

VOLUMEN 7 N°1

---

**CIENCIA  
E  
INVESTIGACION  
FORESTAL**

---

JUNIO1993



**INFOR**

INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO  
CHILE



ISSN 0716 - 5994

VOLUMEN 7 N° 1

**CIENCIA  
E  
INVESTIGACION  
FORESTAL**

JUNIO 1993

Propiedad Intelectual  
Registro N°88.963

**INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO  
CHILE**



**CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL, es una revista  
técnico-científica del Instituto Forestal  
(Filial CORFO), que se publica en  
Junio y Diciembre de cada año.  
ISSN 0716 - 5994**

- Director** : Tomás Balaguer Q.
- Editor** : Santiago Barros A.
- Consejo Editor** : José Antonio Prado D. Rolando Bennewitz B.  
Ignacio Cerda V. Hans Grosse W.  
Ronald du Belloy G.
- Editores Asociados** : René Alfaro (Canadá) Manuel Ortiz  
Ronald Brun (Alemania) Hernán Peredo  
Hernán Cortés Vicente Pérez  
Fernando Cox Roland Peters  
Roberto Delmastro Hernán Poblete  
Claudio Donoso Juan Schlatter  
Fernando Garrido Harald Schmidt  
Bertram Husch Jorge Toro  
Walter Kauman Antonio Vita  
Roberto Melo Derek Webb (Canadá)  
Ramiro Morales Roy Wotherspoon
- Dirección Postal** : Huérfanos 554 Casilla 3085. Santiago Chile.  
Fonos 6397911 - 6391363  
Fax 6381286

El valor de la suscripción anual para 1993, que consta de dos ejemplares, es de \$12.000 incluido I.V.A., de \$8.000 para estudiantes y de US \$30,00 para el extranjero incluido el franqueo. El valor de cada ejemplar es de \$8.000, de \$4.000 para estudiantes y de US \$18.00 incluido franqueo, para el extranjero. La revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas.

Se autoriza la reproducción parcial de la información contenida en la publicación, sin la previa consulta, siempre que se cite como fuente a Ciencia e Investigación Forestal (INFOR - Chile).

## CONTENIDO

### Artículos

Crecimiento Inicial de 23 Procedencias y 196 Familias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Denh en Cuatro Sitios de la Zona Central de Chile ..... Braulio Gutiérrez y Patricio Chung	5
Comportamiento Hidrodinámico de la Fluidización de Desechos Forestales ..... Rogelio Moreno, Marcelo Paredes, Danilo Baeza y Arnoldo Améstica.....	23
Propagación Vegetativa de Raulí, Roble y Coihue a Partir de Estacas..... Rómulo Santelices	37
Determinación de Calidades de Sitio para Plantaciones de <i>Atriplex nummularia</i> Lindl. en Comunidades Agrícolas de la Comuna de Canela, IV Región ..... Jaime Valdés y Cesar Correa	49
<b>Apuntes</b>	
Apuntes sobre Algunas Latifoliadas de Maderas Valiosas. 4.- <i>Grevillea robusta</i> A. Cunn.....Verónica Loewe	85
Descripción de la Metodología para la Extracción y Medición de Tarugos..... Roberto Blanco	105
Determinación de una Función de Ahusamiento para Renovales de Roble y Raulí..... Carlos Kahler	117
Transformación de Bosques Nativos Degradados en Chile ..... Hans Grosse	133

## CONTENIDO

### Notas Bibliograficas

Exportaciones Forestales Chilenas .....	161
Estadísticas Forestales 1992.....	161
Precios de Productos Forestales Chilenos Actualizados a 1992.....	161
Caracterización Industria de Astillas en Chile, 1991 .....	161
Boletín de Precios Forestales.....	161

### Reglamento de Publicación

Estructura de los Trabajos.....	163
Presentación de los Trabajos .....	165
Envío de los Trabajos .....	168

# CRECIMIENTO INICIAL DE 23 PROCEDENCIAS Y 196 FAMILIAS DE *Eucalyptus camaldulensis* Denh EN CUATRO SITIOS DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE

Braulio Gutiérrez C. (\*)  
Patricio Chung G. (\*)

## RESUMEN

*Se analiza la variación del crecimiento inicial y supervivencia de 23 procedencias y 196 familias de Eucalyptus camaldulensis Denh establecidas en cuatro ensayos de procedencia y progenie en la zona central de Chile (32 - 35° Lat. Sur)*

*Se concluye que existen diferencias significativas de crecimiento a nivel de procedencias y progenies, destacándose aquellas de los lagos Hindmarsh y Albacutya como las más interesantes.*

**Palabras claves:** *Eucalyptus camaldulensis*, procedencias, progenies.

## ABSTRACT

*Four Eucalyptus camaldulensis Denh provenance and progenie trials established in the central zone of Chile (32 -35° L.S.) were assessed. In those trials, the survival and early growth of 196 families and 23 provenances were analyzed.*

*Significant growth differences among provenances and families were obtained. Best growth results are achieved by the Lake Hindmarsh and Lake Albacutya provenances.*

**Key words:** *Eucalyptus camaldulensis*, provenances, families.

## INTRODUCCION

La importancia del género *Eucalyptus* se ha incrementado a nivel mundial, llegando a constituirse en uno de los más productivos cultivos forestales. Esta situación obedece a la gran diversidad que presenta este género en cuanto a número de especies y procedencias, así como también a la amplia variabilidad genética que exhibe a nivel de especies, procedencias, progenies, e incluso individuos dentro de las progenies, lo que en la práctica ha posibilitado su establecimiento con fines productivos sobre una muy amplia gama de sitios.

En Chile, el Instituto Forestal ha realizado desde 1962 múltiples ensayos de introducción de especies, que han permitido individualizar a aquellas que brindan las mejores posibilidades de uso en las distintas zonas del país y de cuyos resultados se desprende que *E. camaldulensis* es una de las especies más apropiadas para forestar las zonas semiáridas de éste (Infor-Corfo, 1986)

Las regiones semiáridas se caracterizan por presentar un frágil equilibrio ecológico y por estar sometidas a una constante presión antrópica derivada de la demanda por combustibles leñosos, los cuales en forma de carbón y leña son extraídos desde las escasas formaciones vegetales existentes. Este fenómeno, manifestado históricamente, ha contribuido a disminuir cada vez más la cubierta vegetal y a aumentar la degradación de los suelos. Por lo mismo, el establecimiento de una cubierta vegetal es una necesidad imperiosa, tanto para fines de producción como de protección, perfilándose el *E. camaldulensis* como una especie muy favorable para satisfacer ambos requisitos.

*E. camaldulensis* presenta una extensa área de distribución natural, encontrándose presente en todos los estados australianos con excepción de Tasmania (Tumbull, 1973). Debido a este amplio rango de distribución, la especie presenta una gran variabilidad genética, a la cual se suma la variabilidad que existe entre individuos que crecen en sitios de condiciones similares. Por lo mismo, la selección de las mejores procedencias, progenies o individuos es de particular importancia, ya que existen marcadas variaciones en el hábito de crecimiento de los árboles (tasa de crecimiento, rectitud de fuste) y en su plasticidad ecológica para adaptarse a distintas condiciones de



sitio o resistir a los efectos de heladas, sequías, plagas, etc. (Infor, 1992).

Por otra parte, *E. camaldulensis* es una de las especies más difundidas de su género, estimándose que existen más de 500 mil hectáreas de plantaciones fuera de Australia, principalmente en España y Marruecos (FAO, 1981). En estos y otros países se han realizado estudios que demuestran la existencia de un grado considerable de variación intraespecífica y concluyen que la selección de las procedencias de semillas más adecuadas para la forestación de un lugar determinado, puede conducir a importantes ganancias de crecimiento en las plantaciones (Bellefontaine et. al, 1979; Eldrige y Cromer, 1987; Lacaze, 1977; cit por Barros, 1990).

Efectivamente, en Nigeria se ha llegado a triplicar y en Israel a octuplicar el rendimiento volumétrico de las plantaciones mediante la adecuada selección de procedencias. Por su parte en Marruecos, el Servicio Forestal ha reemplazado las procedencias locales de *E. camaldulensis* por una de Lake Albacutya, Victoria, Australia, con lo cual espera incrementar los rendimientos volumétricos de las plantaciones en más del 100% (Bellefontaine et. al, 1979; Knockaert, 1984; cit por Barros, 1990).

En Chile, gran parte de la variabilidad genética del *E. camaldulensis* se encuentra representada en los ensayos de procedencias y progenies que el Instituto Forestal ha establecido desde 1989, en el marco del proyecto Mejoramiento Genético de *Eucalyptus* y en ensayos de procedencias establecidos anteriormente como parte de los trabajos de introducción de especies, con el objeto de conocer y explotar la variabilidad de la especie y mejorar la calidad y productividad de sus plantaciones.

En este sentido, el presente trabajo representa una evaluación preliminar de la variabilidad en crecimiento inicial de *E. camaldulensis*, como una forma de estimación de las posibilidades de mejoramiento que la base genética existente puede generar.

## OBJETIVO

Evaluar la variabilidad en crecimiento inicial de *E. camaldulensis* e individualizar las procedencias y progenies que se perfilan como las más adecuadas para maximizar la producción volumétrica en las plantaciones que se establezcan en la zona central de Chile.

## MATERIAL Y METODO

Para dar cumplimiento al objetivo enunciado se analizaron los valores de supervivencia, diámetro de cuello (d), altura total (H) y del índice  $d^2H$ , el cual combina a los anteriores y es un buen estimador del crecimiento en volumen (Infante y Prado, 1989; 1991).

Las variables provienen de la tercera evaluación, correspondiente al segundo año después del establecimiento, de cuatro ensayos de procedencia-progenie de *E. camaldulensis*.

### Ensayos considerados

Los ensayos contemplados en este estudio son los de Longotoma, Mel-Mel, Tantehue y La Paila (Cuadro N° 1), los cuales se encuentran comprendidos entre los 32 y 35° de latitud Sur.

Los cuatro ensayos fueron establecidos sobre sitios planos a ligeramente ondulados, con una intensiva preparación de suelo, y bajo un diseño experimental conocido como bloques de familias compactas o parcelas divididas. En esta estructura la parcela principal está constituida por la procedencia, dentro de la cual se distribuyen al azar las progenies en subparcelas de cuatro plantas cada una. Cada procedencia (parcela principal) cuenta con diez repeticiones, constituyendo igual número de bloques, los que en su conjunto se encuentran rodeados por dos hileras de aislación.

## CUADRO N° 1

## UBICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ENSAYOS CONSIDERADOS

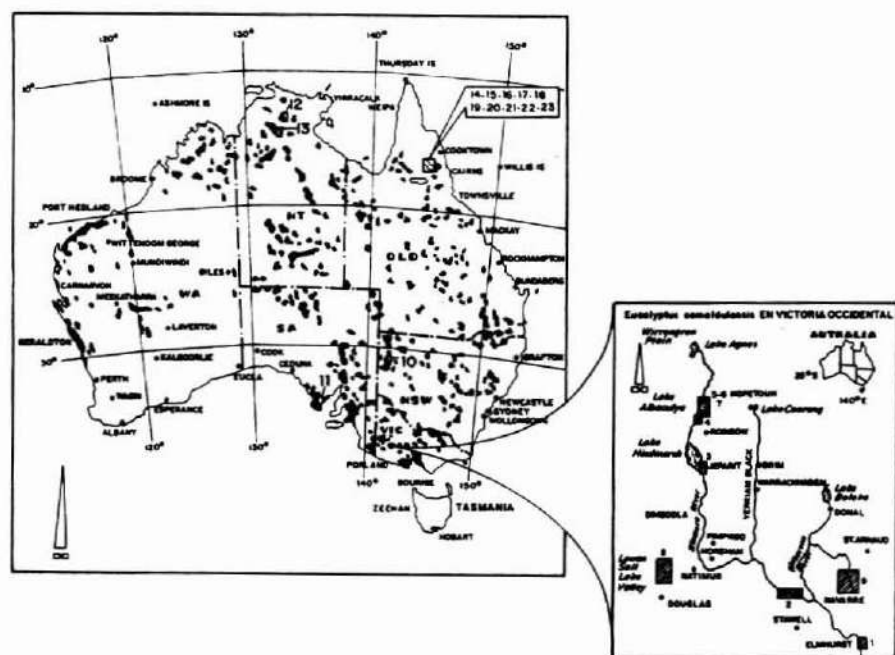
Ensayo	Mel-Mel	Longotoma	Tantehue	La Paila
Región	V	V	RM	VI
Provincia	Valparaíso	Petorca	Santiago	Colchagua
Comuna	Casablanca	La Ligua	Melipilla	Lolol
Latitud	33°23' S	32°21' S	33°32' S	34°41' S
Longitud	71°24' W	71°26' W	71°14' W	71°30' W
Altitud	250 msnm	58 msnm	240 msnm	300 msnm
Año de establecimiento	1989	1989	1991	1991
Precipitación media anual	455 mm	308 mm	419 mm	398 mm
Temperatura media anual	13,3 °C	14,3 °C	13,6 °C	-
Período seco (N° de meses)	7-9	7-9	8	-

## Antecedentes de la colección de semillas

La colección de semillas contemplada en los ensayos es una muestra que representa gran parte del área de distribución natural de la especie (Figura N° 1), encontrándose caracterizada en el Cuadro N° 2. Esta colección se encuentra individualizada según lugar de origen (procedencia) y árbol madre (progenie), completando un total de 23 procedencias y 196 progenies, a las que se agregan como testigos dos procedencias nacionales: La Ligua y Lolol.

La cantidad de plantas obtenidas a partir de las muestras de semillas disponibles no permitió incluir a todas las progenies en cada uno de los ensayos, presentándose en el Cuadro N° 3 las procedencias y el número de progenies contempladas en cada uno de ellos.

**CRECIMIENTO INICIAL DE 23 PROCEDENCIAS Y 196 FAMILIAS  
DE *Eucalyptus camaldulensis* Denh EN CUATRO SITIOS  
DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE.**



**Figura N° 1. DISTRIBUCION NATURAL DE *E.CAMALDULENSIS* Y UBICACION DE LAS  
PROCEDENCIAS CONSIDERADAS**

Fuente: Elaborado en división Silvicultura, INFOR, con antecedentes de Thomson y Merwin, 1985 y Doran, 1985.

Cuadro N° 2

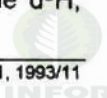
CARACTERIZACION DE LAS PROCEDENCIAS DE *E. Camaldulensis* CONSIDERADAS EN EL ENSAYO

Procedencia	Código CSIRO	N° Prog.	Lugar de origen	Temperatura		Precipitación 3 (mm)	Altitud (mnm)	Latitud S	Longitud W
				1 (°C)	2 (°C)				
1	15021	8	Wimmera R-Elmhurst VIC	8	19	817	325	37-13'	143-18'
2	15022	12	Wimmera R-Glenorchy VIC	9	22	448	170	36-55'	142-40'
3	15024	10	Lake Hindmarsh-SE VIC	8	22	419	75	36-06'	141-58'
4	15026	13	Outlet Creek-Rainbow VIC	8	22	419	75	35-49'	141-56'
5	15027	12	Lake Albacutya-S VIC	8	22	419	70	35-48'	141-58'
6	15028	11	Lake Albacutya-E VIC	8	22	419	70	35-46'	142-00'
7	15029	12	Lake Albacutya-N VIC	8	22	419	70	35-42'	141-57'
8	15037	10	Lowan Valley-Saline VIC	9	22	448	135	35-50'	141-50'
9	15039	10	Avon River-Navarre VIC	8	19	817	280	36-52'	143-11'
10	15195	10	Umberumberka Creek NSW	12	27	254	210	31-53'	141-13'
11	10885	10	24 km from Port Lincoln SA	12	21	486	90	34-35'	135-38'
12	13923	12	Katherine NT	20	34	952	95	14-29'	132-15'
13	14517	8	Katherine NT	20	34	952	95	14-26'	132-18'
14	14238	10	Ecclas Ck NE Petford QLD	14	26	800	500	17-17'	145-03'
	14264								
15	14268	5	Pinnacle Ck NE Petford QLD	14	26	800	460	17-13'	145-01'
	14272								
16	14291	5	Mishap Ck NE Petford QLD	14	26	800	520	17-11'	145-07'
	14296								
17	14297	5	Eureka Ck NE Petford QLD	14	26	800	520	17-15'	145-05'
	14308								
18	14311	10	Wales Siding E Petford QLD	14	26	873	780	17-22'	145-12'
	14337								
19	14344	5	Emu Ck E Petford QLD	14	26	800	460	17-21'	144-57'
	14348								
20	14357	5	Emu/gibbs Ck SE Petford QLD	14	26	1.116	500	17-25	145-02'
	14361								
21	14362	5	Gibbs Ck ESE Petford QLD	14	26	873	700	17-25	145-11'
	14366								
22	14368	5	Chinamans Ck ESE Petford QLD	14		1.116	680	17-24'	145-10'
	14373								
24	14385	3	Emu Ck SE Petford QLD	14		873	520	17-26'	145-02'
	14387								

- 1.- Temperatura media mínima anual (°C)
- 2.- Temperatura media máxima anual (°C)
- 3.- Precipitación media anual (mm)

**Análisis estadístico**

Los valores registrados en cada uno de los ensayos para la variable  $d^2H$ ,



**CRECIMIENTO INICIAL DE 23 PROCEDENCIAS Y 196 FAMILIAS  
DE *Eucalyptus camaldulensis* Denh EN CUATRO SITIOS  
DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE.**

fueron promediados a nivel de procedencias y progenies dentro del ensayo y sometidos a pruebas de análisis de varianza y de comparaciones múltiples de medias (Prueba de Tuckey).

Adicionalmente, se calcularon los promedios generales a nivel de ensayo individual, considerando para esto sólo a las progenies representadas simultáneamente en los cuatro ensayos.

**Cuadro N° 3**

**PROCEDENCIAS Y PROGENIES ESTABLECIDAS EN CADA ENSAYO**

Procedencia	Progenie	Progenies por ensayo				Procedencia	Progenie	Progenies por ensayo				
		Mel-Mel	Longotoma	Tartehus	La Pailla			Mel-Mel	Longotoma	Tartehus	La Pailla	
1	1	X	X	X	X	5	51	X	X	X	X	
	2	X	X	X	X		52		X	X	X	X
	3	X	X	X	X		53		X	X	X	X
	4	X	X	X	X		54	X	X	X	X	X
	5	X	X	X	X		55	X	X	X	X	X
	6	X	X	X	X		56	X	X	X	X	X
	7	X	X	X	X		57	X	X	X	X	X
	8	X	X	X	X		58	X	X	X	X	X
	9	X	X	X	X		59	X	X	X	X	X
	10	X	X	X	X		60	X	X	X	X	X
2	11	X	X	X	X	6	61	X	X	X	X	
	12	X	X	X	X		62	X	X	X	X	
	13	X	X	X	X		63	X	X	X	X	
	14	X	X	X	X		64	X	X	X	X	
	15	X	X	X	X		65	X	X	X	X	
	16	X	X	X	X		66	X	X	X	X	
	17	X	X	X	X		67	X	X	X	X	
	18	X	X	X	X		68	X	X	X	X	
	19	X	X	X	X		69	X	X	X	X	
	20	X	X	X	X		70	X	X	X	X	
3	21	X	X	X	X	7	71	X	X	X	X	
	22	X	X	X	X		72	X	X	X	X	
	23	X	X	X	X		73	X	X	X	X	
	24	X	X	X	X		74	X	X	X	X	
	25	X	X	X	X		75	X	X	X	X	
	26	X	X	X	X		76	X	X	X	X	
	27	X	X	X	X		77	X	X	X	X	
	28	X	X	X	X		78	X	X	X	X	
	29	X	X	X	X		79	X	X	X	X	
	30	X	X	X	X		80	X	X	X	X	
4	31	X	X	X	X	8	81	X	X	X	X	
	32	X	X	X	X		82	X	X	X	X	
	33	X	X	X	X		83	X	X	X	X	
	34	X	X	X	X		84	X	X	X	X	
	35	X	X	X	X		85	X	X	X	X	
	36	X	X	X	X		86	X	X	X	X	
	37	X	X	X	X		87	X	X	X	X	
	38	X	X	X	X		88	X	X	X	X	
	39	X	X	X	X		89	X	X	X	X	
	40	X	X	X	X		90	X	X	X	X	
5	41	X	X	X	X	9	91	X	X	X	X	
	42	X	X	X	X		92	X	X	X	X	
	43	X	X	X	X		93	X	X	X	X	
	44	X	X	X	X		94	X	X	X	X	
	45	X	X	X	X		95	X	X	X	X	
	46	X	X	X	X		96	X	X	X	X	
	47	X	X	X	X		97	X	X	X	X	
	48	X	X	X	X		98	X	X	X	X	
	49	X	X	X	X		99	X	X	X	X	
	50	X	X	X	X		100	X	X	X	X	

(Continúa)

Procedencia	Progenie	Progenies por ensayo				Procedencia	Progenie	Progenies por ensayo				
		Mel-Mel	Longotoma	Tartehus	La Paia			Mel-Mel	Longotoma	Tartehus	La Paia	
10	101	X	X			16	154	X	X			
	102	X	X				155		X			
	103	X	X				156	X	X			
	104	X	X				157	X	X			
	105	X	X				158	X	X			
	106	X	X				159	X	X			
	107	X	X				160	X	X			
11	108	X	X			161	X	X				
	109	X				162	X	X				
	110	X				163	X	X				
	111	X				164	X	X				
	112	X				165	X	X				
12	116		X			166	X	X				
	119		X			167	X					
	120		X			168	X					
	121	X	X			169	X	X				
	122	X	X			170	X	X				
	123		X			171	X	X				
	124	X	X			172	X	X				
	125	X	X			174	X	X				
	126	X	X			175	X	X				
	127	X	X			176	X	X				
13	128	X	X			177	X	X				
	129	X	X			178	X	X				
	130	X	X			179	X	X				
	131		X			180	X	X				
	132	X	X			181	X	X				
	133	X				182	X	X				
	134	X	X			184	X	X				
	135	X				185	X	X				
	137	X	X			186	X	X				
	138		X			187	X	X				
14	139	X	X			188	X	X				
	140	X	X			189	X	X				
	141	X	X			190	X	X				
	142	X	X			191	X	X				
	143		X			192	X	X				
	144	X	X			193		X				
	145	X	X			196	X	X				
	146	X	X			197	X	X				
15	147	X	X			198		X				
	149	X	X			199	X	X				
	150	X	X			Test				X	X	
	151	X	X			Test						
	152	X	X									
	153		X									

## RESULTADOS

En los Cuadros N<sup>o</sup>s. 4 a 7 se presentan los resultados obtenidos al segundo año de desarrollo de los ensayos, señalándose la supervivencia, altura, diámetro de cuello y d<sup>2</sup>H por procedencia, el rango de variación del d<sup>2</sup>H de las progenies dentro de cada procedencia, el nivel de significación estadística de esta variación y el agrupamiento según Tuckey de las medias por procedencia.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

### Supervivencia

En los cuatro ensayos analizados, la supervivencia de todas las procedencias consideradas es superior al 90%, existiendo sólo dos excepciones en el ensayo Longotoma, donde la procedencia número 3 (Emu Creek Petford, Queensland) y el testigo nacional (La Ligua), presentan valores de 87,5 y 77,5%, respectivamente.

Las altas tasas de supervivencia registradas en las distintas procedencias son consecuencia de condiciones ambientales favorables para la especie y a la vez confirman la plasticidad de esta.

A pesar de lo anterior, no se debe olvidar que las intensivas técnicas de preparación de suelo para el establecimiento y las labores posteriores, especialmente el control de competencia, han contribuido en forma importante a disminuir la mortalidad de plantas. Por otra parte, aún cuando la sobrevivencia es en general alta, el desarrollo de las distintas procedencia exhibe considerables diferencias entre y dentro de ellas, lo que hace que algunas se perfilen como más interesantes que otras, situación que se analizará en el punto siguiente.



Cuadro Nº 4

## RESULTADOS ENSAYO LONGOTOMA

Procedencia	Lugar de origen	H (m)	D (cm)	S (%)	d <sup>2</sup> H (cm <sup>3</sup> )	Test de Tuckey	Rango d <sup>2</sup> H (cm <sup>3</sup> )	(1)
3	Lake Hindmarsh-SE	VIC	1,49	2,22	96,25	1.134,30	480,69 - 1.605,95	
5	Lake Albacutya-S	VIC	1,45	2,20	98,75	987,55	393,46 - 1.596,00	XX
4	Outlet Creek-Rainbow	VIC	1,41	2,09	98,08	912,46	512,13 - 1.767,43	XX
8	Lowan Valley-Saline	VIC	1,23	2,08	94,50	824,58	449,46 - 1.563,98	XX
7	Lake Albacutya-N	VIC	1,24	2,07	98,25	785,23	560,09 - 1.071,49	
9	Avon River-Navarre	VIC	0,96	1,91	93,75	678,72	195,93 - 1.409,95	XX
6	Lake Albacutya-E	VIC	1,21	1,94	97,00	673,73	409,25 - 1.072,89	XX
19	Emu Ck E Petford	QLD	1,29	1,74	95,00	646,42	475,52 - 836,39	
21	Gibbs Ck ESE Petford	QLD	1,25	1,82	95,50	638,84	534,19 - 736,25	
2	Wimmera R-Glenorchy	VIC	1,08	1,98	97,73	613,91	265,39 - 843,17	X
20	Emu/Gibbs Ck SE Petford	QLD	1,28	1,78	99,34	580,69	503,30 - 738,41	
1	Wimmera R-Elmhurst	VIC	1,08	1,95	95,00	565,43	377,66 - 789,14	X
24	Emu Ck SE Petford	QLD	1,23	1,63	87,50	561,78	391,80 - 740,54	
12	Katherine	NT	1,15	1,76	96,04	518,51	346,89 - 808,73	
18	Hales Siding E Petford	QLD	1,23	1,70	97,50	505,30	355,43 - 768,36	
17	Eureka Ck NE Petford	QLD	1,21	1,60	97,00	460,15	338,49 - 607,73	
22	Chinamans Ck ESE Petford	QLD	1,14	1,55	94,50	458,32	313,92 - 679,05	
14	Eccles Ck NE Petford	QLD	1,20	1,55	96,11	407,07	265,64 - 577,75	X
15	Pinnacle Ck NE Petford	QLD	1,15	1,50	98,50	389,85	296,97 - 488,00	
13	Katherine	NT	1,02	1,58	94,50	357,84	267,30 - 422,46	
11	24 km Frm Port Lincoln	SA	0,81	1,82	95,00	325,06	325,06	
16	Mishap Ck NE Petford	QLD	1,08	1,32	95,00	297,42	235,40 - 395,65	
10	Umberumberka Creek	NSW	0,82	1,55	96,39	263,18	185,25 - 409,58	
Test	La Ligua	Chile	0,81	1,40	77,50	221,01	221,01 - 221,01	

(1) Sin diferencia significativa entre progenies dentro de la procedencia.

X = Diferencias significativas (0,05)

XX = Diferencias significativas (0,01)

Cuadro N° 5

RESULTADOS ENSAYO MEL-MEL

Procedencia	Lugar de origen	H (m)	D (cm)	S (%)	d <sup>2</sup> H (cm <sup>3</sup> )	Test de Tuckey	Rango d <sup>2</sup> H (cm <sup>3</sup> )	(1)
3	Lake Hindmarsh-SE	VIC	1,49	2,34	96,25	1.161,28	715,57 - 1.684,68	XX
4	Outlet Creek-Rainbow	VIC	1,51	2,35	98,89	1.100,99	783,64 - 1.662,03	XX
5	Lake Albacutya-S	VIC	1,40	2,16	97,50	854,44	586,83 - 1.179,81	XX
7	Lake Albacutya-N	VIC	1,33	2,18	100,00	823,45	572,80 - 1.157,01	
6	Lake Albacutya-E		1,38	2,18	96,43	817,88	505,76 - 979,92	X
8	Lowan Valley-Saline	VIC	1,34	2,12	99,06	802,23	482,24 - 1.088,23	XX
1	Wimmera R-Elmhurst	VIC	1,19	2,06	98,57	658,62	467,49 - 935,76	
9	Avon River-Navarre	VIC	1,11	2,08	98,93	628,36	308,07 - 884,05	XX
2	Wimmera R-Glenorchy	VIC	1,08	2,02	99,29	567,41	355,26 - 947,12	
22	Chinamans Ck ESE Petford	QLD	1,23	1,68	95,63	548,62	418,24 - 774,70	X
16	Mishap Ck NE Petford	QLD	1,11	1,63	95,83	542,21	246,00 - 797,90	X
17	Eureka Ck NE Petford	QLD	1,25	1,70	99,00	481,48	397,57 - 518,90	
18	Hales Siding E Petford	QLD	1,16	1,67	97,19	465,26	293,28 - 897,31	
14	Eccles Ck NE Petford	QLD	1,17	1,69	98,44	442,10	324,97 - 652,14	XX
12	Katherine	NT	1,07	1,70	98,06	416,83	248,22 - 549,20	X
21	Gibbs Ck ESE Petford	QLD	1,14	1,68	99,00	408,02	309,81 - 559,48	X
19	Emu Ck E Petford	QLD	1,20	1,56	97,50	372,91	305,06 - 441,21	
24	Emu Ck SE Petford	QLD	1,24	1,55	100,00	360,73	342,85 - 378,61	
15	Pinnacle Ck NE Petford	QLD	1,11	1,56	96,67	356,78	301,58 - 410,97	
11	24 km Frm Port Lincoln	SA	0,85	1,89	100,00	340,94	245,41 - 444,81	
20	Emu/Gibbs Ck SE Petford	QLD	1,17	1,51	98,75	327,30	277,42 - 400,96	
13	Katherine	NT	0,94	1,54	98,75	304,59	217,79 - 362,03	
Test	La Ligua	Chile	0,82	1,53	92,50	275,95	275,95 - 275,95	
10	Umberumberka Creek	NSW	0,77	1,54	96,94	238,51	176,16 - 293,91	

(1) Sin diferencia significativa entre progenies dentro de la procedencia.

X = Diferencias significativas (0,05)

XX = Diferencias significativas (0,01)

Cuadro N° 6

RESULTADOS ENSAYO TANTEHUE

Procedencia	Lugar de origen	H (m)	D (cm)	S (%)	d <sup>2</sup> H (cm <sup>3</sup> )	Test de Tuckey	Rango d <sup>2</sup> H (cm <sup>3</sup> )	(1)	
5	Lake Albacutya-S	VIC	3,73	6,08	98,93	16.377,13	                 	10.364,36 - 20.366,87	XX
9	Avon River-Navarre	VIC	3,25	5,86	98,61	14.377,41		8.440,66 - 17.397,01	XX
6	Lake Albacutya-E	VIC	3,48	5,73	96,94	14.245,09		9.136,62 - 20.471,48	XX
3	Lake Hindmarsh-SE	VIC	3,53	5,72	98,00	13.844,26		9.796,88 - 17.432,51	XX
7	Lake Albacutya-N	VIC	3,52	5,81	98,13	13.825,16		10.911,22 - 18.622,35	XX
8	Lowan Valley-Saline	VIC	3,46	5,56	95,00	13.662,51		5.672,28 - 16.379,62	XX
4	Outlet Creek-Rainbow	VIC	3,36	5,60	99,62	12.203,66		8.638,71 - 16.419,41	XX
2	Wimmera R-Glenorchy	VIC	3,13	5,71	96,39	12.014,77		9.194,11 - 14.683,46	X
1	Wimmera R-Elmhurst	VIC	3,16	5,41	99,50	11.679,18		7.890,06 - 15.982,36	XX
Test	Lolol	Chile	2,67	4,46	100,00	6.636,96		6.636,96 - 6.636,96	

(1) Sin diferencia significativa entre progenies dentro de la procedencia.

X = Diferencias significativas (0,05)

XX = Diferencias significativas (0,01)

Cuadro N° 7

RESULTADOS ENSAYO LA PAILA

Procedencia	Lugar de origen	H (m)	D (cm)	S (%)	d <sup>2</sup> H (cm <sup>3</sup> )	Test de Tuckey	Rango d <sup>2</sup> H (cm <sup>3</sup> )	(1)	
3	Lake Hindmarsh-SE	VIC	1,75	2,77	93,50	2.094,20	               	1.248,71 - 2.864,03	XX
1	Wimmera R-Elhurst	VIC	1,55	2,79	96,11	1.829,04		1.523,85 - 2.226,71	
7	Lake Albacutya-N	VIC	1,64	2,59	95,68	1.483,03		1.020,79 - 2.184,50	X
6	Lake Albacutya-E	VIC	1,54	2,45	91,15	1.472,23		868,71 - 2.381,68	XX
5	Lake Albacutya-S	VIC	1,59	2,55	94,69	1.295,84		961,95 - 1.845,70	X
8	Lowan Valley-Saline	VIC	1,55	2,45	92,50	1.241,02		1.185,04 - 1.303,39	
2	Wimmera R-Glenorchy	VIC	1,38	2,47	94,44	1.093,24		599,46 - 2.393,57	XX
4	Outlet Creek-Rainbow	VIC	1,46	2,33	96,74	1.054,28		718,32 - 1.912,25	XX
9	Avon River-Navarre	VIC	1,31	2,46	90,00	1.040,02		922,57 - 1.087,15	
Test	Lolol	Chile	1,26	1,97	95,00	622,39	622,39 - 622,39		

(1) Sin diferencia significativa entre progenies dentro de la procedencia.

X = Diferencias significativas (0,05)

XX = Diferencias significativas (0,01)

## Crecimiento

Se aprecia una clara superioridad en el crecimiento manifestado por las procedencias australianas en relación a las nacionales utilizadas como testigos. Estas últimas exhiben invariablemente los menores valores para la variable  $d^2H$  y sólo en el ensayo de Mel-Mel superan a una procedencia australiana (Umberumberka Creek, NSW), la que a su vez presenta el menor crecimiento dentro de este ensayo.

La variación en crecimiento dentro de las procedencias nacionales no es significativa, lo que sumado al escaso desarrollo que estas manifiestan, permite afirmar que ellas no constituyen un buen material de base para un programa de mejoramiento genético, confirmando a la vez la necesidad de importar semillas desde el área de distribución natural de la especie, para evaluar el desarrollo de una base genética más amplia y, por consiguiente, de mayor variabilidad para ser utilizada en programas de mejoramiento.

El análisis de los valores de  $d^2H$  registrados en cada procedencia, permite deducir un patrón general de variación geográfica. En los ensayos de Mel-Mel y Longotoma las procedencias del Estado de Victoria exhiben los mayores crecimientos, posteriormente se encuentran las de Queensland y en último lugar las de New South Wales. Por su parte, las procedencias de Northern y Southern Territory exhiben un patrón de crecimiento irregular y normalmente intermedio entre el de las procedencias de Queensland y New South Wales. Los dos ensayos restantes no contribuyen a este análisis pues sólo consideran procedencias de Victoria.

Las causas de este tipo de comportamiento parecen obedecer, entre otros motivos, a la similitud climática que existe entre las áreas de establecimiento de los ensayos y el lugar de origen de las semillas. En el caso de Victoria, la precipitación media anual, su distribución y la temperatura media son muy similares a las registradas en las zonas de ensayo. Por el contrario, los demás orígenes presentan valores de precipitación considerablemente más altos que los registrados en los lugares de ensayo. Como consecuencia de esto, las poblaciones que han evolucionado en esos lugares poseen requerimientos hídricos mayores a los que pueden satisfacer en las zonas ensayadas y por lo mismo su crecimiento ha sido más deficiente.

A pesar de lo anterior, no se aprecia consistencia en el comportamiento de las distintas procedencias en los cuatro ensayos, esto puede obedecer a que

ellas no participan con las mismas progenies en cada uno de ellos, o a que las características propias de cada sitio favorecen en forma diferencial a las procedencias ensayadas.

Por otra parte, las condiciones de sitio en cada uno de los lugares considerados han motivado importantes diferencias de crecimiento entre ensayos. Efectivamente, los promedios para la variable  $d^2H$  obtenidos con aquellas progenies que se probaron simultáneamente en los cuatro ensayos son; 12.840; 1.420; 893 y 877 cc, correspondiendo a Tantehue, La Paila, Mel-Mel y Longotoma, respectivamente. Aquí se observa que los crecimientos en Mel-Mel y Longotoma son similares y menores a los registrados en La Paila y Tantehue. En el caso particular de este último ensayo, el crecimiento observado es significativamente mayor que en los demás y obedece a condiciones de suelo más favorables, específicamente mayor profundidad, mayor contenido de materia orgánica y mayor humedad producto de la topografía local. Por otra parte, la temporada de establecimiento de los ensayos fue distinta, de modo que las plantas de Longotoma y Mel-Mel debieron soportar un año de sequía, cosa que no ocurrió con los individuos de la Paila y Tantehue, que fueron establecidos en forma posterior, en un año más benigno en materia de lluvias.

Aunque no todas las procedencias fueron consideradas con el mismo número de progenies en los cuatro ensayos, en forma general se puede confirmar que las procedencias de los lagos Hindmarsh y Albacutya exhiben los mejores crecimientos iniciales.

En los ensayos de Mel-Mel y Longotoma, la procedencia Outlet Creek-Rainbow (Victoria) presenta uno de los valores más altos en crecimiento. En los ensayos de Tantehue y La Paila exhibe crecimientos similares o significativamente mayores, aún cuando en estas dos últimas situaciones su comportamiento no difiere significativamente de aquellos de las procedencias restantes, e incluso es superado por la mayoría de ellas.

