

c. 1,

3

2 (1) 88

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL

APRIL 1988



INFOR

infor CHILE

FILIAL CORFO

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

3

CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL

ABRIL 1988

infor CHILE
FILIAL CORFO



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

Director	: Patricio Valenzuela V.	
Subdirector	: Jorge Cabrera P.	
Editor	: Carlos Sierra S.	
Consejo Editor	: Rolando Bennewitz B. Ignacio Cerda V. Ronald Du Belloy G.	Hans Grosse W. Vicente Pérez G. José A. Prado D.
Editores Asociados	: René Alfaro (Canadá) Ronald Brun (RFA) Hernán Cortés S. Fernando Cox Roberto Delmastro Claudio Donoso Fernando Garrido Bertram Husch Jaime Latorre A. Roberto Melo Eduardo Morales Ramiro Morales	Ramiro Morales Manuel Ortiz C. Hernán Peredo Roland Peters N. Hernán Poblete Juan Schlatter Harald Schmidt Jorge Toro Antonio Vita Derek Webb (Canadá) Daniel Wisecarver Roy Wotherspoon

La revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas. El valor de la suscripción anual es de \$ 3.500, incluido IVA, siendo de \$ 2.000 para los estudiantes universitarios. El valor de la suscripción para los interesados del extranjero es de US\$ 25.00, incluido franqueo. El valor de cada ejemplar es de \$ 1.500 y de \$ 750 para estudiantes (US\$ 9,5, incluido franqueo para extranjero). C.I.F. circula en Chile y el extranjero. Dirija su correspondencia relacionada con los manuscritos aceptados para publicación y otras materias de orden editorial, al editor. Se autoriza la reproducción parcial de la información contenida en la publicación, sin previa autorización, citando como fuente a "Revista Ciencia e Investigación Forestal - INFOR CHILE". Se aceptan colaboraciones de Chile y el extranjero siempre y cuando se ajusten a las normas establecidas en el Reglamento de Publicación, contenido al final de esta edición. Dirija su correspondencia a: Huérfanos 554. Piso 3. Santiago - Chile.

Artículos	Págs.
○ Desarrollo de Raulí en Vivero, bajo distintos Niveles de Luminosidad y Espaciamiento H. Grosse W. y M. Bourke	1 - 11
○ Métodos para el Establecimiento de Plantaciones de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> y <i>Quillaja saponaria</i> en la Zona Árida de Chile J. Wrann H. y P. Infante L.	13 - 25
○ Análisis de técnicas de Quema en la Eliminación de Desechos de Explotaciones de Pino Radiata G. Julio A.	27 - 44
○ Funciones de Biomasa para Boldo (<i>Peumus boldus</i>) y (<i>Acacia caven</i>) de la Zona Central de Chile S. Aguirre A. y P. Infante B.	45 - 50
○ Plantaciones Experimentales con Especies de Interés tánico en la Zona Semiárida de Chile J. Wrann H. y M. Arriagada B.	51 52 - 66
○ Influencia de Algunos Factores Edáficos en el Índice de Sitio de Plantaciones de <i>Pinus radiata</i> para la V Región S. Francke C.	67 - 79
○ Resistencia a la Flexión de tableros de Partículas unidos por sus Cantos H. Poblete W.	81 - 89
Apuntes	
○ Caracterización y necesidades de la Industria Chilena de Paneles de Madera S. Vidaurre E.	90 - 102
○ Funciones de Volumen y Factor de Forma para Renovales de Raulí V. Cubillos D.	103 - 113 *
○ Desarrollo de Plantas de los Géneros <i>Fagus</i> y <i>Nothofagus</i> en función de la Luminosidad. Revisión bibliográfica. H. Grosse W.	114 - 120
○ La Industria de Impregnación en Chile M. Abalos R. y S. Tardones M.	121 - 134 ✓
○ Algunos Efectos de una Potencial Restricción a las Exportaciones de trozos S. Tardones M.	135 - 141
Bibliografía	
La Industria Dimensionadora y Elaboradora de Maderas en 1986	142
Exportaciones Forestales Chilenas - 1987	142
Precios de Productos Forestales Chilenos (a Diciembre de 1987)	143
ESTADOS UNIDOS: Mercado para Elaborados y Manufacturados de Pino Radiata	144
Crucetas Laminadas de Pino Insigne	144
Vigas Rectas de Madera Laminada	145
Características Físico - Mecánicas de <i>Eucalyptus fatigata</i> , <i>Eucalyptus nitens</i> y <i>Pinus muricata</i> , crecidos en Chile	146

**DESARROLLO DE RAULI EN VIVERO BAJO
DISTINTOS NIVELES DE LUMINOSIDAD Y
ESPACIAMIENTO**

Hans Grosse (*)
Michael Bourke (**)

RESUMEN

Con el objetivo de entregar antecedentes acerca de la óptima preparación de plantas (1-0) de raulí (*Nothofagus alpina*) para su desarrollo en terreno una vez plantadas, se realizaron ensayos en vivero que consideraron distintos niveles para los factores luminosidad y espaciamiento. No se aplicaron fertilizantes.

Con niveles de luminosidad de un 43% y un 60%, el desarrollo en biomasa de las plantas fue superior que bajo luz completa y un 37% de ésta. A los 6 meses los valores promedio en altura fueron de 30,9 cm y 34,5 cm, respectivamente, con un diámetro del cuello de la planta de aproximadamente 4,3 mm.

Los espaciamientos de 210 cm² y 300 cm² por planta, permitieron maximizar el crecimiento de éstas, expresado en peso seco, altura y diámetro del cuello.

ABSTRACT

*Different levels of light intensity at different spacings were tried in a forest nursery, so that the best growth combination to produce a (1-0) raulí (*Nothofagus alpina*) plant could be established. No fertilizer was used.*

With relative light levels of 43% and 60% of full sunlight, the seedlings had more biomass, height and diameter than those produced under 100% and 37% relative light. The average height, under the best conditions, was 30,9 cm and 34,5 cm respectively, with an average root collar diameter of 4.3 mm, after 6 months growth.

The spacings of 210 cm² and 300 cm² per seedling, equally maximized the growth of rauli in terms of total dry weight, height and root collar diameter.

(*) : Ingeniero Forestal, Dr. División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121. Concepción - Chile.

(**) : Ingeniero Forestal. División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121. Concepción - Chile.

INTRODUCCION

Grandes extensiones de terreno cubiertas en el pasado por valiosos bosques con importante participación de raulí y otras especies del género *Nothofagus*, actualmente se encuentran empobrecidas respecto a éstas.

La situación mencionada originó algunos estudios relacionados con el desarrollo de la regeneración natural y artificial de estas especies.

Uno de los factores principales que afectan el desarrollo de las plantas es la luminosidad. Sobre este tema la información para el Género *Nothofagus* aún es escasa. Por este motivo parte de los antecedentes revisados para diseñar los ensayos se concentró en Publicaciones relacionadas con la materia, pero para *Fagus sylvática* (BURSCHEL y HUSS, 1964; BURSCHEL, HUSS Y FALBHENN, 1964; HUSS Y STEPHANIE, 1978; SCHMALTZ, 1964; SUNER y ROHRIG, 1980).

Esto se debió a que esta especie ha sido bastante estudiada respecto a su reacción frente a la luminosidad y a que es comparable con la especie en estudio, *Nothofagus alpina*.

Diversos aspectos del desarrollo de plántulas del género *Nothofagus* regeneradas bajo condiciones naturales analizan ESPINOZA (1972), ROSENFELD (1972) y MULLER-USING (1973). Entregan antecedentes básicos sobre los niveles de tolerancia frente a disponibilidad mínima de luz para estas especies. Un análisis del desarrollo de plantaciones realizadas a plena luz con raulí en la zona costera y la Precordillera Andina entrega GROSSE (1987), demostrando que la regeneración artificial es una alternativa de repoblación de gran interés para raulí.

Una buena preparación de plantas en vivero es fundamental para la proyección futura de una plantación. En este sentido y considerando 3 niveles de luminosidad, AGUILERA y FEHLANDT (1981) describen el comportamiento de plántulas de raulí, roble y coigüe en un vivero en Valdivia. Demuestran que las plantas se desarrollan mejor bajo semisombra.

En el presente estudio el objetivo es el de conocer con mayor exactitud el rango de luminosidad óptimo en vivero, para raulí, combinando éste con distintos niveles de espaciamiento.

ANTECEDENTES METODOLOGICOS

El lugar del ensayo fue el vivero Quelén-Quelén, ubicado en la VIII Región del Bío-Bío, provincia de Arauco, comuna de Cañete, aproximadamente a los 37° 45' Lat. Sur y 73° 25' Long. y 45 m.s.n.m.

La estructura del suelo es granular y su textura arenoso-francoso. El vivero ha estado tradicionalmente dedicado a la producción de *Pinus radiata*, para lo cual su drenaje y condiciones del suelo se consideran adecuados (BOURKE y GROSSE, 1987).

Análisis de suelo tomados hasta 25 cm de profundidad indican:

- pH	: 5,1
-- Materia orgánica	: 1,54 %
- Capacidad de intercambio catiónico	: 4,0 meq/100 g
- Densidad específica	: 1,16 g/cm ³
- N	: 12 ppm
- P	: 24 ppm
- K	: 102 ppm

Entre noviembre y abril de 1986, las temperaturas a 3 cm sobre el suelo fluctuaron entre 15°C y 37°C para las máximas y entre 1°C y 17°C para las mínimas.

Diseño Experimental

El objetivo del ensayo planteado es probar el efecto de distintos flujos de radiación en plantas de raulí dispuestas con espaciamentos variables. Para cumplir con esto se planteó un experimento factorial, con un diseño en bloques aleatorios con parcelas divididas.

Los factores y niveles considerados fueron:

Factor luminosidad (A):

Nivel A₁ : 100%

Nivel A₂ : 60%

Nivel A₃ : 43%

Nivel A₄ : 37%

Factor espaciamiento (B):

Nivel B₁ : 300 cm²/plántula

Nivel B₂ : 210 cm²/plántula

Nivel B₃ : 104 cm²/plántula

Nivel B₄ : 60 cm²/plántula

Número de bloques: 6

Las platabandas se dimensionaron en 5,1 m de largo, 1,2 m de ancho y 0,1 m sobre el nivel de los pasillos. Se orientaron en dirección 195° oeste, sin presentar pendiente.

Las semillas utilizadas se recolectaron durante marzo de 1986 y provienen de Ralco-Collico (Cordillera Andina, 1.250 m.s.n.m. 37° 53' Lat. Sur). Se sembraron en almácigos el día 3 de septiembre de 1986. Se repicaron a las platabandas seis semanas después, al comenzar la lignificación del tallo y cuando la altura de las plántulas bordeaba los 3 cm. En este momento ya se estaba desarrollando el segundo par de hojas verdaderas. Inmediatamente después del repique se protegieron las plántulas durante una semana con un sombreadero, que dejaba pasar aproximadamente un 30% de luminosidad. Después de esta semana se instalaron los sombreaderos definitivos hasta el 15.03.87. Estos se retiraban sólo para regar—cada 3 días— y medir las plántulas. Se subían de acuerdo al crecimiento en altura de las plantas. Con este procedimiento se aseguró un planteamiento homogéneo para la situación inicial del ensayo. En cada parcela se colocaron 88 plántulas. Para mantener el espaciamiento prefijado se optó por replantar en caso de producirse mortalidad.

Para dosificar la luminosidad se usaron 3 tipos de sombreadero: malla Raschell 80% y 50% y una malla blanca, las cuales permitían el traspaso del 37%, 43% y 60% de la luminosidad respectivamente. (Figura 2). La luminosidad fue medida el 11.02.87 a las 15:00 PM.

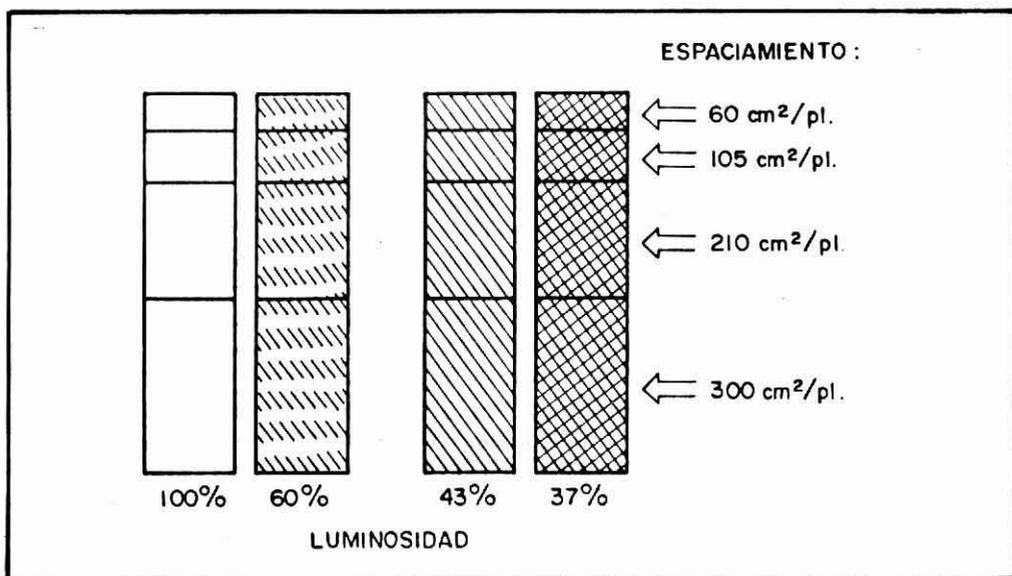
Las mediciones de luminosidad se realizaron con "luxómetros". Estos instrumentos, calificados como standard por parte del fabricante "Dr. Bruno Lange GmbH", cuentan con una unidad de medida que, dependiendo de la escala utilizada, entregan mediciones en los rangos de 100 a 1.000 lux, de 1.000 a 10.000 lux y 10.000 a 100.000 lux.

