas templado-fríos, *Nothofagus* siempre es indicador de temperaturas más frías. El mismo autor concluye que los cambios climáticos durante el Plioceno y Pleistoceno llevaron tanto a la extinción de especies del tipo "brazo" en Sudamérica, Nueva Zelanda y Australia, como probablemente a la diferenciación del grupo de especies *N. dombergii*, *N. betuloides* y *N. nitida*.

Patrón de Distribución

Simpson (1979) postula que el río Biobío marca un punto geográfico que divide la vegetación. Este cuembre se produce por la influencia de varios factores: la altura de la Cordillera de los Andes disminuye alrededor de los 38°S; el ciclo de vientos producto del ciclón del Pacífico gira y pasa por la misma latitud; el patrón de glaciaciones fue de otro tipo al norte de los 40° S; y la actividad sísmica causada por la tala de Lebu tiene otra dinámica al sur de

la línea de quiebra puntuada.

La distribución de las grandes masas boscosas dominadas por *Nothofagus* parece seguir este mismo patrón. El bosque maunío, al norte, y los bosques al Sur del Bío-Bío están divididos por un quiebre alrededor de la latitud 38°S. Este patrón se repite además en la distribución de los dos "ecotipos" de *N. obliqua* reconocidos por Donoso (1987).

Flexibilidad Adaptativa

En general, se puede sostener que el género se caracteriza, a través de su historia biológica, por una gran plasticidad evolutiva, que le lleva a ocupar una amplia variedad de hábitats y a adaptarse a cambios climáticos y geomorfológicos. La historia de glaciaciones, con consecutivos ensamblamientos geográficos y reversiones de estos, habría favorecido tanto la especiación incipiente como la reversión de la misma, causando un complejo cuadro de variabilidad en el género caracterizado por procesos de hibridación e introgresión (Stem & Roche 1974, Donoso 1987).

El Gradiente Climático Complejo

Varios autores describen la fitosociología de los bosques dominados por especies de *Nothofagus* y las condiciones climáticas bajo las cuales se desarrollan en la Zona Mesomérica e Higrómerica de Chile (Alberdi 1987, Ramírez 1987, Ramírez et al. 1985). La distribución de formaciones boscosas se rige principalmente por la disponibilidad de agua. En las zonas templadas y templado-frías con estaciones marcadas, las adaptaciones a la estación desfavorable, y en especial a las temperaturas bajas, tienen gran importancia (Stem & Roche 1974).

La historia evolutiva del género *Nothofagus* tiene una estrecha relación con la selección de genes que proporcionan resistencia al frío. Muchos de los hábitats ocupados por especies del género *Nothofagus* están sometidos a situaciones de estrés térmico y, asociado con él, estrés hídrico, con características como temperaturas nocturnas bajas y heladas en invierno,

primavera e incluso verano, que ejercen una fuerte presión selectiva sobre propiedades relacionadas con la resistencia al frío y el balance hídrico (Ramírez et al. 1985, Altamir 1987).

Como propiedades relacionadas a una adaptación a las bajas temperaturas en el género *Nothofagus*, se nombran en la literatura características como presencia de sustancias crioprotectoras, resistencia de hojas y tallos a bajas temperaturas, esclerifolia (Albert 1987), así como cambios en la composición de lípidos en los cloroplastos (Albert et al. 1981) y cambios en contenido de simonólicos (Mora-Basso et al. 1986). En *N. dombeyi* se observó un aumento de sustancias que cumplen funciones crioprotectoras in vitro en estados tempranos de desarrollo, las que proporcionarían una mayor resistencia al frío a las plántulas y tendrían relación con la capacidad de la especie para colonizar hábitats desfavorables (Altamir 1987).

Debido a que variaciones climáticas a lo largo del área de distribución de un taxón se pueden explicar de la manera más simple como el producto de la selección natural a lo largo de gradientes climáticos (Eliam & Roche 1974), se puede postular que las variaciones climáticas detectadas en poblaciones de especies de *Nothofagus* probablemente son el resultado de cambios de frecuencias génicas, basados en el valor selectivo de ciertos genes que varía a lo largo de gradientes climáticos marcados por factores hídricos y térmicos. Esta variación a lo largo de gradientes climáticos está bien documentada para *N. obliqua* (Donoso 1979, 1987). Por otro lado, en las especies *N. dombeyi*, *N. antarctica*, *N. pumilio*, y *N. betuloides* es notable la selección de caracteres relacionados a la resistencia al frío, aunque esta propiedad haya alcanzado un desarrollo menor que la de especies arbóreas pertenecientes a la misma sinclase Hamamelidae, por ejemplo en *Betula* sp., en el Hemisferio Norte (Siew & Larcher 1987).