A pesar de que es posible identificar procedencias que presentan buen crecimiento promedio, en la mayoría de los casos la variación que exhiben sus progenies es tan amplia que impide generalizar juicios sobre las procedencias completas. Análogamente, procedencias que en promedio no exhiben crecimientos satisfactorios, presentan progenies que alcanzan valores de gran interés.

La gran variabilidad que registra el crecimiento a nivel de progenies hace que las familias de mayor desarrollo en cada ensayo sean diferentes. Aún así,

de entre las diez mejores progenies por ensayo algunas son comunes, como es el caso de las familias 22, 24 y 26 de la procedencia Lake Hindmarsh (Victoria), 33 de Outlet Creek-Rainbow (Victoria) y 44 y 69 de las procedencias Sur y Norte, respectivamente, del lago Albacutya (Victoria). En general, estos resultados coinciden con los obtenidos en investigaciones similares y con la experiencia reunida en el Instituto Forestal, coincidiendo en señalar a estas procedencias como las de mayor crecimiento, ya sea inicial o en estados de desarrollo más avanzado.

## REFERENCIAS

Barros, S. 1990. Ensayos de Procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Denh en la Zona Semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 4(2): 171 - 182.

Bellefontaine, R. et al. 1979. Experience Internationale D'Origines D'*Eucalyptus camaldulensis* Denhn. Dispositif de Sidi Slimane (Maroc). Ann. de la Recherche Forestiere au Maroc. Vol 19.

Doran, J. 1985. Collection of *Eucalyptus camaldulensis* Seed from 178 Open Pollinated Families in the Petford Region of North Queensland. CSIRO, Division of Forest Research, Tree Seed Centre. Canberra. 17 p.

Eldrige, K. y Cromer, R. 1987. Adaptation and Physiology of *Eucalyptus* in Relation to Genetic Improvement. En: Actas del Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales. Buenos Aires, Argentina. 6 al 10 de abril de 1987

FAO. 1981. Eucalypts for Planting. FAO Forestry Series No. 11. Roma. 677 p.

Infante, P. y Prado, J. 1991. Crecimiento Juvenil de 32 Procedencias y 203 Familias de *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* en la Zona Costera de la VIII Región de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 5(2): 251 - 265.

Infante, P. y Prado, J. 1989. Crecimiento de 35 Procedencias de *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* en Etapa de Vivero. Ciencia e Investigación Forestal 2(7): 83 - 94.

INFOR. 1992. Informe Anual Proyecto: "Investigación en Mejoramiento Genético de Especies del Género *Eucalyptus*". INFOR, División Silvicultura. S/n pag. 16 anexos.

- INFOR-CORFO. 1986.** Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Santiago, Chile. Gerencia de Desarrollo CORFO, AF 86/32. 167 p.
- Knockaert, C. 1984.** Production D'*Eucalyptus camaldulensis* Origine Lake Albacutya Durant la Premiere et la Seconde Rotation. Ann. de la Recherche Forestiere au Maroc. Vol. 24.
- Lacaze, J. 1977.** Study of the Ecological Adaptation of *Eucalyptus*: A Study of Provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Denh (FAO Project No. 6). En: Nikles, Burley and Barney. Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees. Vol 22.
- Thomson, L. y Merwin, M. 1985.** Colecciones de Semilla de *Eucalyptus camaldulensis* en Victoria Occidental. Mayo-Junio 1985. *FAO, Recursos Genéticos Forestales*. Información N°. 15. Pp 56 - 60.
- Turnbull, J. 1973.** Ecología y Variación de *Eucalyptus camaldulensis* Denh. Instituto de Investigaciones Forestales de Canberra en Información sobre Recursos Genéticos Forestales No. 2.

# COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE LA FLUIDIZACION DE DESECHOS FORESTALES

Rogelio Moreno M. (\*)  
Marcelo Paredes C. (\*\*)  
Danilo Baeza Q. (\*\*\*)  
Arnoldo Améstica R. (\*\*\*)

## RESUMEN

*El objetivo del trabajo es evaluar experimentalmente el comportamiento hidrodinámico de un lecho fluidizado de partículas de desechos forestales.*

*El equipo experimental incluyó un soplador centrífugo, dos columnas de fluidización, un distribuidor de aire y la instrumentación requerida para la obtención de los datos pertinentes.*

*Se determinaron velocidades mínimas de fluidización, velocidades terminales y pérdidas de carga en el lecho, para partículas de hasta  $12,5 \times 10^{-3}$  m, en estado seco y húmedo. También se analizó la calidad de la fluidización en función del diámetro de lecho.*

**Palabras claves:** Fluidización, Desechos forestales, Reciclaje.

(\*) M.Sc., Ingeniero Civil Mecánico

(\*\*) Ingeniero Civil Mecánico

(\*\*\*) Alumnos Memoristas

Instituto de Materiales y Procesos Termodinámicos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Casilla 467, Valdivia.



## **ABSTRACT**

*An experimental evaluation of the hydrodynamic behaviour of a fluidized bed composed by forest residue particles was conducted.*

*To that end, it was implemented an experimental equipment, consisting of a centrifugal blower, two fluidization columns, an air distributor, and the necessary instruments to get empirical data.*

*The minimum fluidizing velocity was determined, as well as the terminal velocity and the pressure losses on the bed, for particles up to  $12,5 \times 10^{-3}$  m, both in dry and wet conditions. The quality of the fluidization was also analysed in terms of the bed diameter.*

**Keywords:** *Fluidization, Forest residues, Recycling.*

## INTRODUCCION

El empleo de la fluidización como sistema para la combustión de sólidos granulados ha ocupado un lugar de importancia a nivel mundial durante los últimos 20 años, producto de la crisis energética y de la necesidad de crear tecnologías de combustión no contaminantes (Broughton y Howard, 1983; Fenelly, 1984).

En Chile, se han obtenido interesantes resultados en estudios relacionados con la combustión de carbones nacionales en una planta piloto de combustión fluidizada, la cual posee un sistema computacional de adquisición de datos (Navarrete et al., 1990; Navarrete et al., 1992).

Una idea que parece interesante es la combustión fluidizada aplicada a partículas de desechos forestales. Existe experiencia de análisis de la hidrodinámica y secado de aserrín (de un tamaño de partículas de hasta  $4 \times 10^{-3}$  m) en lecho fluidizado en un equipo de laboratorio (Moreno, 1990; Moreno, 1991). Los resultados hidrodinámicos obtenidos evidencian una desviación importante entre los valores experimentales y los que predicen correlaciones informadas en la literatura especializada, dado que éstas han sido obtenidas para otro tipo de partículas, normalmente más regulares que las que componen el aserrín.

## OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es estudiar las variables influyentes en fluidizar desechos forestales de un tamaño de partículas mayor a las del aserrín. Se determinan velocidades de operación y pérdidas de carga en el lecho, tanto para sólidos con humedad de equilibrio como para sólidos húmedos, con el fin de emplear estos datos en el diseño de una unidad de combustión de lecho fluidizado.



## MATERIAL Y METODO

### Equipo

En la Figura N° 1 se muestra un esquema del equipo experimental empleado para el estudio. Consta de un soplador centrifugo (1) de 0,4 m<sup>3</sup>/s de caudal y 4 kPa de presión estática para impulsar aire en condiciones normales a dos columnas de fluidización (2) de 0,10 y 0,20 m de diámetro, construidas de acrílico. El caudal de aire se regula con una válvula de mariposa (3) ubicada en la descarga del ventilador y con dos válvulas de cierre (4) ubicadas debajo de las columnas. En la base de las columnas se dispone de distribuidores de aire, consistentes en placas con perforaciones múltiples (5) construidas con planchas de acero. Para la medición de velocidades se dispone de un anemómetro de aletas con lectura digital (6) de 0,1 m/s de resolución, que permite obtener la velocidad superficial del aire en la sección transversal de la columna de fluidización. La caída de presión en el lecho se mide con un manómetro diferencial de 0,01" H<sub>2</sub>O de resolución (7) conectado a las tomas de presión (8) ubicadas en las paredes del lecho.

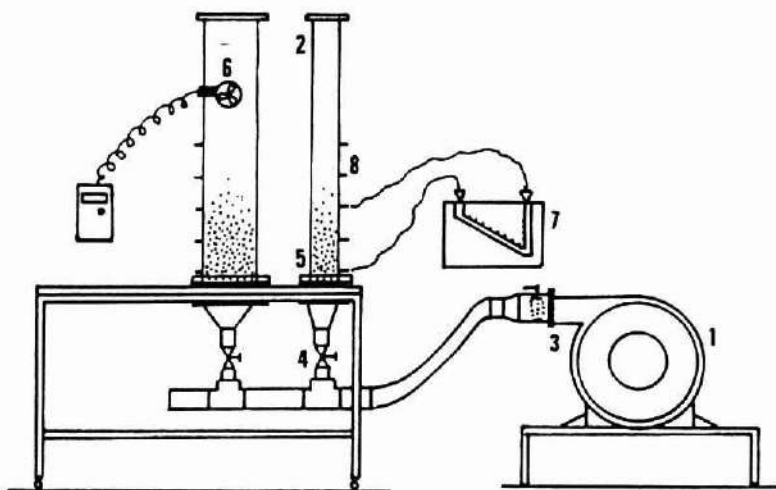


Figura N° 1. ESQUEMA DEL EQUIPO EXPERIMENTAL EMPLEADO

## Metodología

La metodología empleada en el estudio se basa en la construcción del gráfico de pérdidas de carga del lecho versus la velocidad superficial del aire.

La velocidad de operación de un lecho fluidizado es un parámetro cuyo valor está entre la velocidad mínima de fluidización ( $V_{mf}$ ) y la velocidad terminal ( $V_t$ ). La primera corresponde a la velocidad a la cual la fuerza de arrastre del aire mantiene en suspensión a las partículas en el lecho y la segunda es la velocidad a la cual las partículas comienzan a ser arrastradas fuera del lecho. La velocidad de operación permite determinar los caudales de aire a manejar por el soplador de una unidad de lecho fluidizado.

Por otra parte, la pérdida de carga del lecho corresponde a la caída de presión del aire al pasar a través de las partículas sólidas. Este parámetro, sumado a las pérdidas de presión del resto del sistema, permite determinar las características de presión estática del soplador.

Construyendo un gráfico de pérdida de carga del lecho versus velocidad superficial del aire se puede obtener la velocidad mínima de fluidización intersectando la curva de lecho fijo con la de lecho fluidizado (Davidson et al., 1985) tal como se muestra en la Figura N°2. Esta es una representación teórica del fenómeno, ya que, en la práctica, se sabe que en el caso de fluidización de sólidos irregulares y polidispersos, esta curva presenta alteraciones con fluctuaciones de la pérdida de carga en la transición de lecho fijo a lecho fluidizado (Reyes, 1987).



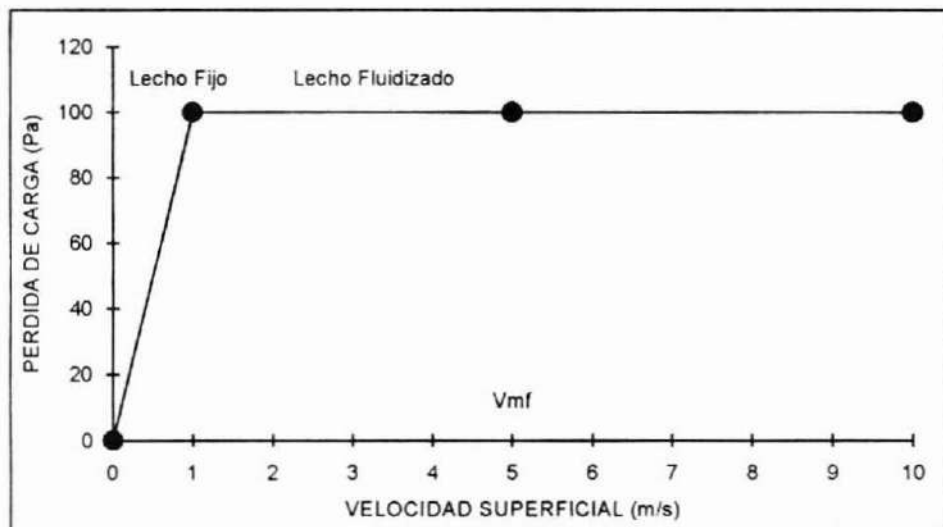


Figura N° 2. PERDIDA DE CARGA EN FUNCION DE LA VELOCIDAD SUPERFICIAL DEL FLUJO PARA FLUIDIZACION IDEAL DE SOLIDOS

### Caracterización de los Sólidos

Los sólidos estudiados son partículas de desechos forestales provenientes de diversos procesos industriales, tales como aserrado de madera, cepillado y otros, en tamaños promedio superiores a los  $4 \times 10^{-3}$  m, algunos de los cuales se encontraban en estado húmedo (tal como se usa) y otros con humedad cercana a la de equilibrio, ya que se almacenan bajo techo.

Se procedió a efectuar una clasificación por origen y, a través de un tamizado normalizado ASTM de las muestras, se determinó su tamaño (Cuadro N° 1).

## Cuadro N° 1

### CLASIFICACION DE DESECHOS FORESTALES

Muestras	Tipo y Origen	Tamaño dp x 10 <sup>-3</sup> (m)	Humedad Origen Base Húmeda (Hbh) (%)
A	Astillado Aserradero Fino	4,8-9,5	40,9
B	Astillado Aserradero Grueso	9,5-12,5	40,9
C	Viruta Cepillado Fina	1,0-9,5	9,2
D	Viruta Cepillado Gruesa	9,5-12,5	15,2
E	Chips	>20	15,0
F	Descortezado	>30	30,0

dp: Diámetro partículas

Los parámetros seleccionados para los ensayos son tipo de desecho, granulometría, humedad de sólidos, altura del lecho y diámetro de la columna de fluidización.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura N° 3 se puede apreciar un gráfico típico obtenido para el caso de una muestra A. En él se aprecia la inestabilidad que se produce en la zona de transición de lecho fijo a lecho fluidizado evidenciándose esta en fluctuaciones de la pérdida de carga a medida que aumenta la velocidad para luego estabilizarse.

En estos casos, debido a que hay un rango de tamaño de partícula, aunque exista tamizado previo, la velocidad mínima de fluidización no posee un valor fijo sino que también está en un rango, el cual aparece en la Figura N° 3. De igual forma, se ensayaron las otras muestras, tanto en estado de humedad de equilibrio como en estado húmedo, obteniéndose las velocidades indicadas en el Cuadro N° 2, en el cual se dan a conocer, además, los valores obtenidos para la velocidad terminal, que también osciló en un amplio margen.

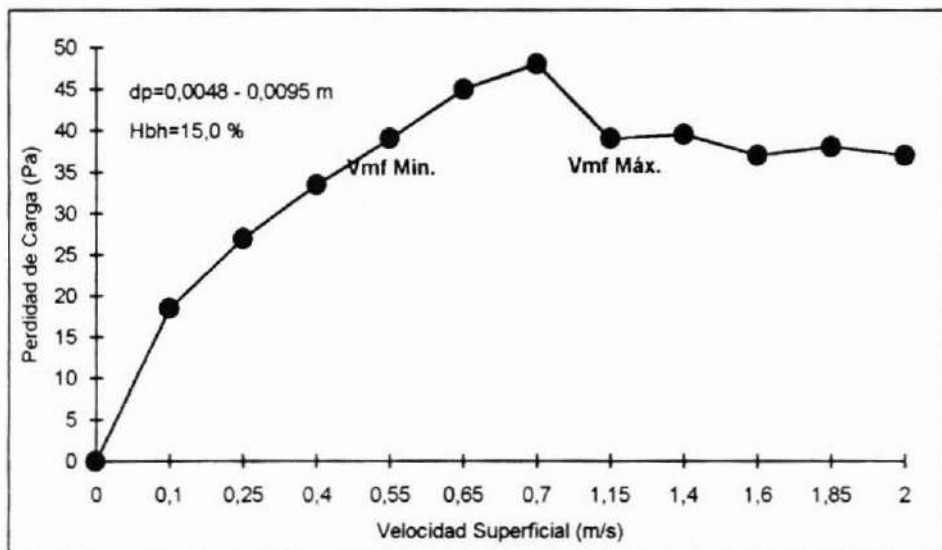


Figura N° 3. CURVA DE PERDIDA DE CARGA PARA LA FLUIDIZACION DE ASTILLAS FINAS DE ASERRADERO EN COLUMNA DE 0,2 m DE DIAMETRO.

Cuadro N° 2

VELOCIDADES DE OPERACION PARA DESECHOS FORESTALES  
EN LECHO DE 0,1 m DE DIAMETRO

Muestra	Estado Humedad de Equilibrio			Estado Húmedo		
	Vmf (m/s)	Vt (m/s)	Hbh (%)	Vmf (m/s)	Vt (m/s)	Hbh (%)
A	0,7-1,8	2,4-3,8	13,0	1,2-3,5	4,0-5,5	64,8
B	1,0-2,0	2,8-5,0	15,0	1,7-3,5	4,5-5,5	66,5
C	0,3-0,9	1,5-3,0	9,2	0,7-3,0	2,0-5,0	66,7
D	0,5-1,1	2,0-3,3	15,2	0,8-4,0	3,0-5,5	71,0

Con el fin de comparar estos resultados con los obtenidos en estudios anteriores para el caso del aserrín, el Cuadro N° 3 proporciona las velocidades de fluidización y terminal, promedio para partículas de tamaño inferior a los  $4 \times 10^{-3}$  m.

Cuadro N° 3

VELOCIDADES DE OPERACION DEL ASERRIN SECO

dp x10 <sup>3</sup> (m)	Vmf(m/s)	Vt (m/s)
0,359	0,11	1,13
0,505	0,16	1,38
0,890	0,27	1,78
1,595	0,44	2,36
2,190	0,51	2,73
3,570	0,69	3,35

(Moreno, 1990).

Se debe destacar que el fenómeno de inestabilidad de la presión también había sido observado en el caso del aserrín.

En relación a los resultados del Cuadro N° 2, que no contempla las muestras E y F, se debe decir que efectivamente se disponía de muestras con granulometría mayor a  $20 \times 10^{-3}$  m, correspondientes a chips y descortezados, tal como lo señala el Cuadro N° 1. Sin embargo, estos sólidos no pudieron ser fluidizados con el equipo experimental disponible, el cual permite velocidades superficiales de hasta 5,5 m/s. Como estas muestras no son homogéneas, al ser tomadas de un proceso industrial, existían sólo algunas partículas de pequeño tamaño que eran fluidizadas, pero el fenómeno no es generalizado.

En el Cuadro N° 2 también se puede apreciar que, en el caso de virutas de granulometría relativamente grande, las velocidades obtenidas para lograr la fluidización son bajas, lo cual se debe a que por su geometría la superficie de exposición a la corriente de aire por unidad de volumen es alta, lo que hace que la fuerza de arrastre necesaria para equilibrar su peso se logre con una menor velocidad del aire.

En general, en los resultados obtenidos se observa una tendencia acorde con la teoría, respecto de la dependencia de la velocidad con tamaño de partículas y humedad de sólidos (Kunii y Levenspiel, 1969; Reyes, 1987)

La Figura N° 4 muestra el comportamiento de la pérdida de carga máxima del lecho de partículas, por unidad de altura de lecho, con respecto a la humedad de los sólidos. Esta pérdida de carga fue determinada experimentalmente en base al peso de las muestras, por unidad de sección transversal del lecho. Cabe hacer notar que este valor es mayor que el que se



midió con un manómetro diferencial, lo se debe a que la calidad de la fluidización no es cien por ciento efectiva al usar una placa distribuidora tipo multiorificio. Este aspecto del diseño actualmente está siendo optimizado por los autores. Por tanto, se reportan los valores máximos de pérdida de presión para una completa fluidización, ya que son estos valores los que habría que considerar en el dimensionamiento del ventilador de un lecho fluidizado.

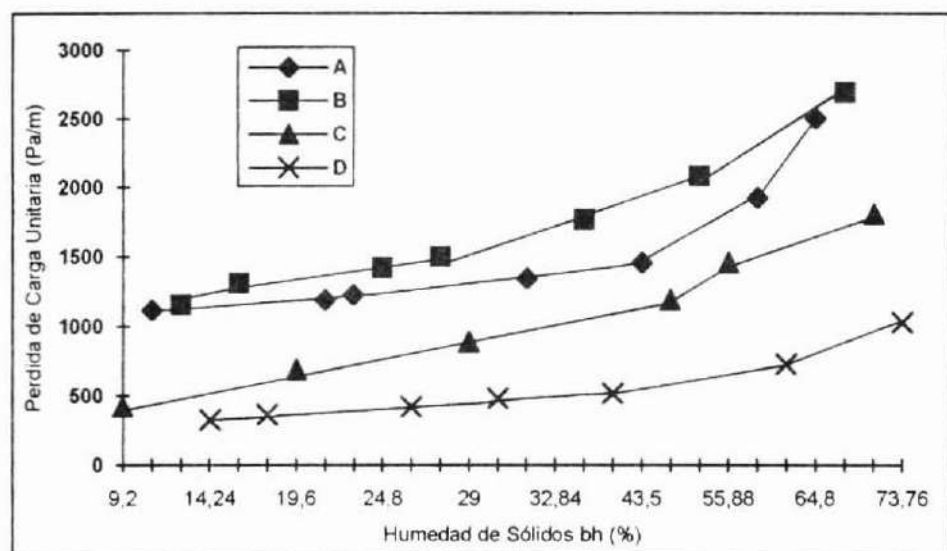


Figura N° 4. PERDIDAS DE PRESION DEL LECHO EN FUNCION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SOLIDOS.

Los resultados obtenidos en esta parte del trabajo muestran un aumento de la caída de presión con el incremento del contenido de humedad de los sólidos, lo que concuerda con el fundamento teórico expresado a través de la ecuación fundamental de la fluidización (Kunii y Levenspiel, 1969).

$$\Delta p/L = (1-\epsilon) (\rho_S - \rho_f) g$$

donde:

$\Delta p$  = pérdida de presión (Pa)

$L$  = altura de lecho (m)

$\epsilon$  = porosidad de lecho ( $m^3$  vacío/ $m^3$  lecho)

$\rho_S$  = densidad de sólido ( $Kg/m^3$ )

$\rho_f$  = densidad del fluidizante ( $Kg/m^3$ )

$g$  = aceleración de gravedad ( $m/s^2$ )

En esta ecuación la densidad de las partículas es el parámetro a través del cual interviene la humedad de las muestras.

También los resultados son concordantes con la teoría al comparar los valores de pérdida de presión de las partículas astilladas (A o B) con los de las partículas tipo viruta (C o D). La menor caída de presión en el segundo caso, se debe a que por la geometría que poseen las virutas, la porosidad del lecho es alta con respecto a la que se presenta en el caso de partículas más compactables.

Por otro lado, las diferencias entre las muestras C y D se deben a que, en el caso de la viruta fina (C), la distribución de tamaño de las partículas es amplia ( $1,0 - 9,5 \times 10^{-3}$  m), por lo que la porosidad en este caso es menor que para las virutas de tamaño  $9,5 - 12,5 \times 10^{-3}$  m y la muestra C es por tanto más pesada que la D.

Finalmente, respecto de la calidad de la fluidización, se pudo verificar que en las columnas de 0,1 m de diámetro es muy difícil fluidizar lechos de alturas superiores a los  $70 \times 10^{-3}$  m, produciéndose efectos de pistoneo y flujo canalizado del aire, fenómenos que son más significativos a altas humedades de sólidos. En contraste con lo anterior, en la columna de 0,2 m de diámetro fue posible fluidizar lechos de hasta  $120$  a  $150 \times 10^{-3}$  m de altura, evidenciándose incluso una leve disminución de las velocidades requeridas para la suspensión de sólidos, tal como se muestra en el Cuadro N° 4.



Cuadro N° 4

EFFECTOS DEL DIAMETRO DE COLUMNA EN LAS VELOCIDADES DE FLUIDIZACION PARA  
DESECHOS SECOS

Muestra	Columna de 0,1 m		Columna de 0,2m	
	Vmf (m/s)	Vt (m/s)	Vmf(m/s)	Vt (m/s)
A	0.7 - 1.8	2.4 - 3.8	0.6 - 1.2	2.1 - 3.0
B	1.0 - 2.0	2.8 - 5.0	0.7 - 1.6	2.6 - 3.4
D	0.5 - 1.1	2.0 - 3.3	0.4 - 1.0	1.8 - 3.0

De esto se puede concluir que el flujo pistón, como fenómeno indeseado y producido por la influencia de las paredes de la columna sobre el lecho, se puede atenuar al emplear lechos de mayor diámetro o mayor sección transversal.

## CONCLUSIONES

Se evaluaron experimentalmente las variables hidrodinámicas de la fluidización de desechos forestales, tales como velocidad mínima de fluidización, velocidad terminal y pérdidas de carga, empleando como parámetros la granulometría y humedad de los sólidos, la altura del lecho fluidizado y el diámetro de la columna de fluidización.

Se comprobó que es posible obtener la fluidización de desechos forestales con velocidades de operación entre 1 y 5 m/s, dependiendo del tamaño y humedad de las partículas.

En general, a medida que el tamaño de partículas aumenta, se requieren mayores velocidades mínimas de fluidización y terminales. Sin embargo, en partículas de gran superficie por unidad de volumen, como es el caso de las virutas de cepillado, se necesita una velocidad menor que la que correspondería a su tamaño determinado por tamizado.

La humedad influye directamente en la densidad o peso de las partículas y por tanto en la velocidad de operación del equipo.

Las pérdidas de carga del lecho son directamente proporcionales a la humedad de los sólidos. Con respecto a la granulometría, se puede afirmar que las partículas con gran superficie por unidad de volumen (virutas) presentan menos pérdidas de carga a pesar de tener mayor tamaño, ya que en un determinado volumen de lecho hay menos masa de producto, debido a la alta porosidad intersticial que dejan las partículas.

La fluidización se ve beneficiada con el empleo de columnas de mayor sección transversal, consiguiéndose fluidizar, para la misma energía disponible en el ventilador, mayores volúmenes de material, optimizando de esta forma el rendimiento de la unidad.

Esta extrapolación es válida hasta un cierto límite que sería necesario definir experimentalmente.

Se espera que sea posible optimizar el diseño, especialmente en lo que se refiere a la calidad de la fluidización, mejorando el diseño de la placa distribuidora de aire para disminuir al máximo el pistoneo y la canalización.

## RECONOCIMIENTO

Este trabajo se realizó gracias al apoyo brindado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile al Proyecto de Investigación S-92-14. Los autores del trabajo también agradecen la colaboración del profesor Dr. Pedro Navarrete A. de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Chile.



## REFERENCIAS

- Broughton, J. and J.R. Howard. 1983.** Combustion of Coal in Fluidized Beds, Fluidized Beds, Combustion and Applications, Ed. by J.R. Howard, Applied Science Publishers, London, 37-76.
- Davidson, J.F., R. Clift and D. Harrison. 1985.** Fluidization, Academic Press, Inc., London.
- Fenelly, P.F. 1984.** Fluidized Bed Combustion, American Scientist, 72:254-261.
- Kunii, D. and O. Levenspiel. 1969.** Fluidization Engineering, John Wiley & Sons, Inc., New York, 64-80.
- Moreno, R. 1990.** Fluidización de Aserrín: Comportamiento Hidrodinámico y Estudio de Correlaciones, Anales IV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, 331-343, Santiago.
- Moreno, R. 1991.** Secado de Aserrín en Lecho Fluidizado, Ciencia e Investigación Forestal, Instituto Forestal, 5(2): 217-227.
- Navarrete, P., U. Zuñiga, R. Santander, M. Salinas, O. Torres y R. Mansilla. 1990.** Desarrollo y Experimentación de Planta Piloto para Combustión de Lecho Fluidizado, Anales IV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, 359-365, Santiago.
- Navarrete, P., U. Zuñiga, F. Valenzuela, L. Faúndez, A. Martinich, A. Jalaf y G. Lira. 1992.** Prototipo Modificado de Laboratorio para la Combustión en Lecho Fluidizado, Anales V Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, 2: 501-505, Punta Arenas.
- Reyes, A., 1987.** Parámetros de Diseño de Reactores de Lecho Fluidizado. Seminario Fundamentos de Transferencia de Calor y Materia en Lechos Fluidizados. USACH. 28pp. Valdivia, Chile.

# PROPAGACION VEGETATIVA DE RAULI, ROBLE Y COIHUE A PARTIR DE ESTACAS

Rómulo Santelices (\*)

## RESUMEN

Se estudia la posibilidad de reproducir vegetativamente a través de estacas, las especies del género *Nothofagus*; *N. alpina*, rauli; *N. obliqua*, roble; y *N. dombeyi*, coihue. Para ello se prueban tres concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) en la base las de estacas. Estas fueron colectadas en invierno y se insertaron en camas de arraigamiento, con una temperatura de 21° C, durante cinco meses.

Los resultados indican que las tres especies pueden ser propagadas vegetativamente a partir de estacas, con resultados satisfactorios. Con un 0,5% de AIB se obtuvo el mejor resultado.

**Palabras clave:** Propagación vegetativa. *Nothofagus alpina*. *Nothofagus dombeyi*. *Nothofagus obliqua*.

## ABSTRACT

The vegetative propagation possibility of the *Nothofagus* genus species; *N. alpina*, rauli; *N. obliqua*, roble; and *N. dombeyi*, coihue; by rooting of cuttings, is studied in this paper. The cuttings were collected in winter time and treated with three different indolebutyric acid (IBA) concentrations. Cuttings stayed five months in a greenhouse over a rootingbed at 21° C.

The results indicate that it is possible to propagate these species by using the above method and show that the best result is obtained under an indolebutyric acid concentration of 0,5%.

**Keywords:** Vegetative propagation. *Nothofagus alpina*. *Nothofagus dombeyi*. *Nothofagus obliqua*.

(\*) Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, VIII Región. Concepción.

## INTRODUCCION

En la comercialización de maderas nativas chilenas, tradicionalmente se ha destacado la participación que tienen las especies raulí, roble y coihue. Se caracterizan por tener usos muy variados, desde madera aserrada para mueblería o chapas para recubrir tableros, hasta el aprovechamiento como combustible o astillas para la fabricación de pulpa de fibra corta.

Ha sido una práctica común en Chile que estas y otras especies nativas, hayan sido explotadas sin un criterio silvícola tendiente a la reposición del material extraído del bosque. Como consecuencia de esto, es necesario realizar labores de manejo que aseguren la regeneración de los bosques cosechados. Actualmente, debido a la situación en que se encuentran muchos rodales, preferentemente deben realizarse labores de enriquecimiento por medio de plantaciones con material genético que asegure su calidad.

Existen antecedentes suficientes para la regeneración sexual de estas especies y su posterior cultivo en vivero. También se encuentra información que permite asegurar una alta sobrevivencia en plantaciones de raulí y de roble, con plantas a raíz desnuda, bajo un dosel de cobertura suave. A plena luminosidad, con plantas producidas en contenedores de pared rígida y con un método de plantación que considera control de malezas y riego, se ha obtenido una sobrevivencia superior al 80%, con crecimientos superiores a 2 m de altura en siete meses (Grosse, 1988 y 1993).

Escasa es, sin embargo, la información que existe sobre la reproducción vegetativa de la mayoría de las especies del bosque nativo chileno. Esta carencia adquiere mayor importancia cuando se quiere reproducir material de alto valor genético.

Sobre la reproducción asexual a través de estacas para algunas especies nativas chilenas hay resultados satisfactorios. Para ulmo, por ejemplo, es de gran importancia trabajar con estacas terminales colectadas en primavera o verano y con hormonas que incentivan el desarrollo radicular. Particularmente, ha dado buenos resultados el ácido indolbutírico (AIB), bajo el nombre comercial seradix, aunque se desconoce la concentración de la hormona en

este producto (Silva, 1987).

Los antecedentes aportados por Santelices en 1989 y 1990, indican que las especies tepa, lingue y mañío, pueden propagarse vegetativamente, en base a la aplicación de ácido indolbutírico (1.000 ppm) y diferentes niveles de temperatura en la base de las estacas. Para tepa se lograron excelentes resultados aplicando una temperatura de 21°C, lo que se reflejó en una supervivencia de 92% y una buena producción de raíces. Para lingue el mejor desarrollo radicular se obtuvo con una temperatura entre 18 y 24°C, mientras que para mañío éste fue logrado con 24°C. Los máximos niveles de sobrevivencia obtenidos fueron de 61% para mañío y de 35% para lingue. Para las tres especies, con la producción de raíces alcanzada, se obtuvo un buen desarrollo en el vivero, pero obviamente éste fue mejor a medida que se logró inducir un mejor sistema radicular.

En el caso de los *Nothofagus*, los antecedentes entregados por Silva en 1968, señalan que para raulí es importante trabajar con estacas provenientes de tocón, de uno a dos años, y con concentraciones altas de ácido indolbutírico (1.000 ppm). El período de aplicación de la auxina puede ser de 15 ó 30 minutos, lográndose en ambos casos los mismos resultados.

Estudios realizados en la República Federal de Alemania, muestran que es posible propagar la especie raulí a través de estacas y desarrollar la técnica a una escala operacional. Para ello básicamente es necesario elegir estacas con hojas para instalarlas en el invernadero hacia fines de la primavera y regar abundantemente en forma de niebla (Becker y Dautzenberg, 1978).

## OBJETIVOS

El trabajo que a continuación se presenta, tiene como objetivo analizar la factibilidad de reproducir vegetativamente a partir de estacas, las especies raulí (*Nothofagus alpina*), roble (*Nothofagus obliqua*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*), probando concentraciones de ácido indolbutírico más altas que las que usualmente son utilizadas para estos efectos.



## MATERIAL Y METODO

### Diseño Experimental

El ensayo fue planteado con un diseño estadístico completamente aleatorizado, con tres tratamientos, tres repeticiones y veintiuna estacas por unidad experimental.

Los tratamientos probados son diferentes concentraciones de ácido indolbutírico en la base de las estacas. Estas se detallan a continuación:

T<sub>1</sub>: 0,5 %

T<sub>2</sub>: 1,0 %

T<sub>3</sub>: 1,5 %

### Estacas

Las estacas utilizadas en el ensayo provienen de plantas cultivadas en el vivero del Centro Experimental Escuadrón de Forestal Mininco. Todas las estacas fueron colectadas de brotes secundarios de plantas de entre dos y cuatro años de edad (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1

#### EDAD DEL MATERIAL ENSAYADO

Especie	Edad (años)
Rauli	2
Roble	4
Coihue	3

## Instalación del Ensayo

En la metodología seguida en el ensayo se tomaron en cuenta los antecedentes sobre el tema proporcionados por Krüsmann (1981), Bärtels (1988) y Santelices (1990 Y 1991).

El ensayo se realizó en uno de los invernaderos del Centro Experimental Escuadrón de Forestal Mininco, ubicado 17 km al sur de Concepción, dentro del marco de un convenio de colaboración entre el Instituto Forestal y la Empresa.

Las estacas fueron cosechadas el 2 de julio de 1992, entre las 8 y 9 horas, lapso en el cual habían cielos cubiertos y la temperatura no superaba los 10° C. Se seleccionaron de las ramas de plantas que se cultivaban en el vivero del Centro Escuadrón.

Las estacas se cortaron de 15 cm de longitud, debiendo presentar al menos 3 yemas. Los cortes se realizaron en bisel, en un ángulo de 45°. Mientras se realizaba ésto, las estacas se mantuvieron hundidas en agua fría.

La concentración de la hormona fue preparada de acuerdo a los antecedentes proporcionados por Kleinschmit (1991). Se diluyó la hormona en agua y posteriormente fue mezclada con talco inerte. La mezcla se secó en una estufa, manteniendo 24° C durante tres días. Se tomaron las precauciones pertinentes para que la temperatura no sobrepasara los 25° C y así evitar la degradación de la auxina. Pasado este lapso, se evaporó el agua y la hormona quedó dispersa en el talco.

La base de las estacas fue sumergida en agua y luego en el ácido indolbutírico hasta una profundidad de 2,5 a 3 cm, de acuerdo a las concentraciones establecidas. Inmediatamente después, fueron insertadas en las camas calientes de arraigamiento.

El substrato utilizado fue aserrín de pino radiata. Para eliminar toxinas y hongos éste fue hervido en agua, al menos durante media hora.

Las camas de arraigamiento se mantuvieron a 21° C. La temperatura fue mantenida con piscinas con agua temperada, regulada por termocalentadores eléctricos para acuarios. Estas fueron construidas en madera y como aislante se utilizó poliestireno. La parte interior se cubrió con polietileno. A 10 cm sobre el nivel del agua se instaló una fina red, sobre la cual se depositó el substrato. Así se garantizó una óptima circulación de agua y oxígeno.



Las estacas se insertaron en las camas calientes de arraigamiento hasta una profundidad de 7 cm. Se mantuvieron bajo la luz de un tubo fluorescente (40 W) por 9,5 horas cada día.

Cada hora se controló la temperatura ambiental y de las camas de arraigamiento. Se mantuvo una humedad ambiental alta usando nebulizadores, lo que también sirvió para evitar que la temperatura ambiental sobrepasara los 30° C. Como medida preventiva se aplicó, cada tres días, un fungicida sistémico. También se empleó fertilizante foliar.