La luminosidad fue medida cuatro veces simultáneamente en el centro de la situación bajo cobertura y en una situación testigo sin ésta. Con estos dos valores se calcularon los valores de luminosidad relativa que caracterizan las situaciones del ensayo.

También se realizaron mediciones de la temperatura del aire a nivel del suelo y sobre éste a 3 cm y 10 cm y a 10, 15, 20 y 30 cm de profundidad. La fecha de medición fue el 31.12.86 a las 15:00 horas, considerándose las temperaturas de esta fecha como representativas para gran parte del período vegetativo. (GROSSE y BOURKE, 1987).

FIGURA 1

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL ENSAYO DE UTILIZACION DEL SITIO
(Vivero Quelén-Quelén; temporada 1986-1987)



Mediciones del ensayo

Mensualmente se midió la altura de 3 plantas por parcela para conocer su tendencia de desarrollo. Estos datos no se incluyen en este estudio. La medición final se realizó a mediados de abril de 1987, considerando para ésto, 20 plantas en el centro de la parcela. Las variables de estado consideradas fueron:

- Altura total (precisión 0,5 cm)
- Diámetro del cuello (a 2 cm sobre el nivel del suelo; precisión 0,5 mm).

Cinco de estas plantas se extrajeron para realizar mediciones de peso seco del tallo, hojas y de la raíz en laboratorio. El proceso de secado se llevó a cabo durante 14 horas a una temperatura de 100°C. Para estimar el peso seco de la raíz se extrajo un cilindro con un contenido de 1.000 cm³ de suelo y raíces para cada una de las plantas muestreadas. Se optó por este método dado que resultaba demasiado difícil seguir las raíces finas laterales sin destruirlas.

Para determinar la superficie foliar se midieron dos plantas por parcela que representarían la situación promedio de éstas. Se siguió un procedimiento utilizado con buenos resultados por GROSSE (1983), que consiste en determinar la superficie de cada hoja en función de su largo con ayuda de un modelo de regresión lineal simple. Se optó por este método de muestreo, dada la rapidez con la cual se pueden ejecutar las mediciones. Sus resultados son bastante confiables para determinar tendencias generales. La base muestral para determinar el modelo fue de 106 hojas.

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se entregan los resultados de las mediciones de luminosidad y temperatura del aire y del suelo para las condiciones experimentales del ensayo. Posteriormente se presentan los resultados e interpretación del crecimiento de raulí.

Condiciones de luminosidad y temperatura en los ensayos

Los niveles de luminosidad medidos bajo las coberturas empleadas fueron 37%, 43% y 60%, considerándose además una situación descubierta.

Estos valores relativos se obtuvieron al producirse el medio día solar del 11.02.87. El cielo se encontraba despejado, lo que permitió que sin cobertura la luminosidad fluctuara entre 96.750 a 98.000 lux. Bajo cobertura estos valores fueron reducidos a los valores ya indicados. (Cuadro 1).

CUADRO 1

LUMINOSIDAD RELATIVA Y ABSOLUTA EN EL ENSAYO DE UTILIZACION DEL SITIO (Vivero Quelén-Quelén; temporada 1986 - 1987)

Luminosidad Relativa	Rango de Luminosidad en Lux			
	Sin cobertura	n	Bajo cobertura	n
36,7%	97.000-97.500	4	24.750-29.000	4
42,9%	96.750-98.000	4	38.000-44.000	4
60,2%	97.500-98.000	4	55.000-62.000	4

Mediciones realizadas en días parcialmente nublados y en consecuencia de menor luminosidad mostraron valores relativos similares a los presentados en el Cuadro 1, razón por la cual se consideró que éstos son representativos.

En el Cuadro 2 se presentan las temperaturas a distintas alturas sobre y bajo el nivel del suelo en función de la luminosidad, medidas el 31 de diciembre de 1986. En esta fecha el sombreadero se encontraba a una altura sobre la platabanda menor de 10 cm debido a que las plántulas habían emergido recientemente.

Sobre los 10 cm de altura, la temperatura se presentó constante con 23,2°C.

En función de un mayor acercamiento al suelo y de una mayor luminosidad, la temperatura aumentaba, llegando a un valor máximo de 37,7°C a nivel del suelo y con un 100% de luminosidad disponible. Este valor superó en un 60% la temperatura del aire medida a 10 cm de altura.

Al aumentar la profundidad del suelo la temperatura disminuyó. Niveles de luminosidad más altos incidieron en que la temperatura subiera en todos los niveles de profundidad del suelo. De este modo, la diferencia de temperatura entre los 10 y los 39 cm de profundidad fue de 0,2°C y 6,1°C bajo un 37% y un 100% de luminosidad relativa respectivamente.

Las diferencias de temperatura producidas, ya sea por distintos niveles de luminosidad, de altura sobre el nivel del suelo o de profundidad, indican ciertos márgenes de adaptación que la plántula de vivero requiere para lograr su desarrollo. Si bien las mediciones indicadas en el Cuadro 2 muestran una situación puntual de un día despejado con viento, éstas entregan márgenes bastante representativos para las condiciones climáticas durante el período estival del vivero Quelén-Quelén.

CUADRO 2

TEMPERATURA A DISTINTAS ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO Y A DISTINTAS PROFUNDIDADES DE ESTE EN FUNCION DE LA LUMINOSIDAD (Vivero Quelén-Quelén, Arauco; temporada 1986-1987)

Altura del Suelo (cm)	Temperatura según Luminosidad Relativa °C			
	37%	43%	60%	100%
+ 10	23,2	23,2	23,2	23,2
+ 3	24,0	26,7	26,0	26,4
0	26,0	29,7	28,3	37,7
-10	16,2	16,9	19,1	22,9
-15	16,0	16,8	17,3	20,3
-20	15,9	16,1	16,8	18,1
-30	16,0	16,2	16,6	16,8

NOTA: Fecha de medición: 31.12.86 (despejado con viento) a las 15:00 PM. El sombreadero se encontraba bajo los 10 cm de altura sobre la platabanda.

Crecimiento de raulí en vivero bajo distintas condiciones de luminosidad y densidad

A continuación se presentan los resultados de desarrollo de raulí en vivero bajo distintas condiciones de luminosidad y espaciamiento. Las variables de estado consideradas son la altura total, el diámetro del cuello de la planta a 2 cm de altura, la superficie foliar y el peso seco del tallo, hojas y raíces.

Los distintos niveles de luminosidad y espaciamiento causaron diferencias significativas para todas las variables de estado consideradas, sin existir interacción (Cuadro 3).

Los distintos niveles de luminosidad incidieron en el desarrollo de las plantas de raulí como se detalla a continuación:

- El mayor desarrollo en altura total se logró bajo los niveles de luminosidad intermedios, llegando al valor máximo de 34,5 cm bajo un 60% de luminosidad.
- En las situaciones extremas con un 100% y un 37% de luminosidad se obtuvieron los niveles de crecimiento más bajos, los que bordean los 22 cm.
- Los diámetros del cuello de la planta de aproximadamente 4,2 mm se mantuvieron prácticamente iguales, con excepción de la situación con menor disponibilidad de luz donde bajaron en un 30%.
- Los pesos secos del tallo más hojas, de hojas y de raíces llegaron a su máximo, bajo un 60% de luminosidad, seguido por las situaciones de un 100%, 43% y 37%. Para el peso seco total no se determinó una diferencia significativa entre estas 3 últimas situaciones, observándose, la misma tendencia para los pesos secos parciales.
- La superficie foliar por planta llegó a su valor más alto con 430 cm² bajo un 60% de luminosidad, superando en un 40% la superficie alcanzada bajo luz total y un 43% de luminosidad, y duplicando el valor alcanzado bajo un 37% de luminosidad.

Los distintos espaciamientos incidieron sobre el desarrollo de las plantas de raulí como se detalla a continuación:

- La mayor altura fue lograda con un espaciamiento de 105 cm² por planta, alcanzando a 28,8 cm. Al aumentar o disminuir el espaciamiento la altura bajó en hasta 2,2 cm.
- El diámetro del cuello de la planta alcanzó su valor más alto de 4,3 mm con 300 cm² de espacio. Al reducirse esta superficie, el diámetro de cuello disminuyó significativamente.
- Los pesos secos del tallo más hojas, de las hojas y del total alcanzaron su valor máximo con el mayor espaciamiento, bajando a medida que la disponibilidad de espacio era más reducida. Para las raíces se produjo una relación inversa debido al método de medición que considera el peso seco de las raíces por unidad de volumen.
- La superficie foliar llegó a su máximo con 383 cm² al disponer de un área de 300 cm², bajando a medida que el espaciamiento se reducía.

Discusión de los resultados

El nivel más bajo de luminosidad en los ensayos se planteó con un 37%. Este nivel es bastante más alto que las condiciones mínimas exigidas por el raulí para su sobrevivencia. Estas, según MULLER-USING (1973), no alcanzan a un 5% de luminosidad relativa. Para los fines del ensayo se aplicaron las condiciones que podrían significar un mayor desarrollo potencial de las plántulas.

De acuerdo a los resultados, la hipótesis de que el máximo crecimiento en plantas jóvenes de raulí se produce en un rango de luminosidad intermedia, fue probada. Dicha hipótesis se fundamentó en los resultados de crecimiento máximo de altura bajo sombreadero obtenidos por BURSHEL y HUSS (1964) y SCHMALTZ (1965) para *Fagus sylvática* y los de AGUILERA y FEHLANDT (1981) para raulí.



CUADRO 3

**RESULTADOS DE CRECIMIENTO DE RAULI
BAJO DISTINTOS REGIMENES DE LUMINOSIDAD Y ESPACIAMIENTO
(Vivero Quelén-Quelén, Arauco; temporada 1986-1987)**

Tratamiento	Ensayo de Aprovechamiento del Sitio						
	Altura total (cm)	d _{0,02} (mm)	Peso Seco				Superficie foliar (cm ²)
			Total (g)	Tallo y hojas (g)	Hojas (g)	Raíces (g/1000 cm ³)	
LUMINOSIDAD (%)							
A ₁ (100)	21,9 c	4,15 a	2,9 b	1,9 b	1,35 b	0,31 b	312 b
A ₂ (60)	34,5 a	4,38 a	3,9 a	2,7 a	1,65 a	0,46 a	430 a
A ₃ (43)	30,9 b	4,30 a	2,6 b	1,8 b	1,00 c	0,23 c	282 b
A ₄ (37)	22,7 c	3,03 b	2,1 b	1,3 c	0,75 d	0,14 d	213 c
Nivel de significancia	+	+	+	+	+	+	+
ESPACIAMIENTO (cm²)							
B ₁ (300)	27,5 b	4,30 a	3,4 a	2,4 a	1,48 a	0,26 c	383 a
B ₂ (210)	26,6 b	4,00 b	3,2 a	2,0 b	1,30 b	0,25 c	318 b
B ₃ (105)	28,8 a	3,95 b	2,8 b	1,8 b	1,18 b	0,36 b	323 b
B ₄ (60)	27,2 b	3,60 c	2,1 c	1,5 c	0,80 c	0,39 a	212 c
Nivel de significancia	+	+	+	+	+	+	+

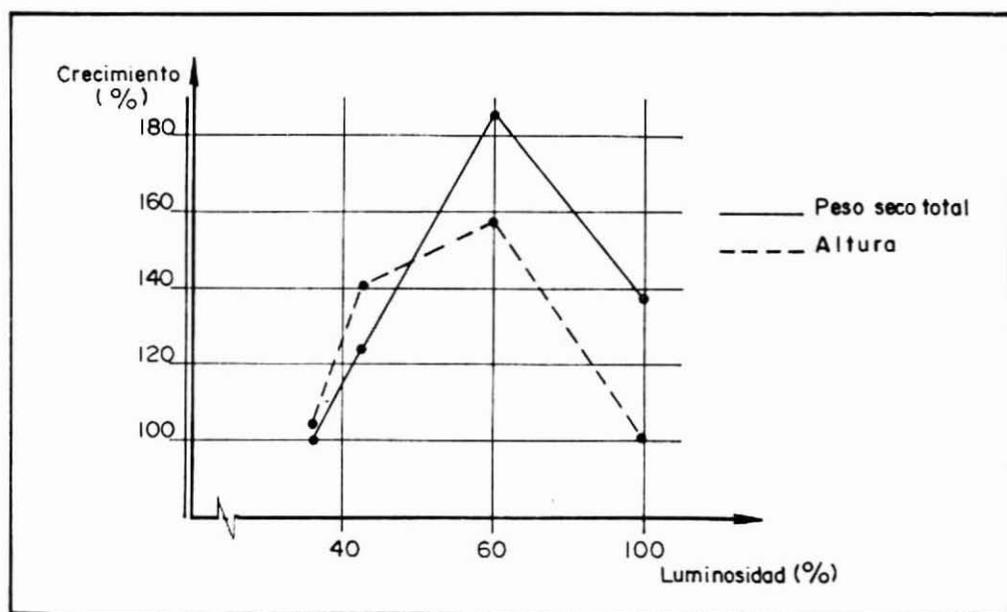
NOTA: (+), Significativo sobre el 95%. Entre (A x B) no hay interacción. Valores medios representados por letras minúsculas son distintos entre ellos a niveles de significancia entre el 85% y 99%.

Estos dos últimos autores ensayaron el desarrollo de las plántulas bajo condiciones extremas, 100% y 2% de luminosidad, considerando sólo una situación intermedia con un 40%. Ellos demostraron que el raulí maximiza su desarrollo bajo sombreadero, sin poder

especificar el rango óptimo. Los resultados obtenidos en el vivero Quelén-Quelén entregan antecedentes más precisos acerca de este rango. El crecimiento de todas las variables de estado de la planta se maximiza bajo un 60% de luminosidad, decreciendo al variar este nivel (Figura 2).