El Gradiente de Perturbación Natural

Eliam & Roche (1974) sostienen que la importancia de eventos catastróficos en ciertas áreas puede ser tal que lleva a adaptaciones o estrategias adaptativas de las plantas frente a ellos, sobre todo cuando se repiten con cierta frecuencia. White (1979) discute en forma exhaustiva la influencia de perturbaciones naturales y eventos catastróficos sobre la vegetación. Según este autor, a dinámicas generada por un régimen de perturbaciones es difícil de

reconciliar con el concepto de clima, ya que éste está basado sobre la idea de la ecogénesis de una comunidad en un medio físico estable, con un desarrollo continuo hasta llegar a la comunidad climática, la que representa la vegetación de óptima adaptación a un ambiente estable dado (Weaver & Clements 1944). Si bien Whittaker (1967) excluyó perturbaciones mayores de su concepto del gradiente ambiental complejo, White (1979) señaló que el gradiente de perturbación natural, que va desde perturbaciones menores de mayor frecuencia hasta perturbaciones mayores de menor frecuencia, está íntimamente relacionado al gradiente ambiental complejo.

En Chile se han efectuado estudios sobre la dinámica regenerativa en bosques dominados por especies de *Nothofagus*, después de eventos mayores de perturbación, tales como deslizamientos de tierra asociados a terremotos (Veblen & Ashton 1979; Veblen et al. 1981). También se ha estudiado la dinámica de regeneración después de perturbaciones menores, tales como la caída de árboles producida por el viento (Veblen & Donoso 1987).

En parcelas viejas, no perturbadas, de *Nothofagus* se encuentran, generalmente, grandes árboles y escasos los de menor diámetro. En cambio, en los deslizamientos de tierra en la Cordillera de los Andes, producto del terremoto de 1960, Veblen & Ashton (1979) observaron una gran abundancia de plántulas de *Nothofagus*. Se ha visto que *N. obliqua* coloniza rápidamente sitios alterados por deslizamientos en altitudes bajas (junto a *Eucryphia cordifolia* Cav. y *Weinmannia trichosperma* Cav.). En altitudes medias, *N. alpina* y *N. dombeyi* demuestran capacidad colonizadora en estos sitios.

Según Veblen et al. (1981), el crecimiento de plántulas de *N. dombeyi*, en bosques no alterados, es inhibido por *Chusquea cutaeou* Decr. y *Laurolepis philippiana* (Looser) Schott. *Nothofagus dombeyi* depende para su regeneración de la floración y muerte simultánea de *Chusquea*, a menos que se produzcan perturbaciones por causas externas, tales como la producción de claros por árboles derribados por el viento, o a mayor escala, por deslizamientos de tierra y otros eventos asociados a terremotos y erupciones volcánicas (Whitmore 1982; Veblen et al. 1981).

Cuando se producen grandes claros, por golpes de viento, deslizamientos de tierra o depósitos de cenizas volcánicas, se observa regeneración nativa por parte de *N. dombeyi*, *N. alpina* y *N. obliqua* (Veblen & Donoso 1987). Según estos autores, a pesar de que *N. alpina* se desarrolla con preferencia en grandes claros, esta especie tiene más capacidad que *N. dombeyi* para establecerse también en claros de menor superficie.

En el límite del crecimiento vegetal, en la Cordillera de los Andes de la Región de los Lagos, N. antarctica coloniza sitios donde se han producido erosiones y depósitos de escoria. Cuando estos sitios se han estabilizado, N. pumilio se introduce en ellos. A altitudes más bajas, se encuentran bosques puros de N. pumilio, que consisten de parcelas coetáneas originadas generalmente por deslizamientos de nieve (Vedren & Donoso 1967, Vedren et al. 1981). Según estos autores, a altitudes más bajas todavía, hay bosques mixtos de N. pumilio con N. dombeyi, que se encuentran sobre antiguos depósitos de material de origen volcánico. Aquí también se observaría regeneración en los claros producidos por la caída de árboles viejos, aprovechados sobre todo por N. pumilio, ya que N. dombeyi aparentemente es menos tolerante a la sombra. Whitmore (1982) sugiere que existe un continuo de respuestas frente a eventos de perturbación a menor o mayor escala en los árboles dominantes en bosques alpinos, con *Androthoe punctatum* R. et P. como especie muy tolerante a la sombra en un extremo del espectro y N. obliqua en el otro. Whitmore (1982) sitúa la dinámica regenerativa de *Nothofagus* dentro del modelo del "gap phase replacement" (regeneración por fases dentro de claros) de Watt (1947), quien postuló un patrón de sucesión cíclica, dependiente sobre la apertura de claros en la vegetación, donde se producirían los procesos de regeneración.