Las estacas permanecieron en las camas de arraigamiento hasta el 10 de diciembre de 1992. Al final de este período se evaluó la sobrevivencia, capacidad de arraigamiento y producción de raíces.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Después de permanecer cinco meses en las camas calientes de arraigamiento en el invernadero, se procedió a evaluar la respuesta que tuvo cada especie a los tratamientos probados. A continuación se entregan los resultados sobre la supervivencia y la capacidad para inducir y desarrollar raíces.

### Sobrevivencia y Arraigamiento

Para raulí no se presentan diferencias significativas, en función de la concentración hormonal, tanto en lo relativo a la sobrevivencia como a la capacidad de arraigamiento. Como una tendencia no demostrable estadísticamente aumentó la capacidad de arraigamiento al aplicar una mayor concentración de la auxina (Cuadro N° 2).

Cuadro Nº 2

## SOBREVIVENCIA Y ARRAIGAMIENTO PARA RAULI

Concentración AIB	Sobrevivencia (%)	Arraigamiento (%)
0,5 %	30,2 a	28,6 a
1,0 %	33,3 a	30,2 a
1,5 %	42,9 a	39,7 a

Nota: Valores medios señalados con letras minúsculas distintas, se diferencian entre ellos a un nivel de confianza del 95%.

Para roble, las respuestas frente a los tratamientos probados arrojan claras diferencias, tanto para la sobrevivencia como para el arraigamiento. Las estacas tratadas con 0,5% y 1,0% de ácido indolbutírico respondieron positivamente mejor que aquellas tratadas con una concentración del 1,5%. Esto hace recomendable, si se trabaja a nivel operacional, utilizar una concentración del 0,5% de AIB, ya que se utiliza sólo el 50% de la auxina, en relación a la alternativa con resultados similares (Cuadro Nº 3).

Cuadro Nº 3

## SOBREVIVENCIA Y ARRAIGAMIENTO PARA ROBLE

Concentración AIB	Sobrevivencia (%)	Arraigamiento (%)
0,5 %	55,6 a	44,4 a
1,0 %	57,1 a	47,6 a
1,5 %	25,4 b	20,6 b

Nota: Valores medios señalados con letras minúsculas distintas, se diferencian entre ellos a un nivel de confianza del 95%.

La mayor sobrevivencia de coihue, se obtuvo con la menor concentración de AIB (0,5%), sin apreciarse diferencias estadísticas en este parámetro con los valores correspondientes a las concentraciones mayor e intermedia.

El comportamiento, un tanto errático, que se aprecia en los resultados de sobrevivencia, se manifiesta más claramente con el arraigamiento de las estacas. Los tratamientos extremos no se diferencian entre sí, pero marcadamente lo hacen con el tratamiento intermedio.

Es posible que para coihue existan rangos de concentraciones de las auxinas que estimulan el desarrollo de diferentes tipos de raíces. Puede ser que la concentración de 0,5% de AIB sea el punto más alto para incentivar el desarrollo, por ejemplo, de un tipo de raíces más finas, y por otra parte, la concentración de 1,5% podría estimular un tipo de raíces más gruesas. También podría darse el caso, de que a las estacas tratadas con 1,0% de AIB, les haya faltado tiempo en las camas de arraigamiento, ya que todas aquellas que sobrevivieron, presentaban callos, es decir, si hubieran permanecido mayor tiempo, posiblemente también habrían inducido el desarrollo de raíces (Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4

**SOBREVIVENCIA Y ARRAIGAMIENTO PARA COIHUE**

Concentración AIB	Sobrevivencia (%)	Arraigamiento (%)
0,5 %	50,8 a	28,6 a
1,0 %	31,7 b	6,3 b
1,5 %	9,7 ab	28,6 a

Nota: Valores medios señalados con letras minúsculas distintas, se diferencian entre ellos a un nivel de confianza del 95%.

La aptitud para arraigar, muchas veces está condicionada genéticamente por el árbol madre. Por esta razón podrían necesitar las estacas de coihue períodos de longitudes marcadamente diferentes para inducir el desarrollo radicular.

### Capacidad para Desarrollar Raíces

Con todos los tratamientos probados se logró inducir el desarrollo de raíces en estacas de raulí. Con la concentración más baja de AIB, en promedio se produjeron casi 13 raíces por estaca, con una longitud media de 8,9 cm. Este tratamiento parece ser el más eficiente, ya que se logra una buena producción de raíces con la menor cantidad de hormona (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5

## INDUCCION DE RAICES EN LAS ESTACAS DE RAULI

Concentración AIB	Producción de raíces por estaca	
	Cantidad (N°)	Longitud media (cm)
0,5 %	12,9 a	8,9 a
1,0 %	9,4 b	9,6 a
1,5 %	10,6 ab	11,4 a

Nota: Valores medios señalados con letras minúsculas distintas, se diferencian entre ellos a un nivel de confianza del 95%.

Con todos los tratamientos probados se logró inducir el desarrollo de raíces en estacas de roble. El mejor y más eficiente, resultó ser el tratamiento con la concentración al 0,5% de ácido indolbutírico que, en cuanto a la cantidad de raíces producidas, se diferencia estadísticamente de los otros dos. Referente a la longitud media de raíces, no se observan diferencias a nivel estadístico, pero en términos absolutos presenta también el valor más alto (Cuadro N° 6).

Cuadro N° 6

## INDUCCION DE RAICES EN LAS ESTACAS DE ROBLE

Concentración AIB	Producción de raíces por estaca	
	Cantidad (N°)	Longitud media (cm)
0,5 %	6,8 a	9,1 a
1,0 %	3,9 b	8,7 a
1,5 %	3,8 b	7,8 a

Nota: Valores medios señalados con letras minúsculas distintas, se diferencian entre ellos a un nivel de confianza del 95%.

Para coihue con todos las concentraciones de AIB probadas, se estimuló el desarrollo de raíces. No se observan diferencias significativas en cuanto al número de raíces producidas, lográndose el valor más alto con la mayor concentración.

Hay diferencias estadísticamente significativas al analizar lo sucedido con la longitud de las raíces. El valor más alto se obtuvo con la concentración al 1,5%

de AIB. Este no se diferencia con el valor alcanzado al probar con 0,5% de AIB. Nuevamente el resultado no pareciera darse en forma lógica, lo que refuerza las suposiciones hechas al analizar los resultados de sobrevivencia y arraigamiento (Cuadro N° 7).

Cuadro N° 7

INDUCCION DE RAICES EN LAS ESTACAS DE COIHUE

Concentración AIB	Producción de raíces por estaca	
	Cantidad (N°)	Longitud media (cm)
0,5 %	7,1 a	8,0 ab
1,0 %	5,0 a	4,2 b
1,5 %	8,3 a	9,0 a

Nota: Valores medios señalados con letras minúsculas distintas, se diferencian entre ellos a un nivel de confianza del 95%.

Con los tratamientos probados, es posible reproducir vegetativamente a través de estacas las tres especies estudiadas. Ello podría ser más eficiente, si se aplica en la base de las estacas una concentración al 0,5% de AIB, debido a que se logra la propagación con una menor cantidad de hormona, siendo los resultados tanto o más satisfactorios que con los otros tratamientos.

De acuerdo a lo señalado por Becker y Dautzenberg (1978), el porcentaje de estacas arraigadas podría ser mayor si se utiliza un equipo de riego que genere niebla. En el ensayo se usaron nebulizadores, conocidos en el mercado como micro jet, que se caracterizan por pulverizar la gota de agua, pero no producen niebla.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones que a continuación se presentan, corresponden a los resultados de este ensayo en particular. Para poder extrapolar estos resultados, es necesario ahondar en varios otros aspectos que influyen en la propagación de estacas.

Las especies raulí, roble y coihue pueden ser reproducidas vegetativamente a partir de estacas cosechadas en invierno, con un aceptable porcentaje de arraigamiento.

Para raulí y roble es preferible inducir el desarrollo de raíces, colocando en la base de las estacas una concentración de AIB al 0,5%.

En el caso del coihue, también se tienen buenos resultados con una concentración al 0,5% de AIB, pero la proporción de estacas arraigadas es menor que en el caso de las otras dos especies estudiadas.

Es necesario estudiar otros factores que posibiliten aumentar el número de estacas arraigadas. Estos pueden ser la permanencia de las estacas en las camas de arraigamiento y la temperatura. Otros aspectos que podrían influir en el éxito de la propagación a través de estacas, son la época de cosecha, la edad del árbol madre y el tipo de sustrato utilizado.

Es necesario establecer plantaciones con material reproducido asexualmente a través de estacas, estudiar el comportamiento en terreno y compararlo con masas establecidas con plantas propagadas sexualmente. Esto adquiere mayor importancia, si se piensa realizar plantaciones clonales con material genético de alto valor.



## REFERENCIAS

- Bärtels, A., 1988.** Gehölzvermehrung. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart, Alemania. 370 pp.
- Becker, A. y Dautzemberg, H., 1978.** Zur Stecklingsvermehrung bei *Nothofagus procera* (Poepp. et Endl) Oerst. *Silvae Genetica* 27(5). Alemania. 178-183 pp.
- Grosse, H., 1988.** Crecimiento de Plantaciones de Raulí y Roble Bajo Dosel en Dependencia del Grado de Luminosidad y Fertilización. *Revista Ciencia e Investigación Forestal* 2 (3). INFOR-CORFO. Chile. 13-30 pp.
- Grosse, H., 1993.** El Potencial de Raulí y Roble en Chile. In: El Potencial de Raulí y Roble, los Casos de Gran Bretaña y Chile. Seminario Fundación DUOC. Concepción, Chile.
- Kleinschmit, J., 1991.** Herstellung von Wuchsstoff in Puderform. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, abt. C. Escherode, Alemania. 2 pp.
- Krüssmann, G., 1981.** Die Baumschule. Verlag Paul Parey. Berlín y Hamburgo, Alemania. 656 pp.
- Santelices, R., 1990.** Propagación Vegetativa de Tapa (*Laurelia philippiana*) a Partir de Estacas. *Revista Ciencia e Investigación Forestal* 4 (1). INFOR-CORFO. Chile. 61-68 pp.
- Santelices, R., 1991.** Propagación Vegetativa de Tapa (*Laurelia philippiana*), Lingue (*Persea lingue*) y Mañío (*Podocarpus saligna*) a Partir de Estacas. *Revista Ciencia e Investigación Forestal* 5 (2). INFOR-CORFO. Chile. 195-202 pp.
- Silva, J., 1968.** Arraigamiento de Estacas de Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oersted). Tesis Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, Escuela de Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 22 pp.

# DETERMINACION DE CALIDADES DE SITIO PARA PLANTACIONES DE *Atriplex nummularia* Lindl. EN COMUNIDADES AGRICOLAS DE LA COMUNA DE CANELA, IV REGION.

Jaime Valdés C. (\*)  
César Correa J. (\*\*)

## RESUMEN

*Atriplex nummularia* Lindl. se ha transformado en una de las especies más promisorias para la actividad ganadera de la IV Región debido a su valor forrajero y a su excelente adaptabilidad a condiciones de aridez. Sin embargo, es posible constatar que no todas las plantaciones de estos arbustos han sido exitosas.

Esta investigación tiene por objeto definir aquellos sitios que desde un punto de vista ambiental son los más apropiados para ser forestados con *Atriplex nummularia* en las comunidades agrícolas de la comuna de Canela, IV Región.

Estudios realizados en la Región, así como otros antecedentes bibliográficos en torno a este tema, permitieron seleccionar los factores suelo, pendiente y asoleamiento como indicadores de calidad de sitio.

El suelo demostró ser el más relevante, permitiendo la obtención de una función matemática que cuantifica la relación entre este factor y los rendimientos de forraje de este arbusto. Las concentraciones de  $\text{Na}^+$  intercambiable y sulfatos y cloruros solubles de los primeros 10 cm de suelo son las que mejor explican las diferencias de productividad de *A. nummularia*.

Empleando escalas de calidad de sitio obtenidas a través de los factores ambientales considerados, se sectorizó el área en estudio. Esta información se entrega en una cartografía escala 1:25 000, que cubre todas las Comunidades Agrícolas existentes en la Comuna de Canela.

**Palabras clave:** *Atriplex nummularia*, calidad de sitio, suelo, asoleamiento, pendiente.

(\*) Ing. Forestal, Programa Rural, Corporación JUNDEP.

(\*\*) Ing. Forestal (e), Programa Rural, Corporación JUNDEP.

## ABSTRACT

*Atriplex nummularia* Lindl. has become one of the most promising species for the animal husbandry in the IV Region of Chile, due to its forage quality and its excellent adaptability to arid conditions. Nevertheless, the establishment of this saltbush has not been entirely successful.

The object of this work is to define, from the environmental point of view, the most suitable sites to plant *A. nummularia* in the agricultural communities of Canela, IV Region.

Studies realized in the Region, allow to select the soil, the slope and the sun light exposure, as important site quality indicators.

The soil was the most important factor and a mathematical function to relate its principal characteristics with forage yields was obtained. The exchangeable  $\text{Na}^+$  and the soluble sulphates and chlorides from the first 10 cm depth were the best related factors to forage yields.

By using site quality scales obtained with the considered environmental factors, the study area was stratified and the results are shown in maps covering the whole agricultural communities area of Canela County.

**Key words:** *Atriplex nummularia*, site quality, soil, sun light exposure, slope.

## INTRODUCCION

Desde hace aproximadamente 15 años en la IV Región se están realizando plantaciones de arbustos forrajeros del género **Atriplex**, que se han visto enfrentadas a un sinnúmero de factores adversos, entre los cuales las limitaciones ambientales constituyen quizás los más importantes. Estas limitaciones se manifiestan principalmente por las escasas precipitaciones que registra la Región y por la precaria condición de sus suelos, sometidos a intensas presiones de uso por lo cuál presentan severos procesos erosivos.

Lo anterior se ha reflejado en el éxito de las plantaciones, sólo el 60% de las realizadas en la Región, han alcanzado los prendimientos mínimos exigidos por la Ley para acceder al subsidio forestal.

Organismos estatales como Instituto Forestal, CONAF y Universidad de Chile, han desarrollado diversos ensayos de introducción de especies, buscando alternativas forestales y silvopastorales para resolver las urgentes necesidades de los habitantes del medio rural. La experiencia ganada con estos ensayos así como con las plantaciones realizadas, dan cuenta de la existencia probada de especies que se adaptan a las condiciones de ciertas zonas de la IV Región. Entre estas destaca **Atriplex nummularia** Lindl. Sin embargo, la selección de los sitios aptos para forestar con dichas especies no ha sido realizada.

Si bién es cierto que la Región e incluso la provincia pueden ser sectorizadas en atención a ciertos factores como son las precipitaciones, las temperaturas, las series de suelo, las clasificaciones climáticas y otros, resulta evidente que las variaciones ambientales tienen una expresión mucho más detallada y dan cuenta de fenómenos tales como las diferentes exposiciones, pendientes, características de los suelos y exposiciones a vientos y neblinas, elementos que debidamente identificados y considerados pueden contribuir a compensar y paliar las restricciones del medio, permitiendo de esta forma la sobrevivencia y desarrollo de las plantaciones.

En este marco se planteó el proyecto Determinación de Calidades de Sitio para Forestaciones con **Atriplex nummularia**, estudio realizado en las

Comunidades Agrícolas de la comuna de Canela, IV Región (Figura N° 1), cuyo punto de partida es la recopilación de toda la información referente a las exigencias ecológicas de la especie.

En la actualidad la IV Región cuenta con aproximadamente 40.000 ha plantadas con arbustos forrajeros, de las cuales la mayoría son de *A. nummularia*. Este arbusto nanofanerófito, de origen australiano, constituye uno de los recursos forrajeros mejor adaptados a terrenos de secano de la región árida y semiárida de Chile (Gastó y Contreras, 1972; Lailhacar, 1976, 1986; Soto, 1982). Es capaz de producir altos rendimientos de forraje, con producciones de 1 a 2,5 t/ha de materia seca forrajera (Le Houérou y Pontanier, 1987). Se adapta a condiciones de muy escasa precipitación (Osmond et al., 1980; Otal y Correal, 1989), aunque existe una relación directa y positiva entre el balance hídrico y los rendimientos de esta especie. Al respecto, se ha observado que en años lluviosos se logran mayores producciones en términos de forraje, que en años secos o normales (Meneses et al., 1986) y según D'Herbes y Caviedes (1985), las mejores plantaciones se encuentran en la zona costera por el efecto favorable de la neblina.

Por otra parte, esta especie se encuentra prácticamente en todo tipo de suelos, aunque al parecer prefiere suelos arcillosos y de texturas medias (Cunningham et al., 1981; Correa, 1991), de drenaje moderado a bueno (Slatyer, 1973) y pH neutros a alcalinos (Correa, 1991). Se comporta bien en suelos salinos (Tinto, 1977, cit. por Silva et al., 1986), observándose que crece más vigorosamente en sustratos con altas concentraciones de NaCl (Ashby y Beadle, 1957; Beadle et al., 1957; Brownell, 1968).

Existe escasa información que relacione factores ambientales con el desarrollo de *A. nummularia*, información que es más reducida si se lleva al contexto de la IV Región. Al respecto, dentro de las investigaciones realizadas en la Región se destacan los trabajos de D'Herbes y Caviedes (1985) y D'Herbes et al. (1985), quienes realizan un diagnóstico ecológico de las plantaciones de la IV Región, relacionando algunos parámetros ambientales con el grado de éxito de éstas. También destacan los estudios de Lailhacar et al. (1989), Gutiérrez (1990) y Correa (1991), quienes investigaron el efecto del suelo sobre los rendimientos forrajeros de este arbusto, identificando las variables edáficas más relevantes y proporcionando elementos para el reconocimiento de los sitios más apropiados.

## OBJETIVO

Definir aquellos sitios que desde un punto de vista ambiental sean apropiados para forestar con **Atriplex nummularia** en las Comunidades Agrícolas de la comuna de Canela.

## MATERIAL Y METODO

### Area de Estudio

En la Figura N° 1 se indica el área de estudio, constituida por 24 Comunidades Agrícolas de la comuna de Canela, IV Región.

**DETERMINACION DE CALIDADES DE SITIO PARA  
PLANTACIONES DE *Atriplex nummularia* Lindl. EN  
COMUNIDADES AGRICOLAS DE LA COMUNA DE CANELA, IV REGION**

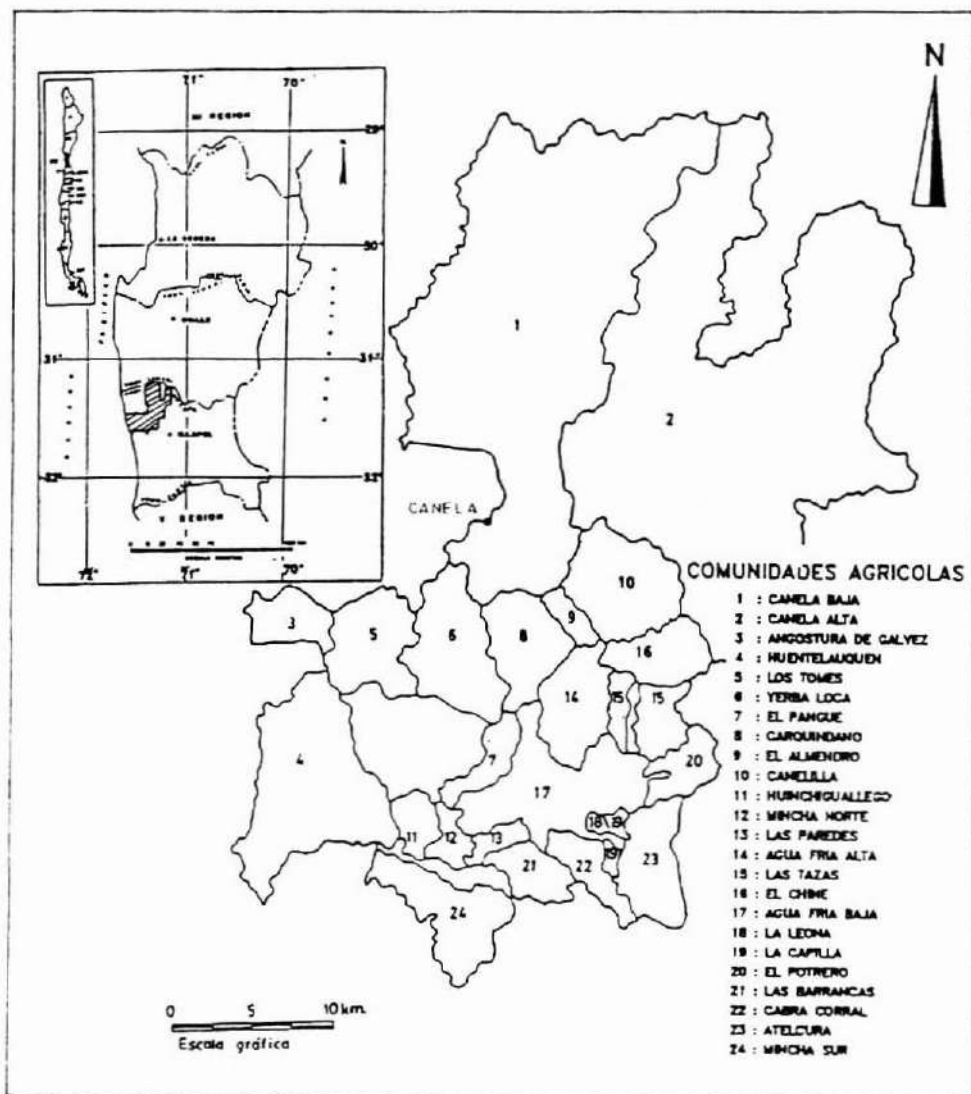


Figura N° 1. UBICACION GEOGRAFICA Y DIVISION PREDIAL DEL AREA DE ESTUDIO.

## Determinación del Area Potencialmente Forestable

Se definieron restricciones ambientales y criterios que permitieran la delimitación del área potencial o área efectiva de trabajo sobre la cual se diferenciaron finalmente calidades de sitio. Para ello se elaboró una serie de mapas temáticos con base en las cartas IGM, escala 1:25.000, los que al superponerse permitieron el agrupamiento y posterior descarte de los terrenos que presentaban alguna de las restricciones definidas.

### Mapa de pendientes

Midiendo con regla graduada la separación entre curvas de nivel se procedió a diferenciar las pendientes de acuerdo a la escala proporcionada en el Cuadro N°1.

Cuadro N°1

#### CATEGORIAS DE PENDIENTE UTILIZADAS

Pendiente (1)	Clasificación
0 - 10%	Plana
10 - 25%	Moderada o suave
25 - 50%	Fuerte
50 - 75%	Muy fuerte
> 75%	Abrupta

(1) Adaptado de D'Herbes y Caviedes (1985).

Los terrenos eliminados por este concepto fueron aquellos de la categoría abrupta, basado en la necesidad de utilizar surcos hechos con tracción animal como método de preparación del suelo, lo que garantiza una mayor sobrevivencia y desarrollo de las plantas (Soto, 1982). Este nivel se estimó a partir de la medición de las pendientes máximas en las cuales se realiza aradura del suelo con tracción animal en cultivos de secano. Estos terrenos de cultivo reciben en la Región el nombre de lluvias.



## Mapa de asoleamiento

Para la elaboración del mapa de asoleamiento se utilizó el mapa de pendientes, al cual se le incluyó como otro elemento diferenciador la exposición. Se utilizó la escala proporcionada por Etienne et al., (1983) y D'Herbes y Caviedes, (1985) (Cuadro N°2), eliminándose del área potencialmente forestable aquellos sectores con asoleamiento 7.

Cuadro N°2

### CATEGORIAS DE ASOLEAMIENTO SEGUN LA PENDIENTE Y EXPOSICION (ADAPTADO DE D'HERBES Y CAVIEDES, 1985).

Pendiente	Exposición							
	N	NW	NE	W	E	SW	SE	S
10 - 25%	6 (1)	6	6	5	3	2	2	2
25 - 50%	7	6	6	5	3	2	2	1
50 - 75%	7	7	6	4	2	2	1	1

(1) Las categorías son de 1 (Asoleamiento mínimo) a 7 (Asoleamiento máximo).

## Mapa de cobertura vegetal

Este mapa temático diferenció los terrenos en coberturas mayores al 50% de vegetación arbórea y arbustiva y menores al 50%, considerando que *Atriplex nummularia* no prospera en zonas con coberturas naturales altas (D'Herbes y Caviedes, 1985). Por otra parte, resultaría contradictorio eliminar vegetación natural con coberturas superiores al 50% para establecer futuras plantaciones si uno de los objetivos es la recuperación de una cubierta vegetal protectora.

Para su confección se emplearon las Cartas de Ocupación de Tierras (Etienne, M. et al., 1982 y 1984), que proporcionan un detallado levantamiento de la vegetación de un sector de la comuna de Canela. En las zonas no cubiertas por estas cartas se realizó una fotointerpretación en fotografías aéreas blanco y negro del vuelo SAF 78 CH 30 y una posterior verificación en terreno.

## Mapa de uso actual

Bajo este concepto se diferenciaron para su descarte los terrenos plantados con esta u otras especies y aquellos terrenos utilizados para agricultura intensiva. Estos últimos escasos y asociados a zonas planas o de reducida pendiente y ubicados cerca de cursos de agua de importancia.

La información de plantaciones fue obtenida de la Corporación Nacional Forestal, mientras que la ubicación de los terrenos agrícolas se determinó mediante fotointerpretación con una posterior verificación en terreno.

Bajo este concepto se incluyeron, además, los terrenos considerados poco aptos, como son las terrazas aluviales del estero Llano Largo, con problemas de inundaciones periódicas, y los sectores de dunas de Huentelauquén.

## Selección de Indicadores Ambientales de Calidad de Sitio.

En una primera etapa se recopiló toda la información referente a las exigencias ecológicas de la especie, con el fin de identificar las variables ambientales de mayor incidencia sobre su sobrevivencia y desarrollo. Posteriormente, después de un detallado análisis, se seleccionaron las variables que mostraron ser mejores indicadoras de la aptitud de un determinado sitio para el establecimiento de plantaciones con este arbusto, en base, principalmente, al grado de información disponible y a su posible ponderación y representación cartográfica.

## Suelo

De todas las variables mencionadas por los diversos autores, los niveles de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  de intercambio y  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  solubles se consideraron las más relevantes, por cuanto explican sobre el 75% de la variabilidad de desarrollo de este arbusto (Gutiérrez, 1990; Correa, 1991). La cuantificación del efecto de estas variables sobre los rendimientos de la especie se hizo a través de la construcción de un modelo matemático que relaciona los niveles de estos elementos químicos del suelo con los rendimientos de forraje de esta especie, expresados como contenido de materia seca.

## Clima

Dentro de este factor, los distritos agroclimáticos proporcionados por Caldentey y Pizarro (1980) y Santibáñez y Merlet (1986) se consideraron adecuados, existiendo una escala índice proporcionada por la bibliografía que relaciona estos distritos con los rendimientos de este arbusto (D'Herbes y Caviedes, 1985). Sin embargo, su interpretación cartográfica se dificulta considerando que no se está trabajando a un nivel regional sino local, haciendo comparables superficies muy grandes dentro del área de estudio. Es rescatable e importante su aporte como elemento explicativo dentro de la discusión final.

## Asoleamiento

Este factor desagrega el clima en una gran cantidad de variantes microclimáticas, principalmente térmicas e hídricas (Etienne et al., 1983), muy relacionadas con el desarrollo de esta especie (D'Herbes y Caviedes, 1985). Estos últimos autores proporcionan una escala indicadora de aptitud de sitio en base a este factor, aunque no aplicable directamente a la situación local de este estudio, por ser ésta de carácter regional y utilizar índices de fitomasa que agrupan tanto a ***Atriplex nummularia*** como a ***A. repanda***, dos especies que presentan marcadas diferencias en productividad y exigencias ecológicas.

## Pendiente

La pendiente es considerada un factor importante, pese a estar ya considerado dentro de asoleamiento, por ser indicativo de ciertas características del suelo, especialmente las referidas a fenómenos de arrastre y depositación de materiales. En las plantaciones existentes en la IV Región se observan fenómenos de secuencia topográfica, caracterizados por un menor desarrollo del arbusto a medida que la pendiente va en aumento. Por otra parte, la pendiente proporciona antecedentes sobre el entorno y la accesibilidad que pueden ser determinantes en la decisión final de plantación.

## Escala Indicadora en Base a Variables Edáficas

### Modelo estimador de fitomasa

Para encontrar la relación de causa y efecto entre el suelo y la productividad de esta especie se construyó un modelo predictor de fitomasa forrajera a partir de variables edáficas, usando como referencia los trabajos realizados por Gutiérrez (1990) y Correa (1991) y utilizando las plantaciones adultas de la especie ( 4 años y más ) existentes en el área de estudio.

Como una primera etapa, se recorrió la totalidad de los predios que poseían plantaciones adultas de esta especie, con la finalidad de seleccionar lugares de muestreo de acuerdo a los siguientes criterios:

- La totalidad de las plantaciones debían ser adultas y en lo posible sometidas a un manejo similar para reducir el error experimental inducido por variables ajenas al suelo.
- Dentro de cada plantación se debían observar claramente diferencias en cuanto al desarrollo de las plantas, a nivel de superficies lo suficientemente grandes para ser reflejo de una influencia de factores edáficos y no de una eventual variabilidad genética.
- Entre las plantaciones debían existir, en lo posible, variaciones significativas en lo que respecta a morfología, posición fisiográfica y vegetación asociada.

Cabe mencionar que las plantaciones adultas mayores de 6-7 años eran reducidas y, en algunos casos, su población de arbustos presentaba ramoneo, hecho que obligó a buscar una función estimadora de forraje en base a variables menos afectadas por el ramoneo, con la finalidad de poder utilizar el máximo de situaciones en la construcción del modelo estimador edáfico (Apéndice N°1).

En cada plantación seleccionada se definieron sitios de muestreo de acuerdo a las diferencias de desarrollo de sus arbustos. Las clases de desarrollo que se definieron en cada sitio fueron: superior (excelente desarrollo), regular (desarrollo intermedio) e inferior (desarrollo escaso o nulo). Dentro de cada clase de desarrollo se eligió un arbusto tipo representativo de la respuesta a las variables edáficas del sitio. A este arbusto se le midieron sus

diámetros mayores norte-sur y este-oeste y la altura absoluta. Se seleccionaron 31 arbustos distribuidos en todas las plantaciones adultas existentes.

La toma de muestras de suelo fue realizada en abril de 1991, considerando que las variables químicas del suelo presentan una mayor estabilidad a fines de verano e inicios de otoño. Estas se tomaron a una distancia de 50 cm del borde del follaje de la planta tipo y sobre la orientación en que la planta tenía la menor interferencia sobre el suelo (proyección de sombra y depositación de mantillo). La profundidad de muestreo fué de 10 cm (Correa, 1991). Las muestras de suelo, de aproximadamente 500 g, fueron posteriormente enviadas a laboratorio para ser sometidas a los análisis señalados en el Cuadro N° 3.

Cuadro N°3

ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS DE SUELO  
(Gutierrez, 1990; Correa, 1991)

Análisis	Unidad	Método
Na <sup>+</sup> de intercambio	meq/100g	NH <sub>4</sub> OAc ; N a pH 7
K <sup>+</sup> de intercambio	meq/100g	NH <sub>4</sub> OAc ; N a pH 7
Cl <sup>-</sup> soluble	meq/L	Titulación potenciométrica con electrodo específico (AgNO <sub>3</sub> )
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> soluble	meq/L	Turbidimetría

A cada arbusto tipo se le cosechó la totalidad de su fitomasa forrajera, consistente en hojas, flores, frutos y tallos tiernos, la que fue inmediatamente pesada en terreno para determinar el contenido de agua del forraje, una vez conocido su peso seco. Para ello se sacó una submuestra de aproximadamente 250 g a partir de la cual se obtuvo, después de 48 horas de secado en estufa a 75°C, el rendimiento en materia seca.

Una vez determinados los niveles de las variables tanto independiente (suelo) como dependiente (forraje), se realizó una depuración de datos, eliminándose aquellas observaciones muy desviadas (puntos extremos), que estuvieran afectando las tendencias generales. Posteriormente, se evaluaron los grados de dependencia de las variables, a través de regresiones múltiples, utilizando el procedimiento denominado paso a paso (Stepwise), el cual incorpora progresivamente a la función final el conjunto de fuentes de variación que mejor explican la respuesta de la variable dependiente.

Se consideraron solamente aquellas variables cuyos aportes al modelo, en términos del coeficiente de determinación, tuvieran como nivel de significación un 95%.

Finalmente, el modelo fue mejorado utilizando una metodología basada en el análisis de residuos (Galea, 1988), la que consiste en la detección y eliminación de los puntos muestrales que no se ajustan satisfactoriamente.

### Modelo edáfico

Para facilitar el muestreo de los suelos se estratificó el área de estudio utilizando las series de suelo definidas por IREN (1977) (Figura N° 2). Posteriormente, se hizo una asignación de puntos muestrales proporcional a la superficie de cada serie y con una distribución homogénea, tratando de compatibilizar las restricciones económicas con una adecuada cobertura de toda el área de estudio.

Se tomaron 187 muestras de aproximadamente 500 g de suelo a una profundidad de 10 cm, determinándoseles posteriormente en laboratorio los niveles de  $\text{Na}^+$  de intercambio y  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  solubles.

Una vez obtenidos los niveles de las variables químicas del suelo, éstos fueron introducidos al modelo, estimándose de este modo la productividad forrajera asociada a cada punto muestral y posteriormente a cada serie de suelo. Aquellas series que presentaban altos coeficientes de variación se dividieron en subseries, de acuerdo a la distribución de los puntos muestrales y sus niveles de fitomasa forrajera seca estimados.

La escala para el factor suelo se basó en índices de fitomasa, los que se definieron tomando como patrón el rango de rendimientos estimados para las series y subseries.

La representación cartográfica de la escala está dada por los niveles medios obtenidos para cada serie y subserie.



## Escala Indicadora en Base al Asoleamiento

Esta variable no posee antecedentes cuantitativos que le permitan fundirse en una escala única con la de suelo, por lo que se consideró como un indicador independiente de aptitud. La escala indicadora se basó en las categorías proporcionadas por D'Herbes y Caviedes (1985), Cuadro N° 2, las que fueron reagrupadas (Cuadro N°4).

En el agrupamiento se le asignó una mayor ponderación a la exposición, considerando que la pendiente será tomada como otro factor explicativo de la variabilidad en el desarrollo de la especie.

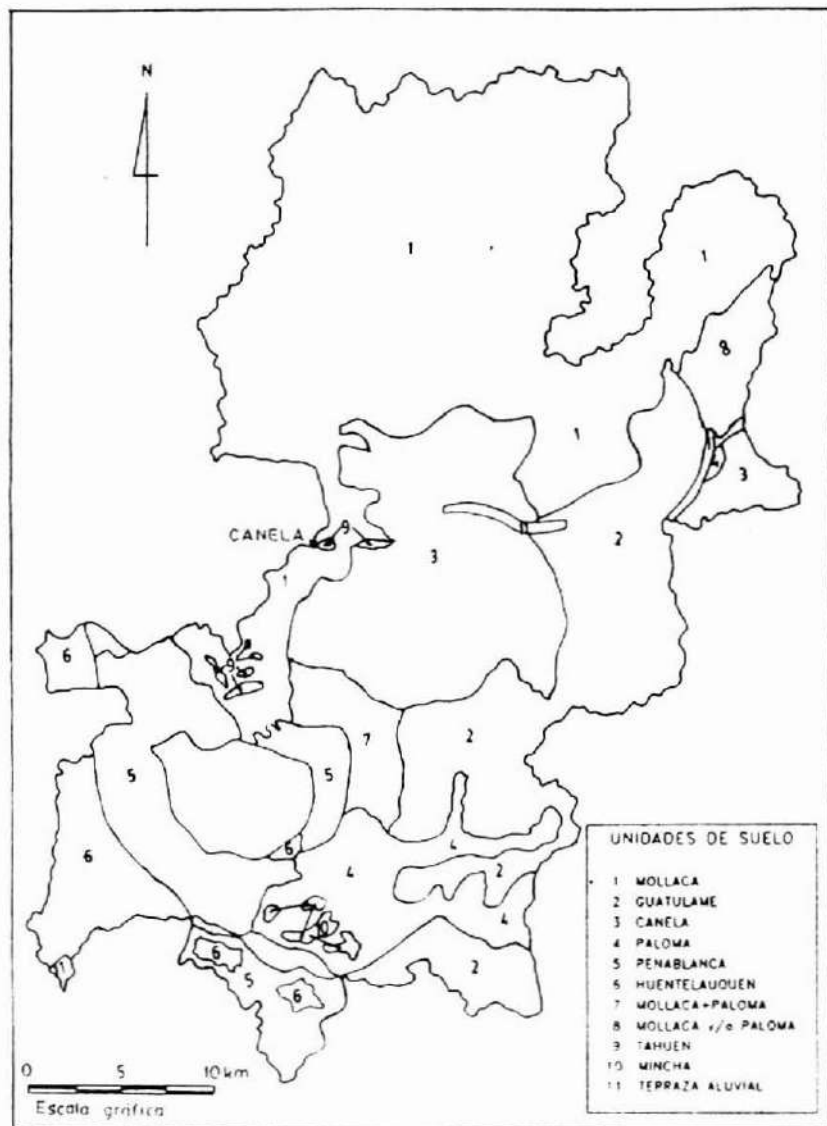


Figura N° 2. SERIES DE SUELO DEFINIDAS PARA LAS COMUNIDADES AGRICOLAS DE LA COMUNA DE CANELA (Adaptado de IREN, 1977).