FIGURA 2

**SITUACION AL FINAL DEL PERIODO ESTIVAL
EXPRESADA EN PORCENTAJES DEL PESO SECO Y LA ALTURA
DE LAS PLANTAS EN FUNCION DE LA LUMINOSIDAD
(Vivero Quelén-Quelén, Arauco; temporada 1986-1987)**



Bajo un 60% de luminosidad y a una profundidad del suelo de 10-15 cm, la temperatura fluctuó entre 17°C y 19°C al medio día solar durante gran parte del período estival. El rango de temperatura indicado coincide con el entregado como óptimo para el crecimiento radicular de *Juglans nigra* por KUHNS, GARRET, TESKEY y HINCKEY en 1985. Según los antecedentes obtenidos, se puede suponer que el rango de temperaturas indicado pareciera estar en el óptimo también para plantas de raulí.

Con un 100% de luminosidad, la temperatura del suelo pudo haber tenido un efecto inhibitor.

El espaciamiento también afectó el crecimiento de las plantas. A excepción de la altura, todas las otras variables de estado lograron un mayor desarrollo a medida que las plantas disponían de más espacio. Por otro lado, a medida que disminuía el espaciamiento por planta, el peso seco de las raíces por 1.000 cm³ de suelo aumentaba, lo que se explica por la mayor densidad.

Las plantas que crecieron con un espaciamiento de 300 cm², el más alto del ensayo, lograron las dimensiones mayores en todas las variables de estado aéreas. Por este motivo es de suponer que serían las de mejor potencial de crecimiento al ser plantadas.

CONCLUSIONES

El ensayo de utilización del sitio en función de distintos niveles de luminosidad y espaciamiento para raulí, realizado en el vivero Quelén-Quelén (Arauco), permite concluir para una temporada de observación, lo siguiente:

- La utilización de sombreadero favorece el crecimiento de las plántulas.
- No se encontró interacción entre la luminosidad y el espaciamiento.
- Con niveles de luminosidad entre 43% y 60%, el crecimiento de las plántulas supera los valores alcanzados en las situaciones con luz completa y con un 37% de ésta.
- Bajo un 60% de luminosidad se obtuvieron los mayores crecimientos en diámetro y altura, alcanzando 4,4 mm y 34,5 cm, respectivamente.
- Bajo un 60% de luminosidad, en días despejados y con viento, las temperaturas del suelo a una profundidad de 10 a 15 cm fluctuaron entre 17°C y 19°C. Estas condiciones fueron características durante el período estival.
- Las temperaturas registradas durante el período estival sobre y bajo el nivel del suelo se pueden considerar como adecuadas para el desarrollo integral de la planta.
- El crecimiento en peso seco fue proporcional al aumento del espaciamiento por planta, llegando a su máximo con 300 cm².
- Todas las variables de estado de las plantas incrementaron sus valores al aumentar el espaciamiento, con excepción de la altura, cuyo desarrollo fue favorecido por una densidad más alta.
- Niveles cercanos al 60% de luminosidad y a 300 cm² de espaciamiento por individuo son recomendables para el desarrollo de plantas de raulí durante la primera temporada en vivero.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AGUILERA, L. Y FEHLANDT, A. (1981): Desarrollo inicial de *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst., *Nothofagus alpina* (Mirb.) Bl., y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Bl. bajo tres grados de sombra. Tesis: Universidad Austral de Chile, Fac. de Ingeniería Forestal. 101 pp.
2. BOURKE, M. y GROSSE, H. (1987): Fertilización de raulí en vivero. Ciencia e Investigación Forestal. INFOR - CHILE. Vol. 1, N° 2 : 21-30.
3. BURSCHEL, P., HUSS, J. (1964): Die Reaktion von Buchensämlingen auf Beschattung; Forstarchiv, Bd. 35, S. 225-233.
4. BURSCHEL, P., HUSS, J. y KALBHENN, R. (1964): Die natürliche Verjüngung der Buche; Schriftenreihe der Forstl. Fakultät d. Univ. Göttingen. 186 pp.
5. ESPINOZA, M. (1972): Alcances sobre las condiciones de luz como factor importante en la regeneración natural del bosque tipo raulí *Nothofagus alpina* Poepp. et ENDL, KRASSER) y coigüe (*Nothofagus dombeyi* MIRB - OERST). Tesis de grado. Univ. Austral de Chile. Fac. de Ing. For. 76 pp.
6. GROSSE, H. (1983): Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes - Ergebnisse eines Forschungsprojektes in den ostbayerischen Kalkalpen. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt. München 55: 203 pp.
7. GROSSE, H. y BOURKE, M. (1987): La regeneración de raulí. INFOR-CORFO. Santiago - Chile. 84 pp.
8. HUSS, J. y STEPHANIE, A. (1978) : Lassen sich angekommene Buchennaturverjüngungen durch frühzeitige Auflichtung, durch Düngung oder Unkrautbekämpfung rascher aus der Gefahrenzone Bringen; Allg. Forst-u. Jagdztg; Bd. 149, S. 133-145.
9. MULLER - USING, B. (1973): Untersuchungen über die Verjüngung von *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst. und ihrer wichtigsten Begleitbaumarten in den chilenischen Anden - und Küstenkordillere. Diss. Univ. München. 229 pp.
10. ROSENFELD, J. M. (1972): Desarrollo de la regeneración de raulí *Nothofagus alpina* y coigüe *Nothofagus dombeyi* bajo diferentes grados de luminosidad. Tesis de Grado. Univ. Austral de Chile Fac. de Ing. For. 63 pp.
11. SCHMALTZ, J. (1964): Untersuchungen über den Einfluss von Beschattung und Konkurrenz auf junge Buchen. Diss. Univ. Göttingen. 114 pp.
12. SUNER, A. y ROHRIG, E. (1980): Die Entwicklung der Buchernaturverjüngung in Abhängigkeit von Auflichtung des Altbestandes. Hannover: Forstarchiv, Bd. 51, S. 145-149 pp.

MÉTODOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE *Eucalyptus camaldulensis* Y *Quillaja saponaria* EN LA ZONA ÁRIDA DE CHILE

Johannes Wrann H. (*)

Pedro Infante L. (**)

RESUMEN

En la zona árida de Chile, en la provincia de Choapa, IV Región, con unos 215 mm de precipitación anual, se probaron tres tratamientos de preparación de suelo, con y sin aplicación de fertilización y control de malezas, con el fin de determinar su efecto en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria*.

Los resultados indican que el factor individual más importante es el control de la vegetación competitiva, que permite asegurar la supervivencia y crecimiento inicial de las plantaciones.

La fertilización afecta positivamente el desarrollo de las plantas, si se aplica en conjunto con el herbicida. Al no combinar ambas aplicaciones baja la sobrevivencia de las plantas por un mayor desarrollo de la competencia.

Los mejores resultados se obtuvieron al combinar la preparación del suelo con subsolado y la aplicación de fertilizante (NPK) con control de la vegetación competitiva, lográndose resultados altamente satisfactorios, en consideración a las características de la zona de estudio.

ABSTRACT

*Soil preparation treatments, weed control and fertilization practices in a *Eucalyptus camaldulensis* and *Quillaja saponaria* plantation were tested.*

The field trial is located in Chile's arid region with 215 mm annual rainfall.

Weed control is the most important factor to assure high survival and first growth of the plantation.

Growth is positively influenced with fertilizing together with a weed control, otherwise a negative survival effect is caused.

Best results are achieved with intensive establishment practices, combining ripping, fertilizing and weed control. In consideration of the environmental conditions, highly satisfactory results have been achieved.

(*) : Ingeniero Forestal. División Silvicultura. Instituto Forestal. Huérfanos 554 - Piso 4. Santiago Chile.

(**) : Ingeniero Forestal. Consultora de Ingeniería Forestal Ltda. Santiago - Chile

INTRODUCCION

La zona centro norte del país presenta serias limitantes para el establecimiento de plantaciones forestales. Esto se debe a las escasas precipitaciones, el largo período de sequía en el año y a los suelos con fertilidad limitada y con algún grado de erosión. Por esta razón, se considera de interés ensayar técnicas de establecimiento tales, que permitan obtener una respuesta favorable en la supervivencia y crecimiento inicial, para las especies forestales consideradas como aptas para la región.

Basado en experiencias sobre técnicas de establecimiento con especies de rápido crecimiento (BODEN, 1984; CROMER, R.N., 1984; BACKSTROM, 1981, SCHONAU et al 1981; SCHONAU, 1984) y considerando las especies seleccionadas a través del proyecto "Introducción de Especies Forestales" de INFOR (CORFO - INFOR, 1986), se instalaron 11 ensayos de métodos de plantación dentro del período 1984-87 en la zona árida y semiárida del país. La primera de estas experiencias fue establecida y analizada por PRADO y ROJAS (1987), obteniéndose resultados muy alentadores. Dicho ensayo considera distintos tratamientos al suelo, reducción de competencia y fertilización en una plantación de *Eucalyptus globulus* establecida en 1984 en la zona central del país. A la edad de 2 años se estimó una biomasa diez veces superior en el tratamiento más intenso, con respecto al sistema de plantación tradicional (hoyo).

El objetivo del ensayo que aquí se describe es analizar el crecimiento inicial de *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria* en la zona árida del país (interior de la IV Región), según diferentes métodos de plantación: preparación del suelo, control de competencia por eliminación de malezas y aplicación de fertilizantes.

MATERIAL Y METODO

Descripción del lugar de ensayo

El ensayo se ubica en la IV Región, comuna de Illapel a aproximadamente 10 Km al S.W. de la ciudad del mismo nombre, en el predio "Bellavista", con acceso por el camino antiguo Illapel - Los Vilos. El ensayo está ubicado en un terreno de aptitud ganadero-forestal con una pendiente de hasta un 20% y exposición predominante N.E. El suelo es de origen granítico con una profundidad de 60-80 cm sobre el material generador. La textura del horizonte superior es franco arcillo arenosa. El contenido de materia orgánica es bajo, pero la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio y boro no restringen el crecimiento de las plantas. N-P-K-B horizonte superior = 13 - 17 - 382 - 0,93 ppm respectivamente (TORO, J., 1986). La textura y la densidad aparente (1,35 - 1,40 g/cm³ en el horizonte superior) y un pH de 7,2 - 7,5 son adecuados para el crecimiento de algunas especies de *Eucalyptus* (TORO, J., 1986).

El clima corresponde al tipo de Estepa con Gran Sequedad Atmosférica "BST" según Köppen (FUENZALIDA, H., 1967) o al tipo Mediterráneo Árido según Emberger (DI CASTRI y HAJEK, 1976). Se caracteriza por una precipitación invernal que en promedio alcanza 215 mm anuales y un largo período seco, de 8 a 11 meses por año.

La vegetación natural existente en el área es la estepa de *Acacia caven*. En el lugar de ensayo el estrato arbustivo bajo está dominado por *Gutierrezia paniculata* ("Pichanilla").

Tratamientos y Diseño Experimental

El ensayo se estableció en el invierno de 1985. Las plantas fueron producidas en macetas (siembra en primavera 1984) en el vivero de INFOR en Santiago para la especie *Quillaja saponaria* y en el vivero de CONAF - Melipilla para la especie *Eucalyptus camaldulensis*. Esto significa que las plantas tuvieron que transportarse 280 Km ó 347 Km según procedían del vivero de Santiago o de Melipilla respectivamente.

Como protección contra animales herbívoros, se colocó a cada planta una barrera de lata con agujeros de aproximadamente 2,5 cm. de diámetro (desecho de la fabricación de tapas de botellas). Su altura es de aprox. 50 cm.

Debido a la sequía del año 1985 hubo una alta mortalidad de plantas en ambas especies, que alcanzó a un 28,6% en *Quillaja saponaria* y un 32,2% en *Eucalyptus camaldulensis*. Por este motivo se efectuó un replante en Junio de 1986.

La plantación se regó en las siguientes fechas : Julio 1985 (inmediatamente después de la plantación); Septiembre 1985; Enero 1986; Febrero 1986; Noviembre 1986 y Enero 1987. La cantidad de agua suministrada por planta fue de 2 l en el primer riego y de 4 l en cada uno de los restantes.

En el verano del primer año se observaron cortes de ápices producidos por liebres en las plantas de Eucalypto. Por tal motivo se aplicó un repelente (Pomarsol F - Bayer i.a. Thiuram TMTD 80%) en solución con agua al 12,5% conc. y se aplicó en una línea alrededor de cada bloque. Se efectuaron tres aplicaciones distribuidas entre el verano 1986 y el de 1987.

Los tratamientos del ensayo se hicieron según un diseño factorial 3 x 2 x 2, con tres repeticiones, que combinan los siguientes factores :

A. Preparación de Suelo

- 0 : Hoyo
- 1 : Surco
- 2 : Subsolado

B. Fertilización

- 0 : Testigo (sin aplicación)
- 1 : 170 g NPK por planta

C. Control de Competencia

- 0 : Testigo (sin control)
- 1 : Limpia manual

De la combinación de estos factores resultan los siguientes tratamientos :

- T₁: Hoyo de 30 cm x 30 cm x 30 cm hecho con chuzo o picota y pala, que representa el tratamiento menos intensivo del suelo y que ha sido el método tradicionalmente aplicado en Chile para la plantación en esta región.
- T₂: Hoyo - Fertilizante. El tratamiento anterior, pero con aplicación de fertilizante un par de semanas después de la plantación.
- T₃: Hoyo - Control competencia. El tratamiento T₁ con control de la competencia mediante limpia manual.
- T₄: Hoyo - Fertilizante - Control competencia. La combinación de los tres anteriores.

- T₅: Surco hecho con arado liviano tirado por tractor, que es el otro método normalmente empleado en la región árida - semiárida para establecer plantaciones forestales.
- T₆: Surco - Fertilizante
- T₇: Surco - Control competencia
- T₈: Surco - Fertilizante - Control competencia
- T₉: Subsolado a 40 cm de profundidad, hecho con arado subsolador tirado por un tractor agrícola.
- T₁₀: Subsolado - Fertilizante
- T₁₁: Subsolado - Control competencia
- T₁₂: Subsolado - Fertilizante - Control competencia

Estos 12 tratamientos (repeticiones) fueron distribuidos en bloques ubicados en forma perpendicular a la pendiente para eliminar las variaciones que éstas produce.