En general, se puede sostener que aspectos de *Nothofagus* poseen una alta capacidad colonizadora de sitios inestables y que su regeneración frecuentemente está ligada a perturbaciones menores o mayores. En el caso de los claros de menor diámetro, especies más tolerantes a la sombra tienen oportunidad más alta para regenerarse en ellos. Especies menos tolerantes a la sombra mantienen sus parcelas coetáneas, que son resultado de la colonización de grandes claros dejados por perturbaciones a mayor escala. Las parcelas coetáneas son susceptibles a caer enferas, cuando se produce otro evento de perturbación mayor, formando así un claro apto para la regeneración de una futura parcela coetánea de especies intolerantes a la sombra. Esta dinámica regenerativa se puede interpretar como adaptación frente a perturbaciones naturales.

Por otro lado, existe una relación entre sitios perturbados y la ocurrencia de híbridos. Muchos de los híbridos donde efectivamente se ha observado la formación de hibridación entre especies de *Nothofagus*, coinciden con la definición de "hábitat de híbridos" de Anderson (Dorman & Allan 1983).

Además, en poblaciones marginales, en el extremo del rango de distribución de una especie, se producen presiones de selección muy altas. En especies

ploneras se observa una alta incidencia de polimorfismo, interpretada por Stem & Roche (1974) como un fenómeno adaptativo. La variabilidad y el polimorfismo es evidente en el género *Nothofagus*, por lo tanto, se puede interpretar en parte como resultado de adaptaciones a situaciones de perturbación natural, las que significarían presiones fuertes de selección y generarían poblaciones marginadas. En poblaciones marginadas y aisladas se producen además efectos como la deriva genética aleatoria (Stem & Roche 1974; Harris 1984). Por lo anterior, se concluye que la perturbación natural juega un rol probablemente muy importante en el desarrollo del patrón evolutivo en el género *Nothofagus*.

CONCLUSIONES

La distribución actual de *Nothofagus* en Chile está relacionada a eventos del pasado. Se pueden reconocer, en la historia biológica del género *Nothofagus*, algunos rasgos que se mantienen en el tiempo hasta hoy, como la estrecha relación de la distribución pasada y actual con gradientes climáticos marcados por bajas temperaturas, así como la importancia de perturbaciones naturales mayores en los sitios ocupados por representantes del género. La variabilidad actual presente en las especies del género, tanto intra como interpoblacional, parece corresponder a adaptaciones a un gradiente ambiental complejo, marcado de manera decisiva por el frío, y modificado de manera puntual por perturbaciones locales a mayor o menor escala.

Aquí se propone además, que las variaciones citiales o continuas observadas tendrían más relación con el gradiente climático y responderían a presiones selectivas ejercidas por éste, mientras que las variaciones discontinuas entre poblaciones pueden haber sido causadas por efectos aisladores o marginadores producidos por eventos de perturbación. En el primer caso, la selección promovería la diversidad en un medio estable determinado casi exclusivamente por factores climáticos con cierta predictabilidad, mientras que en el segundo caso se produciría una selección direccional, con pérdida y fijación de alelos, a nivel local, en un ambiente inestable caracterizado por eventos de perturbación que se producen a intervalos impredecibles en el tiempo.

Para examinar esta propuesta, será necesario efectuar estudios comparativos de las características de poblaciones de una especie de *Nothofagus* ubicadas en la Cordillera de la Costa, considerada como medio

más estable, con poblaciones de la Cordillera de los Andes, que representa el medio más perturbado. Se tendrían que encontrar entonces patrones de variación clinal en la Cordillera de la Costa y patrones de variación discontinua entre las poblaciones de la Cordillera de los Andes.

Adaptaciones locales a gradientes ambientales, basadas en polimorfismo genético, se observan en muchas especies arbóreas (Fiamó et al. 1984; Stern & Rocha 1974) y es probable que la variabilidad observada en las especies de *Nothofagus* también sea basada en polimorfismo genético. Esta variabilidad intraespecífica tiene que ser considerada como componente de la diversidad biológica y la variabilidad genética, entre y dentro de poblaciones, es importante para la flexibilidad adaptativa y la evolución futura de las taxa (Harris et al. 1984).