#### Cuadro N°4.

##### REAGRUPACION DE LAS CATEGORIAS DE ASOLEAMIENTO.

Categorías de Asoleamiento	Exposición	Clasificación
1 y 2	S - SE - SO	Muy poco asoleado
3	E	poco asoleado
4 y 5	W	asoleado
6	N - NE - NO	muy asoleado

#### Escala Indicadora en Base a Pendiente

Al igual que para asoleamiento, no existen antecedentes que cuantifiquen el efecto de esta variable sobre el desarrollo del arbusto, por lo que también se estableció como un indicador independiente y complementario de aptitud del sitio.

La elaboración de la escala se basó en observaciones de terreno y antecedentes proporcionados por la literatura, como son los fenómenos de secuencia topográfica y los más altos rendimientos obtenidos en plantaciones de sectores planos o ligeramente ondulados (D'Herbes y Caviedes, 1985). Para su construcción se utilizaron las categorías mostradas en el Cuadro N° 1.

#### Cartografía Final

Según los resultados obtenidos por Gutiérrez (1990) y Correa (1991), la variabilidad en desarrollo que presenta esta especie es explicada en más de un 75% por factores edáficos y particularmente por las variables contenidas en los modelos predictores por ellos estudiados. Este antecedente, sumado al hecho que las escalas de asoleamiento y de pendiente no entregan una relación cuantificable entre estos factores y los rendimientos forrajeros de esta especie que permitan la elaboración de una escala única, determinó una diferenciación del área de estudio, para efecto de la cartografía final, en 3 niveles:

a) Según la escala del modelo edáfico, que tendrá la mayor ponderación convirtiéndose en el indicador principal de la calidad de sitio.

b) Según la escala de pendientes, que tendrá un carácter complementario diferenciando calidades de sitio dentro del nivel anterior. Este nivel presenta además la ventaja de señalar el entorno dando indicios sobre relieve general y accesibilidad.

c) Según la escala de asoleamiento, que al igual que la pendiente tendrá un carácter complementario, diferenciando calidades de sitio dentro de los 2 niveles anteriores.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Durante la revisión de la información bibliográfica quedó de manifiesto la escasez de información y su nivel general, por cuanto son muy pocos los estudios en que se analiza el efecto de factores ambientales sobre la especie.

Los estudios más importantes y base de este proyecto son probablemente los realizados por D'Herbes et al. (1985) y D'Herbes y Caviedes (1985), donde se hace un diagnóstico de las plantaciones con especies del género en la IV Región, identificando algunos factores que inciden sobre el desarrollo, y los realizados por Gutiérrez (1990) y Correa (1991), donde se cuantifica la relación entre factores edáficos y los rendimientos en forraje. Sin embargo, aunque su información ha sido una importante contribución para este estudio, han dejado también de manifiesto algunas restricciones que hacen que sus escalas índices no sean aplicables directamente.

### Area Potencialmente Forestable

Basado en las restricciones de pendiente, cobertura vegetal, uso actual y asoleamiento, se llegó a la estimación de una superficie potencial de forestación de 67.766 ha. Esta área representa el 56,3 % de la superficie total, asociándose directamente con las zonas de más fácil acceso y con mayor

población aledaña.

En orden de magnitud, el área considerada no apta fue definida principalmente por la restricción de cobertura de la vegetación natural seguida por los asoleamientos máximos (categoría 7), luego uso actual y finalmente por pendiente.

El hecho que sólo se consideren los sectores con coberturas naturales inferiores al 50% indicaría que la superficie potencial se asocia a sectores de mayor alteración, fundamentalmente antrópica, donde las practicas de cultivo inadecuadas y la extracción indiscriminada de la vegetación con fines energéticos han sido las causas principales.

## **Escala Indicadora en Base a Variables Edáficas**

### **Modelo predictor edáfico**

En el Cuadro N° 5 se muestran los modelos predictores edáficos, observándose que las variables utilizadas por éstos son las mismas del modelo que obtuvo Correa (1991), con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,69$  que, aunque es menor que el obtenido por este último autor ( $R^2 = 0,79$ ), confirma la importancia del suelo como indicador de la variabilidad en los rendimientos de este arbusto y ratifica a este factor como el de mayor ponderación en la diferenciación de calidades de sitio de la cartografía final.

El modelo a través de análisis de residuos fue mejorado (Galea, 1986), lográndose el modelo final con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,76$  (Cuadro N° 5), lo que reafirma lo dicho anteriormente.

Cuadro N° 5

MODELO PREDICTOR DE LA PRODUCTIVIDAD DE FORRAJE DE *Atriplex nummularia* EN  
FUNCION DE VARIABLE EDAFICAS

Modelo	R <sup>2</sup>	Prob>F	Profundidad de Muestreo (cm)	N° de Observaciones
MSECA (1) = - 3519,6 + 3105,3 * Na <sup>+</sup> - 180,4 * Cl <sup>-</sup> + 549,7 * SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,69	0,00 0,00 0,00	10	28
MSECA (2) = - 3780,4 + 3494,1 * Na <sup>+</sup> - 151,3 * Cl <sup>-</sup> + 257,7 * SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,76	0,00 0,00 0,04	10	25

(1) Modelo predictor obtenido al eliminar los puntos extremos.

(2) Modelo predictor mejorado, eliminando observaciones a través de un análisis de residuos.

Los valores de fitomasa forrajera entregados por el modelo demostraron la existencia de una gran variabilidad en los suelos de cada serie (Figura N°2), lo que originó que en una misma unidad de suelo se encontraran tanto sectores muy favorables para esta especie como otros desfavorables, no pudiéndose asignar un valor de forraje o índice de fitomasa para toda la serie. A esto se sumó el limitado número de muestras (187) dadas las restricciones económicas, lo cual dio una representatividad relativamente baja (en promedio cada punto muestral tenía una representatividad, dentro del área potencialmente forestable, de 362 ha). Cabe mencionar que, previo a la aplicación del modelo predictor edáfico, se hizo una depuración de datos de manera similar a lo realizado en la construcción misma del modelo.

Estos inconvenientes llevaron a la definición de subunidades o sectores de mayor homogeneidad dentro de cada serie de suelo. Para la definición de estas subunidades, se ordenaron los valores de fitomasa estimados, agrupándose los puntos muestrales cuyos valores fueran similares y representativos de áreas colindantes. Con este procedimiento se logró delimitar áreas homogéneas. Hubo casos en que puntos muestrales cercanos arrojaron niveles de producción muy dispares, cuya explicación se atribuye a la gran variabilidad edáfica encontrada, que quedó de manifiesto durante la construcción del modelo, donde en una misma plantación y en un tramo no superior a 100 m de longitud

podían encontrarse grupos de arbustos de buen desarrollo y grupos de muy escaso desarrollo.

Para la agrupación de puntos muestrales y la creación de subunidades se utilizó como indicador el coeficiente de variación, siendo el promedio aritmético el valor que identifica a cada unidad y subunidad.

En el Cuadro N° 6 se presenta la escala final para este factor, con sus índices de fitomasa forrajera asociados y la superficie que representan dentro del área total y potencial.

Cuadro N° 6

ESCALA INDICADORA DE CALIDAD DE SITIO, OBTENIDA EN BASE AL MODELO PREDICTOR  
EDAFICO

Escala	Indice de Fitomasa (g/planta)	Clasificación	Superficie (ha)	Porcentaje del Area Potencial
1	<100	No recomendable	8.175	12,1
2	100-500	Poco recomendable	26.347	38,9
3	501-900	Medianamente favorable	19.923	29,4
4	901-1400	Favorable	8.811	13,0
5	>1400	Optimo	4.508	6,6

La ubicación de las áreas homogéneas según esta escala se muestra en la Figura N° 3, donde se aprecian algunas concordancias con el diagnóstico ecológico para las plantaciones de especies de este género de la IV región, realizado por D'Herbes y Caviedes (1985), que en cierto modo confirman la validez de los resultados obtenidos:

-Los terrenos más aptos se encuentran en la zona costera y centro - sur del área estudiada, correspondiendo los últimos a sectores planos o de pendiente moderada.

-Los sectores poco favorables para esta especie se situarían en general en la zona interior norte y este (norte del estero Llano Largo), existiendo un predominio de áreas de mayor pendiente.

-Habría una concordancia entre las especies indicadoras de aptitud de sitio dadas por estos autores y las calidades definidas por el factor suelo, donde en

los sectores favorables se encuentran especies como *Gutierrezia resinosa*, *Bahia ambrosioides* y *Happlopapus spp*, mientras en los sectores menos favorables se encuentra *Colliguaya odorifera*.

En el Cuadro N° 7 se entrega un resumen de superficies, desglosadas por carta topográfica (IGM), donde se puede observar los montos parciales y totales según calidades de sitio.

Al asociar las series de suelo definidas por IREN (1977), con las calidades de sitio definidas por este factor (Figuras N°2 y 3), se observa que los suelos menos aptos se asocian a la serie Mollaca, de reacción ligeramente ácida, mientras que los suelos más favorables a las series Huentelauquén y Mincha, de reacción alcalina y ligeramente alcalina. Este antecedente confirma aún más la validez del modelo predictor de rendimientos forrajeros y, en consecuencia, de la escala indicadora en base a este factor, por cuanto, según Lailhacar (1990)<sup>(1)</sup> y Correa (1991), esta especie se desarrolla mejor en suelos neutros a alcalinos. Por otra parte, existe una estrecha relación entre los contenidos de  $\text{Na}^+$  del suelo (principal elemento del modelo con un efecto favorable sobre los rendimientos de esta especie) y el pH, asociándose éste, generalmente, a pH alcalinos (Tisdale y Nelson, 1970; Buckman y Brady, 1970).

Cabe mencionar que los índices de fitomasa representan un nivel promedio, no absoluto, siendo perfectamente posible, dada la variabilidad edáfica encontrada, que dentro de una unidad a la que se le haya asignado una cierta calidad de sitio se encuentren sectores de rendimiento superior e inferior, por lo cual se recomienda la utilización del modelo edáfico proporcionado para la decisión final de plantación. Lo anterior le confiere a este estudio un nivel de primera aproximación para una estratificación del área de estudio en calidades de sitio a nivel comunal.

De los Cuadros N° 6 y N° 7 se desprende que según esta escala habrían sobre 13.000 ha favorables para ser forestadas con esta especie (Figura N° 4), esperándose rendimientos superiores a 1 t/ha/año de materia seca. Por otra parte, si se considera que no se justifica la forestación en zonas donde los rendimientos sean inferiores a 1 t/ha/año (Lailhacar et al, 1989; Gutiérrez, 1990; Correa, 1991), se estaría marginando sobre el 50% de la superficie potencialmente forestable definida, sin considerar la clase 3 (Cuadro N° 6), que estaría en una situación límite.

(1) Sergio Lailhacar K. Departamento de Producción Animal, Fac. Cs. Agrarias y Forestales, U. de Chile. Comunicación personal.

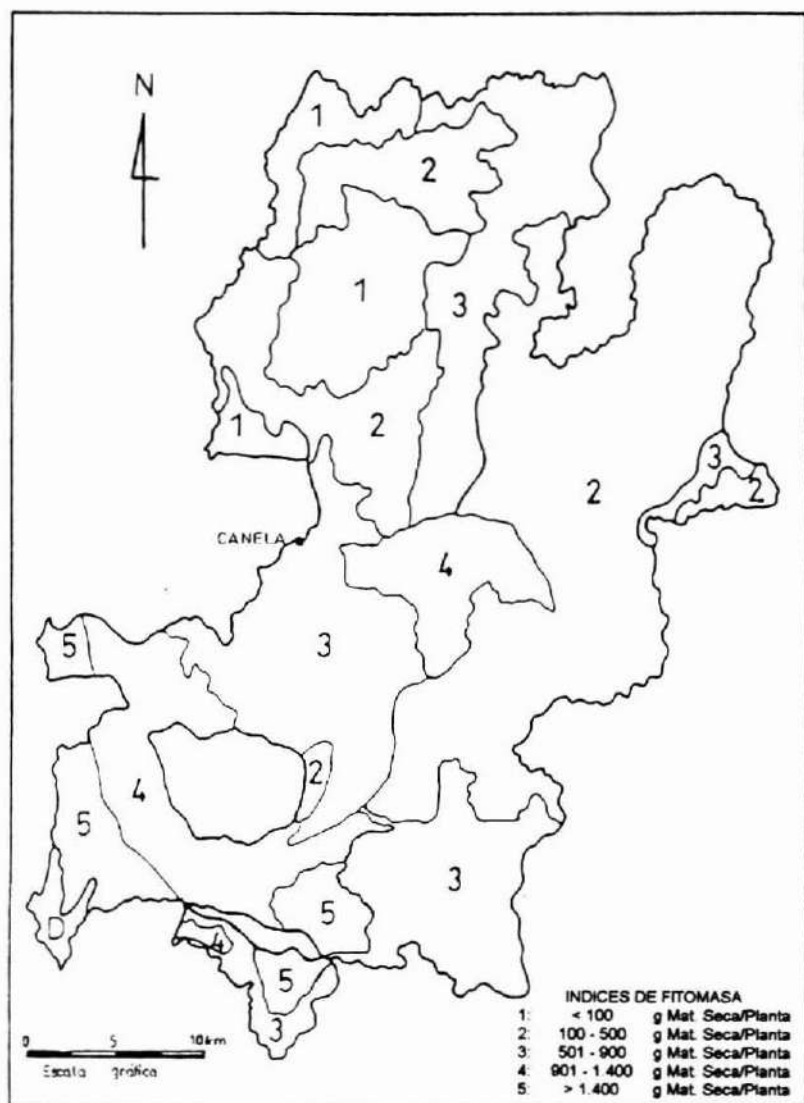


Figura N° 3. SECTORIZACION DEL AREA DE ESTUDIO (COMUNIDADES AGRICOLAS DE LA COMUNA DE CANELA), DE ACUERDO A LA ESCALA DE CALIDADES DE SITIO OBTENIDA A TRAVES DEL MODELO PREDICTOR EDAFICO.

## Cuadro N° 7

## RESUMEN DE SUPERFICIES, DEGLOSADAS POR CARTA TOPOGRAFICA

Carta Topográfica	Superficie Area de Estudio (ha)								
	Total	Excluida	Potencial (según Indices de Fitomasa) <sup>(1)</sup>					Total	
			1	2	3	4	5		
Queb. La Iglesia	10.034,4	5.788,3	3.252,6	923,1	70,4	----	----	4.426,1	
Cerro Horquetudo	8.837,0	5.964,3	17,1	474,3	2.382,3	----	----	2.873,7	
El Divisadero	4.429,2	1.663,6	----	2.765,6	----	----	----	2.765,6	
Queb. El Totoral	676,8	105,7	61,8	509,3	----	----	----	571,1	
Espíritu Santo	14.362,8	4.971,7	4.843,8	4.466,0	81,3	----	----	9.391,1	
Estero Colihue	15.143,2	5.001,9	----	6.849,4	3.292,0	----	----	10.141,4	
C. Agua Blanca	5.662,2	2.742,3	----	2.449,0	470,9	----	----	2.919,9	
Puerto Oscuro	3.437,7	2.073,5	----	----	128,6	842,0	391,6	1.362,2	
Canela Baja	13.434,0	4.636,4	----	507,3	7.375,6	914,7	----	8.797,6	
Las Trancas	14.536,8	6.310,5	----	5.688,7	131,8	2.405,8	----	8.226,3	
La Cortadera	1.193,7	689,8	----	503,9	----	----	----	503,9	
Huentelauquen	6.613,3	3.104,7	----	----	----	629,8	2.878,8	3.508,6	
Mincha	11.597,7	3.937,0	----	236,2	2.317,5	3.877,9	1.229,1	7.660,7	
Atelcura	9.297,3	4.834,2	----	974,3	3.347,7	141,1	----	4.463,1	
Millahue	1.021,4	686,9	----	----	352,2	----	9,3	334,5	
Total	ha	120.276,6	52.510,8	8.175,3	26.347,1	19.923,3	8.811,3	4.508,8	67.765,8
	% <sup>(2)</sup>	100,0	43,7	6,8	21,9	16,6	7,3	3,7	56,3
				(12,1)	(38,9)	(29,4)	(13,0)	(6,6)	(100,0)

(1) Los Indices de Fitomasa van de 1 (< 100g de materia seca/ha/año) a 5 (> 1400g de materia seca/ha/año).

(2) Los porcentajes entre paréntesis estan referidos al total del área potencialmente forestable.



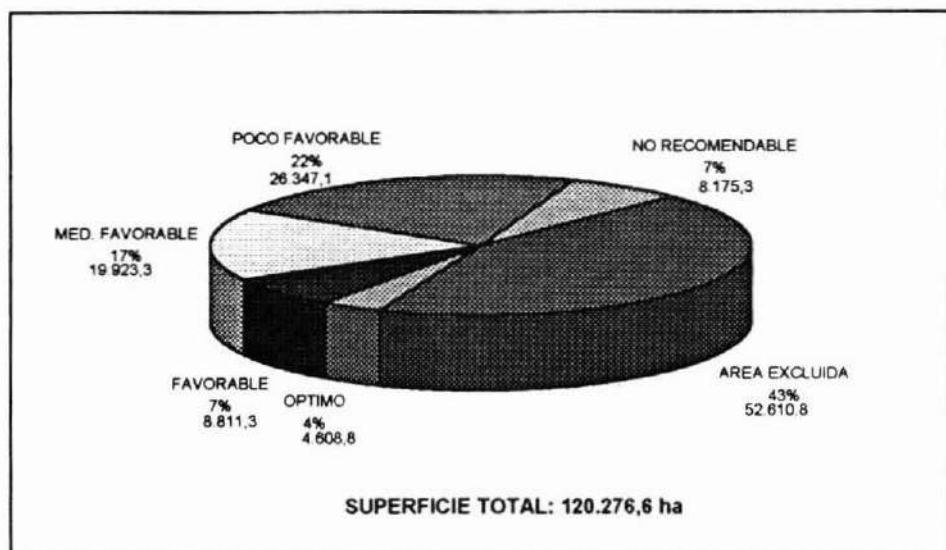


Figura Nº 4. REPARTICION PORCENTUAL DE LAS CALIDADES DE SITIO DENTRO DE LA SUPERFICIE TOTAL Y POTENCIAL DEL AREA DE ESTUDIO (COMUNIDADES AGRICOLAS DE LA COMUNA DE CANELA).

#### Escala Indicadora en Base a Asoleamiento.

Tomando como base las categorías de asoleamiento definidas por D'Herbes y Caviedes (1985) y observaciones de algunos autores sobre el efecto favorable de las áreas con mejor balance hídrico sobre el desarrollo de esta especie (Gastó y Contreras, 1972; D'Herbes y Caviedes, 1985; Slatyer, 1973; Correa, 1991), se definió la escala indicadora en función de este factor (Cuadro Nº 8 ). Esta escala basada principalmente en la relación inversamente proporcional existente entre el balance hídrico y el grado de asoleamiento, sólo tendrá una utilidad como indicador cualitativo de factibilidad de plantación. Esto último en consideración a la inexistencia de antecedentes que permitan una relación cuantificable entre este factor y la productividad de la especie.

Cabe mencionar que esta escala es sólo indicativa en consideración a este factor, no contemplando correcciones en base a altitud, latitud y efecto de

neblinas, donde la clasificación puede ser diferente, considerando que en áreas costeras y de mayor latitud puede darse un balance hídrico más favorable en las categorías C o D que en las A o B de zonas más interiores.

Cuadro N° 8

**ESCALA INDICADORA CUALITATIVA DE CALIDAD DE SITIO PARA PLANTACIONES DE *Atriplex nummularia* EN BASE AL FACTOR ASOLEAMIENTO.**

Escala	Categorías de Asoleamiento(1)	Clasificación
A	1 y 2	Óptima
B	3	Favorable
C	4 y 5	Poco Favorable
D	6	Muy Poco Favorable

(1) Categorías definidas por D'Herbes y Caviedes (1985).

**Escala Indicadora en Base a la Pendiente.**

La escala indicadora para este factor se elaboró exclusivamente en base a antecedentes bibliográficos y observaciones de terreno que evidenciaban un efecto de esta variable sobre los rendimientos de esta especie.

Al igual que para asoleamiento, no se cuenta con la información necesaria para cuantificar el efecto de esta variable, lo que solo permitió la elaboración de una escala indicadora cualitativa de la factibilidad de plantación (Cuadro N° 9).

Esta escala muestra una relación cualitativa entre la pendiente y los procesos de arrastre y depositación de materiales, asociados al escurrimiento superficial y drenaje, los que evidentemente provocan variaciones en las propiedades de los suelos y por consiguiente en los rendimientos de esta especie.



### Cuadro N° 9

#### ESCALA INDICADORA DE CALIDAD DE SITIO EN BASE AL GRADO DE PENDIENTE DEL TERRENO

Pendiente	Clasificación
0-10%	Optima
10-25%	Favorable
25-50%	Poco Favorable
50-75%	Muy Poco Favorable

### Cartografía Final

La cartografía final se elaboró tomando como base las cartas IGM escala 1:25.000, correspondientes al área ocupada por las Comunidades Agrícolas de la Comuna de Canela. En cada carta se hace una diferenciación en base a las escalas de calidad de sitio definidas para suelo, asoleamiento y pendiente. El set de Cartas de Calidad de Sitio está compuesto por 15 mapas escala 1:25.000.

En la imposibilidad de incluir el set cartográfico completo se incluye, a modo de ejemplo, una reproducción de la carta de Mincha, a una escala aproximada de 1 : 95.000, como Apendice N° 2.

La escala índice elaborada en base a antecedentes edáficos (Cuadro N° 6 ), es la única que cuantifica la relación entre un factor y la productividad de *Atriplex nummularia*, lo que sumado al hecho que explica el 76% de la variabilidad en los rendimientos de forraje de esta especie, la constituyen en el antecedente más claro que se tiene para diferenciar el área de estudio en calidades de sitio. Es permisible, por lo tanto, considerar la sectorización en base a la escala proporcionada por el modelo predictor edáfico como la más acertada, constituyéndose en un antecedente aproximado y válido para indicar la aptitud de los sitios del área de estudio para la forestación con esta especie.

Por otra parte, las escalas obtenidas para asoleamiento y pendiente se entregan como un antecedente complementario que permite un mayor nivel de análisis dentro de la diferenciación edáfica, pero que no permiten una extrapolación entre zonas con calidades de sitio diferentes. Es decir, indicarán la aproximación al nivel superior o inferior del rango de fitomasa que define a

cada sitio.

Se deben tener claras las restricciones que presenta esta diferenciación, las que han sido mencionadas anteriormente. Sin embargo, cumple con el objetivo de ser una aproximación válida que se puede convertir en una herramienta útil en la toma de decisiones de forestación con este arbusto.

## CONCLUSIONES

Los sitios más aptos para ser forestados con *A.nummularia* se encuentran en la zona costera y central sur, correspondiendo estos últimos a sectores planos o de pendientes moderadas. Además, se asocian a suelos ligeramente alcalinos (Mincha) y alcalinos (Huentelauquén).

Por el contrario, los sitios menos favorables se sitúan en la zona interior norte y este, coincidiendo en general con áreas de topografía más abrupta y de características microclimáticas más adversas, asociados a pH ligeramente ácidos (Suelo Mollaca).

En el área de estudio existen 13.319 ha altamente favorables para ser forestadas, donde se pueden esperar rendimientos superiores a 1 t/ha/año de materia seca. Los esfuerzos de forestación deben tener prioridad en esta superficie.

Entre los factores explicativos del éxito de las forestaciones con estos arbustos, el suelo demostró ser el principal, explicando sobre el 75% de la variabilidad en los rendimientos del forraje de esta especie.

Las variables químicas de suelo  $\text{Na}^+$  de intercambio y  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{=}$  solubles de los 10 primeros centímetros del suelo, son las que mejor se asocian a los rendimientos de *A. nummularia*, incidiendo en forma positiva el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{SO}_4^{=}$  y en forma negativa el  $\text{Cl}^-$ .

Se debe tener claro que este estudio no considera muchos aspectos ecológicos importantes, por no existir información al respecto, evidenciando una falta de investigación sobre el tema.

El modelo de suelo fue construido con antecedentes de plantaciones

existentes, cuyos rendimientos también son reflejo de factores exógenos al sitio, como el manejo, técnicas de plantación, calidad de la planta y condiciones pluviométricas del año de plantación, entre otros, los que constituyen elementos de distorsión para la construcción del modelo.

El hecho que sólo se consideraran dentro del área potencialmente forestable los terrenos con coberturas vegetales arbustivas y arbóreas inferiores al 50%, indica que se trabajó en los suelos más alterados, principalmente por procesos erosivos de intervención antrópica. Lo anterior explicaría de alguna manera la gran variabilidad encontrada en los suelos, lo cual dificultó la zonificación del área de estudio en calidades de sitio.

Las cartas de calidad de sitio tienen un valor indicador general a escala comunal, por lo que a nivel predial se recomienda emplear la función de suelo.

Este estudio proporciona una herramienta útil desde el punto de vista del aprovechamiento de recursos económicos (subsidio estatal), considerando que *A. nummularia* se esta plantando sin restricciones, lo cual en parte puede explicar que solo un 60% de las plantaciones tengan un prendimiento mínimo del 75%, sin mencionar los bajos rendimientos de forraje de muchas de estas. Sin embargo, no se pretende aquí entregar una escala indicadora absoluta, sino fijar guías de orientación para la evaluación, en términos ecológicos y técnicos, de la eventual aptitud y selección de un sitio dado, para la plantación con arbustos de esta especie.

## RECONOCIMIENTOS

Esta investigación fue cofinanciada por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y por la Corporación Privada de Desarrollo Social JUNDEP, actuando esta última como ejecutora.

Se desea agradecer a la Subestación Experimental Los Vilos de INIA, por haber facilitado sus instalaciones para la determinación de los niveles de materia seca del forraje.

## REFERENCIAS

- Ashby, W.C. y Beadle, N. 1957.** Studies in Halophytes III. Salinity Factors in the Growth of Australian Saltbushes. *Ecology*, 38 (2): 344 - 352.
- Beadle, N.; Whalley, R. y Gibson, J. 1957.** Studies in Halophytes II. Analytic Data on the Mineral Constituents of the Three Species of *Atriplex* and their Accompanying Soils. Australia. *Ecology*, 38 (2): 340 - 344.
- Brownell, P.F., 1968.** Sodium as an Essential Micronutrient Element for some Higher Plants. *Plant and Soil*, 28 (1) pp 565-600
- Buckman, H. y Brady, N., 1970.** Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Trad. por R. Salord. Barcelona. Montaner y Simón. 590 p.
- Caldentey, J. y Pizarro, J., 1980.** Evaluación y Zonificación de los Recursos Climáticos de la IV Región de Chile. Tesis Ing. For. Santiago, U. de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 197 p.
- Correa, C., 1991.** Variables Edáficas que más Influyen en la Producción y Calidad Nutritiva del Forraje de *Atriplex repanda* Phil. y *Atriplex nummularia* Lindl., en la IV Región. Tesis Ing. For. Santiago, U. de Chile, Fac. Cs. Agr. y Forest. (En Prensa).
- Cunningham, G. et al., 1981.** Plants of Western New South Wales. Government Printing Office, Australia. 766 p.
- D'Herbes, J.M., Caviedes, E. y Mieres G., 1985.** Diagnóstico Ecológico de las Plantaciones de Arbustos Forrajeros del Género *Atriplex* en la IV Región - Coquimbo. Determinación de Índices de Sitio de Plantaciones. Informe final. CONAF/CEZA, U. de Chile. Fac. Cs. Agr. y Forestales. 143 p.
- y Caviedes, E. 1985. Nota Explicativa de las Cartas de Aptitud para la Plantación de *Atriplex*. Informe Final Complementario CONAF/CEZA. U. de Chile, Fac. Cs. Agr. y Forestales. 50 p.
- Etienne, M., Caviedes, E. y Prado, C., 1982.** Cartografía de la Vegetación de la Zona Árida de Chile. Transecto I: Puerto Oscuro, Combarbalá, Monte Patria, Ovalle, La Serena. *Terra Aridae* 1(1), 77p.
- , ——— y ———. 1983. Bases Ecológicas para el Desarrollo de la Zona Árida Mediterránea de Chile. Elementos para una Planificación a Nivel Regional. CEPE/CNRS/ Embajada de Francia en Chile/ U. de Chile. 69 p.

———, **Del Pedregal, J. y Alvarez, M., 1984.** Cartografía de la Vegetación de la Zona Árida de Chile. Transecto III : Los Vilos -Coquimbo. *Terra Aridae* 3(1), 91p.

**Galea, M., 1988.** Técnicas de Diagnóstico en Regresión Lineal. Tesis Mag. en Bioestadística. Stgo., U. de Chile, Fac. de Medicina. 63 p.

**Gastó, J. y Contreras, D., 1972.** Análisis del Potencial Prático de Fanerófitas y Caméfitas en Regiones Mediterráneas de Pluviometría Limitada. Stgo. U. de Chile, Fac. de Agronomía. *Bol. Téc.* 35. pp 30 - 60.

**Gutiérrez, R., 1990.** Algunas Variables Edáficas que Influyen en el Rendimiento y en la Calidad del Forraje de *Atriplex repanda* Phil. y *Atriplex nummularia* Lindl., en la localidad de Las Cardas, IV Región. Tesis Ing. For. Santiago. U. de Chile, Fac. Cs. Agr. y For. 95 p.

**IREN - CORFO., 1977.** Estudio de las Comunidades Agrícolas. IV Región. Agrología. Santiago, IREN-CORFO. vol. 8, 149 p.

**Lailhacar, S., 1976.** Effect of Soil Parameters on the Components of Biomass Production in *Atriplex polycarpa* (Ton) Wats., and *Atriplex repanda* Phil. Tesis Ph.D. Davis, California. University of California. 57 p.

———, **1986.** Recursos Forrajeros Utilizados en Producción Ovina. 1. Zona de Clima Mediterráneo Árido y Semiárido (Secano Comprendido entre los Valles Transversales de Elqui y Aconcagua). En: Producción Ovina, Guillermo García (ed). Santiago. U. de Chile, Fac. de Cs. Agr., Vet. y Forestales. pp 25 - 57.

———, **Luzio, W. y Gutiérrez, R., 1989.** Variables Edáficas a Considerarse en la Elección de Terrenos para Plantaciones con el Arbusto Forrajero *Atriplex nummularia* Lindl. | Estación Experimental Agronómica de Las Cardas. *Avances en Producción Animal.* 14 (1-2) pp 27 - 39.

**Le Houérou, H. y Pontanier, R., 1987.** Les Plantations Sylvopastorales Dans la Zone Árida de Tunisie. France, UNESCO. Notes Techniques du MAB N° 18. 81 p.

**Meneses, R., Squella, F. y Muñoz, J., 1986.** Manejo de Arbustos Forrajeros. Santiago. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Investigación y Progreso Agropecuario La Platina N° 33. pp 42 - 47.

**Osmond, C.B., Björkman, O. y Anderson, D.J., 1980.** Physiological Processes in Plant Ecology. Toward a Synthesis with *Atriplex*. Springer - Verlag. Berlin. Heidelberg. New York. 461 p.

Otal, J. y Correal, E., 1989. Productividad Primaria y Aprovechamiento Ovino de *Atriplex nummularia*, Arbusto Forrajero Introducido en el SE Español. En: II Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. Pastos, Forrajes y Producción Animal en Condiciones Extensivas. Badajoz - Elbas, Portugal. pp 283 - 293.

Santibañez, F., 1986. Rasgos Agroclimáticos Generales de la Zona Árida Chilena. Santiago. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N°5 pp 1 - 28.

— y Merlet, H., 1986. Agroclimatología de la Zona Pisquera Chilena (Área Pisquera de la IV Región de Chile). Caracterización e Información Climática. La Serena. Cooperativa Agrícola Control Pisquero Elqui Ltda., Cooperativa Agrícola Pisquera Elqui Ltda. 55 p.

Silva, J. et al., 1986. Valoración Nutritiva del *Atriplex nummularia* en Ganado Caprino. Revista Argentina de Producción Animal, 6(11-12), pp 661 - 665.

Slatyer, R. O., 1970. Carbon Dioxide and Water Vapour Exchange in *Atriplex*. In: The biology of *Atriplex*. Jones, R. (ed). Canberra, Australia. Division of Plant Industry Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. 128 p.

Soto, G., 1982. Evaluación Silvícola de las Plantaciones de *Atriplex repanda* Phil. y *Atriplex nummularia* Lindl. en la IV Región. Tesis Ing. For. Santiago, U. de Chile. Fac. Cs. Agr., Vet. y Forestales. 128 p.

Tisdale, S.L. y Nelson, W.L., 1970. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Trad. por J. Balasch y C. Piña. Barcelona. Montaner y Simón S.A. 760 p.



## APENDICE N° 1

### MODELO ESTIMADOR DE FITOMASA EN BASE A MEDIDAS ALOMETRICAS

#### Justificación.

El hecho que la Región pasara por un tercer año de sequía, dificultó encontrar plantaciones adultas en el área de estudio que estuvieran en rezago, impidiendo la obtención de los datos reales de rendimiento forrajero.

Este antecedente sumado al reducido número de plantaciones adultas existentes, obligó a la construcción de un modelo estimador de fitomasa forrajera en función de variables alométricas, considerando que estas últimas son menos afectadas por el ramoneo que los contenidos de forraje. Esta función de fitomasa forrajera permite la utilización de todas las plantaciones adultas disponibles para la construcción del modelo predictor de rendimientos en base a variables edáficas, confiriéndole a este un mayor poder predictor al tener consideradas todas las situaciones disponibles de plantaciones adultas del sector.

Cabe mencionar que esta función predictora presenta una utilidad más allá de este proyecto, siendo una herramienta que puede ser usada en otros estudios de esta zona.

#### Enfoque Metodológico.

Para la construcción de esta función se utilizaron todas las plantaciones adultas del área, que tuvieran su población de arbustos rezagados; vale decir, con su fitomasa forrajera consumible sin alteración. Se estratificó su población por clases de desarrollo, eligiéndose un arbusto representativo de cada clase

definida, al que se le midieron sus diámetros mayores norte-sur y este-oeste y la altura absoluta y se le cosechó la totalidad de su fitomasa forrajera. El forraje cosechado fue pesado en terreno, extrayéndole una submuestra que fue posteriormente secada en estufa para determinar el contenido de agua del forraje y obtener, finalmente, el contenido de materia seca del arbusto.

Para el procesamiento se probaron distintos tipos de curvas (lineales, exponenciales y multiplicativas), a través de regresiones simples que relacionaran las variables alométricas y combinaciones entre ellas, con los contenidos de materia seca del forraje.

## Ecuaciones

En el cuadro siguiente se presentan las mejores ecuaciones obtenidas, donde se aprecia que las poseedoras del más alto coeficiente de determinación son las que utilizan el diámetro medio, (Diámetro N-S + Diámetro E-O) / 2, o la cobertura asociada con la altura ( $R^2=0,97$ ).

### ECUACIONES PARA ESTIMAR LA FITOMASA FORRAJERA DE *Atriplex nummularia* EN BASE A MEDICIONES ALOMETRICAS (1).

	Modelo	R <sup>2</sup>	n
Lineales:			
M. seca (g)=	-366,1 + 1.163,1 * Dx	0,86	31
=	143,9 + 493,4 * Cobertura	0,90	31
=	-93,9 + 648,22 * Dx * H	0,94	31
=	225,9 + 277,7 * Cobertura * H	0,92	31
Multiplicativas:			
M. seca (g) =	e <sup>6,3</sup> * Dx <sup>2,1</sup>	0,94	31
	e <sup>6,5</sup> * Cobertura <sup>1,02</sup>	0,94	31
	e <sup>6,2</sup> * (Dx * H) <sup>1,15</sup>	0,97	31
	e <sup>6,4</sup> * (Cobertura * H) <sup>0,74</sup>	0,97	31

(1) Dx=Diámetro medio (m), Cobertura= $\pi * Dx^2/4$ , H=altura (m), n=número de observaciones.

Esta función, obtenida para esta zona, presenta una utilidad más allá de este estudio, constituyéndose en una herramienta útil para la determinación de los rendimientos de forraje de esta especie sin necesidad de realizar una cosecha y secado del mismo.