Debido a la configuración topográfica del terreno, uno de los bloques de cada especie quedó expuesto al viento S.W. predominante, siendo para *Quillaja saponaria* la ubicación más desfavorable. Por esta causa se produjo una mortalidad importante, lo que obligó a proteger las plantas después del replante al año siguiente. Esta protección consistió en una pequeña barrera de la altura de la planta, con ramas de arbusto del lugar, afirmadas con alambre dispuesto entre dos estaquillas.

La fertilización se realizó dos a cuatro semanas después de la plantación a fines de invierno. A cada planta se aplicó 210 g de fertilizante : 50 g de superfosfato triple (20,1% P); 50 g de sulfato de potasio (50% K) y 110 g de urea (46% N). La mezcla se distribuyó en dos pequeñas zanjas hechas a ambos lados de la planta a unos 20 cm de éstas en el mismo sentido de la pendiente.

Al año siguiente en la misma época se realizó una aplicación idéntica de fertilizante.

Es necesario aclarar que este ensayo no tenía como objetivo recomendar una tasa óptima de fertilización, sino evaluar el crecimiento de la especie con un suplemento de nutrientes.

El control de la competencia se realizó en la misma época de la aplicación del fertilizante. Consistió en la limpia manual de la maleza en un radio de aprox. 1 m alrededor de la planta. Esta se repitió en la misma época al año siguiente (1986).

La unidad muestral es una parcela de 25 plantas con un distanciamiento de 3 m x 3 m. El número de repeticiones es de 3.

La medición de la supervivencia, altura total de la planta (con regla) y el diámetro en el cuello de la planta o diámetro basal (con piedemetro) se realizó en Abril de 1987, a la edad de 2 años.

Metodología de Análisis

El análisis de los resultados de adaptación para ambas especies se realizó en base a la supervivencia (con y sin replante) a la altura, diámetro en la base del tallo (diámetro basal) y al "índice de crecimiento total", que es un estimador de la biomasa. Corresponde al diámetro basal promedio al cuadrado por la altura promedio de cada parcela ($DB2 \times H$) a la edad de dos años.

Los valores promedios de los factores y de los tratamientos se sometieron a un análisis de varianza factorial, con el fin de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre bloques y tratamientos, y la interacción de éstos.

En consideración a que un replante puede ser necesario en esta región y para contrarrestar

las pérdidas en las parcelas expuestas al viento, se analizó la supervivencia y el crecimiento incluyendo el replante.

Con el objeto de evaluar además el efecto de un año seco (1985) en la plantación, también se analizó la supervivencia sin incluir el replante.

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos a la edad de dos años de *Eucalyptus camaldulensis* y Quillaja saponaria se presenta en los Cuadros 1 y 2 respectivamente. En éstos se entregan los valores medios de las variables empleadas para el análisis de cada uno de los tratamientos. En la supervivencia se anotan los valores con y sin replante al primer año.

CUADRO 1

RESUMEN RESULTADOS AL 2º AÑO DESPUES DE LA PLANTACION ESPECIE: *Eucalyptus camaldulensis*.

Factor A Preparación del Suelo	Factores B y C Fertilizante- Herbicida	Tratamiento	SUPERVIVENCIA %		Alt. Promedio (H) (m) (1)	Diam. en la Base Promedio (DB) (cm) (1)	Indice de Crecimiento Promedio. DB ² H (cm ³)(1)
			Sin Replante	Con Replante			
A ₀ Hoyo	B ₀ C ₀ : Testigo B ₁ C ₀ : Fertilizante B ₀ C ₁ : Herbicida B ₁ C ₁ : Fert - Herb	1) Ho	43	56	0,54	0,8	35,41
		2) Ho Fe	7	17	0,52	0,9	57,62
		3) Ho He	76	97	0,74	1,2	109,12
		4) Ho Fe He	57	87	0,83	1,3	175,88
		TOTAL A₀		46	64	0,66	1,0
A ₁ Surco	B ₀ C ₀ : Testigo B ₁ C ₀ : Fertilizante B ₀ C ₁ : Herbicida B ₁ C ₁ : Fert - Herb	5) Su	41	56	0,54	0,8	41,76
		6) Su Fe	31	59	0,59	0,8	41,67
		7) Su He	51	96	0,66	1,0	70,49
		8) Su Fe He	65	97	0,89	1,5	230,99
		TOTAL A₁		47	77	0,67	1,0
A ₂ Subsolado	B ₀ C ₀ : Testigo B ₁ C ₀ : Fertilizante B ₀ C ₁ : Herbicida B ₁ C ₁ : Fert - Herb	9) Sb	40	73	0,60	0,9	49,37
		10) Sb Fe	40	55	0,58	0,9	51,75
		11) Sb He	61	97	0,73	1,2	104,10
		12) Sb Fe He	76	100	0,94	1,7	340,53
		TOTAL A₂		54	81	0,71	1,2
TOTALES FACTORES B y C (Todos los métodos de prep. de suelo)	B ₀ C ₀ : Testigo B ₁ C ₀ : Fertilizante B ₀ C ₁ : Herbicida B ₁ C ₁ : Fert - Herb	1 - 5 - 9	41	62	0,56	0,8	42,18
		2 - 6 - 10	26	44	0,56	0,9	50,38
		3 - 7 - 11	63	97	0,71	1,1	94,57
		4 - 8 - 12	66	95	0,89	1,5	249,13

NOTA (1): Se incluye replante al primer año./ Ho: Hoyo; Su: Surco; Sb: Subsolado; Fe: fertilizante; He: herbicida.

Además se presentan los valores totales de los niveles de cada factor. Por ejemplo, "Total A₀", representa los promedios del tratamiento de suelo A₀ (Hoyo), cualquiera sea el nivel de los factores B y C. Estos resultados se presentan en forma gráfica en las Figuras 1-2-5-7 para la especie *Eucalyptus camaldulensis* y figuras 3-4-6-8 para *Quillaja saponaria*.

Los niveles de significancia para los distintos factores y su interacción se indican en los Cuadros 3 y 4 para *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria*, respectivamente. Las diferencias significativas entre los bloques, tratamientos e interacciones entre éstos, se establecieron mediante análisis de varianza factorial de las variables supervivencia (con y sin replante), altura, diámetro basal e índice de crecimiento medio.

CUADRO 2
**RESUMEN RESULTADOS AL 2º AÑO DESPUES DE LA PLANTACION
ESPECIE: *Quillaja saponaria***

Factor A Preparación del Suelo	Factores B y C Fertilizante- Herbicida	Tratamiento	SUPERVIVENCIA %		Alt. Promedio (H) (m) (1)	Diam. en la Base Promedio (DB) (cm) (1)	Índice de Crecimiento Promedio. DB ² H (cm ³)(1)
			Sin Replante	Con Replante			
A ₀ Hoyo	B ₀ C ₀ : Testigo	1) Ho	51	59	0.27	0.4	6.66
	B ₁ C ₀ : Fertilizante	2) Ho Fe	64	65	0.34	0.5	9.37
	B ₀ C ₁ : Herbicida	3) Ho He	99	100	0.49	0.8	35.51
	B ₁ C ₁ : Fert - Herb	4) Ho Fe He	93	100	0.60	0.8	54.86
TOTAL A₀			77	81	0.42	0.6	26.60
A ₁ Surco	B ₀ C ₀ : Testigo	5) Su	45	63	0.29	0.5	9.73
	B ₁ C ₀ : Fertilizante	6) Su Fe	55	63	0.32	0.6	12.50
	B ₀ C ₁ : Herbicida	7) Su He	60	93	0.40	0.7	25.63
	B ₁ C ₁ : Fert - Herb	8) Su Fe He	81	95	0.40	0.6	19.94
TOTAL A₁			60	78	0.35	0.6	16.95
A ₂ Subsolado	B ₀ C ₀ : Testigo	9) Sb	52	80	0.27	0.5	6.92
	B ₁ C ₀ : Fertilizante	10) Sb Fe	36	37	0.28	0.6	9.40
	B ₀ C ₁ : Herbicida	11) Sb He	85	99	0.40	0.8	30.16
	B ₁ C ₁ : Fert - Herb	12) Sb Fe He	81	95	0.56	0.9	64.13
TOTAL A₂			63	78	0.38	0.7	27.63
TOTALES FACTORES B y C							
(Todos los métodos de prep. de suelo)	B ₀ C ₀ : Testigo	1 - 5 - 9	49	67	0.28	0.5	7.77
	B ₁ C ₀ : Fertilizante	2 - 6 - 10	52	55	0.31	0.6	10.42
	B ₀ C ₁ : Herbicida	3 - 7 - 11	81	97	0.43	0.8	30.43
	B ₁ C ₁ : Fert - Herb	4 - 8 - 12	85	97	0.52	0.8	46.31

NOTA (I): Se incluye replante al primer año. / Ho: Hoyo; Su: Surco; Sb: Subsolado; Fe: Fertilizante; He: Herbicida.

CUADRO 3

NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS DISTINTOS FACTORES Y SU INTERACCIÓN PARA LA PLANTACION EXPERIMENTAL DE *Eucalyptus camaldulensis* (EDAD 2 AÑOS)

Factor	Supervivencia		Altura (1)	Diámetro Basal (1)	Índice de Crecimiento (1)
	Sin replante	Con replante			
Bloques *	**	-	*	**	*
A = Preparación del suelo	-	*	-	-	-
B = Fertilizante	-	-	*	*	*
C = Control de competencia	**	**	**	**	**
A.B	*	-	-	-	-
A.C	-	-	-	-	-
B.C	-	-	*	*	*
A.B.C	-	-	-	-	-

NOTA (1): Con replante; (*) Significativo al 95% prob.; (**) Significativo al 95% y 99% prob.

CUADRO 4

NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS DISTINTOS FACTORES Y SU INTERACCIÓN PARA LA PLANTACION EXPERIMENTAL DE *Quillaja saponaria* (EDAD 2 AÑOS).

Factor	Supervivencia		Altura (1)	Diámetro Basal (1)	Índice de Crecimiento (1)
	Sin replante	Con replante			
Bloques	**	**	**	**	**
A = Preparación del suelo	**	-	-	-	-
B = Fertilizante	-	-	*	-	-
C = Control de competencia	**	**	**	**	**
A.B	-	-	-	-	-
A.C	*	-	-	-	-
B.C	**	**	-	-	-
A.B.C	-	-	-	-	-

NOTA (1): Con replante; (*) Significativo al 95% prob.; (**) Significativo al 95% y 99% prob.

FIGURA 1
SUPERVIVENCIA
E. camaldulensis (2 años)

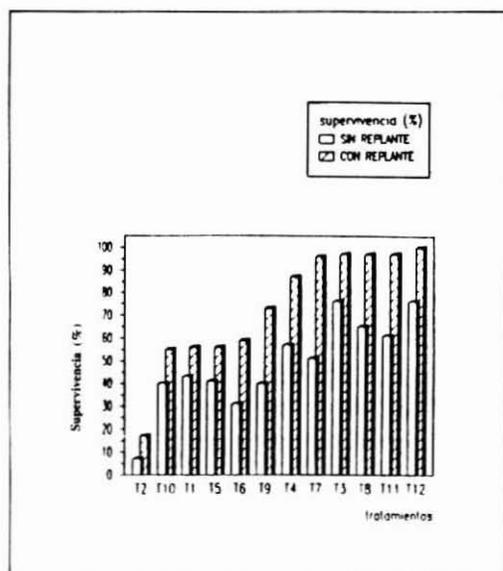


FIGURA 2
CRECIMIENTO
E. camaldulensis (2 años)

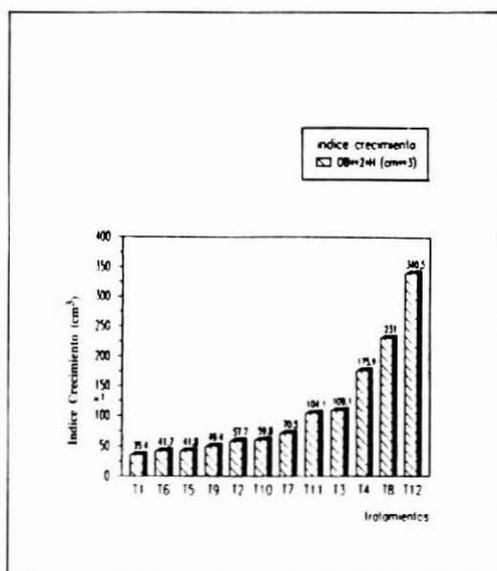


FIGURA 3
SUPERVIVENCIA
Q. saponaria (2 años)

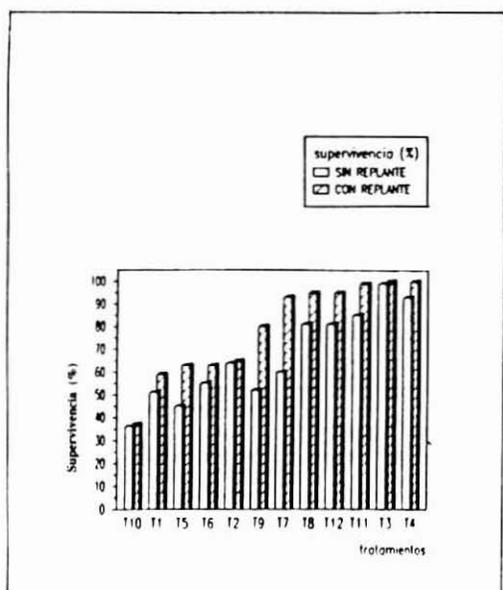
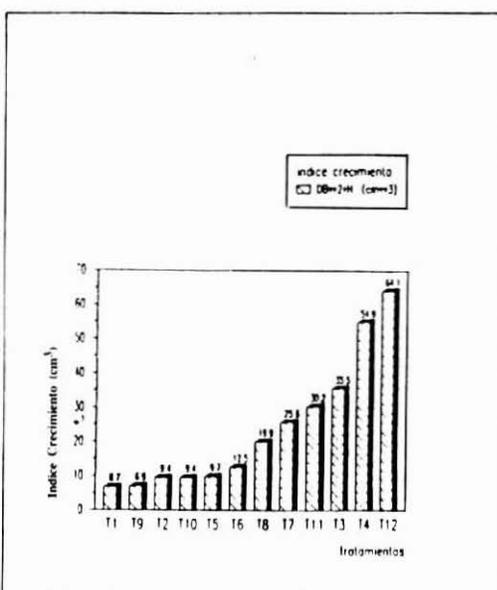


FIGURA 4
CRECIMIENTO
Q. saponaria (2 años)



El factor aislado más importante en la respuesta de la supervivencia y el crecimiento es el control de competencia (Cuadros 3 y 4) o control de malezas. El otro factor de mayor importancia es el sitio (bloques). La diferencia de supervivencia y crecimiento entre los bloques se debe al crecimiento menor de las plantas en el bloque expuesto al viento S.W.