En cuanto a la conservación del género *Nothofagus* en Chile, por deducción, sería importante mantener el mayor número posible de genotipos de cada especie a lo largo de los gradientes climáticos y geográficos presentes en Chile y no sólo los ejemplares concentrados en áreas de protección geográficamente muy distantes, ya que ellas no pueden representar la amplitud de la diversidad biológica de las especies de *Nothofagus*. En consecuencia, parece más adecuado crear múltiples áreas pequeñas de protección, cuyo límite de tamaño inferior dependería de los requerimientos de las taxa a proteger (Larvén 1981), así como de los recursos genéticos de las poblaciones. Para determinar el tamaño mínimo de áreas de protección, será muy importante efectuar a futuro estudios en el campo de la genética de poblaciones en el género *Nothofagus*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Eduardo Ugarte M., Profesor del Departamento de Botánica de la Universidad de Concepción, por sugerencias y críticas al manuscrito del presente estudio.

BIBLIOGRAFIA

- Alberdi, M. 1987. Ecofisiología de Especies Chilenas del Género *Nothofagus*. *Boqueo* 8 (2): 77-84.
- Alberdi, M., Moza-Basso, L., Fernández, J., Crieff, R. & Romero, M. 1991. Lipid Composition of Chloroplasts from Cold-acclimated and Non-acclimated *Nothofagus dumbei*. *Phytochemistry* 30 (3): 753-758.
- Barot, J.L. (Ed.) 1969. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Primera Parte). 157 pp. CONAF, Santiago de Chile.
- Cronquist, A. 1961. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. 1292 pp. Columbia University Press, New York.
- Domaa, C. 1979. Cerecologial Differentiation in *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. in Chile. *Forest Ecol. and Manag.* 2: 53-66.
- Domaa, C. 1987. Variación Natural en Especies de *Nothofagus* en Chile. *Boqueo* 8 (2): 85-87.
- Domaa, C. & Allieria, J. 1983. Hibridación Natural entre Especies de *Nothofagus* Sempervirentes en Chile. *Boqueo* 5: 21-34.
- Domaa, C. & Landrum, L.R. 1979. *Nothofagus* *leoni* Eplingii, a Natural Hybrid between *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. and *Nothofagus glauca* (Poe.) Krnzsch. *New Zealand J. Bot.* 17: 353-360.
- Fuenzalida, H. 1963. *Biogeografía in Geografía Económica de Chile*. CONAF, Santiago de Chile.
- Gajardo, R. 1981. Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa Chilena. 215 pp. CONAF, Santiago de Chile.
- Harris, L.D. (Ed.) 1984. The Fragmented Forest. Island Biogeography and the Preservation of Biotic Diversity. 211 pp. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Harris, L.D., Mc Ginnis, M.E. & Mariani, M.N. 1984. Genetic Resources and Biotic Diversity. In: Harris, L.D. (Ed). *The Fragmented Forest. Island Biogeography and the Preservation of Biotic Diversity*. pp. 93-107. The University of Chicago Press, Chicago and London.

- Hill, R.S. 1991. Tertiary *Nothofagus* (Fagaceae) Macrofossils from Tasmania and Antarctica and their Bearing on the Evolution of the Genus. *Bot. J. Linn. Soc.* 105: 73-112.
- Hill, R.S. & Baard, J. 1991. A Revised Intra-generic Classification of *Nothofagus* (Fagaceae). *Bot. J. Linn. Soc.* 105: 57-72.
- Huauer, G.T. 1964. Some Pollen Profiles from the Laguna San Rafael Area, Chile. *American Geographic Society*, New York.
- Haywood, V.H., Moore, D.M. & Stearn, W.T. (Eds.) 1982. *Floraofarum der Welt*. Brunschauer Verlag, Stuttgart. 336 pp.
- Jurymen, D. 1992. Conservation of Endangered Plant Species: Single Large or Several Small Reserves? *Oikos* 75: 301-307.
- Martorena, C. & Oyarzola, M. 1986. Catálogo de la Flora Vascular de Chile. *Caryops*, *Bot.* 42 (142): 1-157.
- Meza-Basto, L., Guardia, P., Ríos, D. & Alberdi, M. 1996. Changes in Free-Amino Acid Content and Fossil Resistance in *Nothofagus dombeyi* Leaves. *Phytochemistry* 20 (5): 1447-46.
- Múozes, J., Donoso, D. & Romero, M. 1988. Hibridación Natural entre *Nothofagus obliqua* y *N. alpina*. In: *Resúmenes Simposio Biología del género Nothofagus VI Reunión de Botánica*. Sección Botánica Sociedad de Biología de Chile.
- Muñoz, M. 1986. Flora del Parque Nacional Fuyalua. Ed. Univ. S.A., Santiago de Chile. 257 pp.
- Ormazabal, C. & Benoit, I. 1998. El Estado de Conservación del Género *Nothofagus* en Chile. CONAF, Santiago de Chile.
- Ordoñez, J.C. 1986. Germinación de las Tres Especies de *Nothofagus* *Semprevirens* y Variabilidad en la Germinación de Procedencias de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Donn. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Austral de Chile. 144pp.
- Phillipson, W.B. & Phillipson, M.K. 1982. A Classification of the Genus *Nothofagus* (Fagaceae). *Bot. J. Linn. Soc.* 78: 27-38.
- Ramírez, C. 1967. El Género *Nothofagus* y su Importancia en Chile. *Boletín* 8(2): 21-76.