## APENDICE N°2

### CARTA MINCHA (ESC. 1:95.000)



**COMUNIDADES AGRICOLAS**

1. COMUNIDAD AGRICOLA
2. COMUNIDAD AGRICOLA
3. COMUNIDAD AGRICOLA
4. COMUNIDAD AGRICOLA
5. COMUNIDAD AGRICOLA
6. COMUNIDAD AGRICOLA
7. COMUNIDAD AGRICOLA
8. COMUNIDAD AGRICOLA
9. COMUNIDAD AGRICOLA
10. COMUNIDAD AGRICOLA
11. COMUNIDAD AGRICOLA
12. COMUNIDAD AGRICOLA
13. COMUNIDAD AGRICOLA
14. COMUNIDAD AGRICOLA
15. COMUNIDAD AGRICOLA
16. COMUNIDAD AGRICOLA
17. COMUNIDAD AGRICOLA
18. COMUNIDAD AGRICOLA
19. COMUNIDAD AGRICOLA
20. COMUNIDAD AGRICOLA
21. COMUNIDAD AGRICOLA
22. COMUNIDAD AGRICOLA
23. COMUNIDAD AGRICOLA
24. COMUNIDAD AGRICOLA
25. COMUNIDAD AGRICOLA
26. COMUNIDAD AGRICOLA
27. COMUNIDAD AGRICOLA
28. COMUNIDAD AGRICOLA
29. COMUNIDAD AGRICOLA
30. COMUNIDAD AGRICOLA

1:95.000  
Escala



#### INDICE DE SITIO

##### SUELO

• < 100 g M.S./planta	NO RECOMENDABLE	
• 100 - 500 g M.S./planta	POCO FAVORABLE	
• 501 - 800 g M.S./planta	MEDIANAMENTE FAVORABLE	
• 801 - 1400g M.S./planta	FAVORABLE	
• > 1400 g M.S./planta	OPTIMO	

##### AREAS EXCLUIDAS POR:

CONDICIONES FISIOLÓGICAS DE LAS PLANTACIONES EXISTENTES  
MOLINERÍA EXISTENTE  
PENDIENTES > 75%  
SUELOS INCLUIDOS EN RESERVA

##### PENDIENTE

• 0 - 10%	OPTIMO	
• 10 - 25%	FAVORABLE	
• 25 - 55%	POCO FAVORABLE	
• 50 - 75%	MUY POCO FAVORABLE	

##### ASOLEAMIENTO

• MUY POCO ASOLEADO	OPTIMO	A
• POCO ASOLEADO	FAVORABLE	B
• ASOLEADO	POCO FAVORABLE	C
• MUY ASOLEADO	MUY POCO FAVORABLE	D

TC Productividad esperada gMS/planta ponderando factor suelo por pendiente y asoleamiento

BASE CARTOGRAFICA  
SERIES I.G.M. ESCALA 1:25.000

#### NOTA EXPLICATIVA

Los tramos indican calidades de sitio definidas por la variable suelo a partir de un promedio de los 10 primeros cm del perfil. Los horizontes de Sodio, Calcio y Sulfato existentes permitieron construir una función que expresa el potencial del sitio en términos de la productividad de *Atriplex nummularia* Lindl., expresada como gramos de materia seca por planta.

El abstrado indica calidad de sitio según la pendiente del terreno, siendo los sitios planos los de mayor potencial.

En letras se expresa la calidad de sitio según el grado de asoleamiento, factor correspondiente a una síntesis de la pendiente y exposición al sol, y por tanto de la energía incidente.



**DETERMINACION DE SITIOS  
POTENCIALMENTE FORESTABLES  
CON *Atriplex nummularis* Lindl.  
EN COMUNIDADES AGRICOLAS  
DE CANELA, IV REGION**

**13**

**FINANCIAMIENTO** - Fondo de Desarrollo Productivo  
GOBDO  
Corporación Privada de Desarrollo Social  
JUNDEP

**AUTOR** - Corporación Privada de Desarrollo Social  
JUNDEP

**RESPONSABLE  
TECNICO** - JAIMÉ VALDES CASTRO  
Ingeniero Forestal EI

**EJECUCION  
PROYECTO** - JAIMÉ VALDES CASTRO  
CESAR CORREA JORDOQUERA  
Ingeniero Forestal EI  
JORGE ANEZ MAREZ  
Técnico Forestal  
TASSIMO FORESTAL

**DESENÑANTE** - MAXIMO HERNADEZ VERA

**INDICE DE SITIO**

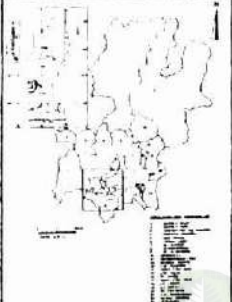
- BUELO**
- 100 - 1000 M.S.N.M. (1000-1500 M.S.N.M.)
  - 100 - 1000 M.S.N.M. (1000-1500 M.S.N.M.)
  - 100 - 1000 M.S.N.M. (1000-1500 M.S.N.M.)
  - 100 - 1000 M.S.N.M. (1000-1500 M.S.N.M.)
  - 100 - 1000 M.S.N.M. (1000-1500 M.S.N.M.)
- PENDIENTE**
- 0 - 10% INCLINACION
  - 10 - 20% INCLINACION
  - 20 - 30% INCLINACION
  - 30 - 40% INCLINACION
  - 40 - 50% INCLINACION
  - 50 - 60% INCLINACION
  - 60 - 70% INCLINACION
  - 70 - 80% INCLINACION
  - 80 - 90% INCLINACION
  - 90 - 100% INCLINACION
- AGUACUENTO**
- 1 - 10% INCLINACION
  - 10 - 20% INCLINACION
  - 20 - 30% INCLINACION
  - 30 - 40% INCLINACION
  - 40 - 50% INCLINACION
  - 50 - 60% INCLINACION
  - 60 - 70% INCLINACION
  - 70 - 80% INCLINACION
  - 80 - 90% INCLINACION
  - 90 - 100% INCLINACION
- PROYECTOS**
- 1 - 10% INCLINACION
  - 10 - 20% INCLINACION
  - 20 - 30% INCLINACION
  - 30 - 40% INCLINACION
  - 40 - 50% INCLINACION
  - 50 - 60% INCLINACION
  - 60 - 70% INCLINACION
  - 70 - 80% INCLINACION
  - 80 - 90% INCLINACION
  - 90 - 100% INCLINACION



**NOTA EXPLICATIVA**

Este mapa muestra los sitios potenciales para el cultivo de *Atriplex nummularis* Lindl. en las comunidades agrícolas de Canela, IV Región. Los sitios potenciales se han determinado considerando las condiciones de suelo, pendiente y agua. Los sitios potenciales se han determinado considerando las condiciones de suelo, pendiente y agua. Los sitios potenciales se han determinado considerando las condiciones de suelo, pendiente y agua.

Se deberá considerar las condiciones de suelo, pendiente y agua en cada sitio potencialmente forestable. Se deberá considerar las condiciones de suelo, pendiente y agua en cada sitio potencialmente forestable. Se deberá considerar las condiciones de suelo, pendiente y agua en cada sitio potencialmente forestable.



APUNTES SOBRE ALGUNAS LATIFOLIADAS DE MADERAS VALIOSAS. 4.- *Grevillea robusta* A. Cunn. Verónica Loewe M., Ingeniero Forestal, División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554, Santiago, Chile.

## INTRODUCCION

### Características Generales

*Grevillea robusta* es un árbol nativo de Australia, descubierto y descrito por el explorador europeo Alan Cunningham en 1827.

La especie pertenece a las angiospermas, dicotiledoneas, familia Proteaceae, y es llamada comunmente silky oak, grevillea géant, roble sedoso, silver oak, he-oak, o simplemente grevillea, y su sinónimo es *Grevillea umbricata* A. Cunn. (Camevale, 1955; Forest Service, 1974; Harwood, 1989; Harwood y Getahun, 1990; Streets, 1962; Webb et al., 1984).

Esta especie australiana es la más grande de su género, que comprende mas de 260 especies, alcanzando alturas de 40 m y diámetros de hasta 1,2 m (Harwood, 1989; Harwood y Getahun, 1990; Streets, 1962; Webb et al., 1984).

La especie ha despertado gran interés, pues se trata de un árbol de fácil adaptación, de rápido crecimiento y con objetivos múltiples (Harwood y Getahun, 1990).

En su región de origen es la especie de mayor resistencia, regenera vigorosamente y coloniza en forma agresiva las áreas alteradas (Harwood, 1989).

Para ser un árbol tan grande crece rápidamente y tiene éxito en un amplio rango de condiciones climáticas y edáficas, lo que lo hace de gran interés (Turrialba, 1984).

El éxito que ha tenido la especie se debe entre otros factores a su variedad productiva, no quedando excluida de ningún producto o servicio. Principalmente en las áreas bajas y secas, los agricultores han encontrado que la grevillea se reproduce y maneja fácilmente, presenta buenos rendimientos

de leña y postes y no compite notoriamente con los cultivos adyacentes (Harwood y Getahun, 1990).

## Distribución

La especie se distribuye naturalmente en las áreas costeras de New South Wales y Queensland, entre los 27 y 36 grados latitud Sur, desde el nivel del mar hasta los 1120 msnm, en un amplio rango climático (Boas, 1947; Goor y Barney, 1968; Harwood y Getahun, 1990; Turrialba, 1984; Webb et al., 1984).

Fué una de las primeras especies cultivadas en su país, pero sin éxito, por lo que actualmente no es de importancia comercial allí. Paradojalmente su éxito comenzó cuando fué trasladada a otros continentes.

En 1830 Cunningham envió las primeras semillas a Inglaterra, donde se mantuvieron en invernadero. Desde entonces se hizo popular en toda Europa como árbol ornamental (Harwood y Getahun, 1990).

Desde 1860 se empezó a usar en exteriores, cuando el Jardín Botánico Real envió semillas a Sri Lanka. Desde entonces, la especie se difundió rápidamente y, desde principios de siglo, se encuentra en muchas de las zonas templadas, subtropicales y tropicales del mundo.

La grevillea se ha empleado mucho en las comarcas de té de Ceylán, entre los 600 y 2000 msnm, con precipitaciones de 1250 a 1550 mm, y en las comarcas cafeteras de la India y Africa oriental, entre los 1200 y 1850 msnm, con precipitaciones de 1000-1150 mm, como árbol de sombra y protector (FAO, 1959; FPR, 1956).

La especie también ha sido cultivada con éxito para sombra, madera, ornamento y combustible en climas semiáridos, templados y subtropicales de India, Sri Lanka, Kenia, Islas Mauricio, Zambia, Zimbabwe, Tanzania, Uganda, Sud Africa, Hawai y Jamaica (Streets, 1962; Turrialba, 1984).

En los Estados Unidos fué introducida a fines de 1800. En la isla mayor de Hawaii se adaptó bien y crece desde el nivel del mar hasta los 1220 mmsnm. Se la ha plantado vastamente (también en California y Florida) en programas

de reforestación y en ciertas áreas se ha naturalizado (Forest Service, 1974; Nelson y Schubert, 1976).

En el Norte de Argentina se desarrolla muy bien, pues las condiciones climáticas la favorecen. Allí alcanza 15-17 m de altura, siendo rústica, de aceptable crecimiento y de follaje persistente (Carnevale, 1955).

En Chile se ha empleado bastante como árbol ornamental, con muy buenos resultados, tanto por su rapidez de crecimiento como por su resistencia a la contaminación.

## Descripción

Este hermoso árbol alcanza los 35 m de altura, presenta una atractiva forma a modo de cepillo limpia botella, siendo elegante y muy ornamental, con densos racimos de flores amarillo-doradas, y un follaje finamente aserrado. Es caducifolio por un breve período, a fines de invierno. Sus hojas asemejan a grandes frondas de helechos, verdes en la cara superior y plateadas en el envés, por estar cubiertas con una pelusa gris sedosa (Harwood y Getahun, 1990; Turrialba, 1984). Su tronco es recto, grisáceo, y surcado longitudinalmente (Carnevale, 1955).

Posee un sistema radical profundo que se expande rápidamente (FAO, 1959).

La grevillea no fija nitrógeno, pero pareciera presentar un efecto favorable sobre los suelos. Las raíces penetran las capas inferiores del suelo, por debajo de la zona usada por los cultivos agrícolas, reciclando los nutrientes de dichos niveles (Harwood y Getahun, 1990).

Es una especie monoica y en el hemisferio norte florece desde marzo hasta octubre-noviembre, alcanzando su máximo en mayo, junio y julio (a fines de la primavera). Los árboles florecen y producen semillas desde los 6-10 años.

Las inflorescencias se ubican en ramillas horizontales de 8-12 cm situadas sobre madera del año anterior.

El fruto es verde-negruzco, globoso o algo ovalado, carnoso, indeshiscente, de 15-25 mm. En cada folículo se encuentran dos semillas de color café, que permanecen en el árbol por alrededor de un año y después se dispersan,

siendo la producción de semillas anual, aunque existen fluctuaciones respecto a la cantidad producida (Camevale, 1955; Forest Service, 1974).

Su madera es de buena calidad, de veteado sedoso, atractivo, y es usada para paneles, recubrimientos interiores, muebles y muchos otros usos (Streets, 1962).

## CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO

Los datos disponibles coinciden en que la grevillea es un árbol de rápido desarrollo, aunque las tasas de crecimiento se pueden alterar por técnicas de manejo deficientes, o por la competencia de malezas (Goor y Barney, 1968; Harwood y Getahun, 1990; Turrialba, 1984).

Puede alcanzar alturas de 20 m en 15-20 años en sitios con condiciones edáficas y climáticas favorables.

Varios autores coinciden en que en buenos sitios y en climas adecuados se registran incrementos anuales en altura de 2 m y en diámetro de 2 cm durante los primeros 5-10 años. Sin embargo, en sitios con precipitaciones anuales de 600-800 mm y con temperaturas de 14°C o menos se deben esperar incrementos en altura anuales inferiores, de alrededor de 1 m (Goor y Barney, 1968; Harwood y Getahun, 1990; Turrialba, 1984).

Incluso en la zona árida de Madagascar se demostró como la especie más vigorosa, creciendo 6.92 cm en altura mensuales, aunque generalmente la yema apical moría en la estación seca (Moller, 1990).

FAO (1959) indica que la especie alcanza 30 m de altura en los bosques litorales entre los 25 y 29° latitud sur, tanto asociada a eucaliptos como en masas puras.

Los datos de rendimiento fluctúan entre 10 y 14 m<sup>3</sup>/ha/año (en Hawaii) en rotaciones de 10-20 años, con densidades de 500-1200 plantas por hectárea (Harwood y Getahun, 1990), aunque Webb et al. (1984) indican incrementos medios anuales de entre 5 y 15 m<sup>3</sup>/ha.

En Tanzania se obtuvieron los siguientes datos de rendimiento en una



plantación de 14 años de edad para madera aserrada: altura dominante de 19 m; circunferencia media de 80 cm y 217 m<sup>3</sup>/ha de volumen total, incluyendo raleos. Streets (1962) señala que en una plantación de 14 años, con una altura dominante de 19,2 m y con una densidad de 400 árboles por hectárea, se registra un volumen de 205 m<sup>3</sup>/ha.

Madera aserrada se cosecha sólo 15-20 años después de la plantación, con otros subproductos (ramas y postes de podas) obtenidos previamente (Harwood y Getahun, 1990).

El árbol no es de vida prolongada, aunque en sitios pobres la especie deja de crecer a los 15-20 años, en los sitios propicios crece por más de 50 años (Harwood, 1989).

## REQUISITOS ECOLOGICOS

La especie crece en una amplia gama de situaciones climáticas y de sitio. La variación climática dentro de su área de distribución natural es bastante amplia, a pesar de ser una zona geográfica bastante reducida. A continuación se indican los rangos apropiados para la especie.

### Temperatura

Prefiere temperaturas cálidas, de templadas a subtropicales, con una media anual de alrededor de 20°C (Goor y Barney, 1968; Harwood y Getahun, 1990; Turrialba, 1984). Las plantas adultas pueden soportar heladas leves ocasionales, pero las plantas jóvenes son sensibles, necesitando protección (FAO, 1959; Streets, 1962). De hecho, las heladas severas (-5° a - 10° C) son uno de los factores que limitan su distribución.

En su hábitat natural la temperatura media máxima del mes más cálido es 20-28°C, la temperatura media mínima del mes más frío es de 6-14 °C y la temperatura media anual de 13-21°C (Webb et al., 1984).



## Precipitación

La precipitación anual en su hábitat natural es de 700 a más de 1700 mm, concentrada en verano. Sin embargo, la especie ha sido introducida en muchas áreas con una precipitación de solo 400-600 mm y 6-8 meses secos, por lo que es considerada resistente a la sequía. Además puede crecer en áreas que reciben hasta 2500 mm de precipitación anual (FAO, 1959; Goor y Barney, 1968; Streets, 1962; Turrialba, 1984; Webb et al., 1984).

Según Harwood y Getahun (1990) crece mejor con precipitaciones anuales de entre 1000 y 2000 mm, sin períodos secos prolongados.

## Suelos

Crece bien en muchos tipos de suelos, incluyendo suelos de texturas livianas a medias, (arcillo-arenosos, arenosos, francos) de mediana fertilidad, ácidos, no tan bien en suelos pesados. Prefiere suelos como las margas arenosas, profundos, frescos, sueltos y bien drenados, ya que su sistema radicular tiende a ser profundo (Carnevale, 1955; FAO, 1959; Goor y Barney, 1968; Turrialba, 1984).

En Hawai es un buen colonizador de suelos recién inundados por flujos de lava.

La especie no tolera la saturación de agua en el suelo. Sin embargo, acepta un amplio rango de niveles de pH (desde ácido a semi-alcálico).

La deficiencia de boro parece ser un problema que afecta a la especie (Harwood y Getahun, 1990).

## Altitud

Crece bien en un amplio rango de altitudes, desde el nivel del mar hasta los 2300 msnm. Webb et al. (1984) mencionan como óptimo entre los 800 y 2100

msnm. Sin embargo, en su habitat natural se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1120 metros (Harwood, 1989).

## Viento

Varios autores indican que el árbol es susceptible a daños por vientos fuertes, siendo las ramas quebradizas y predispuestas a romperse por los efectos mecánicos del viento (FAO, 1959; Streets, 1962; Turrialba, 1984). Sin embargo, Webb et al. (1984) mencionan la especie como resistente a los vientos salados costeros.

## Competencia

La especie presenta una buena capacidad para competir con las malezas (Turrialba, 1984), tratándose de una especie colonizadora agresiva.

En edad adulta es indicada como especie protectora de ciertos cultivos, pues ejerce una baja competencia con éstos debido a las características de su sistema radicular. En ciertos lugares es preferida incluso al eucalipto el que, aunque produce más madera, es más competitivo con los cultivos adyacentes (Harwood y Getahun, 1990).

En Australia pareciera presentarse el fenómeno de autoalelopatía (Harwood y Getahun, 1990).

## Luminosidad

Webb et al. (1984) catalogan la especie como altamente demandante de luz.

## ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES.

### Espaciamientos Recomendados.

Turrialba (1984) indica que este árbol, cultivado en plantaciones para madera, es muy valioso, pero que si se cultiva con espaciamientos reducidos o en sistemas no forestales, también puede ser apropiado para la producción de leña.

Mello (1961) indica que el espaciamiento afecta significativamente el crecimiento en altura, encontrando que 3 x 1 m produce las mayores alturas durante los primeros años. Sin embargo, no encontró un efecto significativo del distanciamiento sobre el diámetro.

Veiga (1957, 1958) recomienda un distanciamiento de 2 x 2 m, el que muestra superioridad respecto al área basal obtenida. Asimismo indica que el área basal a ser mantenida a lo largo de la vida del rodal debe fluctuar entre 49.16 y 60.82 m<sup>2</sup>/ha.

Carnevale (1955) también sugiere densidades iniciales de plantación de 2 x 2 m para la producción de madera aserrada.

### Plantación

En general se recomiendan las mismas medidas que para las demás especies cultivadas respecto a preparación del sitio y modalidad y época de plantación, así como respecto a los cuidados posteriores de ella.

Webb et al. (1984) recomiendan la plantación de plantas con maceta, o de estacas enraizadas.

## PROPAGACION

### Propagación Sexual

La especie se propaga en forma natural con gran facilidad (Harwood, 1989; Poulsen, 1983; Streets, 1962, Turrialba, 1984).

Mollikarjunaiah (1965) indica que es posible utilizar las plántulas provenientes de la regeneración natural, las que traspasadas a bolsa y plantadas posteriormente dan buenos resultados.

La buena diseminación de las semillas por el viento y sobretodo por las aves, y la tolerancia a diferentes tipos de sitios, demuestran su habilidad para proliferar (Forest Service, 1974).

Según Turrialba (1984) esto puede llegar a constituirse en una limitación, ya que el árbol se disemina con tal facilidad que incluso puede llegar a crecer en forma incontrolable. En Hawai, donde se introdujo en 1870, la especie ha sido catalogada como plaga.

### Colecta, Extracción y Almacenamiento de las Semillas

Los frutos se sacan del árbol antes que se abran, cuando aparece el primer indicio de color café, lo que indica que las semillas están maduras. Estas se extraen de los frutos por medio de un secado por aire, extendiéndolos en mallas a la sombra por 5-6 días o hasta que las semillas caen. A continuación, las semillas son separadas por medio de un cedazo ad hoc.

La pureza alcanza el 87%, mientras que el contenido de humedad de las semillas frescas colectadas es del 28.5% (en Hawai). El número de semillas por kilogramo varía entre 36-45 mil y 80-105 mil, según la localidad, y la germinación de las semillas frescas alcanza un 60-80% (Forest Service, 1974; Goor y Barney, 1968; Webb et al., 1984).

Las semillas no presentan latencia, pero pierden su viabilidad rápidamente. Sin embargo, las semillas que se secan (al 6-10 % de contenido de humedad) y

se almacenan a bajas temperaturas (-7°C) se han preservado hasta por 2 años. El Forest Service (1974) da cuenta que se han almacenado semillas por 2 años a -7° y a 3.5 °C con rangos de germinación de entre 60 y 70% cuando la humedad de la semilla se mantuvo bajo el 10%.

## Germinación y Tratamiento de Semillas

Las semillas frescas germinan fácilmente, no requiriendo tratamiento alguno, pero pierden su viabilidad en pocos meses si no se almacenan a bajas temperaturas (Harwood y Getahun, 1990; Turrialba, 1984; Webb et al., 1984).

Existen dos tratamientos que han incrementado sustancialmente la germinación de las semillas almacenadas: un baño en agua por 48 horas y una estratificación a 3.5°C por 30 días fueron igualmente efectivos (Forest Service, 1974).

La capacidad germinativa media de varias muestras, después de 72 días, fue del 70%, y la energía germinativa a los 17 días fue del 38%. Sin embargo, la germinación de las semillas no tratadas fue solo del 26%.

En Australia, las semillas frescas presentan una capacidad germinativa variable entre el 60 y el 80%.

Webb et al. (1984) señalan valores de germinación del 60-70% después de 20-28 días.

## Prácticas de Vivero

Las semillas se siembran en primavera a 6 mm de profundidad, en líneas distantes 10 cm, en almácigos sin mulching.

La cama de semillas debe ser tratada con insecticidas y fungicidas antes de la siembra.

El repique se hace cuando las plántulas tienen 9 meses (Forest Service,

1974), o 7 cm de altura (Camevale, 1955).

Diferentes autores tienen diversos criterios acerca del momento en que se debe efectuar la plantación. Cuando alcanzan una altura de 0.4 m (Ceylan) o 0.6 m (Jamaica) (Forest Service, 1974); cuando alcanzan 20-40 cm, después de unos 4-8 meses (Harwood y Getahun, 1990; Streets, 1962); a los 60 cm de altura (Turrialba, 1984); al año (Camevale, 1955 y Webb et al., 1984).

También es posible utilizar la regeneración natural.

### Propagación Vegetativa

La especie también se reproduce fácilmente en forma vegetativa, aunque no es una práctica muy difundida (Harwood y Getahun, 1990).

Varios autores indican que las estacas también se utilizan con éxito y que aunque el árbol no rebrota bien de tocón puede rebrotar cuando se corta la copa (Poulsen, 1983; Turrialba, 1984; Webb et al., 1984).

Crossent (1991) reporta éxito en el uso de injertos por aproximación, realizados a principios del verano, obteniéndose un 95% de éxito.

## MANEJO SILVICOLA

### Prácticas Agroforestales

La especie **Grevillea robusta** es considerada como un árbol de granjas, pues requiere un tratamiento silvícola poco afín con las prácticas forestales aplicadas normalmente.

Ya hace varias décadas Streets (1962) indicaba ésta como la práctica principal y más difundida para la especie, pues con ella es posible obtener productos tales como combustible, forraje para ganado, sombra, ornamentación

y barreras cortavientos. Son raras las plantaciones puras de la especie.

Esta modalidad de manejo es compatible con la especie, pues cuando se aplica adecuadamente no afecta demasiado a las cosechas cercanas, ya que su sistema radicular crece sobretodo en profundidad, solamente con algunas raíces laterales superficiales. Además, su follaje es escaso y da relativamente poca sombra. Por último, su madera es valiosa como combustible y por sus aplicaciones industriales.

En 1860 se difundió en Sri Lanka e India, donde se la empleó para proporcionar un sombreamiento leve a las plantaciones de té, siendo este su primer uso en agrosilvicultura.

Desde el 1900 también es usada en Africa, donde se ha distribuido en muchos países como árbol de sombra para las plantaciones de té y café. Sin embargo, en éstas últimas se ha evidenciado que su sombreamiento reduce las producción.

En dicho continente se encuentra en las zonas este y central, donde se la usa en agrosilvicultura, plantándose en hileras y aisladamente dentro de los cultivos, o en barreras cortaviento; allí se ha extendido en países como Kenya, Tanzania, Etiopía, Uganda, Rwanda y Zaire, y en algunas islas de Madagascar (Harwood y Getahun, 1990).

Toky y Khosla (1984) indican la especie como la de mayor crecimiento ( a los 6 años 9,2 m de altura) entre varias especies usadas en agroforestería.

Lo que caracteriza su manejo es la modalidad de la poda, que puede ser total o parcial, de la copa (o clásica), de las ramas, o selectiva (Poulsen, 1983).

#### a) Poda total o parcial

En una granja típica pueden verse árboles alineados a una distancia de 2-4 m entre troncos o distribuidos uniformemente en los campos a espacios de 10 x 10 m. Con frecuencia combinan ambos tipos de espaciamiento y la densidad en una granja muy poblada puede ser de 100-200 árboles por hectárea, sin perjuicio de la existencia de parcelas más densamente pobladas.

A los 5 años los árboles alcanzan 8-10 m de altura y empiezan a competir



(en una franja de 5 m de ancho a cada lado de la hilera), sobretodo por agua y luz, con las plantaciones vecinas de café, maíz y caupí.

Como solución el agricultor poda todas las ramas, dejando solo el tronco, y así reduce la competencia casi a cero y al mismo tiempo obtiene un suministro de leña.

Pese a esta operación tan radical desde el punto de vista forestal, el follaje retoña con sorprendente rapidez desde la base hasta la cima del tronco desnudo, dando a los árboles el aspecto de hisopos gigantes, pero con el tiempo se vuelve a formar una copa abundante y vigorosa.

Cuando el nivel de competencia sobrepasa nuevamente el umbral negativo se realiza una segunda poda, quizás tan extrema como la primera, iniciando un ciclo de podas que supone la eliminación de todas las ramas a intervalos de 2-3 años, y que puede llegar a incluir un acortamiento de la yema apical.

El ciclo continúa así durante 30, 40 ó 50 años y supone hasta 15 o 20 podas. A pesar de ellas, los árboles continúan incrementando su diámetro y altura. El crecimiento seguirá un ritmo desigual, prácticamente se detendrá después de cada intervención, para recomenzar lentamente hasta alcanzar un máximo antes de la nueva poda.

El ciclo termina cuando el árbol alcanza un diámetro que hace económicamente atractiva la tala.

Con el tiempo se habrá obtenido una notable cantidad de madera de las numerosas podas y de la tala final. Se supone que de las primeras se origina el 60-80% del total de madera.

Durante estos ciclos la copa varía entre 0 y 20-40 m<sup>2</sup> por árbol. El incremento anual medio está en función directa de la duración de los intervalos entre podas.

## b) Poda de la copa

Consiste en que el tronco y las ramas se talan periódicamente a 2 m de altura (fuera del alcance de una cabra) y luego se deja que ramifique.

En Kenia los podan de esta manera cada 3-4 años para obtener leña para la cocción de los alimentos y hojas para efectuar el mulching de sus cultivos, siendo esta la razón que genera esta forma particular de manejo (Harwood y Getahun, 1990).

c) Poda de las ramas

En este caso el tronco y casi todas las ramas principales se dejan intactas y la explotación se limita a la eliminación periódica de las ramas secundarias, método que se utiliza en ciertas zonas de la India, sobretodo para obtener forraje.

d) Poda selectiva

Consiste en cortar ocasionalmente algunas ramas de las copas de los árboles, con el doble propósito de reducir la competencia y obtener algún producto. Posee la ventaja de mantener las copas de los árboles en condiciones de capacidad productiva casi total.

Los métodos anteriores tienen en común la característica de conservar la base de la producción, renovando constantemente la estructura de fotosíntesis.

Estas técnicas sensatas y prácticas se adaptan bien a muchas condiciones ambientales, sociales y económicas, por lo que, según Poulsen (1983) debería fomentarse su uso generalizado.

## PROTECCION

Se han detectado varias plagas y enfermedades, pero pocas de ellas son de importancia. Las más serias parecen ser la *Asterolecanium pustulans* que ha exterminado los árboles de ciertas zonas del Caribe, y *Loranthus*.

En Puerto Rico los árboles han sido infestados por cochinilla.

En India se ha presentado muerte apical debido al hongo *Corticium*

**salmonicolor**, siendo mayor la incidencia de la enfermedad en las zonas de clima húmedo (Nayar, 1987).

En Guatemala se ha detectado un cáncer al tronco provocado por **Botryosphaeria dothidea** (Schieber y Zentmyer, 1978).

En Ceylán se ha visto que el hongo **Amphichaeta grevilleae** sp. provoca manchas punteadas en las hojas y defoliación de las plántulas de vivero (Loos, 1950).

Los ataques de termitas constituyen un problema en los sitios de baja precipitación, siendo las plantas jóvenes más sensibles, pero menos que muchas especies del género **Eucalyptus** (Harwood y Getahun, 1990; Streets, 1962; Turrialba, 1984). Por el contrario la especie es catalogada por Webb et al. (1984) como resistente a este ataque.

A pesar de no ser muy susceptible a plagas y enfermedades, la especie tiende a presentar una vida corta (50-60 años en buenos sitios) (Harwood y Getahun, 1990). De hecho, en muchos países se ha detectado que el árbol muere o detiene su crecimiento aproximadamente a los 20 años, especialmente en los sitios secos (Turrialba, 1984).

## UTILIZACION

A pesar que **Grevillea robusta** es una especie de rápido crecimiento en ambientes apropiados, generalmente es posible encontrar otras especies que producen mayor cantidad de madera en el mismo tiempo (por ejemplo eucaliptos, acacias, etc). Esto, junto a su baja habilidad de retoñación ha hecho que no se encuentre entre las especies más promisorias para establecer plantaciones comerciales (Harwood, 1989).

Debido a que la especie interfiere relativamente poco con los cultivos adyacentes y que produce leña, postes y madera aserrada de calidad aceptable, está distribuida ampliamente en granjas, especialmente en Africa, donde es usada en cierres y en plantaciones en hilera dentro de los cultivos. De hecho Hummel (1986) cita la especie como una de las más importantes para usar en agroforestería.

Otra de sus principales funciones es como árbol de sombra en las plantaciones de té y de café, uso que aún se le sigue dando en algunos países (Sri Lanka, India). También se le usa en las zonas de pastoreo como protección para el ganado.

Cuando se corta la madera es de un color rosado y a medida que se expone al ambiente se vuelve café pálida, con elegantes vetas plateadas muy similar al roble, debido a sus anchos rayos parenquimáticos (característica de las especies de la familia Proteaceae) (FAO, 1959; FPR, 1956).

La madera es nudosa y el grano es variable con respecto a dirección, desde recto a irregular. Es de duración moderada, liviana, fácil de trabajar mientras está verde, pero difícil de secar y de impregnar (para secar una pulgada se requieren entre 8 y 12 días, dependiendo del tipo de corte) (Boas, 1947). Es resistente, dura, moderadamente durable, de textura sedosa, elástica y moderadamente densa (su peso específico es de 0,54-0,66) (FPR, 1956; Goor y Barney, 1868; Streets, 1962; Turrialba, 1984; Webb et al., 1984).

La madera pega bien, siendo apropiada para la confección de chapas, y excelente para la ebanistería (Turrialba, 1984).

En varios países es considerada de elevado potencial económico y apta para la exportación, aunque actualmente no hay disponibles cantidades significativas.

Entre los usos que se dan a la madera se mencionan los siguientes: fabricación de durmientes de trenes, madera enchapada, cajas para carga aérea, muebles, torneado y fabricación de parkets (Turrialba, 1984). También se mencionan usos en ebanistería, artesanía, muebles, estantería, tomería, embalajes, pisos, recubrimientos interiores, cabos de herramientas, palos de golf, remos, molduras, baldes, yugos, cepillos para ropa, madera terciada (Carnevale, 1955; FAO; 1959; Harwood, 1989; Harwood y Getahun, 1990). Boas, 1974, indica el uso en muebles, objetos ornamentales, estantería, paneles, accesorios de oficina, chapas, sillas, construcción (pisos, cielos), durmientes, partes curvas de carruajes.

Ensayos realizados indican que la grevillea puede producir pulpa de calidad discreta.

Los fustes se utilizan para postes, los que bien tratados son aptos para exteriores y para madera aserrada (Harwood y Getahun, 1990).

Las hojas se usan para alimentación del ganado (aunque no es muy palatable) o como mulching. Contienen rutina, pero en concentraciones tales (0.5% del peso seco) que no se justifica su extracción industrial.

En Sri Lanka se usa para leña. De hecho, Martínez y Zanotti (1985) la citan entre las especies más promisorias para la producción de energía.

En Inglaterra se usa en muebles para reemplazar al roble y para pisos, pues su resistencia a la abrasión es elevada (FPR, 1956).

En el siglo XIX en Europa su follaje se difundió ampliamente con fines decorativos. Actualmente todavía se usa con fines ornamentales y en arreglos florales (Harwood y Getahun, 1990).

También se emplea como árbol ornamental en calles debido a su altura, su forma atractiva y sus bellas flores (Turrialba, 1984).

La especie es muy apreciada para la producción melífera, como fuente de néctar y de polen (Harwood y Getahun, 1990; Turrialba, 1984; Webb et al., 1984).

En Brasil se ha usado en plantaciones de café como protección contra el frío (Baggio, 1983).

Durigan y Simoes (1987) señalan que la especie es apropiada para barreras cortaviento, obteniéndose los mejores resultados con barreras constituidas por una fila de árboles sin podar, separados entre ellos por 5 m (para su eficacia las barreras no deben estar separadas por más de 200 m).

En condiciones de stress el árbol produce una goma que podría ser de interés económico (Harwood y Getahun, 1990). También se ha detectado ácido hidrocianico en los frutos y flores (Forest Service, 1974). Asimismo, la madera y las hojas contienen una alta cantidad de compuestos fenólicos.

La especie también es importante económicamente en aplicaciones hortícolas y ornamentales, siendo usada como porta injertos de otras especies ornamentales del género, debido a su resistente sistema radicular y a su vigor (Harwood, 1989).

Por último, debe considerarse que al trabajar la madera pueden presentarse irritaciones a la piel (de una duración de una semana o más) en ciertas poblaciones humanas (Forest Service, 1974; Harwood y Getahun, 1990).

## ACTIVIDADES A DESARROLLAR.

Harwood (1989) sugiere realizar las siguientes investigaciones con la especie:

- Ensayos de procedencias (debido a la alta variabilidad genética que presenta la especie).
- Identificación de una estrategia de mejoramiento genético para determinados países y regiones.
- Desarrollo de técnicas de micropropagación y propagación vegetativa.
- Hibridación con otras especies del mismo género (al respecto, muchos trabajos no publicados pueden ser conocidos a través del Grupo de Estudios Grevillea de la Sociedad para el Cultivo de Plantas Nativas de Australia).
- Ensayos para ver las densidades apropiadas, edades de rotación y regímenes de poda para diferentes sistemas agroforestales.
- Estudios para determinar si la autoalelopatía es determinante en caso de establecerse plantaciones puras de la especie.
- Estudiar los problemas (irritaciones) a la piel que produce la especie en algunas poblaciones humanas, evaluar su magnitud y desarrollar medidas preventivas.

## REFERENCIAS

**Baggio, A.J., 1983.** Sistema Agroforestal Grevillea x Cafe: Inicio de Nova Era na Agricultura Paraenense?. Circular Tecnica Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro Sul, N° 9, 15 pp.