Es interesante destacar que gracias al replante del primer año con *Eucalyptus camaldulensis*, este último factor pudo neutralizarse. En menor grado influyeron la fertilización y la interacción fertilizante - control de competencia.

Es importante destacar que la fertilización por sí sola presenta un efecto negativo en el crecimiento y la supervivencia, puesto que los nutrientes son aprovechados por la vegetación competidora. Es así como la interacción de los tratamientos fertilizante - control de competencia, presentaron bondades significativas en el crecimiento de *Eucalyptus camaldulensis* y en supervivencia de *Quillaja saponaria*.

La preparación de suelo presenta una baja significación. Sin embargo, al combinar el tratamiento subsolado con aplicación de fertilizante y control de competencia se obtuvo el mejor resultado en crecimiento. (Figuras 5 y 6).

DISCUSION

Dos años después del establecimiento de estas plantaciones se pueden observar resultados interesantes para ambas especies, a pesar del replante que fue necesario efectuar al cumplirse el primer año. Como se anotó anteriormente, los resultados en general se vieron afectados por la sequía del año de plantación (1985) y el viento que afectó a algunas parcelas. Se analizan a continuación los efectos de cada uno de los factores en la supervivencia y el crecimiento inicial de las plantas.

Preparación del Suelo

En ambas especies ensayadas, la supervivencia mejoró con la preparación del suelo con subsolado (Cuadros 1, 2). Este hecho es de importancia, en consideración a las dificultades de la plantación en las zonas áridas.

El crecimiento inicial no mejoró con las diferentes intensidades de preparación del suelo sin considerar los otros factores. De acuerdo a experiencias con especies de rápido crecimiento, una preparación intensiva del suelo representa una ganancia significativa en crecimiento y por lo tanto en ingresos (SCHONAU, 1984 a; BODEN, 1984). Se espera que la respuesta se manifieste dentro de los próximos años. (BODEN, D.I. 1984) en una experiencia con *Acacia mearnsii* y *Eucalyptus grandis* determinó que las plantas presentan una respuesta extraordinariamente favorable al subsolado, especialmente si además se fertiliza. Esto también se observó en el presente estudio para *Quillaja saponaria* y *Eucalyptus camaldulensis*, donde la aplicación de herbicidas y fertilizantes tiene el mejor resultado en las parcelas preparadas con subsolado.

FIGURA 5
CRECIMIENTO *E. camaldulensis*
SEGUN TRATAMIENTO SUELO
(2 años)

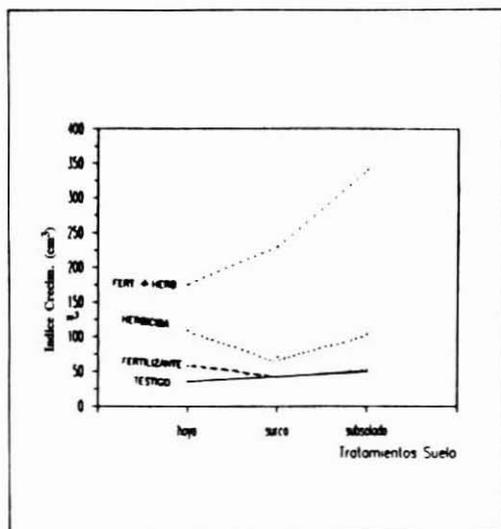


FIGURA 6
CRECIMIENTO *Q. saponaria*
SEGUN TRATAMIENTO SUELO
(2 años)

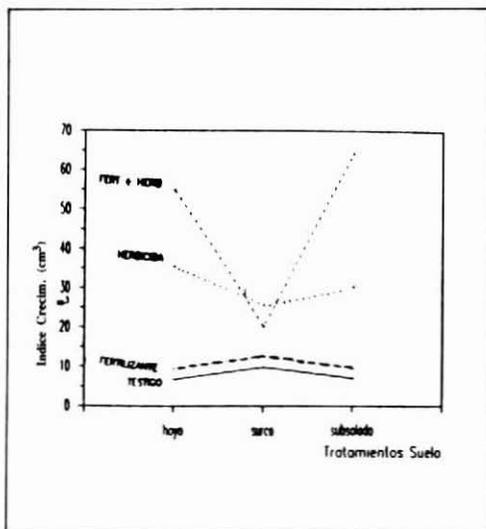


FIGURA 7
CRECIMIENTO *E. camaldulensis*
PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS
(2 años)

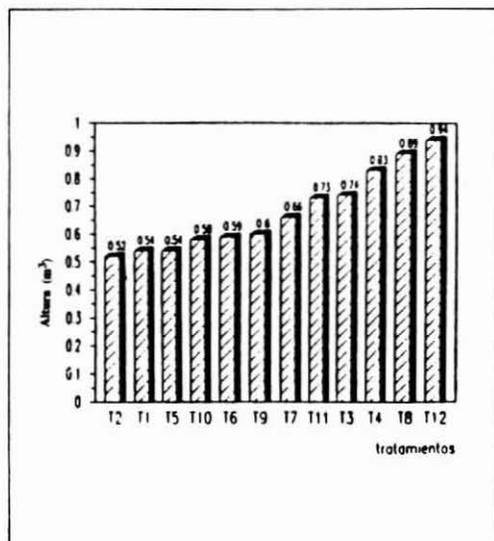
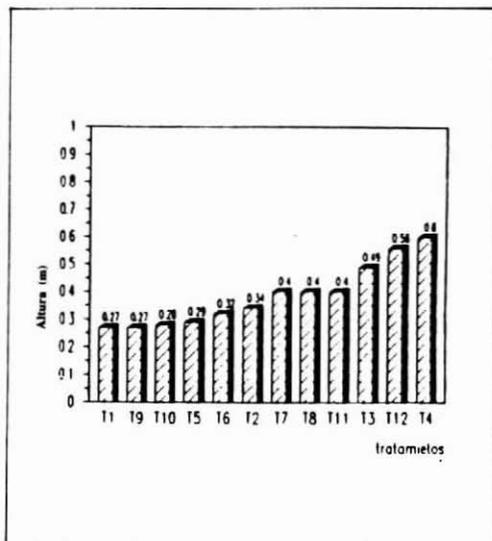


FIGURA 8
CRECIMIENTO *Q. saponaria*
PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS
(2 años)



Control de Competencia

El control de competencia resultó ser el factor de mayor importancia en el establecimiento de ambas especies, permitiendo una supervivencia significativamente mayor, incluyendo o no un replante. También en el crecimiento inicial, el factor que más gravita en el éxito del establecimiento es el control de competencia.

El control de competencia ha sido una práctica poco usual en el establecimiento de plantaciones forestales en la zona árida o semiárida.

Los resultados de este ensayo y de otro en la zona central (PRADO y ROJAS, 1987) están demostrando que es importante su incorporación. SCHONAU (1984 a) destaca la importancia de usar herbicidas en el establecimiento de *Eucalyptus grandis*, como una alternativa en suelos cuya pendiente no permite una preparación intensiva de suelo. En experiencias en la zona semiárida de Chile, se determinó que una buena práctica es el control manual (raspado del suelo en círculos de 1 m alrededor de la planta). Este resultó comparable con la aplicación de herbicidas, tomando como base un ensayo con 16 productos y/o dosis diferentes (AGUIRRE, S., 1987).

Fertilización

La fertilización por sí sola no tiene un efecto beneficioso en el establecimiento de la plantación. Se puede observar que, independientemente de la preparación del suelo, las parcelas fertilizadas presentan la menor sobrevivencia. Esto se debe al aprovechamiento que hace la vegetación competidora del fertilizante y del agua del suelo circundante. El crecimiento inicial tampoco se ve favorecido aplicando el fertilizante; en cambio, se produce una respuesta muy favorable cuando se hace además un control de la maleza y una buena preparación de suelo.

Es interesante hacer resaltar la importancia de la fertilización adecuada. Trabajos en el extranjero con *Eucalyptus globulus* mostraron aumentos de producción de 80 m³/ha al término de la rotación, agregando NPK (VIEIRA DE BRITO, 1979, y CROMER and WILLIAMS, 1982, citado en SCHONAU 1984 b). En dichas experiencias la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) aplicado por hectárea fue de 200 - 300; 52 - 90; cero a 149 Kg, respectivamente. En esta experiencia de Illapel, considerando un espaciamiento de la plantación de 3 m x 3 m, la cantidad de NPK aplicado por ha es de 112 Kg, 22 Kg y 55 Kg, respectivamente. Debido a que en el lugar de este ensayo no existen deficiencias de estos nutrientes (TORO, J., 1986), se puede esperar que la respuesta en términos absolutos sea significativa (SCHONAU, 1984 b). Por otra parte, la fertilización abre posibilidades de incorporar terrenos marginales con deficiencias de nutrientes, al uso forestal.

Otros Factores

Este ensayo demostró la importancia que tiene la elección del lugar a plantar. Como se mencionó anteriormente, un bloque del ensayo de *E. camaldulensis* y de *Q. saponaria* quedaron expuestos al fuerte viento S.W., afectando notoriamente la supervivencia y el desarrollo inicial de esas plantas. Es por lo tanto del mayor interés elegir cuidadosamente los lugares a forestar en las zonas áridas, lo que significa en la práctica la imposibilidad de forestar paños completos, debiendo restringirse a lugares más protegidos que puedan conservar la escasa humedad de aquellas áreas.

Indudablemente el riego inicial y la cantidad de lluvias caídas por año tienen una enorme importancia en los resultados. El año seco (1985) significó pérdida en el primer año, así como el replante en invierno 1986 se benefició con la mayor precipitación caída en ese año.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con este ensayo permiten concluir lo siguiente:

- El control de la competencia es el factor más importante para asegurar la supervivencia y permitir un buen desarrollo inicial en el establecimiento de ambas especies estudiadas.
- La fertilización es recomendable, solamente si se acompaña con un control de malezas. De otra manera tiene un efecto negativo en la supervivencia, al favorecer la vegetación competidora.
- El mejor tratamiento es la combinación de preparación de suelo con subsolado, control de la maleza y aplicación de fertilizante.
- Los sectores muy expuestos a vientos fuertes, no son recomendables para la plantación con las especies ensayadas.

AGRADECIMIENTOS

Esta experiencia forma parte de las actividades desarrolladas en el proyecto "Regeneración Forestal", financiado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (CIID).

Este ensayo se basa en un diseño elaborado por el Sr. José A. Prado, Jefe de la División Silvicultura de INFOR.

Los autores agradecen la revisión crítica y recomendaciones realizadas por el Ing. Forestal de INFOR, Sr. Hans Grosse.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BACKSTROM. 1981. Site preparation and direct seeding in Swedish Forestry. In: Forest Regeneration. Proc. Symposium on Engineering Systems for Forest Regeneration. American Society of Agricultural Eng., Michigan, U.S.A. pp. 208 - 216.
2. BODEN, D. I. 1984. Early response to different methods of site preparation for three commercial species. In: Proc. IUFRO Symposium on site and productivity of fast growing plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp 565 - 578.
3. CORFO - INFOR (Corporación de Fomento de la Producción - Instituto Forestal). 1986: Especies Forestales Exóticas de Interés económico para Chile. CORFO, Gerencia de Desarrollo. AF 86/32, Santiago. 168 p.
4. CROMER, R.N. 1984. Site ameloration for fast growing plantations. CSIRO, Australia. In: Proc. IUFRO Symposium on Site and Productivity of fast growing plantations, May 1984, Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa. Vol. 1. pp 181 - 196.
5. DI CASTRI, F. y HAJEK, E.R. 1976. Bioclimatología de Chile. Santiago, Chile, Universidad Católica de Chile. 128 p.
6. FUENZALIDA, H. 1967. Climatología de Chile. En: Corporación de Fomento de la Producción: Geografía Económica de Chile. pp. 99- 152.
7. PRADO, J.A. y ROJAS, P. 1987. Preparación del sitio y fertilización en el establecimiento de plantaciones de Eucalyptus globulus en la zona semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal (1) 17 -27. INFOR, Santiago.
8. SCHONAU, A.P.G. y VERLOREN VAN THEMAAT, R. and BODEN, D. I. 1981. The importance of complete site preparation and fertilizing in the establishment of Eucalyptus grandis. S. Afr. For. J. 116: 1 - 10.
9. SCHONAU, A. P. G. 1984 a. Silvicultural considerations for high productivity of Eucalyptus grandis. Forest Ecology and Management, 9 (1984) 295 - 314.
10. SCHONAU, A. P. G. 1984 b. Fertilization of fast growing broadleaved species. In: Proc. IUFRO Symposium on site and productivity of fast growing plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa. pp. 253 -268.
11. TORO, J. 1986. Descripción de suelos e instalación de ensayos de fertilización en plantaciones de eucalyptus. Informe Final Instituto Forestal, Santiago, 18 p.

ANÁLISIS DE TÉCNICAS DE QUEMA EN LA ELIMINACIÓN DE DESECHOS DE EXPLOTACIONES DE PINO RADIATA(*)

Guillermo Julio A. (**)

RESUMEN

El estudio evalúa el comportamiento de los efectos del fuego aplicado para eliminar desechos de explotaciones a tala rasa en plantaciones de Pino Radiata.