Ramírez, C., Correa, M., Figueroa, H. & San Martín, J. 1985. Variación del Hábitat y Hábitat de *Nothofagus antarctica* en el Centro-Sur de Chile. *Bosque* 6: 53-73.

Rodríguez, R., Matthei, O. & Quijada, M. 1963. *Flora Arbores de Chile*. Editorial de la Universidad de Concepción, Chile. 408 pp.

Romero, E.J. 1984. Historia y Evolución de *Nothofagus* (Fagaceae) y Consideraciones sobre el Origen de otras Familias Relacionadas.

Actas del II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, pp. 205-216. Corrientes, Argentina.

Romero, E.J. 1982. Fossil Evidence Regarding the Evolution of *Nothofagus*. *Flora Ann. Missouri Bot. Gard.* 73: 299-305.

Rothhammer, F. 1964. ¿Evolución Gradual o Represión Genética? *Revista Chilena de Historia Natural* 57: 5-7.

Sakai, A. & Larcher, W. 1987. *Frost Survival of Plants*. Ecological Studies 62: 1-321. Springer-Verlag, Berlin. 300 figs.

Schmidlein, J. 1856. Die Raumbliche Ordnung der Chilenischen Vegetation. *Bonner Geogr. Anz.* 17: 1-82.

Soriano, B. 1978. Quaternary Biogeography of the High Montane Regions of South America. *Monogr. Amer. Mus. Nat. Hist.* 7: 157-188.

Steenis, C.D.G.J. Van 1955. Results of the Archbold Expeditions. *Papuan Nothofagus*. *J. Arnold Arb.* 91 (4): 381-374.

Steenis, C.D.G.J. Van 1971. *Nothofagus*, Key Genus of Plant Geography, in Time and Space. Living and Fossil, Ecology and Phylogeny. *Stamias* 1 (16): 65-85.

Stern, R. & Roohs, L. 1974. *Genesis of Forest Ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin. 350 pp., 70 figs.

Veblen, T.T. & Ashton, D.H. 1976. Catastrophic Influences on the Vegetation of the Westman Andes, Chile. *Vegetation* 26(1): 149-167.

Veblen, T.T. & Donoso, C. 1967. Alteración Natural y Dinámica Regenerativa de las Especies Chilenas de *Nothofagus* en la Región de los Lagos. *Bosque* 9(2): 133-142.

Veblen, T.T., Donoso, C., Schlegel, F.H. & Escobar, E. 1981. Forest Dynamics in

South-central Chile. *J. Biogeography* 8: 211-247.

Watt, A.S. 1947. Pattern and Process in the Plant Community.

J. Ecol. 35: 1-22.

Weaver, J.E. & Clements, F.E. 1944. *Ecología Vegetal*. (Trad. por A.L. Cabrera) ACME Agency, Buenos Aires, 667 pp.

White, P.J. 1979. Pattern, Process and Natural Disturbance in Vegetation. *Ecol. Rev.* (Lancaster) 49 (3): 219-236.

Whittaker, T.C. 1962. On Pattern and Process in Forests. In: *The Plant as a Working Mechanism* (Newman, I. J., ed.) Special Publication Number 1 of the British Ecological Society produced as a Tribute to A.S. Watt. Blackwell, London.

Whittaker, R.H. 1967. Gradient Analysis of Vegetation. *Ecol. Rev.* 42: 207-264.