**Basappa, B., 1986.** Coppicing in Silver Oak (*Grevillea robusta* Cunn.). Myforest 22: 1-2.

**Boas, I.H., 1947.** The Commercial Timbers of Australia.

- Carnevale, J.A., 1955.** Arboles Forestales. 689 p.
- Crossen, T., 1991.** Grafting Grevilleas. Horticulture in New Zealand 2:1, 17-19.
- Durigan, G. y Simoes, J.W., 1987.** Quebra-ventos de *Grevillea robusta*, Efeitos sobre a Velocidade do Vento, Umidade do Solo et Producao do Cafe. IPEF N° 36, 27-34.
- FAO. 1959.** Elección de Especies Arbóreas para Plantación. Cuadernos de Fomento Forestal N° 13, p. 261.
- Forest Products Research (FPR). 1956.** A Handbook of Harwoods. London, Pp. 101.
- Forest Service. 1974.** Seeds of Woody Plants in the USA. Agricultural Handbook N°450.
- Goor, A. Y. y Barney, C.W., 1968.** Forest Tree Planting in Arid Zones. Pp. 408-409.
- Harwood, C.E., 1989.** *Grevillea robusta*: Un Annotated Bibliography. Editor: International Council Research in Agroforestry. 123 p.
- Harwood C. y Getahun, A., 1990.** Australian Tree Finds Success in Africa. Revista Agroforestry Today Vol. 2 N°1.
- Hummel, L., 1986.** Etude sur les Systemes de Production Agricole et le Role des Arbres dans L'exploitation Agricole: le Cas de la Commune de Muyaga. Communications du Dept. de Foresterie, Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda N° 4, 6 pp.
- Loos, C.A., 1950.** *Amphichaeta grevilleae* on *Grevillea robusta* Seedlings. Trans. Brit. Mycol. Soc. 33(1/2) (40-2).
- Mallikarjunaiah, T.S. 1965.** A Note on the Natural Regeneration of *Grevillea robusta*. Myforest, For. Dev. Mysore 1(4)(31-3).
- Martínez, H. y Zanotti, J., 1985.** Comportamiento de algunas Especies para Leña en Guatemala. Turrialba, Costa Rica; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Mello H. do Amaral., 1961.** Spacing Experiments with *Grevillea robusta*. Rev. Agric. Piracicaba 36(1)(45-53).
- Moller, K., 1990.** Technological Note on the Initial Performance of 4 Species of Trees Popularized by the PARV in its Agroforestry Programme. Akon'ny-Ala N° 6, 14-27.

- Nayar, R., 1987.** Die Back in *Grevillea robusta*. Myforest 23: 89-93.
- Nelson, R.E. y Schubert, T.H., 1976.** Adaptability of Selected Tree Species Planted in Hawaii Forests. USDA Bulletin N° PSW-14, 22 p.
- Poulsen, G., 1983.** Los Arboles de las Granjas Producen Leña. Unasyuva N°141, Vol. 35, Pp 26-29.
- Schieber, E. y Zentmyer G.A., 1978.** An Important Canker Disease of *Grevillea* in Guatemala. Plant Disease Reporter 62:10, 923-924.
- Streets, R. J., 1962.** Exotic Forest Trees in the British Commonwealth. 750 p.
- Tillman, E., 1975.** Assessment of Experimental Tree Plantations in Venezuela . FAO, Report N VEN/72/019, Working Document N° 2. 32 p.
- Toky, O.P. y Khosla P.K., 1984.** Comparative Growth of Agroforestry Trees (indigenous vs. exotic) in Subtropical Western Himalaya. Journal of Tree Sciences 3: 1/2, 93-98.
- Turrialba, 1984.** Especies para Leña. Costa Rica. Pp. 142- 143.
- Veiga A. de Arruda, 1957.** Area basal da *Grevillea robusta*. Rev. Agric. Piracicaba 32 (10,43-7).
- Veiga A. de Arruda, 1958.** Dados Preliminares sobre Areas Basais. Rev. Agric. Piracicaba 33(3) (133-8).
- Webb, D. B. et al. 1984.** A Guide to Species Selection for Tropical and Subtropical Plantations. Forestry Paper N°15. Oxford.



## DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA PARA LA EXTRACCION Y MEDICION DE TARUGOS. Roberto Blanco Pavéz, Técnico Forestal. División Ordenación Forestal e Inventarios. Instituto Forestal. Huerfanos 554. Santiago.

### INTRODUCCION

La metodología que a continuación se describe se aplicó en el proyecto **Investigación Modelo de Simulación para Renovales de Roble-Raulí**, desarrollado por la División Ordenación Forestal e Inventarios del **Instituto Forestal**, filial de la Corporación de Fomento de la Producción

El objetivo de la extracción de tarugos fue determinar el crecimiento de los árboles de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*), de un renoval de esas especies, en los últimos 6 años, además de lingue (*Persea lingue*) y tepa (*Laurelia philippiana*) que son las especies acompañantes más importantes en cuanto a frecuencia e interés económico.

### Características Macroscópicas de la Madera

A continuación se presenta una breve descripción de las características macroscópicas de la madera de las especies utilizadas en el estudio, extractada del Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas (Pérez, 1983).

#### Raulí

La madera de Raulí es considerada como la mejor del país, su tronco presenta un notorio contraste entre la albura, amarilla gris hasta café clara (hualle), y el duramen (pellín) de color café rojizo, desde claro hasta oscuro. Posee anillos de crecimiento bien diferenciados y sus poros son difusos, algo más grandes que en roble.

### Roble:

La albura es de color blanquizco amarillento en estado fresco, posteriormente se oscurece. El duramen, de color café rojizo opaco contrasta con la albura. Anillos de crecimiento poco visibles, poros difusos y muy pequeños.

### Tepa:

La madera de tepa se caracteriza por su hermoso y uniforme color blanco-amarillento a grisáceo claro. Los anillos de crecimiento son poco visibles.

### Lingue:

La madera de lingue es de color café claro, con tintes rojizos. Presentando en sus caras longitudinales finas estrías originadas por los vasos. Los anillos de crecimiento son poco visibles.

## Anillos de Crecimiento

Los anillos de crecimiento ofrecen variadas características según las especies y también según las condiciones de crecimiento (Record y Hess, 1943; Record, 1947; citados por Esau, 1976).

La causa determinante de la visibilidad de las capas de crecimiento en una sección del leño, es la diferencia estructural entre el xilema producido al principio y al final de la temporada de crecimiento vegetativo (madera de primavera y madera de verano) (Figura N° 1). La madera de primavera es menos densa que la de verano, tiene generalmente las células más grandes y,

proporcionalmente, menor cantidad de membrana celular por unidad de volumen (Esau, 1976).

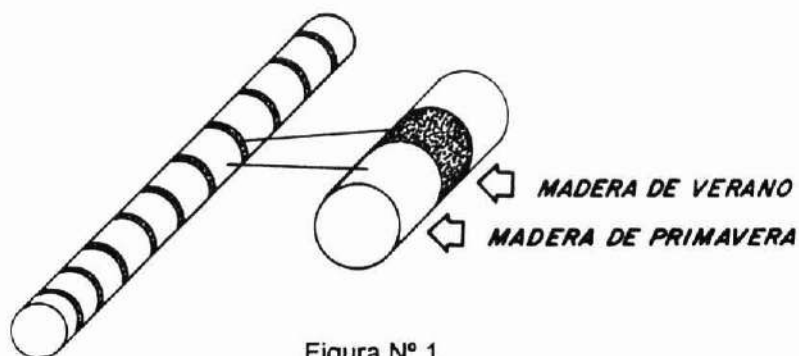


Figura N° 1

Los renovales de Roble-Raulí presentan dos crecimientos durante el año, uno en primavera (leño temprano) y otro en verano (leño tardío). Estos se diferencian uno de otro por dos motivos principales: en la coloración, el crecimiento de primavera es más claro que el de verano; y en el espesor, el crecimiento de primavera es mayor que el de verano debido a que en esa temporada del año el medio brinda al árbol las mejores condiciones para su desarrollo especialmente, agua, luz y temperatura.

Entre los anillos se pueden encontrar anillos falsos, que Esau (1976) define como una interrupción en el crecimiento estacional por condiciones climáticas adversas, enfermedades u otros agentes, y que reanudado más tarde, puede provocar una segunda capa de crecimiento dentro de una misma temporada.

Un árbol que se desarrolla en condiciones uniformes presenta los anillos en disposición concéntrica. Muchos factores de tipo mecánico, químico y fisiológico pueden determinar un crecimiento excéntrico, a veces tan pronunciado que parte de las capas no se disponen completamente alrededor

del eje del árbol (Esau, 1976), dando origen a la madera de tracción o a la de compresión.

Una de las características que presentan por lo general las especies roble y raulí en estado de renoval, es su crecimiento concéntrico.

## METODOLOGIA UTILIZADA EN LA MEDICION

### Materiales

El material necesario está representado por taladro de incremento de Pressler, plumón de color vistoso y bolsas plásticas para guardar los tarugos.

### Extracción de los Tarugos

Para la extracción de tarugos es necesario considerar las siguientes situaciones probables de encontrar en el bosque:

Arbol de fuste recto sobre terreno plano

En esta situación el operador podrá ubicarse donde más le acomode, colocando el taladro a 1,3 m. de altura desde donde podrá comenzar a extraer el tarugo (Figura N° 2).

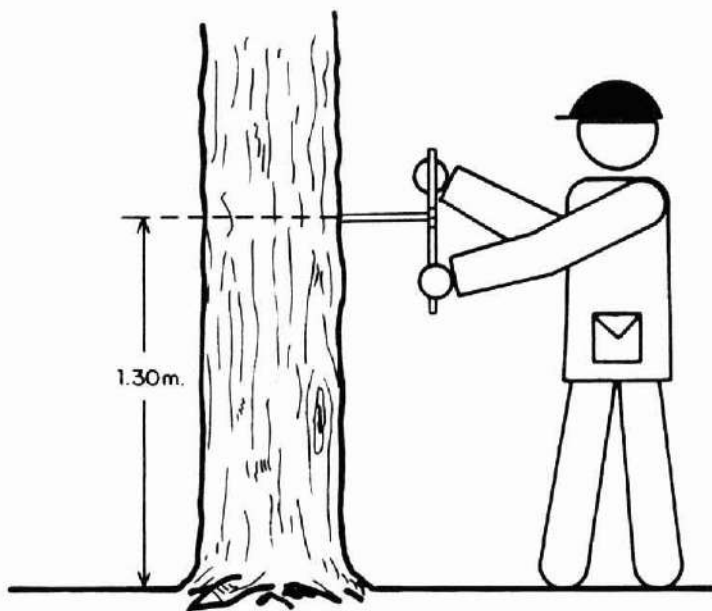


Figura N° 2.

Arbol de fuste recto sobre terreno con pendiente

En esta circunstancia el operador se ubicará en la parte alta de la pendiente, respecto del árbol objeto (Figura N° 3).

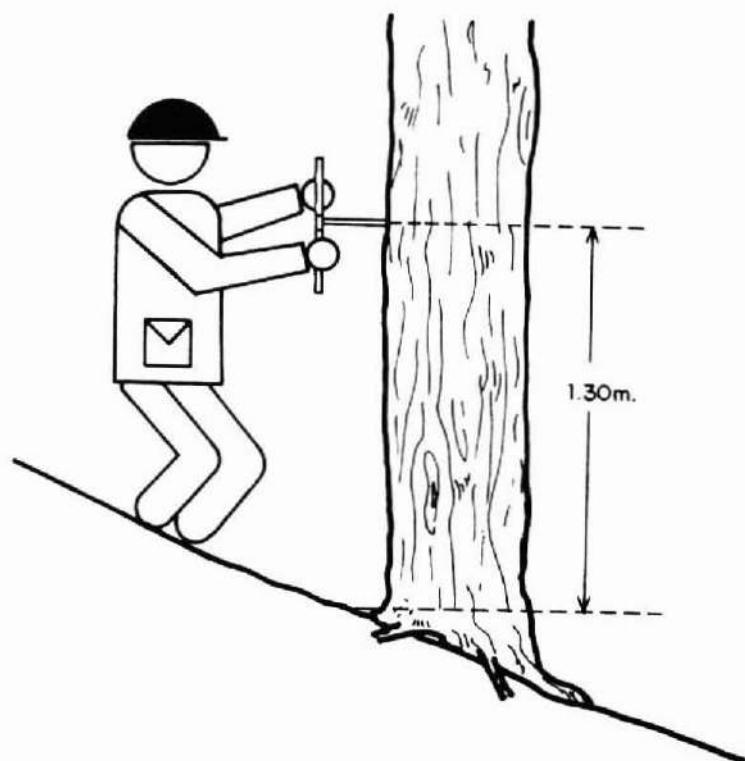


Figura N° 3

#### Árbol de fuste inclinado sobre terreno plano

Si el fuste del árbol está inclinado, el operador deberá colocar el taladro de manera tal que quede ubicado en forma perpendicular al eje del árbol, de lo contrario se producirá una sobreestimación en la medición de anillos (Figura N°4).

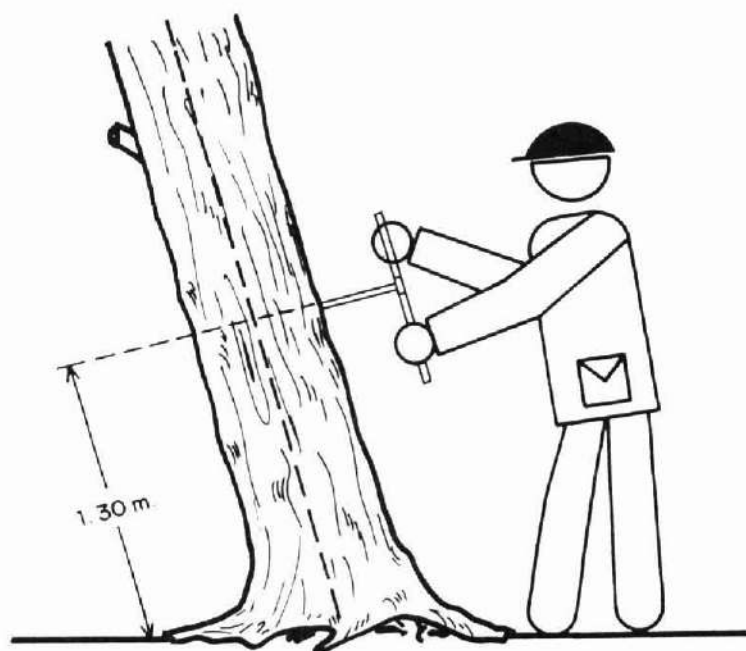


Figura N° 4.

#### Arbol de fuste inclinado sobre terreno con pendiente

En este caso el operador, al igual que en el caso anterior, deberá colocar el taladro en forma perpendicular al eje del árbol y, además, ubicarse en la parte alta de la pendiente, respecto del árbol objeto (Figura N° 5).

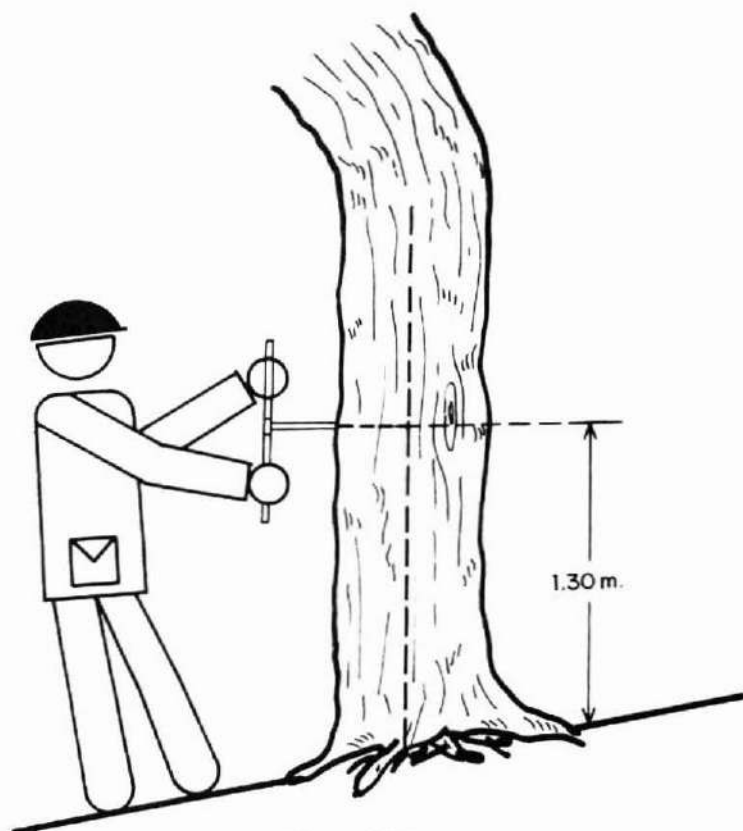


Figura N° 5.

Una vez colocado el taladro (Figura N° 6.) sobre el árbol, éste se introduce girándolo en favor de las manecillas del reloj. El giro, debe ser lo más constante posible y no se debe aplicar presión excesiva, para evitar que el tarugo se corte o resulte imperfecto, como por ejemplo, con rugosidades. Esos defectos, posteriormente ocasionarán problemas en la medición.



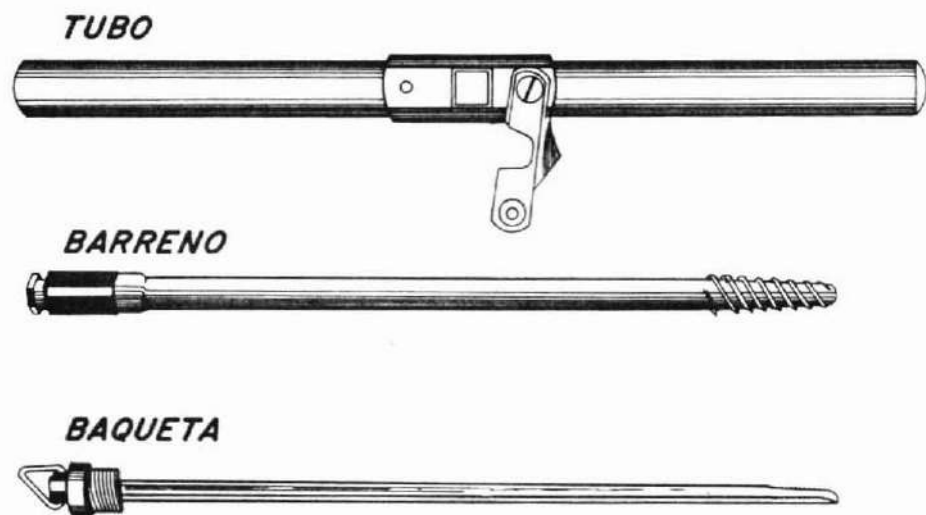


Figura N° 6. TALADRO DE INCREMENTO DE PRESSLER (PIEZAS Y PARTES)

El taladro debe introducirse unos 4 a 5 cm para el caso de las especies en estudio, lo cual asegura poder medir el crecimiento de los últimos 8 a 10 años. Una vez que se cumple esta etapa se procede a extraer el taladro, que ya tiene en su interior el tarugo, lo que se realiza girándolo en sentido contrario de las manecillas del reloj. Una vez que el taladro está fuera, se debe retirar el tarugo desde el interior del cilindro para lo cual, no es recomendable utilizar la baqueta de extracción propia del taladro, dado el esfuerzo mecánico que esto implica sobre el tarugo. Es preferible empujar el tarugo por medio de una varilla cilíndrica de material blando (madera, plástico, etc). Una vez retirado el tarugo, se le hace una marca con el plumón para así identificar la parte que va hacia la médula y la que va al exterior. Esta acción es importante, de no realizarse es imposible identificar posteriormente el extremo que se debe medir.

Al finalizar la extracción, se recomienda taponar el orificio dejado en el árbol con alguna sustancia antiséptica protectora para evitar posibles ataques de hongos e insectos que puedan dañar el árbol.

Una vez obtenido el tarugo se guarda en una bolsa de plástico, a la cual se le hacen varios dobleces en la parte superior y se sella con corchetes. Así se evita la deshidratación y la consecuente contracción. La bolsa deberá ser rotulada con el número de la parcela y del árbol, para asegurar la exacta

identificación al momento de la medición en oficina.

La época mas conveniente para efectuar este trabajo es entre marzo y abril, ya que en estos meses el árbol empieza a perder las hojas, los procesos fotosintéticos cesan, y también el crecimiento. Esto permite la obtención de muestras que representen con fidelidad tal fenómeno.

### **Transporte de los Tarugos**

El transporte debe realizarse en cajas rígidas, para evitar que los tarugos se golpeen y sufran daño.

### **Medición de los Tarugos**

Ya efectuada la etapa de extracción corresponde realizar la medición, trabajo que se realiza en oficina y para lo cual se requiere de:

- Pié de metro
- Cuchillo cartonero
- Lupa 2x, 4x
- Formularios
- Lámpara

En primer lugar, las muestras (tarugos) deben clasificarse y ordenarse según su origen, es decir, por parcela y árbol desde el que provienen. En el caso que los tarugos no hubiesen sido guardados en bolsas plásticas o estas hubieran sufrido deterioro, es necesario rehidratar la muestra. Para esto se utiliza un remojo en agua, a temperatura ambiente, por una hora o más. Este procedimiento es además recomendable, dado que permite un mayor contraste entre la madera de primavera y de verano, en cada anillo de crecimiento.

Luego, con el cuchillo cartonero se realiza un corte perpendicular a los anillos de crecimiento (Figura N° 7). Con esto se obtiene una mayor nitidez y realce en la visión de los anillos, además de regularizar la superficie en la cual

se medirá. En muchos casos el tarugo presenta rugosidades, como consecuencia de una mala extracción.



Figura N° 7.

El corte se realiza desde la parte que no está marcada con plumón hacia atrás, se recomienda ejecutar esta acción con mucho cuidado, ya que de hacerla con movimientos bruscos se corre el riesgo de quebrar el tarugo. Una vez efectuado el corte se procede a medir con el pié de metro. Esto se realiza, al igual que en el corte, desde la parte que no está marcada hacia atrás, dado que en esta sección están reflejados los últimos años de crecimiento. Hay que consignar que se mide en milímetros y que esta medida corresponde al crecimiento radial.

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer al ingeniero forestal, Sr Carlos Bahamondez V., jefe del Proyecto Modelo Simulación para Renovales de Roble-Raulí, la colaboración prestada en lo que se refiere al dimensionamiento del trabajo presentado y la autorización para la utilización de información propia de tal proyecto. También al dibujante técnico, Sr Emilio Benavides V., por el diseño y confección de las figuras ilustrativas, incorporadas en este apunte.

## REFERENCIAS

Esau, K.,1976. Anatomía Vegetal. Ediciones Omega S.A. Barcelona.

Pérez, V.,1983 Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Documento de Trabajo N°47. Convenio CONAF/PNUD/FAO. Santiago, Chile. 451 p.

**DETERMINACION DE UNA FUNCION DE AHUSAMIENTO PARA RENOVALES DE ROBLE Y RAULI.** Carlos Kahler G. Ingeniero Forestal (e). División Ordenación Forestal e Inventarios. Instituto Forestal. Huerfanos 554. Santiago.

**INTRODUCCION.**

El presente estudio se enmarca dentro del proyecto Modelo de Simulación para Renovales de Roble-Raulí, actualmente en desarrollo a cargo de la División Ordenación Forestal e Inventarios del Instituto Forestal, filial de la Corporación de Fomento a la Producción.

El objetivo del estudio es generar una función de ahusamiento, de carácter preliminar, y consecuente con el desarrollo general del proyecto antes mencionado. Para su consecución se han planteado etapas intermedias u objetivos secundarios, tales como recopilar diferentes modelos de ahusamiento y evaluarlos con los datos de terreno, para determinar cuál o cuáles explican mejor el fenómeno en análisis.

Aquella función elegida como la mejor, deberá necesariamente ser validada en próximos estudios y con una base muestral diseñada específicamente para cumplir con ese objetivo. Los datos utilizados, corresponden a trozos de cuatro metros de longitud.

En la generación de la función de ahusamiento se utilizaron las mediciones realizadas a una muestra de 218 árboles de las especies roble y raulí, provenientes de los sectores de "Prado Menúco" y "Los Helechos", de la Reserva Forestal de Malleco, y realizadas para el proyecto: "Estudio para el Manejo del Area Andina de las Regiones del Bío-Bío y La Araucanía de la República de Chile", ejecutado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el Instituto Forestal.

## METODOLOGIA

### Antecedentes de la Base de Datos.

Con mediciones realizadas cada 4 metros, desde la altura del tocón (0.3 m) y hasta la altura del diámetro mínimo de utilización (10 cm), a las que se agregaron las mediciones del DAP, se construyó una base de datos de 1283 observaciones.

La distribución de frecuencias y los rangos de altura por clase diamétrica para los árboles de la muestra se presentan en el Cuadro N°1.

Cuadro N°1

#### DISTRIBUCION POR CLASE DIAMETRICA Y RANGOS DE ALTURA

Clase Diamétrica (cm)	Numero de árboles	Frecuencia relativa (%)	Altura mínima medida (m)	Altura máxima medida (m)
10-15	43	20	9,51	18,35
15-20	38	17	12,38	22,08
20-25	42	19	13,17	23,10
25-30	22	10	15,38	24,47
30-35	28	13	16,47	26,62
35-40	21	10	21,94	31,15
40-45	13	6	20,60	31,62
>45	11	5	21,20	27,94

### Selección del Modelo.

Se ajustaron por el método de mínimos cuadrados 27 modelos, obtenidos a partir de revisiones bibliográficas (Anexo N°1) y por medio de selección y

combinación de las variables consideradas por esas funciones, utilizando la técnica de regresión paso a paso.

Para cada modelo se determinó el coeficiente de regresión; el error cuadrático medio, expresado en porcentaje (ECM%); y la diferencia agregada porcentual (DIFA%). Se analizaron los gráficos de los valores estimados y los valores observados, y los de los residuos y los valores estimados.

En los 27 modelos estudiados se pudo observar que resultan altos coeficientes de regresión, superiores a 0.95. Las principales diferencias se detectan en los errores cuadráticos medios. El ECM incluye la totalidad de los errores aleatorios y sistemáticos y, por lo tanto, se constituye en el mejor indicador de la exactitud de la función (Prado,1987). Otro índice de validación que se utiliza junto al ECM, para los procesos de selección y análisis del modelo es la diferencia agregada expresada en porcentaje (DIFA%). Este último indicador es representativo de la magnitud de los sesgos probables, propiedad relevante para las estimaciones agregadas (Cox,1985).

Los índices señalados (ECM% Y DIFA%), se definen matemáticamente por las siguientes expresiones :

$$\text{ECM \%} = (100/X_{mo}) * [\sqrt{(\sum(X_o - X_e)^2/n)}]$$

$$\text{DIFA \%} = 100 * [(\sum X_o - \sum X_e) / \sum X_o]$$

donde:

$X_o$  = valor observado

$X_e$  = valor estimado

$X_{mo}$  = promedio de valores observados.

$n$  = N° de observaciones.

Los tres modelos que se ajustan mejor, presentando un menor ECM, son los siguientes:

MODELO 26

$$d/D = 1,56139X - 2,84647 X^4 + 2,33654 X^5$$

$$X = (H-h)/(H-1,3) \quad r = 0,99200 \quad \text{ECM\%} = 10,3039537 \quad \text{DIFA\%} = -0,1802$$

## MODELO 1

$$d/D = -0,940849 (X-1) + 0,051134 \text{ SEN}(2\pi X) + 0,012709 \text{ COTAN}(\pi X/2)$$

$$X = h/H \quad r = 0,9855962 \quad \text{ECM}\% = 10,78974729 \quad \text{DIFA}\% = -2,47397$$

## MODELO 23

$$d/D = 1,098032 - 0,894313 h/H + 0,065291/Dh^3$$

$$r = 0,9619251 \quad \text{ECM}\% = 10,895723 \quad \text{DIFA}\% = -0,72508$$

Para las expresiones anteriores se define :

- H = Altura total (m).  
 h = Altura de la medición correspondiente (m),  $h \geq 0,3$ .  
 D = Diámetro a 1,3 metros, sin corteza.  
 d = Diámetro sin corteza a la altura h.

El modelo 26 es el que presenta un menor ECM% y también una DIFA% inferior. Sin embargo, resulta interesante analizar como se distribuyen estos errores de estimaciones diamétricas a lo largo de las diferentes secciones del fuste, dado que esto tendrá una importante influencia sobre los posteriores cálculos de volúmenes.

En el Cuadro N°2 y las Figuras N°1 y N°2, se presentan el ECM% y la DIFA% al estimar diámetros con cada modelo, en diferentes secciones generadas al dividir la altura comercial (con un índice de utilización de 10 cm) en seis intervalos de altura.

Cuadro N°2

## ECM Y DIFA EN DIFERENTES SECCIONES DEL FUSTE

% Altura Comercial	ECM%			DIFA%		
	Mod. 1	Mod. 23	Mod. 26	Mod. 1	Mod. 23	Mod. 26
0-5	9,4	8,6	9,1	-1,6	1,2	2,4
5-10	4,2	5,5	5,9	-1,4	-4,4	-4,7
10-20	5,2	6,3	5,7	0,9	-3,9	-3,1
20-40	6,0	6,2	5,8	-1,7	-1,2	1,9
40-60	8,3	9,0	8,0	-1,5	3,2	0,2
60-80	12,7	13,6	12,9	2,2	2,4	2,2
80-100	23,4	23,8	20,6	-8,3	-6,3	-1,5



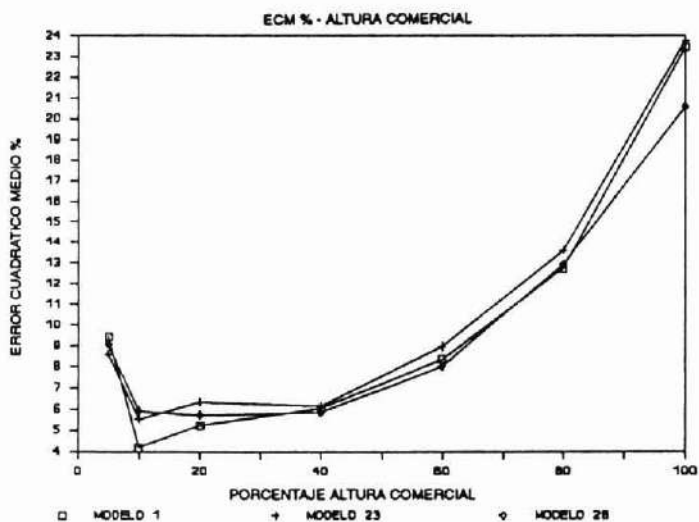


Figura Nº1. ECM. EN DIFERENTES SECCIONES DEL FUSTE

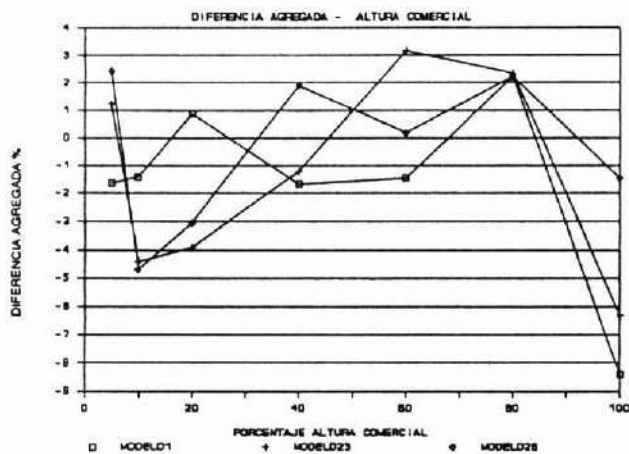


Figura Nº 2. DIFA EN DIFERENTES SECCIONES DEL FUSTE

De las figuras anteriores se deduce que el modelo 26 es el que presenta un mejor ajuste para las secciones superiores del fuste (20% del extremo superior). En las secciones comprendidas entre el 20% y el 80% de la altura comercial, los modelos 1 y 26, presentan ajustes bastante similares. En las secciones inferiores (bajo el 20% de la altura comercial) el modelo 1 es el que evidencia la mayor precisión en cuanto a estimación del diámetro.

Diversas razones conducen a optar por la elección de aquel modelo que ofrece una mayor exactitud en las estimaciones diamétricas de las secciones inferiores (modelo 1), en lugar de aquel que predice en mejor forma los diámetros de alturas superiores. Ellas son:

- Los errores de estimación para la parte baja del fuste resultan ser más significativos en términos del cálculo del volumen, al cubicar por los diámetros estimados. Por lo tanto se requiere una mayor exactitud en la estimación para las secciones bajas.

- Los simuladores de trozado inician su secuencia desde la parte baja del fuste. Por este motivo los errores en las secciones inferiores, inducen a posteriores errores en la determinación de las trozas superiores.

- Existe la posibilidad de perfeccionamiento del modelo, para la estimación de la parte superior del fuste, usando el método de determinación del extremo cónico (Cox, 1985).

### Antecedentes del Modelo Seleccionado.

El modelo 1, seleccionado como función preliminar de ahusamiento para renovales de Roble-Raulí, corresponde a la función trigonométrica de Thomas y Parresol (Thomas y Parresol, 1991), que destaca por ser una función simple y flexible, ajustable tanto para coníferas como para latifoliadas. Esos autores adaptaron este modelo a *Pinus elliottii* Engelm, *Quercus phellus* L., y *Liquidambar styraciflua* L..

El modelo original es de la forma:

$$d^2/D^2 = b_1 \cdot (X-1) + b_2 \cdot \text{SEN}(c\pi X) + b_3 \cdot \text{COTAN}(\pi X/2)$$

donde  $X = h/H$

El coeficiente "c" al tomar el valor de:  $c = 2$ , presentó un ajuste adecuado para el caso de las latifoliadas, no así para las coníferas.

### Corrección de la Estimación del Extremo Superior

Como se puede apreciar en la Figura N°3, los indicadores ECM% y DIFA% presentan las mayores dispersiones en las secciones superiores a un 70% de la altura total, al estimar diámetros con el modelo seleccionado. Se debe destacar que el índice de utilización de 10 cm se encuentra como promedio para la muestra a un 67% de la altura total, por lo que disminuye la importancia en los errores de las secciones superiores para los efectos de cálculo del volumen utilizable. Sin embargo, existe la posibilidad de perfeccionar el modelo, determinando aquella sección del fuste a partir de la cual su forma se asimila a una punta cónica.

De acuerdo a la Figura N°3, se deduce que la corrección es conveniente en alguna sección igual o superior a un 65% de la altura total, dados los incrementos que experimentan ambos indicadores. Se calculó el ECM y la DIFA generados al corregir el modelo a un 65%, 70%, 75%, 80%, de la altura total, resultados que se presentan en el Cuadro N°3.

Cuadro N°3

#### ECM Y DIFA PARA DIFERENTES CORRECCIONES DEL MODELO

%H Total	Sin Corr.	Corr. 65%	Corr. 70%	Corr. 75%	Corr. 80%
ECM%	10,78	11,3	10,33	10,43	10,62
DIFA%	-2,47	-2,78	-1,39	-1,84	-2,2

Como se advierte en el Cuadro N°3, el modelo se ajusta mejor al considerar la punta cónica a partir del 70% de la altura total, disminuyendo tanto el ECM como la DIFA. Esta corrección se presenta también en la Figura N°3.

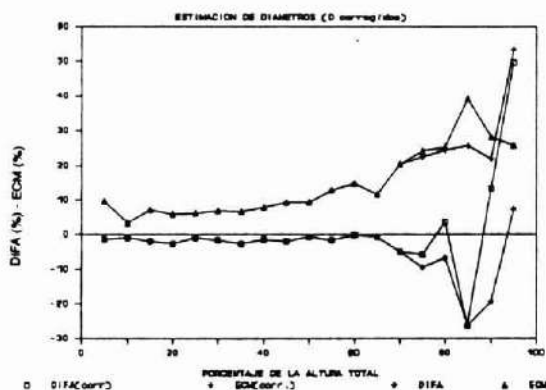


Figura N° 3. ECM Y DIFA A DIFERENTES ALTURAS (%)

Al realizar la corrección por el método del extremo cónico, la función queda definida por la siguiente expresión :

$$d^2/D^2 = f(X) \cdot l_c + [(H-h) / (H-0,7 \cdot H)]^2 \cdot f(0,7) \cdot (1-l_c)$$

donde :

$f(X)$  = Función de ahusamiento.

$f(0,7)$  = Función de ahusamiento evaluada en  $X = 0,7$ .

$l_c$  = Función característica de la variable  $X$ , tal que:

$l_c = 1$  si  $X < 0,7$

$l_c = 0$  si  $X \geq 0,7$

En la Figura N°4 se presenta la conicidad para roble y raulí estimada por el modelo seleccionado y en la Figura N°5 se refleja la relación entre los diámetros reales y los diámetros estimados.