Para tal propósito se efectuaron 24 quemas controladas, que incluyeron cuatro sitios diferentes tratados con las técnicas de encendido en retroceso, frontal y por los flancos en desechos dispersos, y con la técnica de retroceso en desechos ordenados en ruma.

Los resultados indicaron que el comportamiento del fuego, si bien en algunos casos alcanzó niveles críticos, es factible controlarlo si se consideran estrictamente las prescripciones establecidas en los planes de quema.

En la eliminación de desechos dispersos se constataron ventajas por parte de la técnica por los flancos con respecto a los otros dos tratamientos probados. Con este tipo de encendido las quemas se ejecutan con gran rapidez, son seguras, los niveles de intensidad calórica son moderados y demuestran ser altamente efectivos en la reducción de los residuos de la explotación.

ABSTRACT

The study evaluates fire behavior effects when burning clear cutting operations residues in radiata pine plantations.

With that purpose 24 controlled burnings were done in four different sites. In those sites different ignition techniques were used: backfire, headfire and flankfire with spreaded residues, and backfire with residues ordered in piles.

Results suggest that fire behavior, although in some cases reached critical levels, is controllable if burning prescriptions are strictly followed in burning plans.

When eliminating spreaded residues, advantages for the flankfire technique were appreciated, as compared with the other burning methods. With this kind of ignition, burnings are performed rapidly, safety and fire intensity levels are moderate and highly effective in logging residues reduction.

(*) Corresponde a una parte del proyecto "Efectos de los Diferentes métodos de utilización y Manejo de los residuos de explotación en los rendimientos de la Segunda rotación de Plantaciones de Pino Radiata", a cargo del Instituto Forestal.

(**) Ingeniero Forestal, Profesor del Instituto de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile.

ANTECEDENTES PRELIMINARES

El fuego ha representado, desde tiempos inmemoriales, una herramienta de gran utilidad en el cumplimiento de diversos fines en el manejo de recursos agrícolas y forestales.

Entre las diversas ventajas del uso del fuego cabe destacar su aplicación para la preparación de terrenos a forestar o reforestar, dada su gran efectividad en la eliminación de materiales vegetales. Al respecto es interesante señalar que en Chile, anualmente, son tratadas alrededor de 60.000 ha con quemas controladas con ese propósito (HALTENHOFF, 1987).

No obstante, la aplicación del fuego conlleva siempre un riesgo, ya sea en lo que respecta a la pérdida de la productividad del sitio o por la posibilidad que la quema se transforme en un incendio forestal. Sin embargo, este riesgo puede ser minimizado con un amplio margen de seguridad si se evalúa correctamente el sitio previamente a la operación, y si se toman todas las medidas necesarias para controlar su propagación y liberación calórica (BROWN y DAVIS, 1973; TORO, 1985; KUNZ et al., 1985; JULIO, 1986).

La planificación y ejecución de las quemas es una tarea que debe ser abordada con un criterio profesional. Es necesario concebir esta operación como un proceso riguroso, en el cual el análisis preliminar de las condiciones ambientales, el diseño de las medidas a aplicar, su ejecución con personal suficiente y capacitado, la adecuada disponibilidad de equipos y herramientas y, en general, las normas de seguridad, deben ser establecidas estrictamente de acuerdo a las recomendaciones técnicas en la materia, si es que efectivamente se desea que el balance final de los efectos positivos y negativos resulte netamente favorable (MARTIN y DELL, 1978; LUKE y Mc ARTHUR, 1977).

Por otra parte, el conjunto de variables que caracterizan al comportamiento del fuego (modelo y velocidad de propagación, tasa de combustión, liberación de energía, dinamismo de la columna de convección, etc.) debe ser pronosticado previamente a la ejecución de una quema, puesto que es determinante en la definición de la técnica de encendido y en las medidas de control que deben aplicarse, a objeto de asegurar el cumplimiento eficiente de los propósitos perseguidos.

El comportamiento del fuego depende de las características del terreno respectivo; es decir, de la topografía (pendiente, exposición y configuración), de las condiciones meteorológicas (especialmente la intensidad y dirección del viento) y de los materiales vegetales presentes (cantidad, continuidad y distribución).

Cada uno de los factores mencionados provoca efectos específicos en el fenómeno fuego y si ellos han sido evaluados correcta y oportunamente, es posible predecir con un alto grado de confiabilidad cómo se comportará el fuego en los momentos que la quema se ejecute.

Se ha comprobado, en innumerables ocasiones, la factibilidad de regular el efecto de los factores ambientales y, por lo tanto, la capacidad de manejar el comportamiento del fuego cuando sea necesario ejecutar una quema (MOBLEY et al., 1973; BROWN y DAVIS, 1973; MARTIN y DELL, 1978; VERGARA, 1983).

En relación a lo anterior, la forma de controlar los factores del comportamiento del fuego consiste esencialmente en lo siguiente:

- a) La vegetación, a través de un ordenamiento de los combustibles y sectorización del terreno puede ser regulada en lo que respecta a su efecto sobre la velocidad de propagación, dinamismo conveccional y concentración de la intensidad calórica. En el control de estos efectos, la técnica de encendido aplicada resulta fundamental.
- b) La topografía y el viento, que afectan principalmente la velocidad de propagación, la tasa de combustión y el dinamismo conveccional, pueden ser satisfactoriamente regula-

dos con la técnica de encendido, que contribuye, según se desee, a incrementar o reducir esos efectos.

- c) El tiempo atmosférico y la condición de la vegetación (contenido de humedad), que afectan principalmente a la tasa de combustión y, por consecuencia, a la velocidad de propagación, intensidad calórica y longitud de llamas, pueden ser reguladas con la oportunidad del encendido. Es decir, si se desea que el comportamiento del fuego alcance los menores niveles de conflictividad, se requerirá aplicar el encendido en los momentos que la temperatura y humedad relativa del aire y la condición de la vegetación sean propicias en tal sentido.

Los antecedentes recién expuestos fundamentan el objetivo del presente estudio, que esencialmente se refiere a la evaluación de técnicas de encendido en la aplicación de quemas controladas para la eliminación de desechos de explotaciones a tala rasa en plantaciones de Pino Radiata.

La técnica de encendido puede ser definida como la estrategia de aplicación del fuego en una quema. Expuesto en otras palabras, se puede señalar que corresponde a la secuencia y oportunidad de instalación de líneas de ignición en los diferentes sectores del terreno en tratamiento.

Dependiendo de las características del sitio y de los propósitos perseguidos en el uso del fuego, la técnica de encendido puede elegirse dentro de una amplia gama de posibilidades, con el fin de regular efectivamente el comportamiento en los términos deseables.

En la preparación de terrenos para la reforestación se emplean tradicionalmente dos técnicas de encendido: Retroceso y Frontal, las que se evalúan en el presente trabajo. Además, se incluye una tercera, conocida como Flancos, que está muy poco difundida en Chile, pero que es ampliamente utilizada en otros países por su efectividad en la eliminación de desechos leñosos y por su capacidad para regular los efectos del comportamiento del fuego.

MATERIAL Y METODO

Terrenos de Ensayo

Conforme a las pautas establecidas en el proyecto "Efectos de los diferentes métodos de utilización y manejo de los residuos de explotación en los rendimientos de segunda rotación de Pino Radiata" (INFOR, 1986), se seleccionaron los siguientes predios para la realización de los ensayos:

- Predio La Colcha, perteneciente a Forestal Arauco Ltda., ubicado en la comuna de Curanilahue, Provincia Arauco, con suelos de roca metamórfica como material de origen.
- Predio Meñir, perteneciente a Forestal Río Vergara S.A., ubicado en la comuna Nacimiento, Provincia Bío-Bío, con suelos graníticos.
- Predio Maquehua, perteneciente a Forestal Mininco S.A., ubicado en la Comuna Los Angeles, Provincia Bío-Bío, con suelos de arenas finas.
- Predio San Pedro, perteneciente a Bosques de Chile Ltda., ubicado en la Comuna Constitución, Provincia Talca, y con suelos de roca metamórfica.

En la realización del estudio se estipuló evaluar el comportamiento y efectos del fuego en los desechos de explotación dispuestos en dos formas diferentes: ordenados en rumas y sin ordenamiento (dispersos). Además se estableció probar tres técnicas distintas de encendido por predio a tratar con los desechos dispersos y una sola técnica de encendido, con tres repeticiones por predio, para los desechos ordenados en rumas.

CUADRO 1
ANTECEDENTES DE LAS PARCELAS DE ENSAYO PARA
LOS TRATAMIENTOS CON QUEMAS

Predio	Parcela N°	Tipo	Superficie (has)	Pendiente (%)	Exposición
La Colcha	EFA 2	Disperso	6,20	15	NO
	EFA 3	Disperso	4,50	14	NO
	EFA 4	Disperso	4,96	24	NO
	EFA R-1	Rumas	0,25	5	NO
	EFA R-2	Rumas	0,25	3	NO
	EFA R-3	Rumas	0,25	5	NO
Meñir	FVA 4A	Disperso	0,95	34	NE
	FVA 4B	Disperso	2,05	25	N
	FVA 5	Disperso	3,74	24	NE
	FVA R-1	Rumas	0,25	30	NE
	FVA R-2	Rumas	0,25	30	NE
	FVA R-3	Rumas	0,25	25	NE
Maquehua	FMC 2	Disperso	1,66	0	-
	FMC 3	Disperso	2,04	0	-
	FMC 4	Disperso	2,61	0	-
	FMC R-1	Rumas	0,25	0	-
	FMC R-2	Rumas	0,25	0	-
	FMC R-3	Rumas	0,25	0	-
San Pedro	BCH 2	Disperso	1,17	31	SO
	BCH 3	Disperso	1,71	23	O
	BCH 4	Disperso	3,83	23	O
	BCH R-1	Rumas	0,25	40	SO
	BCH R-2	Rumas	0,25	15	SO
	BCH R-3	Rumas	0,25	20	SO

En resumen, el estudio consideró la aplicación de 24 quemas controladas, 12 de las cuales se efectuaron en desechos dispersos (en parcelas de forma y extensión variable) y otras 12 en materiales ordenados en rumas (en parcelas cuadradas y de 0,25 ha de superficie).

Inventario de Desechos

Se aplicaron diferentes métodos en la inventariación de los desechos en las parcelas de estudio, dependiendo ello de la disposición de los combustibles.

Desechos sin ordenamiento

En el caso de los materiales sin ordenamiento o dispersos, se optó por la aplicación del método de los transectos lineales, descrito por BROWN (1974), por considerarse más adecuado en la evaluación de la carga de combustibles.

Debido a que con esta técnica sólo se mide el peso de los desechos existentes sobre el piso del bosque, fue necesario complementarla con una evaluación de la capa de material orgánico no incorporado al suelo mineral, de acuerdo a las recomendaciones dadas por BEAUFAIT et al. (1974) y WILLIAMS (1976).

Por otra parte, algunos de los coeficientes de las fórmulas propuestas por BROWN (1974), calculadas para especies coníferas del hemisferio norte (Pino ponderosa, Pino contorta y Pino oregón), fueron corregidos para el Pino Radiata, de acuerdo a los resultados del estudio desarrollado por NAVARRETE (1986).

Desechos ordenados en rumas

La técnica de inventario aplicada correspondió a una derivación del método australiano o por pesada, descrito por JULIO Y GIROS (1975), y que consistió en una recolección sistemática de muestras de residuos leñosos (cada ruma por medio y a una distancia de 10 metros desde el mismo extremo, en cada una de las parcelas).

La muestra consistió en el material extraído en un corte transversal total de la ruma, de una anchura de 50 a 70 cm. Este material fue pesado en el terreno y determinado posteriormente en laboratorio su contenido de humedad, a fin de conocer su peso al estado anhidro.

Simultáneamente a la recolección del material, fue medido el volumen del corte transversal, el que relacionado con el peso anhidro del combustible extraído permitió conocer la densidad del mismo y los respectivos valores promedios por parcela y predio. También, en la determinación de los volúmenes de los cortes transversales se obtuvieron los antecedentes necesarios para establecer una función que relaciona la altura y anchos de las rumas con los volúmenes de ellas.

El inventario se completó con la medición de la longitud, altura y ancho de cada ruma, en todas las parcelas del estudio, antecedentes que permitieron determinar el volumen y pesos de los materiales contenidos, aprovechando las relaciones indicadas en el párrafo precedente.

Planes de Quema

El estudio consideró, en sus bases, que las quemas debían realizarse como operaciones normales de eliminación de desechos de explotación.

Por lo tanto, la preparación del terreno y la ejecución misma de la quema estuvieron a cargo siempre de la empresa propietaria del terreno de ensayo, apoyándose para tal efecto por el personal de las brigadas de combate de incendios forestales.

Al autor, por su parte, le correspondió definir la técnica de encendido a aplicar en cada caso, efectuar el análisis del comportamiento del fuego en el desarrollo de la operación y la

evaluación de los resultados, exclusivamente en lo referente al efecto en la reducción del material de desechos.

Concretamente, los planes de quema para cada parcela, y sus respectivas operaciones ejecutadas, fueron abordadas de la siguiente manera:

- Para la instalación de los cortafuegos, en algunos casos se aprovechó la red caminera existente y en otros fue necesario la construcción de cortafuegos especialmente para la operación. En estos últimos, las especificaciones fueron un ancho de 3 a 5 metros, con un raspado hasta el suelo mineral.
Debe señalarse que todas las parcelas quedaron, en todo su perímetro, aseguradas con una faja de control (camino o cortafuego). No se consideraron cortafuegos ni fajas interiores.
- Respecto a la técnica de encendido, las decisiones se basaron en la exposición, pendiente del terreno, la dirección del viento predominante y la forma y extensión de la parcela.
- La oportunidad del encendido se determinó considerando especialmente la condición de humedad de los desechos y la intensidad del viento. En principio se estableció iniciar todas las quemas entre el atardecer y la noche.
- Las personas, equipos y organización de las operaciones estuvieron a cargo de las empresas, de acuerdo a las normas establecidas por ellas mismas para la ejecución de quema. Por lo general, dada la importancia del estudio, se dispusieron medios más que suficientes para asegurar un buen control.

Medición del Comportamiento del Fuego

Carga de combustibles

Se determinó en base al peso del material de desechos al estado anhidro por unidad de superficie (Kg/m y Ton/ha), basándose en los resultados de los inventarios de combustibles.

Condición de los combustibles

Se determinó para cada ensayo, en los minutos previos al encendido. La condición del combustible se expresó en términos de porcentaje de contenido de humedad de los materiales de desechos, para lo cual se utilizó el método propuesto por Kollmann (1959), citado por PANSHIN y de ZEEUW, 1970), basado en las diferencias entre los pesos del material al estado húmedo y anhidro.

Estado atmosférico

En los momentos previos al encendido fueron medidas, en todos los casos, la velocidad y dirección del viento, la temperatura del aire y la humedad relativa del aire. También, en el transcurso de cada quema, periódicamente se controlaron la dirección e intensidad del viento.

Además, con el propósito de evaluar las condiciones ambientales en el momento del encendido, se recolectó la información meteorológica de los 30 días previos a la quema (temperaturas, humedad relativa, intensidades de viento y agua precipitada). Estos anteceden-

tes se obtuvieron de estaciones meteorológicas de las propias empresas, situadas todas ellas en las cercanías de las parcelas de ensayo.

Velocidad de propagación del fuego

Se determinó el tiempo transcurrido en el avance de los frentes de fuego entre estacas colocadas previamente y a distancias conocidas.

La velocidad de propagación se expresó en dos formas diferentes: m/seg y m/min, de acuerdo al uso posterior requerido de este antecedente.

Longitud de llamas

Se estimó periódicamente en forma visual, durante el transcurso de cada quema. Se determinaron, en base a esos datos, los valores promedios y máximos de cada ensayo.

Los valores promedios calculados en base a las observaciones de terreno comparadas con los valores calculados con la fórmula propuesta por Byram (ALBINI, 1974), que relaciona la longitud de la llama con la intensidad calórica lineal.

Intensidad calórica lineal

Para su cálculo se utilizó la fórmula de Byram, citada por BROWN y DAVIS (1974), que relaciona el poder calorífico del combustible, el peso del material combustible al estado anhidro por unidad de superficie y la velocidad de propagación lineal del frente de alcance del fuego.

Los antecedentes correspondientes al poder calorífico del material fueron obtenidos de los estudios efectuados por COVACEVICH (1979).

Dinamismo conveccional

Los antecedentes recolectados sobre el dinamismo conveccional se basaron exclusivamente en observaciones visuales, dada la imprevisión y variabilidad de este fenómeno y la imposibilidad de implementar mecanismos especiales de medición.

Inventario de combustibles consumidos

En cada parcela de combustible disperso se efectuó una sectorización, estableciendo unidades de superficie que fluctuaron en 0,1 y 0,2 ha. Posteriormente, en cada sector se llevó a cabo una evaluación visual de la cantidad promedio de material consumido, comparando la condición del terreno quemado con los antecedentes del inventario de combustibles efectuado previamente al tratamiento.

En las parcelas con el material apilado se aplicó un procedimiento similar al de las parcelas con desechos dispersos, con la única diferencia que los sectores, en este caso, estuvieron representados por los espacios cubiertos por las rumas, es decir, cada parcela tuvo tantos sectores como rumas existentes.

RESULTADOS Y DISCUSION

Carga de Combustibles

A través de los inventarios efectuados pudo determinarse el peso del material de desechos en las parcelas con combustibles dispersos y arrumados. Los antecedentes respectivos se exponen en los Cuadros 2 y 3.

CUADRO 2

INVENTARIO DE COMBUSTIBLES EN PARCELAS CON DESECHOS DISPERSOS
(Método Intersectos Lineales)

Parcela	N° Líneas Muestreo	Peso según Tipo de Partículas (ton/ha)					Peso Total (Ton/ha)
		Hojarasca	0-0,5 cm	0,6-2,5 cm	2,6-7,5 cm	> 7,5 cm	
EFA 4	12	11.716	1.223	6.890	7.152	18.610	45.641
EFA 3	12	16.110	2.154	8.873	6.146	17.086	50.369
EFA 2	11	22.494	2.132	10.529	11.175	34.816	81.146
FVA 4-A	6	16.957	1.369	8.969	12.238	8.291	47.824
FVA 4-B	9	8.139	0.979	7.450	9.998	8.139	33.432
FVA 5	12	7.631	1.121	6.783	9.588	8.140	33.263
FMC 2	5	4.648	3.406	13.663	14.554	20.395	56.666
FMC 3	10	13.247	2.762	8.311	10.424	27.175	61.919
FMC 4	5	6.507	3.234	13.049	8.260	14.334	45.384
BCH 2	10	11.504	1.488	8.713	11.899	46.645	80.249
BCH 3	10	12.012	2.683	7.112	4.917	20.359	47.083
BCH 4	10	25.740	2.256	6.925	6.884	16.889	58.694

CUADRO 3
INVENTARIO DE COMBUSTIBLES
EN PARCELAS CON DESECHOS ARRUMADOS

Parcela	Nº	Superficie	Dimensiones Rumas(m)		Densidad de	Carga del Com	Peso Total
	Rumas	Rumas (%)	Alto	Ancho	Rumas (kg/m ³)	(Kg/m ²)	Parcela (ton)
EFA R-1	8	41,6	0,70	2,98	39,352	18,308	19,176
EFA R-2	4	23,9	0,66	3,00	42,515	18,858	11,247
EFA R-3	9	39,5	0,48	2,21	33,095	10,689	10,637
FVA R-1	7	42,0	0,74	3,00	42,082	20,851	21,542
FVA R-2	8	60,7	0,62	4,54	22,760	9,488	14,216
FVA R-3	6	46,7	0,70	3,92	30,994	14,471	17,109
FMC R-1	4	27,6	0,84	3,57	37,032	20,706	14,227
FMC R-2	4	32,2	0,84	4,12	36,272	20,262	16,409
FMC R-3	5	35,3	1,02	4,40	35,058	23,852	22,594
BCH R-1	4	25,5	1,00	3,80	72,335	48,428	30,903
BCH R-2	6	36,0	0,81	3,00	94,992	50,001	47,995
BCH R-3	6	39,0	0,90	3,25	90,802	54,508	53,449

En las parcelas con desechos dispersos, al comparar los diferentes lugares de ensayo, se observan fluctuaciones importantes (de 33 a 81 tn/ha), que podrían atribuirse a variaciones en la calidad de sitio y el tipo de aprovechamiento de cada sector.

También se observa en el Cuadro 2, que en promedio para todas las parcelas de ensayo, la mayor proporción de peso de los materiales correspondían a las partículas gruesas (con una incidencia cercana al 40%), siguiendo en importancia la hojarasca, las partículas medias, las partículas finas y, en último término, las muy finas, con una muy baja participación (alrededor del 4%).

En el inventario de materiales arrumados se observa, de acuerdo a los antecedentes del Cuadro 3, una fuerte variación de los valores entre las parcelas, tanto entre los predios como entre las parcelas de los mismos predios. Las rumas se caracterizaron por ser muy heterogéneas en cuanto a su altura, ancho, alineaciones y continuidad. Lo mismo se comprobó respecto a la densidad de los desechos y a la carga de combustibles. Estas diferencias pueden ser explicadas por la modalidad de trabajo, en las empresas, en el ordenamiento de los desechos, en el aprovechamiento de los rodales.

Evaluación del Comportamiento del Fuego

Encendido en retroceso en desechos dispersos

De acuerdo a lo esperado, los resultados obtenidos indicaron un nivel mínimo de conflictividad del comportamiento del fuego, que se caracterizó por una velocidad de propaga-

ción sumamente lenta, una baja tasa de intensidad calórica, llamas de escasa longitud y un dinamismo conveccional incipiente.

CUADRO 4

PARAMETROS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN PARCELAS CON DESECHOS DISPERSOS TRATADOS CON LA TECNICA DE RETROCESO

Parcela	Velocidad Propagación (M/min)	Intensidad Calórica (Kcal/m/seg)	Longitud de Llamas (m)		
			Máxima	Promedio Real	Promedio Fórmula
EFA - 4	0,501	121,4	5,5	0,8	1,34
FVA - 4A	0,667	194,4	4,5	1,2	1,67
FMC - 2	0,475	170,5	4,0	0,9	1,56
BCH - 3	0,454	219,9	1,4	1,1	1,74
PROMEDIO	0,524	176,5	3,85	1,0	1,58

De los antecedentes expuestos se puede observar una gran similitud de valores entre los distintos sitios tratados. Como se indicó previamente, los parámetros del comportamiento reflejaron un bajo dinamismo convencional, lo que coincidió con las apreciaciones visuales en el terreno.

Encendido frontal en desechos dispersos

Los resultados con la aplicación de la técnica frontal se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 5

PARAMETROS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN PARCELAS CON DESECHOS DISPERSOS TRATADOS CON LA TECNICA FRONTAL

Parcela	Velocidad Propagación (M/min)	Intensidad Calórica (Kcal/m/seg)	Longitud de Llamas (m)		
			Máxima	Promedio Real	Promedio Fórmula
EFA - 3	9,253	3.242,2	10,0	2,6	6,08
FVA - 4B	2,690	473,9	5,5	1,6	2,51
FMC - 3	1,700	627,7	5,0	1,7	2,86
BCH - 4	3,322	1.540,3	7,5	2,5	4,31
PROMEDIO	4,241	1.471,0	7,0	2,1	3,94

En este caso se presentaron niveles de conflictividad en el comportamiento que podrían calificarse de medianos a altos, con importantes desarrollos tridimensionales, que se tradujeron en movimiento convencionales ascendentes, una frecuente formación de remolinos y frentes de llamas que alcanzaron en algunas oportunidades altas velocidades de propagación. No obstante, en todos los casos, la quema se mantuvo dentro de márgenes previsible y controlables.

La explicación de esta mayor conflictividad es simple, porque la técnica establece la modalidad de encendido que permite la propagación del fuego en su sentido natural, esto es, a favor de la dirección del viento o subiendo por la pendiente.

Respecto a las diferencias que se pueden observar en la intensidad calórica y en la longitud de las llamas entre las parcelas de ensayo, ello puede interpretarse, sin lugar a dudas, por el efecto de la velocidad de propagación de los frentes de fuego, que en este tipo de técnica de encendido constituye la variable más relevante del comportamiento (ALBINI, 1974).

Encendido por los flancos en desechos dispersos

Los resultados con la aplicación de esta técnica de encendido podrían calificarse como intermedios entre los obtenidos por las técnicas en retroceso y frontal. Esto es lógico, por cuanto la técnica por los flancos constituye lo que podría denominarse una técnica en retroceso acelerada, ya que en general el fuego avanza en un sentido contrario al efecto del viento o de la pendiente, pero la modalidad de encendido establece, por las cuñas que se forman, una cantidad variable de frentes parciales que se propagan perpendicularmente a la dirección de avance global.

CUADRO 6

PARAMETROS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN PARCELAS CON DESECHOS DISPERSOS TRATADOS CON LA TECNICA POR LOS FLANCOS

Parcela	Velocidad Propagación (M/min)	Intensidad Calórica (Kcal/m/seg)	Longitud de Llamas (m)		
			Máxima	Promedio Real	Promedio Fórmula
EFA - 2	1,397	768,3	6,5	2,1	3,13
FVA - 5	1,121	238,9	6,5	1,7	1,81
FMC - 4	0,839	268,4	5,5	1,6	1,93
BCH - 3	1,287	560,6	8,5	2,5	2,71
PROMEDIO	1,161	459,0	6,75	1,97	2,39

A pesar que las velocidades de propagación observadas en la técnica por los flancos son notablemente inferiores a las comprobadas en las quemas frontales (valores promedios de 1.16 y 4.24 m/min, respectivamente), la operación se desarrolla más rápidamente. Ello se debe a que el encendido simultáneo en líneas paralelas permite cubrir con fuego todo el terreno en un período más corto. En general, las quemas por los flancos requirieron prácticamente la mitad del tiempo ocupado por las quemas frontales.

Por otra parte, los valores de la intensidad calórica pueden calificarse como moderados, lo que junto a la rapidez con que se ejecuta la quema (como se revisará más adelante), conduce a suponer una razonable reducción de los desechos sin alterar significativamente las propiedades del suelo (RALSTON y HATCHELL, 1971).

Encendido en retroceso en desechos arrumados

En este tratamiento se encontraron las mayores diferencias en el comportamiento del fuego al comparar los resultados de las parcelas de ensayos en los predios y entre los predios, lo que indudablemente puede explicarse por las diferencias comprobadas en el inventario de combustibles (pesos y volúmenes de las rumas).

CUADRO 7

PARAMETROS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN PARCELAS CON DESECHOS ARRUMADOS TRATADOS CON LA TECNICA DE RETROCESO

Parcela	Velocidad Propagación (M/min)	Intensidad Calórica (Kcal/m/seg)	Longitud de Llamas (m)		
			Máxima	Promedio Real	Promedio Fórmula
EFA R-1	0,396	503,8	7,0	1,7	2,58
EFA R-2	0,581	780,6	7,0	2,4	3,16
EFA R-3	0,370	303,2	6,5	1,3	2,04
FVA R-1	0,611	984,1	7,0	2,6	3,48
FVA R-2	1,801	1.293,3	7,5	2,2	3,98
FVA R-3	2,926	3.160,7	8,5	2,8	6,01
FMC R-1	0,575	826,2	7,0	2,0	3,24
FMC R-2	0,610	899,3	6,5	2,1	3,37
FMC R-3	0,904	1 933,0	8,0	1,9	4,78
BCH R-1	0,140	461,7	2,8	1,1	2,48
BCH R-2	0,211	613,8	4,9	1,6	2,83
BCH R-3	0,987	3.408,2	3,5	1,6	6,27
PROMEDIO	0,842	1.264,0	6,35	1,94	3,68

Transferencia de Energía

Los antecedentes sobre la energía potencial del combustible (correspondiente a la energía contenida en el combustible disponible inventariado previamente a la quema) y la energía efectivamente liberada (como consecuencia de la quema), son interesantes de analizar conjunta-

mente con los respectivos valores de la intensidad calórica. Toda esta información provee una referencia valiosa en la evaluación de los efectos del fuego sobre las propiedades del suelo (BEAUFIT et al., 1975; NORUM, 1974; WELLS et al., 1978). Los Cuadros 8 y 9 se refieren a ello.