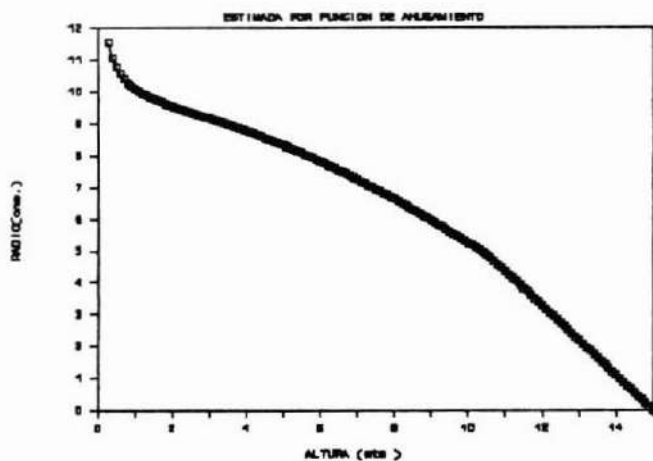


Figura Nº 4. CONICIDAD DEL ROBLE-RAULI, ESTIMADA POR FUNCION DE AFUSAMIENTO

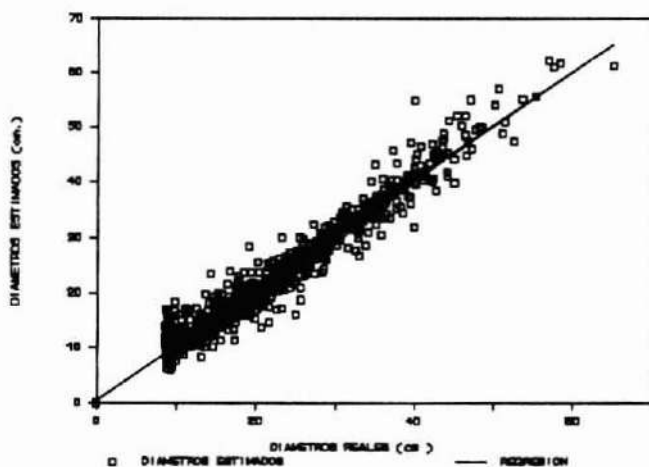


Figura Nº 5. DIAMETROS ESTIMADOS VS. DIAMETROS REALES

### Ajuste del Modelo Para DAP con Corteza.

El modelo de Thomas y Parresol, en su forma original incorpora el DAP sin corteza. Para permitir la utilización de esta función, en caso de no conocer el espesor de corteza, se realizó un ajuste con la posterior corrección del extremo cónico, considerando el DAP con corteza. Los coeficientes y los indicadores de la bondad de ajuste para la función ajustada son los siguientes:

$$d^2/D^2 = -0,808515*(X-1) + 0,027096*SEN(2\pi X) + 0,010394*COTAN(\pi X/2)$$

r	=	0,986863
ECM (cm)	=	2,093318
ECM %	=	10,47940
DIFA %	=	-2,00601

### Compatibilidad Entre la Función de Ahusamiento y la Función de Volumen

Una característica deseable de una función de ahusamiento consiste en que los diámetros estimados, a diferentes alturas del fuste, den origen a predicciones de volúmenes coherentes con las estimaciones generadas por la función de volumen utilizada.

A objeto de probar la validez del modelo escogido, se ha utilizado como volumen de referencia aquel estimado por la función de volumen combinada para roble y raulí, ajustada por el estudio de JICA-INFOR (JICA, 1992), que demostró ser aplicable al área de estudio, y es la función que ha sido utilizada en el simulador de crecimiento de renovales de Roble-Raulí de INFOR. Esta función tiene la siguiente forma :

$$V = -0,00416 + 0,31545*D^2H \quad ECM\% = 7,2$$

donde:

- V = Volumen sin corteza (m<sup>3</sup>), desde la altura del tocón (0.3 m) hasta la altura comercial (diámetro límite = 10cm).  
 D = DAP con corteza (m).  
 H = Altura total (m).

Para comparar el volumen estimado a partir de la función de ahusamiento, con el correspondiente a la función de referencia, se utilizó el siguiente método. Se estimaron con la función de ahusamiento los diámetros cada 10 cm, desde la altura del tocón hasta la del diámetro límite de utilización. Se calculó el volumen por árbol, cubicando por la fórmula de Smalian cada sección de 10 cm de longitud las que fueron posteriormente agregadas. El volumen por árbol se comparó con el estimado por la función de referencia en base a los DAP y las alturas totales.

El ECM, correspondiente a la estimación del volumen basada en la función de ahusamiento, es de 6,75%, lo que corresponde a 0,035706 m<sup>3</sup>. La DIFA expresada en porcentaje es de 0,29%.

La Figura N°6, representa la distribución de los ECM y las DIFA, en relación a las diferentes clases diamétricas, al estimar los volúmenes en base a la función de ahusamiento. Se observa que en todas las clases diamétricas superiores o iguales a 15 cm los ECM son inferiores a 10% y las DIFA son menores o iguales a un 6% , lo que puede ser considerado como aceptable. Los árboles con  $DAP \geq 15$  cm constituyen un 80% de la muestra. Para el 20% de los árboles comprendidos en la clase diamétrica 10-15 cm los altos errores que se expresan en la Figura N°6 sugieren la necesidad de realizar un ajuste que involucre exclusivamente a los diámetros menores.

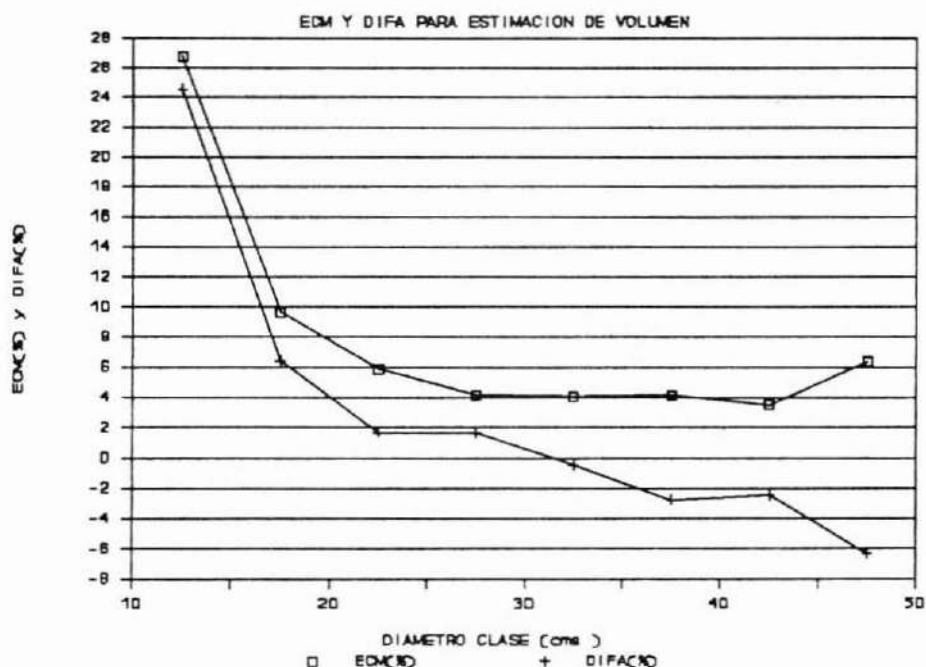


Figura N° 6. ECM-DIFA POR CLASE DIAMETRICA

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La función trigonométrica de Thomas y Parresol es la que mejor se ajusta para predecir el ahusamiento de renovales de Roble-Raulí, entre los 27 modelos probados, por lo tanto fué seleccionada como modelo preliminar.

- La función seleccionada predice los diámetros a diferentes alturas, con un error cuadrático medio de 10.78% y una diferencia agregada de -2.47%.

- El modelo es susceptible de ser corregido, asumiendo la presencia de un extremo cónico, a partir del 70% de la altura total.

- Al corregir el modelo por el método de la punta cónica, el ECM y la DIFA para las estimaciones diamétricas se reducen a 10.33% y -1.39%, respectivamente.



- Los diámetros estimados por el modelo seleccionado dan origen a predicciones volumétricas con un ECM de 6.75% y una DIFA de 0.29%.

- Con la excepción de la clase diamétrica 10-15 cm, el modelo permite predicciones de volumen, con un ECM inferior a un 10% para el resto de las clases de DAP.

- Para el caso de los árboles con DAP inferior a 15 cm, es recomendable probar un ajuste de la función que considere exclusivamente las clases diamétricas bajas.

- Se recomienda probar la validez de esta función preliminar, ajustándola a una muestra de árboles que contenga intervalos de medición menores a los de la presente base de datos. Preferentemente observaciones cada metro, y aún de intervalos inferiores, para las secciones bajas del fuste (hasta un 10% de la altura total aproximadamente).

## REFERENCIAS

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), 1992. "Estudio para el Manejo de los Recursos Forestales en el Area Andina de las Regiones del Bío-Bío y Araucanía de la República de Chile." Seminario de Transferencia Tecnológica.

Amidon Elliot L, 1984. "A General Taper Functional Form to Predicted Bole Volume for Mixed-Conifer Species in California." Forest Sci. Vol. 30 N°1 pp.166-177.

Bennet, F.A., Swindel, B.F. 1972. "Taper Curves for Slash Pipe." USDA Forest Service Research. Note SE-179.

Coffré, W,L.M. 1983. "Modelos Fustales".U. Austral de Chile.

Cox, Z,F. 1985. "Validación de un Modelo Fustal para Pino Insigne." en *Pinus radiata* Investigación en Chile. U. Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. pp.:119-133.

Goulding, C.J., Murray J.C. 1975. "Polynomial Taper Equations that are Compatible with Tree Volume Equations." New Zealand Journal of Forestry Science Vol. 5 pp. 313-322.

**Prado, J.A. 1987.** "Funciones para la Estimación de la Biómasa Total y de Componentes del Quillay". Ciencia e Investigación Forestal. Vol. I N°1 Junio 1987 pp.41-47.

**Thomas, Ch.E. and Parresol B.R. 1991** "Simple, Flexible, Trigonometric Taper Equations." Canadian Journal Forest Res. Vol.21 pp.: 1132-1137.

## ANEXO N°1

## MODELOS PROBADOS

$$1: d^2/D^2 = a((h/H)-1) + b \operatorname{sen}(2\pi(h/H)) + c \operatorname{cotan}(\pi(h/H)/2)$$

$$r = 0.9855962 \quad \text{ECM}\% = 10.78974729$$

\* (Thomas y Parresol, 1991)

$$2: d = a(D((H-h)/(H-h))) + bH(H-h)(h-1.3) + c(H-h)(h-1.3)(H+h+1.3)$$

$$r = 0.9921693 \quad \text{ECM}\% = 11.78974729$$

\* (Bennett y Swindel, 1972)

$$3: d/D = aX + bX^2 + cX^3$$

$$X = ((H-h)/(H-1.3))$$

$$r = 0.9953893 \quad \text{ECM}\% = 13.3304812$$

\* (Coffré, 1983)

$$4: d/D = aX1 + bX1^2 + cX1^3 + dX2$$

$$X1 = ((H-h)/(H-1.3)), \quad X2 = h/H$$

$$\text{ECM}\% = 13.92446425$$

$$5: d/D = aX1 + bX1^3 + cX2$$

$$X1 = ((H-h)/(H-1.3)), \quad X2 = h/H$$

$$r = 0.9946858 \quad \text{ECM}\% = 11.91278486$$

$$6: d/D = aX + bX^2 + cX^3$$

$$X = (H-h)/H$$

$$r = 0.9946657 \quad \text{ECM}\% = 32.53515259$$

\* (Citado por Coffré, 1983)

$$7: d/D = ah/(h-1) + b(h/H) + c(H-h)/H$$

$$r = 0.9946657 \quad \text{ECM}\% = 32.62078562$$

\* Estos modelos se expresan en su forma original, obtenida de la referencia bibliográfica respectiva. El resto corresponde a derivaciones y combinaciones de estos y otros modelos.

$$8: d = aD(H-h)/(H-1.3) + b(h/H) + cD$$

$$r = 0.9945853 \quad ECM\% = 11.63638994$$

$$9: d^2/D^2 = a + bX + cX^2$$

$$X = h/H$$

$$r = 13.03724657 \quad ECM\% = 13.03724657$$

\* (Kozak y otros, 1969, citado por Goulding y Murray, 1975)

$$10: d = a\sqrt{DX1} + bDX1 + cX2$$

$$X1 = (H-h)/(h-1.3) \quad X2 = H$$

$$r = 0.9934686 \quad ECM\% = 19.72522243$$

$$11: d^2/D^2 = a + b(X-1) + c \cotan(\pi X/2)$$

$$X = h/H$$

$$r = 0.9855962 \quad ECM\% = 19.4776$$

$$12: d = aD((H-h)/(H-1.3)) + b(H^2-h^2)(h-1.3)/H^2$$

$$r = 0.9933277 \quad ECM\% = 11.8391475$$

\* (Amidon y Elliot, 1983)

$$13: d = a((H-h)/(H-1.3) + b(H^2-h^2)(h-1.3)/H^2 + c(h/H))$$

$$r = 0.9945752 \quad ECM\% = 14.45269$$

$$14: d = a + bD(H-h)/(H-1.3) + (H^2-h^2)(h-1.3)/H^2$$

$$r = 0.9722654 \quad ECM\% = 14.45269$$

$$15: d/D = a(H-h)/(h-1.3) + b(H^2-h^2)(h-1.3)/H^2$$

$$r = 0.9946858 \quad ECM\% = 12.107118$$

$$16: d/D = a(H-h)/(H-1.3) + b(H^2-h^2)(h-1.3)/H^2 + ch/H$$

$$r = 0.9946858 \quad ECM\% = 11.819374$$

$$17: d/D = a(H-h)/(H-1.3) + b\sqrt{Dh} + ch$$

$$r = 0.9948869 \quad ECM\% = 11.854505$$

$$18: d/D = a(H-h)/(H-1.3) + b(h/H)$$

$$r = 0.994902 \quad ECM\% = 11.604651$$

$$19: d/D = a(H-h)/(H-1.3) + bh/H + c 1/\sqrt{Dh}$$

$$r = 0.9909 \quad ECM\% = 11.15087$$

$$20: d/D = a(H-h)/(H-1.3) + bh/H + c/Dh$$

$$r = 0.9954898 \quad ECM\% = 11.149913$$

$$21: d/D = a(H-h)/(H-1.3) + bh/H + c/Dh^2$$

$$r = 0.9957409 \quad ECM\% = 10.96166$$

$$22: d/D = a(H-h)/(H-1.3) + bh/H + c/Dh^3$$

$$r = 0.9957911 \quad ECM\% = 10.961849$$

$$23: d/D = a + bh/H + c/Dh^3$$

$$r = 0.9619251 \quad ECM\% = 10.895723$$

$$24: d = a + bD(H-h)/(H-1.3) + ch/H$$

$$r = 0.9728309 \quad ECM\% = 14.596481$$

$$25: d/D = a(H-h)/(H-1.3) + bh/H + c(h/H)^2$$

$$r = 0.9946858 \quad ECM\% = 11.86506865$$

$$26: d/D = aX + bX^4 + cX^5$$

$$X = (H-h)/(H-1.3)$$

$$r = 0.9959919 \quad ECM\% = 10.3039537$$

$$27: d/D = a(H-h)/(H-1.3) + bh/H + h$$

$$r = 0.994716 \quad ECM\% = 11.802662$$

Para las expresiones anteriores, se define:

H	=	Altura Total
h	=	Altura de la medición correspondiente
D	=	Diámetro a 1,30 m sin corteza
d	=	Diámetro sin corteza a la altura h

## TRANSFORMACION DE BOSQUES NATIVOS DEGRADADOS EN CHILE (\*)

Hans Grosse W. Ingeniero Forestal. Instituto Forestal. Huérfanos 554, Santiago.

### INTRODUCCION

Son muchos los relatos de historiadores militares y eclesiásticos que describen la situación en que se encontraban los bosques chilenos a medida que avanzaba la conquista.

La baja población indígena vivía en perfecto equilibrio con su medio ambiente, produciéndose la destrucción masiva de los bosques a medida que el hombre blanco poblaba el territorio.

Las primeras zonas ocupadas durante el siglo XVI fueron las de clima mediterráneo en el centro norte de Chile. En aquellos sectores donde la minería era una de las actividades más importantes se observó una fuerte eliminación de la vegetación, principalmente del bosque esclerófilo.

Luego la conquista avanzó hacia la zona sur, donde el cambio de las condiciones climáticas, especialmente el aumento de las precipitaciones, dio origen a selvas tupidas. Elizalde (1970) recopiló diversas descripciones sobre el estado que presentaban las selvas y luego los suelos descubiertos utilizados para la ganadería y agricultura. En estas descripciones queda de manifiesto la enorme abundancia de los bosques, que los conquistadores consideraron un impedimento para su avance hacia las zonas australes. En ese momento, los objetivos de los españoles eran extender el territorio dominado y extraer de éste el máximo provecho en el corto plazo. Como en esa época la demanda por madera era baja, no representaba una alternativa de negocio. Al contrario, los bosques se consideran como fortalezas verdes donde permanecían los indígenas y un obstáculo para la práctica de la agricultura y la ganadería. Consecuencia de esto fueron los roces a fuego que destruyeron aproximadamente 20 millones de hectáreas de bosque (Trivelli, 1970).

(\*) Trabajo presentado a IUFRO Centennial Meeting, Berlín-Eberswalde, Septiembre de 1992.



La magnitud de esta destrucción se advierte al observar la disponibilidad actual de suelos en Chile (Cuadro N° 1). Según su uso potencial, los terrenos forestales corresponden a 33,8 millones de ha y los suelos arables a 5,5 millones de ha. Estos últimos, antiguamente también cubiertos por bosques, en términos generales presentan poca pendiente, lo que implica bajos niveles de erosión. Lo grave está en los terrenos forestales susceptibles a la erosión ahora desprotegidos o con una cubierta forestal insuficiente, situación presente en aproximadamente 11 millones de ha (Cuadro N° 3).

Cuadro N° 1

**DISPONIBILIDAD DE SUELOS DEL PAIS, SEGUN USOS POTENCIALES**  
(FUENTE: INSTITUTO FORESTAL, 1991)

Uso Potencial	Disponibilidad de Suelos (miles de ha)
Total País	75.702,9
Terrenos arables	5.480,2
Terrenos de praderas	8.199,3
Terrenos forestales	33.800,0
Terrenos Improductivos(*)	28.223,4

(\*) Desiertos, altas cumbres, lagos, hielos patagónicos, etc.

La erosión es una trágica consecuencia de la eliminación de los bosques, que en Chile se acentúa por la geografía montañosa dominante. En las zonas central y sur del país, aproximadamente un 60% de la superficie está sometida a erosión. El intensivo cultivo de trigo en suelos con pendientes fuertes, a fines del siglo pasado y comienzos de este, ha sido la causa por la que extensos terrenos actualmente están empobrecidos y tienen una baja productividad.

Recién durante este siglo se comienzan a tomar medidas para evitar la destrucción del bosque y para incentivar la reforestación. En la primera mitad, se proponen los fundamentos para la creación de un servicio forestal del Estado, comienza el control de dunas y se aprueba la Ley de Bosques. Entre otros beneficios, esta herramienta legal libera a los forestadores del pago de impuestos territoriales. A pesar de estos esfuerzos se siguieron registrando enormes pérdidas de bosques por roces a fuego, cuyo objetivo fundamental era habilitar terrenos para la ganadería y agricultura.

Durante la segunda mitad del presente siglo, se produce un vuelco significativo. Se toma conciencia que la actitud destructiva con el medio forestal no podía continuar y se inician gestiones que permiten enfrentar la situación.

La formación de ingenieros, técnicos y obreros forestales, a partir de la década de los 50, permite disponer de personal capacitado para proyectar la recuperación y el desarrollo forestal del país. El Estado participa a través de dos organismos. El Instituto Forestal realiza las tareas de investigación aplicada y capacitación y la Corporación Nacional Forestal controla, fomenta el uso y protege el patrimonio forestal del país. En forma paralela y a través de los incentivos que ofrece el Decreto Ley N° 701, la industria forestal realiza programas de forestación masivos. Estos esfuerzos conjuntos logran que las exportaciones forestales ocupen el segundo lugar dentro del total nacional.

Las plantaciones abarcan aproximadamente 1,5 millones de hectáreas, es decir un 10% de la superficie desprotegida. A pesar de esto aún queda mucho por hacer. El 98% de las plantaciones se realizó con especies exóticas, principalmente **Pinus radiata** (85%) y algunas del género **Eucalyptus** (7%) (Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2

PLANTACIONES POR ESPECIE A DICIEMBRE DE 1990  
(FUENTE: INSTITUTO FORESTAL, 1991)

Especie	Superficie (ha)	(%)
Total	1.460.530	100,0
<b>Pinus radiata</b>	1.243.293	85,1
<b>Eucalyptus spp.</b>	101.700	7,0
Atriplex spp.	37.878	2,6
Prosopis tamarugo	20.600	1,4
Pseudotsuga menziesii	11.343	0,8
Populus spp	3.526	0,2
Prosopis chilensis	3.201	0,2
Otras especies	38.989	2,7

Las plantaciones con especies nativas, 1,6% de la superficie forestada, se concentran básicamente en zonas áridas, mientras que en las áreas con bosques, en sitios de alta productividad potencial son casi nulas. En la extensa superficie que aún debe ser forestada, existen muchas áreas donde las



especies nativas pueden ser una opción atractiva y necesaria.

El patrimonio de bosque en distintos estados de desarrollo y alteración bordea los 10 millones de ha de los cuales aproximadamente la mitad corresponde a áreas silvestres protegidas, que se concentran en el extremo austral de Chile (Cuadro N° 3).

Cuadro N° 3

**RECURSO FORESTAL POTENCIAL SEGUN SITUACION**  
(FUENTE : INSTITUTO FORESTAL 1991; CONAF, 1988)

Rrecurso Forestal Potencial	Superficie (millones de ha)
Terrenos Forestales	33,8
Áreas Silvestres Protegidas	13,7
con bosque	10,2
sin bosque <sup>(*)</sup>	3,5
Áreas sin o con escasa vegetación	11,0
Áreas con bosques potencialmente productivos	9,1
bosque nativo	7,6
plantaciones	1,5

(\*) Área estimada para desiertos, hielos eternos, altas cumbres, lagos, etc.

Las áreas entregadas corresponden a estimaciones, dado que no se cuenta con un inventario a nivel nacional.

Como bosque nativo potencialmente productivo se estima que existen aproximadamente 7,6 millones de hectáreas, de las cuales 800.000 ha se consideran de interés comercial inmediato, 300.000 -500.000 se encuentran en la categoría de renoval y 4,4 millones de hectáreas se consideran empobrecidas y degradadas. Para la categoría de bosque potencialmente productivo se asume que por lo menos la mitad de la superficie corresponde a sitios con altos rendimientos potenciales. Esto significa alrededor de 4 millones de hectáreas que deberían intervenir silvícolamente con el objetivo de transformarlas de bosques degradados y sin manejo silvícola a bosques ordenados de alta productividad. Además de esta superficie, podría considerarse parte de los aproximadamente 10 millones de hectáreas correspondientes a áreas silvestres protegidas para integrarlas a ordenación silvícola (Cuadros N°s 3 y 4).

En síntesis, se dispondría de aproximadamente 11,0 millones de hectáreas que deben ser forestadas, superficie en la cual la plantación con especies nativas debería tener relevancia y se disponen de por lo menos 4 millones de hectáreas de bosques nativos cuya alta potencialidad de sitio los hace atractivos para ser manejados en el corto plazo.

Cuadro N° 4

**BOSQUE NATIVO POTENCIALMENTE PRODUCTIVO**  
(FUENTE: INSTITUTO FORESTAL, 1991)

Recurso (*) Bosque en situación de	Superficie (millones de ha)
Total	7,6
Interés comercial inmediato	0,8
Renovales (segundo crecimiento)	0,3 - 0,5
Empobrecido - degradado	4,4
Otros	1,9 - 2,1

(\*) Presentan más de 30 m<sup>3</sup>/ha y árboles con un DAP mayor a 25 cm.

## POTENCIAL DEL BOSQUE NATIVO

Con el objetivo de dar a conocer el potencial del bosque nativo, se presentan a continuación su tipificación y algunos antecedentes de crecimiento, calidad y mercado.

### Los Principales Tipos Forestales Nativos

Las áreas que estuvieron y aún están cubiertas con bosques nativos, se distribuyen aproximadamente desde los 30° 50' LS a los 55° 30' LS (Cuadro N°5).

## Cuadro N°5

TIPOS FORESTALES CHILENOS  
(FUENTE: Donoso, 1981).

Tipo Forestal	Distribución Geográfica	Ubicación Administrativa	Precipitación Anual y Temperaturas Medias Extremas	Principales Especies Forestales	Suelos
Esclerófilo	Cordillera de la Costa (30°50' S-36°30' S) Llano Central (30°50' S-37°50' S) Cordillera de los Andes (32° S-38° S)	IV, V, Metropolitana, VI, VII, VIII	200-1.000 mm 0°C a 25°C	Espino, Quillay, Maitén, Litre, Peumo, Boldo, Lingüe, Olivillo, Belloto, Patagua, Arrayán	Textura franco arenosa a franco arcillosa, pH 6,0-7,3. En las exposiciones Sur mayor profundidad y desarrollo. No hay grandes deficiencias de nutrientes.
Palma Chilena	Petorca (32° S) a Sur de Colchagua (34°30' S)	V, VI	Como el clima mediterráneo. (Cierta similitud con la situación del bosque Esclerófilo)	Palma Chilena, Litre, Peumo, Quillay, Espino, Boldo, Maitén, Patagua, Canelo	Buen drenaje, texturas arenosas a franco arenosas, pH 5,5-7,0
Roble-Hualo	C° La Campana (32°50') a Río Itata (36°30')	V, Metropolitana, VI, VII, VIII	500-2.000 mm. Medias mínimas bordean los 0°C	Roble, Peumo, Quillay, Litre, Hualo, Lingüe, Radal, Avellano, Boldo, Rauli, Canelo, Olivillo, Mañío, Queule, Pitao	Poco profundo (50-60 cm), textura franca y con grava a baja profundidad. pH 4,8-5,7. Trumaos en el sector andino de textura franco arenosa arcillosa
Ciprés de la Cordillera	En la Cordillera de los Andes desde los 34°45' S hasta los 38° S y entre los 42° y 44° S	VI, VII, VIII, X, XI	Crece en situación de cordillera extrema	Ciprés, Roble, Hualo. Limita en general con especies del bosque esclerófilo como Quillay, Boldo, Litre, Peumo, Olivillo, etc.	Suelos rocosos y pedregosos, riscos y en lavas o material volcánico poco intemperizado. Poco profundo (50-80 cm). Textura arcillosa en profundidad, Franca en superficie. pH 4,3-5,2. Zona Austral: Trumao
Roble-Rauli-Coigüe	Desde Río Nuble-Itata (36°10' S) al paralelo 40°30' en Cordillera de la Costa y de los Andes	VII, VIII, IX, X	1.500-3.000 mm. Temperatura del mes más frío 0°C-10°C y mes más cálido 16°C-20°C	Bosque de segundo crecimiento: Roble, Rauli, Coigüe y se agregan en formación original: Olivillo, Avellano, Arrayán, Tineo, Trevo, Mañío, Tapa, Laurel, Radal, Luma, Fuique, etc.	Generalmente trumaos o los formados sobre escoria volcánica. Profundos, buen drenaje. pH ácido a moderadamente ácido. Ocasionalmente deslizamientos y fadis de mal drenaje

Continúa

Tipo Forestal	Distribución Geográfica	Ubicación Administrativa	Precipitación Anual y Temperaturas Medias Extremas	Principales Especies Forestales	Suelos
Lenga	Desde el paralelo 36°50' S al 56° S. Principalmente en Cordillera de los Andes En algunos sectores de Cordillera de la Costa.	VII, VIII, IX, X, XI, XII	500-5.600 mm. Gran parte en forma de nieve	Lenga, Araucaria, Coigüe, Roble	Capa de cenizas volcánicas o materia gruesa de arenas de escorias y gravas. Trumaos poco a muy profundos con pH ligeramente ácido a neutro. También en suelos pardos podzolicos con texturas francas a franco arenosas o gravosas. pH 4,5-6,0
Araucaria	En Cordillera de los Andes entre los 37°27' S y los 40°48' S. Entre los 37°40' y los 37°50' S y en un sector en los 38°40' S	VIII, IX, X	1.600-4.500 mmm. Temperaturas medias varían de 10°C a 15°C	Araucaria, Coigüe, Roble, Lenga, Ñirre, Canelo	Texturas limosas a arcillosas con pH 4,8-5,2 en la superficie y franco limoso con pH (4,7-7,0)
Coigüe-Rauli Tapa	En Cordillera de los Andes entre los 37° S y 40°30' S y en Cordillera de la Costa entre los 38° y 40°30' S	VII, IX, X	Temperatura algo más baja que en el tipo Roble, Rauli y Coigüe y precipitaciones similares, pero mayor cantidad de nieve	En muchas áreas este tipo se ha transformado en tipo Roble, Rauli, Coigüe. Fuera de estas especies se encuentra: Tapa, Tineo, Olivillo, Mañío, Lenga, Ulmo.	Trumaos generalmente profundos con abundante materia orgánica. Textura franco limosa a limosa arenosa, con buen drenaje. pH 4,5-7,0
Siempre Verde	En Cordillera de los Andes entre los 40°30' S y 47° S, en Cordillera de la Costa entre los 38°30' S a los 47° S y en el Llano Central a partir de los 40° S	IX, X, XI	2.000-5.000 mm, medias máximas en verano. 15° C en el norte. 11° C en el Sur. Medias mínimas 8° a 9° C en el norte y 5° a 6° C en el sur	Tapa, Luma, Canelo, Tineo, Tiaca, Coigüe, Ulmo, Mañío, Trevo, Lingue, Laurel, Avellano, Olivillo, Canelo, Notro	Suelos formados a partir de roca metamórfica, depósitos glaciales y fluvio-glaciales. En Cordillera de la Costa: Suelos delgados ligeramente podsólicos. pH 3,8-5,0. En Cordillera de los Andes trumaos profundos, textura franca, pH 5,3-6,9
Alerce	En Cordillera de los Andes desde 40° S a 43°30' S y en Cordillera de la Costa desde 30°50' - 41°15' S	X	Más de 4.000 mm. En invierno la precipitación cae en forma de nieve sobre 700 msnm	Alerce, Coigüe, Canelo, Tineo, Ciprés de las Guaitecas, Arrayán, Fuique, Ñirre, Mañío, Tapa	Cordillera de la Costa: Suelo sobre micaesquitos delgado, podsolización. pH 4,0-5,0. Cordillera de los Andes: Depósitos delgados de cenizas volcánicas. pH 3,7-4,1. Mal drenaje, podsolización. Llano Central: Suelo muy duro sobre Hard-Pan.

Continúa

Tipo Forestal	Distribución Geográfica	Ubicación Administrativa	Precipitación Anual y Temperaturas Medias Extremas	Principales Especies Forestales	Suelos
Ciprés de las Guaitecas	Entre los 40° S y 54° S. En "Magallanes" al norte de Chiloé, en Cordillera de los Andes y de la Costa. Al sur áreas bajas, canales	X, XI, XII	Las temperaturas mínimas rara vez bajan de 0°C y las oscilaciones son de aproximadamente 4,1°C. Las precipitaciones van de 2.500 a 7.500 mm	Ciprés de las Guaitecas, Coigüe de Chiloé, Mañío, Coigüe de Magallanes, Canelo, Tineo, Nirre	Sectores planos, de mal drenaje, pantanosos. En pantanos y mallines. pH 3,7 a 4,5. Capa superficial delgada orgánica que yace ocasionalmente sobre horizontes de Hard. Pan.
Coigüe de Magallanes	Entre los 47° S hasta los 55°30' S y ocasionalmente en Cordillera de los Andes desde los 40°30' S. Normal en zona costera, islas, archipiélagos	X, XI, XII	Normalmente niveles de precipitación hasta 7.500 mm, clima parecido al del tipo "Ciprés de las Guaitecas". Nieve en invierno.	Coigüe de Magallanes, Lenga, Coigüe Tineo, Mañío, Notro	Suelos delgados, cenizas volcánicas. pH 4,2 a 4,4 turbosos. A veces cierta podsolización

Nota: Los nombres en latín y las familias de las especies mencionadas se indican en anexo.

A excepción de los tipos forestales Esclerófilo y Palma Chilena, todos cuentan con la participación de al menos una especie del género **Nothofagus**. Esto indica la gran adaptabilidad de las especies de este género a diversas situaciones climáticas y de suelo. La superficie con la productividad mas alta se encuentra entre las latitudes 38° - 39° 50', con la participación principal de los tipos forestales Coigüe - Raulí - Tapa, Roble -Raulí - Coigüe y Siempre Verde. Abarca más del 90% del volumen para los bosques clasificados como potencialmente productivos y un 55,5% de su superficie (Cuadro N° 6).

Cuadro N° 6

**BOSQUES NATIVOS POTENCIALMENTE PRODUCTIVOS EN LAS ZONAS DE MAYOR IMPORTANCIA (\*)**  
(FUENTE: INSTITUTO FORESTAL, 1991)

Latitud Sur	Superficie (%) (7.616,5 miles de ha)	Volumen (%) (940,5 millones m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
34°30'-38°00'	7,9	3,2	50,9
38°00'-39°50'	55,5	87,8	195,5
39°50'-49°00'	22,1	5,4	30,0
49°00'-55°30'	13,9	3,4	30,0

(\*) Presentan mas de 30 m<sup>3</sup>/ha y árboles con un DAP mayor a 25 cm

Las existencias en parte de esta zona llegan a casi 200 m<sup>3</sup>/ha, bajando considerablemente en las áreas que limitan hacia el norte y sur con aproximadamente 51 y 30 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente. Las existencias para todas las áreas analizadas están muy por debajo de las esperadas, de acuerdo con las condiciones climáticas con altos niveles de precipitación, períodos prolongados de crecimiento y suelos de buenas características.

Esto se explica porque se trata principalmente de bosques empobrecidos y degradados, dominados por árboles sobremaduros. El empobrecimiento de los bosques intervenidos se debe a reiteradas explotaciones, en las cuales se fue extrayendo gran parte del volumen existente y los mejores árboles.

## Algunos Antecedentes de Crecimiento

Para obtener antecedentes sobre el crecimiento potencial del bosque nativo, se han realizado diversos estudios que se concentran en especies del género **Nothofagus** y algunas de sus acompañantes. En la zona comprendida entre los 34° 30' y 39°50' L S se consideraron principalmente bosques jóvenes de segundo crecimiento, denominados "renovales", y plantaciones, obteniéndose la información mas completa para raulí, roble y coigüe. En la zona austral y especialmente en el área de Magallanes los estudios se concentraron en los bosques monoespecíficos de lenga.

### Renovales

Los renovales se generaron básicamente después de roces con fuego en grandes superficies ocurridos hace 45 - 70 años, gracias a la capacidad de retoñación de raulí y roble y sus especies acompañantes. Al inicio los retoños crecieron vigorosamente compitiendo un alto número de éstos por tocón, más algunos individuos regenerados por semilla.

La falta de manejo silvícola permitió que los rodales mantuvieran un excesivo número de individuos, superando los 1.500 árboles por hectárea, aún al sobrepasar éstos los 20 m de altura. Esto impidió concentrar el crecimiento en sólo los árboles de mejores características madereras, durante el período de su mayor vigor. Con el objetivo de estimar el potencial de crecimiento de estos renovales, se han instalado ensayos de raleo en distintas áreas del país. Estos se han complementado con análisis de crecimiento de árboles individuales seleccionados en función de su posición social, dimensión y espaciamento. Los resultados de todos los análisis coinciden, en que la potencialidad de crecimiento de rodales conformados principalmente por especies del género **Nothofagus** es de un atractivo indiscutible. Como ejemplo, se entregan algunos valores obtenidos en rodales con predominancia de raulí. La ocupación del sitio en función de la edad se midió en parcelas sin intervención. Los datos presentados se obtuvieron asumiendo que los rodales fueron raleados y la ocupación del sitio final, en términos de área basal, corresponde al 80% del valor obtenido en el testigo.

Crecimientos diametrales promedio entre 1,0 y 1,6 cm por año e

incrementos volumétricos de 14 a 22 m<sup>3</sup>/ha al año, demuestran que para obtener diámetros objetivos entre 40 y 55 cm la rotación debe fluctuar entre 30 y 40 años, dependiendo del sitio (Cuadro N° 7).

**Cuadro N°7**  
**DESARROLLO POTENCIAL PARA RENOVALES CON DOMINANCIA DE RAULI EN DISTINTOS**  
**SITIOS DE LA PRECORDILLERA DE LOS ANDES (A) Y LA CORDILLERA DE LA COSTA (B)**  
 (FUENTE: Grosse et al; 1991, Grosse, 1989)

Area	AB	Dc	V <sub>F</sub>	V <sub>T</sub>	AB	Dc	V <sub>F</sub>	V <sub>T</sub>
Plazuela (A)								
Edad	48				69			
N = 200	38,0	49 (1,0)	330	660 (13,8)	43,7	53,0 (0,8)	387	774 (11,2)
Melipeuco (A)								
Edad	28				49			
N = 200	31,1	44 (1,6)	275	550 (19,7)		51,0 (1,0)	372	744 (15,2)
Neltume (A)								
Edad	36							
N = 200	43,7	53 (1,5)	402	804 (22,3)				
Llancacura (B)								
Edad					49			
N = 200					49,0	55,9 (1,1)	347	694 (14,1)
Maquehua (B)								
Edad					62			
N = 200					38,7	55,5 (0,9)	342	684 (11,0)

- AB : Area basal (m<sup>2</sup>/ha) (corresponde al 80% del obtenido bajo ocupación completa)
- Dc : Diámetro medio cuadrático (cm)
- VF : Volumen existente a la edad indicada (m<sup>3</sup>/ha)
- VT : Volumen acumulado durante el periodo (m<sup>3</sup>/ha)  
(Supuesto: el 50% del volumen se extrae por raleos)
- N : Número de árboles al fin del periodo
- Volumen : El volumen se determinó con tablas locales (Neltume se estimó con la tabla de Melipeuco y Maquehua con la de Llancacura)
- ( ) : Incremento medio anual

Ubic. Geográfica:	Plazuela :	Lat. Sur	msnm
	Melipeuco :	38°13'	790
	Neltume :	38°50'	790
	Llancacura :	39°46'	500-750
	Maquehua :	40°15'	600
		37°15'	320



La determinación del crecimiento potencial para especies arbóreas de mayor tolerancia que los *Nothofagus* ha estado limitada a que todas las muestras se extrajeron de individuos del estrato intermedio y suprimido, dominado por un estrato dominante y codominante compuesto por raulí, roble y coigüe. Los crecimientos diametrales anuales obtenidos en sitios similares al de los ejemplos anteriores bajo esas condiciones, no reflejan a lo que se podría optar si los árboles tuvieran suficiente disponibilidad de luz (Cuadro N° 8).

## Cuadro N° 8

CRECIMIENTO DE ESPECIES TOLERANTES DEL ESTRATO INTERMEDIO Y SUPRIMIDO  
(FUENTE: Santelices, 1989 Y Grosse, 1989)

Especie	Edad (años)	Crecimiento Diametral (cm)
Lingue	40-60	0,1-0,4
Mañío	220-330	0,05-0,13
Tepa	60-90	0,3

## Plantaciones

Las plantaciones con especies nativas aún son escasas y presentan problemas en la preparación de las plantas en el vivero y en las técnicas de establecimiento. Esto puede incidir en su bajo prendimiento y lento crecimiento inicial. A pesar de esto, antecedentes del área de Neltume (39°46' LS; 500 - 800 msnm) indican crecimientos en altura entre 66 y 91 cm para plantas de raulí extraídas del bosque (Grosse, 1987). Para el área costera de Llanacura (40°15' Lat. Sur; 600 msnm) se registraron crecimientos medios en altura de 70 cm anuales para la misma especie (Vita, 1974). Los resultados de ensayos realizados recientemente corroboran esta potencialidad, incrementándose los valores significativamente. Especialmente destaca el crecimiento de roble, el cual a los tres años supera los 3,5 m de altura al disponer de luminosidad completa (Cuadros N°s 9 y 10). La importancia de la preparación de las plantas en el vivero se destaca al comparar los crecimientos obtenidos con material producido con distintos regímenes de luminosidad. La planta preparada inicialmente a plena luz crece más en el terreno (Cuadro N° 10).

Cuadro N° 9

**CRECIMIENTO INICIAL DE RAULI Y ROBLE (EDAD, 6 AÑOS) BAJO DISTINTAS SITUACIONES DE PROTECCION POR COBERTURA (SECTOR SANTA LUISA - 38° 13' LAT. SUR Y 790 msnm) (FUENTE: Grosse et al, 1991 Y Grosse, 1988)**

Area Basal (m <sup>2</sup> /ha) (rodal de protección)	Rauli		Roble	
	H (cm)	D (cm)	H (cm)	D (cm)
0,0	247a	3,2a	463a	5,4a
13,3	243a	2,3b	314b	2,9b
28,2	180b	1,6c	192c	1,5c
37,5	196b	1,5c	199c	1,3c
Nivel de significación	0,05			

Valores promedio representados por letras minúsculas distintas difieren entre sí a un nivel de confianza del 95%.

H: altura

D: diámetro en la base

A pesar de los atractivos resultados obtenidos con plantas producidas a raíz desnuda aún se deben afinar muchas técnicas, como la producción en distintos tipos de contenedores y la preparación del sitio para optar a crecimientos aún mejores.

Para especies de mayor tolerancia como tepa, lingue, mañío, canelo y otras, se han probado técnicas de propagación vegetativa, comprobándose el buen desarrollo de las plantas una vez colocada en terreno (Santelices, 1990).

## Bosques de lenga

Los bosques de lenga forman el tipo forestal de mayor importancia económica en la zona austral de Chile. Su composición monoespecífica facilita la aplicación de cualquier estrategia silvícola. La mayor proporción de esos bosques se encuentra en las fases de envejecimiento y destrucción, lo que obliga inducir un cambio hacia un estado de desarrollo más joven. Al provocarse ese cambio no sólo se reduce en casi su totalidad la actual proporción de madera con avanzada putrefacción, sino que se logra además un incremento fuerte en el crecimiento volumétrico. Esto significa poder aprovechar casi un 100% del volumen bruto en vez del 20% originalmente

extraído. Para llegar a un diámetro objetivo de aproximadamente 40 - 50 cm se requiere alrededor de un siglo (Schmidt y Urzua, 1982; Uriarte y Grosse, 1991).

### Algunos antecedentes de Calidad

El mercado chileno para maderas nativas tradicionalmente se abastece de árboles viejos de grandes dimensiones. La fuerte reducción de la reserva de estos individuos, obliga actualmente a utilizar árboles más jóvenes, como aquellos provenientes de rodales de segundo crecimiento. Resaltan a primera vista sus anillos de crecimiento más distanciados y el color más claro respecto de la mayoría de los árboles viejos.

Para obtener antecedentes confiables sobre la calidad de rodales de este tipo, se realizó la cosecha de 60 parcelas de 500 m<sup>2</sup> c/u de Raulí - Roble - Coigüe - Lingue, ubicadas en la Precordillera Andina (38°LS). Los rodales se encontraban sin o con escasa alteración, encontrándose diámetros medios entre 15,3 y 27,1 cm y 1.117 a 2.792 árboles por hectárea. Las áreas basales fluctuaban entre 38,3 y 83,1 m<sup>2</sup>/ha.

Del total de trozas extraídas un 27% presentaba algún daño por pudrición y un 18% por insectos. Aproximadamente el 20% del volumen calificó para aserrío, considerando un diámetro menor de la troza de 16 cm sc. De este volumen entre un 31 - 36% correspondió a la categoría libre de nudos (Cuadro N° 11).

Cuadro N° 11

VOLUMEN RELATIVO POR CALIDAD EN BOSQUES DE SEGUNDO CRECIMIENTO PARA RAULI,  
ROBLE, COIGÜE Y LINGUE

(FUENTE: Grosse, Navarrete Y Urrutia, 1992)

Sector	Calidad (%)				Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	
	1	2	3	4	Aserrado Bruto	En Pie
A	35,8	25,9	27,3	11,0	33,0	178,6
B	32,5	30,8	26,0	10,8	25,3	130,9
C	35,3	30,4	22,8	11,5	37,1	196,5
D	30,6	24,9	27,0	17,4	26,7	215,6

1. Aplicación a clear
2. Aplicación a construcción (revestimiento)
3. Aplicación a estructural y Pallet
4. Sin Aplicación total

Sector A,B,C,D.: Areas del muestreo

Número de trozas aserradas: Aprox. 1.000

Un antecedente básico para el mercado es el color de la madera, razón por la cual se clasificaron las tablas, también según ese criterio.

El color blanco varió según la especie entre un 18 y un 49%, dominando la mezcla de colores que varió entre un 45% y un 72% (Cuadro N° 12).

Cuadro N° 12

TONO DE LA MADERA ASERRADA POR ESPECIE PARA PIEZAS DE 2,44 M DE LARGO  
(FUENTE: Grosse, Navarrete y Urrutia, 1991)

Especie	< Tono (%) >			
Rauli	37,0	6,2	0,8	56,0
Roble	18,2	2,9	7,3	71,6
Coigüe	49,2	2,1	3,8	44,9
Lingue	22,2	0,0	5,6	72,2
Otras	34,0	6,4	4,3	55,3
Promedio	32,1	3,5	4,4	60,0

Si los rodales muestreados se hubieran sometido a raleos tempranos, seleccionándose los árboles más sanos y vigorosos, actualmente el volumen

perdido por daño biótico sería mínimo. Además de esto los diámetros a cosechar bordearían los 50 cm lo que implicaría aumentar considerablemente el volumen aserrable.

## Discusión Acerca del Potencial del Bosque Nativo

La viabilidad de poder transformar bosques económicamente improductivos en productivos depende fundamentalmente de la inversión inicial para esta transformación, de su crecimiento y de los precios que se puedan obtener para sus productos en el mercado.

El crecimiento medio en el área con reservas nativas más importantes de Chile, entre los 34° y 40° aproximados LS, permite optar, en sitios con poca o sin alteración de suelos, a crecimientos medios e 14 a 22 m<sup>3</sup>/ha/año para especies del género *Nothofagus*. Con estos rendimientos las rotaciones pueden fluctuar entre 30 y 45 años llegando a diámetros objetivos entre 40 y 55 cm. La madera producida es básicamente sana y de atractivos colores. Aún permanece en Chile la costumbre de adquirir maderas con anillos de crecimiento de poca separación y con colores rosados a rojo intenso cuando se trata del bosque nativo. La oferta obligadamente va a ir cambiando a maderas con mayor separación entre anillos con colores predominantemente claros. La oferta actual es reducida y proviene de bosques de segundo crecimiento sin manejo. Esto ha mantenido los precios a niveles muy bajos. A medida que se integre el concepto del manejo del bosque con una oferta mayor, es lógico pensar que los precios de las latifoliadas chilenas sigan la tendencia creciente de los precios en el mercado mundial. Esto permitiría entonces acelerar el proceso de integración de las especies nativas al escenario de la producción.

## LA SITUACION ACTUAL DEL BOSQUE NATIVO Y SUS POSIBILIDADES SILVICOLAS

En términos generales, el bosque nativo refleja un desorden aparente, con un gran número de especies en distintas edades y calidades. Para transformar este tipo de bosque en unidades productivas, desde el punto de vista de la

producción maderera, se deben ordenar los rodales para estos fines. El uso de herramientas silvícolas permite aumentar el rendimiento volumétrico del bosque en términos cuantitativos y cualitativos. La aplicación correcta de estas herramientas dependerá del conocimiento de la dinámica natural del bosque. Uno de los elementos claves a considerar en estos esquemas es acortar el ciclo de vida del árbol. Es decir, la extracción de los individuos deberá realizarse antes de que comience a bajar su potencial de crecimiento y su calidad. Si se ordena la vida del árbol en las fases de regeneración, crecimiento óptimo, envejecimiento y destrucción o desmoronamiento, el momento de la cosecha dentro de este esquema no debe pasar más allá de la fase de envejecimiento.

Las acciones que deberán aplicarse para transformar los bosques nativos en productivos, dependerán de la situación particular en la que se encuentre cada uno de los rodales. Estas acciones son:

#### Cosecha:

Es la opción para ejercer el cambio total de la vegetación establecida. Su remoción puede realizarse optando por la aplicación de fajas y hoyos de luz, que no deberían pasar en su ancho o diámetro los 50 m. De esta manera se evita descubrir grandes extensiones, aminorando las alteraciones al suelo. Este tipo de intervención debe flexibilizarse en función de las pendientes y condiciones del suelo.

#### Regeneración artificial:

Las plantaciones son el elemento básico para complementar la regeneración natural. Permiten orientar el bosque respecto de su composición de especies y los fines comerciales prefijados. Su aplicación en lugares abiertos después de la cosecha es recomendable.

#### Enriquecimiento:

Consiste en la plantación de especies de gran valor en bosques abiertos por reiteradas extracciones de madera y que carecen de la regeneración suficiente.

### Clareo y Raleo:

Consiste en la extracción de los árboles de menor calidad, en favor de árboles seleccionados superiores. Su aplicación es en rodales jóvenes, como bosques de segundo crecimiento.

El bosque nativo que podría considerarse como prioritario para su ordenación, es el calificado como potencialmente productivo (Cuadro N°4). Sus tres situaciones tipo son:

Interés comercial inmediato

Segundo crecimiento (renovales)

Empobrecido y degradado

Los distintos tipos de intervención deben orientarse de acuerdo a la situación de desarrollo generacional y el deterioro causado por la edad y las alteraciones causadas por reiteradas extracciones del volumen de mejor calidad. Estas intervenciones permiten ordenar el bosque, proyectándolo como unidad productiva al futuro. La presentación esquemática de las fases en que se encuentra cada una de las situaciones tipo, la intervención y el uso propuesto para la madera extraíble se aprecian en el Cuadro N° 13.

Cuadro N° 13

## SITUACIONES DEL BOSQUE NATIVO EN TERMINOS GENERACIONALES, INTERVENCIONES INICIALES RECOMENDABLES Y USOS POTENCIALES

Bosque Nativo Potencialmente Productivo			
	Interés comercial inmediato	Renovales	Epobrecido degradado
<b>Fase:</b>			
Regeneración			
Crecimiento óptimo		X	
Envejecimiento	X	X	
Dstrucción	X		X
<b>Intervención:</b>			
Cosecha	X		X
Regeneración artificial y natural	X		X
Enriquecimiento			X
Clareo-Raleo		X	
<b>Usos:</b>			
Astillas-leña		X	X
Madera aserrada	X	X	
Chapa			
Superficie (Millones ha)	0,8	0,3-0,5	4,4
Total: 5,5-5,7			

El esfuerzo económico mayor para lograr la transformación debe realizarse en las situaciones empobrecidas y degradadas que representan aproximadamente el 80% de la superficie. En éstas el volumen aprovechable es reducido y de bajo valor, concentrándose su uso en astillas, para la fabricación de celulosa o leña. Corresponde en estos casos enriquecer el bosque o bien realizar plantaciones masivas en sectores abiertos.

Los bosques de segundo crecimiento (renovales) permiten en muchos casos financiar su ordenamiento a través de la extracción de volúmenes para astillas pulpables, leña y madera aserrada. Estos se obtendrán a través de raleos comerciales. En muchos casos la intervención se plantearía en un momento donde el bosque, por su avanzada edad (más de 50 años), no es capaz de reaccionar con un crecimiento vigoroso. En esas situaciones cabe la opción de aplicar la cosecha y regenerar. El bosque de interés comercial inmediato corresponde a masas nativas con escasa o sin alteración, que permiten extracción de un alto porcentaje de volumen aprovechable en usos nobles como chapa y madera aserrada. La limitación para estos bosques consiste



básicamente en la falta de infraestructura vial y su lejanía para extraer los productos. Su ordenación inicialmente debe ser orientada a través de la cosecha y la regeneración. Es factible en muchos casos financiar su ordenamiento con la venta de lo extraído.

## **INCENTIVOS ESTATALES PARA EL MANEJO DEL BOSQUE NATIVO**

Desde el año 1974 rige en Chile el Decreto Ley 701, el cual tiene por objeto principal fomentar la actividad forestal. Entre las ayudas que entrega al sector privado considera el pago por una sola vez de un 75% de los costos de plantación, la bonificación de la poda hasta 6 m de altura a 400 árboles por ha, gastos de protección (aprox. US\$ 4,4/ha durante los primeros 5 años y US\$ 1,5/ha durante los años restantes de la rotación) y la exención de impuestos territoriales para el área declarándose de aptitud forestal.

El éxito de esta ley de incentivos es la respuesta positiva del sector forestador, el cual desde 1975 ha agregado anualmente alrededor de 70.000 ha de plantaciones al patrimonio forestal. El 98% de estas plantaciones se realizó con especies forestales exóticas (Cuadro N° 2) y sólo el 2% restante con especies nativas. La explicación para los bajos niveles de plantación con especies nativas se debe a factores como la poca confianza en el potencial de crecimiento de éstas, el desconocimiento de las técnicas silvícolas a aplicar y la ausencia en la legislación forestal vigente de incentivos que incluyan la ordenación. Esto motivó una proposición de ley, especialmente diseñada para los bosques nativos, denominada "Proyecto de Ley de Recuperación del Bosque nativo y Fomento Forestal" (CONAF, 1992). Actualmente esta proposición se encuentra en discusión en el Parlamento. Acerca de los incentivos al manejo y establecimiento del bosque nativo, considera que el Estado bonificará en un 75% los costos de forestación o enriquecimiento con especies nativas, la poda y el raleo y los costos de administración hasta que los árboles lleguen a un diámetro a la altura del pecho de 10 cm. En caso de propietarios con menos de 150 ha ó 400 ha en el extremo norte y sur del país, respectivamente la bonificación será del 85%. Para bosques degradados (empobrecidos), concepto que aún debe ser definido en forma precisa, se considera la posibilidad de sustituir hasta un 50% de la superficie con especies exóticas o nativas distintas a las originales. También esto puede ocurrir con otras situaciones de bosque con menos alteración, permitiéndose sólo realizar

la sustitución en un 25% de la superficie. En este caso una superficie equivalente debe ser sometida a manejo exclusivamente con especies del mismo Tipo Forestal que las originales sin derecho a bonificación.

Como bosque intocable se considera toda superficie forestal nativa en proximidades de nacimiento de manantiales, cursos de agua y en pendientes sobre un 45%.

Como bosque no sustituible se consideran las superficies forestales con las especies araucaria, alerce, lenga, ciprés de Las Guaytecas, ciprés de la cordillera y palma chilena. Además entran en esta categoría los bosques nativos en pendientes sobre un 30%, aquellos con alta calidad potencial de manejo (concepto también por definirse), los que constituyen un hábitat único para especies de flora y fauna en vías de extinción o una realidad biogenética poco representada, en el Sistema de Areas Silvestres protegidas por el Estado y aquellos ubicados en lugares de protección (Tasc, 1992).

Parte del éxito de la posible aplicación de esta Ley dependería del costo asignado por el Estado para los procedimientos de ordenación que aún deben quedar establecidos en el Reglamento de la Ley. Por otro lado, debe producirse el convencimiento en los propietarios de bosques, que las especies nativas ofrecen una alternativa económicamente atractiva. Para esto deberán afinarse las recomendaciones técnicas de manejo con estas especies de modo que su aplicación garantice una operación exitosa.

· El análisis al cual se encuentra sometido el proyecto en el parlamento con intervención de todos los sectores involucrados hace altamente probable obtener una herramienta útil, que permita transformar masivamente bosques nativos sin ordenación en unidades de manejo productivas.

## CONCLUSIONES

La situación actual de Chile permite concluir lo siguiente:

- Especialmente durante los últimos 18 años (1974 - 1992) la actividad forestal se ha desarrollado en términos significativos, tanto en el plano de las plantaciones con especies de rápido crecimiento como en el plano industrial.

- A pesar del vigoroso desarrollo forestal, los bosques nativos no se han involucrado dentro de un concepto de ordenación que permita un aumento de su productividad.

- Existen antecedentes que revelan un rendimiento para las especies nativas, con énfasis en las del género **Nothofagus**, suficientemente atractivo como para considerarlas dentro del ámbito forestal productivo.

- Para aproximadamente el 80% de la superficie forestal nativa considerada como empobrecida y degradada, la extracción de su producto remanente no permite financiar la ordenación y proyección. La Ley forestal de incentivos vigente no considera aportes especiales para ayudar a financiar este proceso.

- Con el objetivo de transformar los bosques nativos de baja productividad en unidades manejadas de alto rendimiento se generó el "Proyecto de Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal". Se espera su aprobación por el parlamento y su puesta en ejecución para agregar el patrimonio nativo, como bosques ordenados, el sector forestal productivo.

- Trabajos de investigación sobre las técnicas silviculturales a emplear, genética, procesamiento, mercado y programas de transferencia tecnológica a los propietarios del bosque deberán ser actividades que acompañen la fase de operación de la Ley.

## REFERENCIAS

CONAF, 1988. Recursos Forestales de Chile. Edición Especial Revista Chile Forestal. CONAF. Santiago, Chile. 20 p.

CONAF, 1992. Proyecto de Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. CONAF. Santiago, Chile. 8 p.

Donoso, C., 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile FO:DP/CH/76/003. CONAF-FAO. Santiago, Chile. 70p.

Elizalde, R., 1970. La Supervivencia de Chile. Ministerio de Agricultura, SAG. Santiago, Chile. 492 p.

**Grosse, H., 1987.** Desarrollo Inicial de Plantaciones de Raulí. Ciencia e Investigación Forestal N° 1. INFOR. Santiago, Chile. 40-56.

**Grosse, H., 1988.** Crecimiento de Plantaciones con Raulí y Roble Bajo Dosel en Dependencia del Grado de Luminosidad y Fertilización. Ciencia e Investigación Forestal N° 5. INFOR. Santiago, Chile. 13-30.

**Grosse, H., 1989.** Renovales de Raulí, Roble, Coigue y Tapa: Expectativas de Rendimiento. Revista Ciencia e Investigación Forestal N° 6. INFOR. Santiago, Chile. 37-42.

**Grosse y Cubillos, 1991.** Antecedentes Generales para el Manejo de Renovales de Raulí, Coigue y Tapa. Informe Técnico N° 127. INFOR, Concepción, Chile. 50 p.

**Grosse, H.; Kannegiesser, U.; Quiroz, I.; Santelices, R. 1991.** Investigación Manejo Silvícola de Diferentes Tipos de Bosques Nativos. Informe Final. INFOR-CORFO. Santiago, Chile. 158 p.

**Grosse, H.; Navarrete, C. y Urrutia, I. 1991.** Rendimiento de Rodales Jóvenes de Nothofagus. (Calidad Aserrable y Volumen Pulpable). En revisión para Informe Técnico INFOR-CORFO. Concepción, Chile. 133 p.

**INSTITUTO FORESTAL, 1991.** Estadísticas Forestales 1990. Boletín Estadístico N° 21. INFOR-CORFO. Santiago, Chile. 101p.

**Santelices, R., 1989.** Funciones de Volumen, Factores de Forma y Modelos de Crecimiento Diametral para Rodales de Lingue y Mañío. Revista Ciencia e Investigación Forestal N° 7. INFOR. Santiago, Chile. 1-20.

**Santelices, R., 1990.** Propagación Vegetativa de Tapa (*Laurelia philippiana*) a Partir de Estacas. Revista Ciencia e Investigación Forestal. 4 (1) INFOR. Santiago, Chile. 61-68.7S

**Schmidt, H., y Urzúa, A. 1992.** Transformación y Manejo de los Bosques de Lengua en Magallanes. Univ. de Chile. Fac. Cs. Agr., Vet. y For. Stgo., Chile. Ciencias Agrícolas N° 11. 62 p.

**Tasc, 1992.** Proyecto de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. Trabajo de Asesoría Económica al Congreso nacional N° 33. Ilades-Santiago, Chile. 4 p.

**Trivelli, H., 1970.** Discurso de la Tierra en "La sobrevivencia de Chile". Ministerio de Agricultura SAG. Santiago, Chile Pág. XV-XXVII.

**Uriarte, A. y Grosse, H., 1991.** Lo Bosques de Lengua. Una Orientación para su Uso y Manejo. Informe Técnico N° 126. INFOR-CORFO. Concepción, Chile. 92 p.

**Vita, A., 1974.** Algunos Antecedentes para la Silvicultura del Raulí. Universidad de Chile. Fac. Cs. Agr., Vet. y For. Santiago. Boletín Técnico N° 28. 17p.

## ANEXO N° 1

Cuadro N°1

## NOMBRES VULGARES, EN LATIN Y FAMILIAS DE ESPECIES FORESTALES CHILENAS

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Familia
Alerce	<i>Fitzroya cupressoides</i>	Cupressaceae
Araucaria	<i>Araucaria araucana</i>	Araucariaceae
Arrayán	<i>Luma apiculata</i>	Mirtaceae
Avellano	<i>Gevuina avellana</i>	Proteaceae
Belloto	<i>Beilschmiedia miersii</i>	Lauraceae
Boldo	<i>Peumus boldus</i>	Monimiaceae
Canelo	<i>Drymis winteri</i>	Winteraceae
Ciprés de las Guaitecas	<i>Pilgerodendron uviferum</i>	Cupressaceae
Ciprés de la cordillera	<i>Austrocedrus chilensis</i>	Cupressaceae
Coigüe	<i>Nothofagus dombeyi</i>	Fagaceae
Coigüe de Chiloé	<i>Nothofagus nitida</i>	Fagaceae
Coigüe de Magallanes	<i>Nothofagus betuloides</i>	Fagaceae
Espino	<i>Acacia caven</i>	Mimosaceae
Fuinque	<i>Lomatia ferruginea</i>	Proteaceae
Hualo	<i>Nothofagus glauca</i>	Fagaceae
Laurel	<i>Laurelia sempervirens</i>	Monimiaceae
Lenga	<i>Nothofagus pumilio</i>	Fagaceae
Lingue	<i>Persea Lingue</i>	Lauraceae
Litre	<i>Lithraea caustica</i>	Anacardiaceae
Luma	<i>Amomyrtus luma</i>	Mirtaceae
Maitén	<i>Maytenus boaria</i>	Celastraceae
Mañío de hojas largas	<i>Podocarpus saligna</i>	Podocarpaceae
Mañío de hojas punzantes	<i>Podocarpus nubigena</i>	Podocarpaceae
Notro	<i>Embothrium coccineum</i>	Proteaceae
Ñirre	<i>Nothofagus antarctica</i>	Fagaceae
Olivillo	<i>Aextoxicon punctatum</i>	Aextoxicaceae
Palma chilena	<i>Jubaea chilensis</i>	Palmaceae
Patagua	<i>Chinodendron patagua</i>	Eleocarpaceae
Peumo	<i>Cryptocarya alba</i>	Lauraceae
Piñol	<i>Lomatia dentata</i>	Proteaceae
Pitao	<i>Pitaria punctata</i>	Rutaceae
Queule	<i>Gomortega queule</i>	Gomortegaceae
Quillay	<i>Quillaja saponaria</i>	Rosaceae
Radal	<i>Lomatia hirsuta</i>	Proteaceae
Raulí	<i>Nothofagus alpina</i>	Fagaceae
Roble	<i>Nothofagus obliqua</i>	Fagaceae
Tepa	<i>Laurelia philippiana</i>	Monimiaceae
Tiaca	<i>Caldcluvia paniculata</i>	Cunoniaceae
Tineo	<i>Weinmannia trichosperma</i>	Cunoniaceae
Trevo	<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	Compositae
Ulmo	<i>Eucryphia cordifolia</i>	Eucryphiaceae

## NOTAS BIBLIOGRAFICAS

*El Instituto Forestal edita regularmente diversas publicaciones técnicas referidas a Estadísticas Básicas, Estudios de Mercado, Estudios Sectoriales, Precios de Productos Forestales, Silvicultura del Bosque Nativo y de Plantaciones, Construcción en Madera, Especies Forestales Exóticas, entre otros temas. Se entregan a continuación antecedentes de algunas publicaciones recientes y de interés, disponibles para consulta o adquisición en las oficinas de INFOR en Santiago (Huérfanos 554) y en Concepción (Barros Arana 121).*

### **1. EXPORTACIONES FORESTALES CHILENAS.** (Enero-diciembre 1992 a enero-agosto 1993).

Contiene información de volumen y valor de todos los productos forestales exportados, por destino y exportador, y su variación respecto a igual fecha del año anterior.

### **2. ESTADISTICAS FORESTALES 1992.** Informe anual.

Su objetivo es proporcionar antecedentes sobre la situación del sector en la actividad económica del país, el recurso forestal existente y los niveles de producción y comercio de la industria primaria, durante el año 1991 y años anteriores.

### **3. PRECIOS DE PRODUCTOS FORESTALES CHILENOS ACTUALIZADOS A 1992.** Informe semestral.

Contiene series de precios del mercado interno y externo, para los principales productos forestales transados, entre 1984 y la fecha de publicación.

### **4. CARACTERIZACION INDUSTRIA DE ASTILLAS EN CHILE, 1991.** Informe Anual.

Su objetivo es caracterizar y cuantificar la actividad del astillado en términos de producción, ocupación, aspectos tecnológicos, económicos y su participación sectorial.

### **5. BOLETIN DE PRECIOS FORESTALES.** Informe bimensual.

Contiene información de una amplia gama de productos y servicios forestales del mercado interno, actualizándose cada dos meses.

## REGLAMENTO DE PUBLICACION

**CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL** es una publicación técnica seriada del Instituto Forestal de Chile, que publica trabajos originales e inéditos, o avances de investigación de sus profesionales y de aquellos profesionales del Sector Forestal que deseen difundir sus experiencias en el área de la silvicultura, el manejo forestal, la industria de la madera, problemas ambientales y otros temas relacionados con la actividad y desarrollo del Sector.

La publicación cuenta con un consejo editor que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores. Se cuenta además con un selecto grupo de profesionales de diversas especialidades, que actúan como editores asociados. De acuerdo al tema, los trabajos son enviados a uno o más editores asociados para la calificación especializada de estos. Para los efectos de esta calificación se mantiene en reserva tanto el nombre del autor como el de los editores asociados.

La publicación cuenta de tres secciones:

- **Artículos:** Trabajos que contribuyan a ampliar el conocimiento científico o tecnológico como, resultado de investigaciones que hayan seguido un método científico.
- **Apuntes:** Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigaciones, informes sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de interés dentro del Sector Forestal.
- **Notas Bibliográficas:** Informan sobre publicaciones recientes, en el país o en el exterior, comentando su contenido e interés para el Sector, en términos de desarrollo científico y tecnológico o como información básica para la planificación y toma de decisiones.

## ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

### - Artículos:

Todos los trabajos presentados para esta sección deberán contener: Resumen, Abstract, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. Si es necesario se podrán incluir adicionalmente Apéndices y Anexos.



El título deberá ser representativo del efectivo contenido del artículo y se deberá construir con el mínimo posible de palabras.

En el Resumen se hará una breve descripción de los objetivos del trabajo, de la metodología utilizada y de los principales resultados y conclusiones. La extensión máxima del Resumen será de una carilla y, al final de este punto, se incluirán al menos tres palabras claves que faciliten la clasificación bibliográfica del contenido de la publicación. El Abstract será evidentemente la versión en inglés del Resumen.

En la Introducción se describirá el estado actual del conocimiento sobre el tema, con el debido respaldo de la bibliografía revisada, y se discutirá la importancia que tiene lograr y divulgar avances al respecto. En este punto no se incluirán cuadros ni figuras.

En el punto Objetivos se plantearán brevemente los fines generales del trabajo o la línea de investigación y se enunciarán los objetivos específicos del trabajo presentado.

En Material y Método se explicará cuidadosamente como se desarrolló el trabajo. En forma precisa y completa se dará una visión clara de la metodología aplicada y los materiales empleados en las investigaciones y estudios que han dado origen al trabajo presentado. Cuando la metodología no es original se deberán citar con claridad las fuentes de información. Se podrán incluir cuadros y figuras, pero se deberá cuidar que la información que se entrega por esta vía no sea repetitiva con aquella incluida en el texto.

El punto Resultados estará reservado para todos los resultados obtenidos, estadísticamente respaldados. No se deberán duplicar cuadros ni figuras y los comentarios que se incluyan en este punto serán sólo los indispensables para la fácil comprensión de la información presentada.

En Discusión y Conclusiones se analizarán los resultados obtenidos, sus limitaciones y su trascendencia, se relacionarán con la información bibliográfica previamente reunida y se podrán plantear necesidades de trabajos futuros que aumenten el conocimiento sobre el tema. Las Conclusiones rescatarán lo más valioso o consistente de los resultados y aquellos aspectos más débiles, que requieran de mayor trabajo o investigación.

Reconocimientos es un punto optativo, destinado, cuando sea necesario, a los créditos correspondientes a instituciones, colaboradores, fuentes de financiamiento, etc. Es obvio que se trata de un punto de muy reducida extensión.

En las Referencias se identificarán todas las fuentes de información del trabajo. Sólo se incluirán aquellas citadas en el documento.

Los Apéndices y Anexos se deben incluir sólo si su contenido es considerado indispensable para la cabal comprensión e interpretación del trabajo o si se considera que la información adicional que presentan es un real aporte. Se deberá recordar que los Apéndices incluyen información o trabajo original del autor, en tanto que los Anexos están constituidos por información complementaria elaborada por terceros.

#### **- Apuntes**

Los trabajos para esta sección tendrán en principio la misma estructura que los Artículos, pero en este caso de acuerdo al tema, el grado de avance de las investigaciones o actividades y, en general, de la información disponible en cada caso, se podrán obviar los puntos que no correspondan y adoptar una estructura más simple.

#### **- Notas Bibliográficas**

En las Notas Bibliográficas se identificará detalladamente la publicación, se explicarán sus objetivos y la metodología empleada y se comentarán los principales resultados en función de su importancia o trascendencia para el Sector. El título de la nota bibliográfica será el de la publicación que se comenta e irá seguido del nombre del o los autores y la identificación de la institución y el editor. Se anotará asimismo el año de publicación y su extensión.

Al final de la nota se podrá incluir el nombre del autor de esta, su título y especialidad y la institución a la que pertenece.

### **PRESENTACION DE LOS TRABAJOS**

La publicación aceptará colaboraciones sólo en español, redactadas en lenguaje universal, que pueda ser entendido no sólo por los especialistas, ya que el

objetivo es transferir conocimientos al Sector Forestal en general. No se aceptará redacción en primera persona.

El formato de los trabajos debe ser tamaño carta a espacio simple y doble espacio entre párrafos. La letra deberá ser tipo Courier paso 10. Al inicio de cada párrafo se dará una tabulación de tres espacios (sangría). No se numerarán páginas.

La extensión máxima de los trabajos será de 35 carillas para los Artículos, de 20 carillas para los Apuntes y de 2 carillas para las Notas Bibliográficas.

En la primera página se incluirá el Título en mayúsculas, negrita y centrado. Inmediatamente después, dos espacios abajo y pegado al margen derecho, se ubicará el nombre del o los autores y a pie de página se indicará título (s), institución(es) y dirección (es). En esta página se ubicará también el Resumen y, si el espacio es suficiente, el Abstract. Ambos con su título en mayúsculas negrita y centrado. Si el Abstract no cabe en esta página, se ubicará en página nueva y tanto éste como el resumen se centrarán en la o las páginas de acuerdo a su extensión.

En el caso de los Apuntes el título se pondrá en mayúsculas, negrita y pegado al margen izquierdo, anotándose a continuación el nombre del o los autores, su profesión, institución y dirección, todo esto último en minúsculas y letra corriente. A continuación, en la misma página se iniciará el desarrollo del trabajo.

De similar modo se procederá con las Notas Bibliográficas, con la diferencia que si se considera pertinente mencionar al autor de la Nota, éste se identificará al final.

En página nueva se iniciará la Introducción y a continuación se desarrollarán los siguientes puntos, sin cambiar necesariamente página desde Objetivos en adelante, pero dejando doble espacio antes y después de cada título principal.

Los títulos de los puntos principales (Introducción, Objetivos, etc.) se escribirán en mayúsculas, negrita y pegados al margen izquierdo. Los títulos de segundo orden se escribirán con minúsculas, negrita y en la misma ubicación, en tanto que los de tercer orden se ubicarán de igual modo, se escribirán en minúsculas y en letra corriente, no negrita. Si se requieren títulos de cuarto orden, se usará letra corriente en minúsculas, se dará una tabulación de cinco espacios (sangría) y se antepondrá un guión antes de estos. No se numerarán los títulos.

Los nombres científicos de especies vegetales o animales se destacarán en letra negrita, con la primera letra del género en mayúscula y las restantes en minúsculas.

Las citas bibliográficas se anotarán en minúsculas y letra corriente, mediante el sistema autor, año. Las referencias bibliográficas se ordenarán alfabéticamente en el punto Referencias, separadas por doble espacio. En este punto se usarán letras minúsculas en negrita para autor (es) y año y minúsculas corrientes para el resto de la identificación bibliográfica. Las normas para esta identificación bibliográfica serán las del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Cuando los autores son tres o más se podrá anotar el nombre del primero seguido de et al, en el texto, pero en el punto Referencias se deberán mencionar todos los autores, en el orden en que aparecen en la publicación.

Los cuadros no deberán repetir información proporcionada en el texto, estarán enmarcados en línea simple y centrados, se numerarán correlativamente y en letras mayúsculas y en negrita se identificarán al centro en la parte superior, dejando un espacio entre el título y el marco. Tablas y otras formas similares de mostrar información se presentarán como cuadros.

Las figuras se identificarán de igual modo que los cuadros, si es posible tendrán un marco y se identificarán al centro y en la parte inferior. Gráficos, diagramas, fotos y similares se presentarán como figuras.

Tanto cuadros como figuras se citarán en texto como Cuadro N° o Figura N°. Además, cuando la información que se presenta en cuadros o figuras no es original, se citará la fuente correspondiente al pie del marco, en letra corriente, en minúsculas y entre paréntesis. Información esta que, además se anotará completa en el punto Referencias. Si son necesarias aclaraciones de símbolos u otros elementos de cuadros y figuras se procederá de igual forma que con los antecedentes referentes a la fuente de información.

Se aceptarán fotos sólo en blanco y negro, siempre que reunan las características mínimas de contraste y resolución como para ser satisfactoriamente reproducidas y su tamaño máximo sea de 12 cm (ancho) x 18 cm (alto).

Las abreviaturas, magnitudes y unidades corresponderán a las aceptadas por la norma NCh 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se utilizará en todo caso el sistema métrico decimal.

Si se hacen necesarias aclaraciones u observaciones a pie de página, estas se numerarán correlativamente en cada página, con número entre paréntesis ubicado donde sea necesario, y bajo una línea trazada al pie de página se proporcionará en igual orden correlativo la aclaración u observación correspondiente, en letra pequeña y corriente, no negrita. Esta nota de pie de página deberá estar siempre al pie de la misma página en la cual el texto la hizo necesaria.

## ENVIO DE LOS TRABAJOS

Los trabajos se deberán enviar al Editor de Ciencia e Investigación Forestal, Instituto Forestal, Huérfanos 554 4° piso. Santiago.

Se agradecerá enviar original y una copia, además del original en diskette 5¼" 360 Kb 2S/2D, procesador de texto Word Perfect WP 5.0.

Los cuadros y figuras se enviarán incluidos en el texto y, cuando sea necesario para una mejor reproducción, se adjuntarán originales en papel poliéster, especialmente en el caso de las figuras.

Todas las páginas, así como cuadros y figuras que se adjunten, deberán estar numeradas e identificadas con el nombre del autor por el envés con lápiz grafito.



**instituto forestal**