CUADRO 8

ENERGIA POTENCIAL Y ENERGIA LIBERADA EN PARCELAS CON DESECHOS DISPERSOS SEGUN LA TECNICA DE ENCENDIDO

Técnica Encendido	Parcela	Energía Potencial (Kcal/m ²)	Energía Liberada (Kcal/m ²)	%
Retroceso	EFA -4	22.511	14.543	64,6
	FVA -4A	23.849	17.500	73,4
	FMC -2	27.939	21.531	77,1
	BCH -2	39.294	27.771	70,7
	PROMEDIO	28.398	20.336	71,6
Frontal	EFA -3	24.982	21.023	84,2
	FVA -4B	17.227	10.570	61,4
	FMC -3	30.526	22.157	72,6
	BCH -4	33.060	27.824	84,2
	PROMEDIO	26.449	20.393	77,1
Flancos	EFA -2	40.657	33.002	81,2
	FVA -5	16.506	12.783	77,4
	FMC -4	22.445	19.200	85,5
	BCH -3	23.244	17.782	76,5
	PROMEDIO	25.713	20.692	80,5

CUADRO 9

ENERGIA POTENCIAL Y ENERGIA LIBERADA EN LAS PARCELAS CON DESECHOS ARRUMADOS TRATADAS CON LA TECNICA DE RETROCESO

Predio	Parcela	Energía Potencial (Kcal/m ²)	Energía Liberada (Kcal/m ²)	%
La Colcha	EFA R-1	90.017	67.838	75,4
	EFA R-2	92.718	80.117	86,4
	EFA R-3	52.661	48.195	91,5
	PROMEDIO	78.465	65.383	83,3
Meñir	FVA R-1	104.726	96.845	92,5
	FVA R-2	47.430	42.922	90,5
	FVA R-3	72.682	64.721	89,0
	PROMEDIO	74.946	68.163	90,9
Manquehue	FMC R-1	103.938	86.981	83,7
	FMC R-2	101.798	86.949	85,5
	FMC R-3	119.726	109.077	91,1
	PROMEDIO	108.457	94.336	87,0
San Pedro	BCH R-1	236.885	200.675	84,7
	BCH R-2	245.528	214.297	87,3
	BCH R-3	267.620	233.579	87,3
	PROMEDIO	250.011	216.184	86,4
PROMEDIO TOTAL		127.970	111.016	86,8

Es interesante destacar los resultados obtenidos en las quemas con materiales tratados con la técnica por los flancos. En este caso, el promedio de energía liberada con respecto a la disponible es mayor que la observada en las quemas frontales, en circunstancias que los promedios de intensidad calórica, de acuerdo a los antecedentes expuestos en los Cuadros 5 y 6 fueron significativamente menores en las primeras (459 y 1.161 kcal/m/seg, respectivamente).

Esto último estaría revelando, en principio, la ventaja que ofrecería la aplicación de la técnica por los flancos sobre los otros tratamientos. La liberación de energía es proporcionalmente muy alta, pero la tasa de combustión muy baja, lo que significa que la transferencia de calor se llevó en un período más prolongado.

De todo ello se puede inferir que en la técnica por los flancos el suelo estuvo afectado por

temperaturas más moderadas y, en consecuencia, con una menor alteración de sus propiedades, a diferencia de lo que podría haber ocurrido con las quemas frontales y las quemas en desechos arrumados.

Efectos de las técnicas en la eliminación de los desechos

Con el objeto de facilitar el análisis del efecto de la técnica de encendido en la reducción de los combustibles, los resultados se presentan separadamente de acuerdo a la disposición de los materiales de desechos.

CUADRO 10

EFFECTO DE LAS TECNICAS DE ENCENDIDO EN LA ELIMINACION DE DESECHOS DISPERSOS

Técnica	Parcela	Combustible Disponible (Ton/ha)	Combustible Consumido (Ton/ha)	%
Retroceso	EFA -4	45,641	29,250	64,1
	FVA -4A	47,824	34,980	73,1
	FMC -2	56,666	43,410	76,6
	BCH -2	80,249	56,379	70,3
	PROMEDIO	57,595	41,005	71,2
Frontal	EFA -3	50,369	42,190	83,8
	FVA -4B	33,432	21,160	63,3
	FMC -3	61,919	44,670	72,1
	BCH -4	58,694	48,140	82,0
	PROMEDIO	51,103	30,040	76,4
Flancos	EFA -2	81,146	66,517	82,0
	FVA -5	33,263	25,650	77,1
	FMC -4	45,384	38,470	84,8
	BCH -3	47,083	37,810	80,3
	PROMEDIO	51,719	42,112	81,4



CUADRO 11

EFFECTO DE LA TECNICA DE ENCENDIDO EN RETROCESO
EN LA ELIMINACION DE DESECHOS ARRUMADOS

Predio	Parcela	Combustible Disponible (Ton)	Combustible Consumido (Ton)	%
La Colcha	EFA R-1	19,176	16,192	84,4
	EFA R-2	11,247	9,678	86,0
	EFA R-3	10,637	9,648	90,7
	PROMEDIO	13,687	11,839	86,5
Meñir	FVA R-1	21,542	20,075	93,2
	FVA R-2	14,216	12,944	91,1
	FVA R-3	17,109	15,340	89,7
	PROMEDIO	17,622	16,120	91,5
Maquehue	FMC R-1	14,227	12,066	84,8
	FMC R-2	16,409	14,225	86,7
	FMC R-3	22,594	20,470	90,6
	PROMEDIO	17,743	15,587	87,8
San Pedro	BCH R-1	30,903	26,082	84,4
	BCH R-2	47,995	41,756	87,0
	BCH R-3	53,449	46,501	87,0
	PROMEDIO	44,116	38,113	86,4
PROMEDIO TOTAL		23,192	20,415	88,0

Las mayores proporciones de combustibles consumidos correspondieron a las quemas con desechos ordenados, lo que lógicamente es explicable por la concentración de materiales existentes en las rumas. En estos casos, la combustión se ve favorecida por la gran continuidad (vertical y horizontal) y contacto entre las partículas, factores que contribuyen a un desarrollo más rápido de las fases de presecado, precalentamiento o ignición (BROWN y DAVIS, 1973).

En las parcelas con los desechos dispersos, el mayor efecto en la eliminación de los combustibles lo provocaron los tratamientos con la técnica de encendido por los flancos, siguiendo en orden de importancia las técnicas frontal y en retroceso.

Los resultados obtenidos con la técnica por los flancos permiten reiterar los comentarios emitidos anteriormente respecto a este tratamiento. Al parecer, en el objetivo de preparar terreno para la reforestación, este tipo de quema presentaría condiciones ventajosas, porque además de su efecto en la eliminación de los desechos, su desarrollo se realiza con una alta

transferencia de energía calórica, pero a una baja o moderada tasa de combustión. Todo esto conduce a suponer que no se estarían provocando alteraciones significativas en las propiedades del suelo.

CONCLUSIONES

- a) La carga de combustibles, determinada a través de los inventarios de desechos, presentó diferencias importantes entre las parcelas con materiales dispersos y las con materiales arrumados. En general, las diferencias mencionadas pueden atribuirse a diferentes causas, destacándose entre otras a las variaciones en la calidad del sitio, las modalidades de explotación forestal, los trabajos de reordenamiento de los desechos en la preparación de las parcelas y factores meteorológicos como temporales de viento, que contribuyeron a incrementar la cantidad de residuos.
- b) En relación al comportamiento del fuego en las parcelas con desechos dispersos, se comprobó que la aplicación de la técnica de encendido frontal es la que provoca los niveles más críticos sobre las variables velocidades de propagación, longitud de llamas, intensidad calórica y dinamismo conveccional. Por el contrario, los niveles más moderados se observaron con la técnica en retroceso.
En las parcelas con desechos arrumados los niveles de comportamiento del fuego fueron críticos sólo en algunos casos, manifestándose especialmente en las variables intensidad calórica y dinamismo conveccional.
- c) Los resultados de las técnicas de encendido en la reducción de combustibles indicaron que la mayor efectividad se observó en la técnica en retroceso, aplicada a desechos arrumados.
- d) Se puede concluir, en principio, en las ventajas que ofrecería la técnica por los flancos sobre los otros tratamientos estudiados, por cuanto la liberación de energía es proporcionalmente muy alta, pero la tasa de combustión baja, lo que significaría que la transferencia de calor se efectúa en períodos más prolongados.
Lo anterior conduce a suponer que, en la técnica por los flancos, el terreno estuvo sometido a temperaturas más moderadas y, en consecuencia, la alteración de las propiedades del suelo sería menor que en el caso de las quemas frontales y las aplicadas en desechos arrumados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALBINI, F.A. 1974. Fire Behavior Estimation - A Course Outline. USDA Forest Service. Northern Forest Fire Lab. Missoula. Montana. 67 p.
- BEAUFAIT, W., MARDSEN, N., NORUM, R. 1974. Inventory of Slash Fuels Using 3 p. Subsampling. USDA For. Ser., Gen. Tech. Rep. INT-13 Ogden. Utah, 17 p.
- BROWN, J.R. 1974. Handbook for Inventorying Downed Wood Material. USDA. For Ser., Gen. Techn. Rep. INT-16, Ogden, Utah. 24 p.
- BROWN, A. A., DAVIS, K.P. 1973. Forest Fire Control and Use. Mc Graw Hill, N. York. 686 p.
- COVACEVICH, R. 1979. Poder Calorífico de Pino Insigne y otras Especies Forestales Chilenas. Tesis Ing. For. Santiago. U. de Chile. 92. p.
- HALTENHOFF, H. 1987. El Uso del Fuego como Herramienta de Trabajo Silvoagropecuario, CONAF, Doc. Trab. N° 83. Santiago. 36 p.
- HOUGH, W. A. 1968. Fuel Consumption and Fire Behavior of Hazard Reduction Burns. USDA, For-Ser. Res. Pap. SE-36 p.
- JULIO, G. 1986. Preceptos técnicos en el uso del fuego en Terreno Rurales. Actas Seminario Uso del Fuego, CONAF-CORMA. Concepción. 17.p
- JULIO, G., GIROZ, G. 1975. Notas sobre el comportamiento del Fuego y su aplicación en el Control de Incendios Forestales. Bosques 1(1): 18-27.
- KUNZ, M., AGUIRRE, S. PETERS, R., PRADO, J.A. 1975. Efectos de la utilización de las Plantaciones de Pino Insigne en la Mantención de la Productividad del Sitio. Simp. Pinus Radiata - Investigación en Chile. Fac. Ciencias Forestales. UACH. Valdivia. Tomo I: 177-197.
- LUKE, R.H., MC. ARTHUR, A.G. 1977. Bushfires in Australia. Wilke and Co., Victoria. Australia. 359 p.
- MARTIN, R.D., DELL, J.D. 1978. Planning for Prescribed Burning in the Inland Northwest. USDA For. Ser.Gen. Techn. Rep. PNW 76, Portland, Oregon, 67 p.
- MOBLEY, H., JACKSON, R., BALMER, W., RUZISKA, E., HOUGH, W. 1973. A Guide for Prescribed Fire in Southern Forest. USDA, For. Ser. Atlanta, Georgia, 40 p.
- NAVARETE, A. M. 1986. Comparación de dos métodos para inventariar combustibles forestales. Tesis, Ing. For. Valdivia. Univ. Austral de Chile. 59 p.
- NORUM, R. A. 1974. Fire Intensity - Fuel reduction Relationships Associated with Understory Burning in Larch-Douglas Fir Stands. Tall Timber Conference N° 14, Montana. pp. 559-572.
- PANSHIN, A. J. DE ZEEUW, C. 1970 Textbook of wood technology. 4ª ed. Mac Graw Hill, N. York, 722 p.
- RALSTON, CH. W., HATCHELL, G.E. 1971. Effects of Prescribed Burning on Physical Properties of Soil. Proc. Prescribe Burning Symp. USDA. For. Serv. Charleston, S. Carolina. pp: 68-84.
- TORO, J. 1985. Aspectos Nutricionales del Pino Radiata en relación al uso del sitio. Actas Simp. Pinus Radiata - Investigación en Chile. Fac. Cs. Forestales. UACH. Valdivia Tomo I: 152 - 162.
- VEGA, J.A. 1978. Utilización del Fuego Controlado en las Comunidades Vegetales de Galicia. Bol. Est. Central de Ecología. Vo. 14, N° 7, Madrid, 19 p.
- VERGARA, R. 1983. Proposición de Normas Técnicas para la aplicación del Fuego en Faenas Silvoagropecuarias. Tesis, Ing. For. UACH, Valdivia. 123 p.
- WELLS, C. G., CAMPBELL, R.E.; DEBANO, L.F. 1978. Effects if Fire on Soil. USDA Forest Service, Gen. Techn. Rep. WO-7. Washington.
- WILLIAMS, D F. 1976 Forest Fuel in Unthinned Radiata Pine stands. Forestry 39 (4) 238 - 244.

FUNCIONES DE BIOMASA PARA BOLDO (*Peumus boldus*) Y ESPINO (*Acacia caven*) DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE

Sergio Aguirre A. (*)

Pedro Infante L. (*)

RESUMEN

Funciones de biomasa fueron calculadas para dos importantes especies que crecen en la zona central de Chile: Boldo (*Peumus boldus*) y Espino (*Acacia caven*).

Para lograr este objetivo, se empleó una metodología de terreno y de análisis matemático que ha sido probada con éxito en otras especies nativas de la zona. Las mejores funciones obtenidas son del tipo logarítmicas para el caso del Boldo y lineales para el Espino. Considerando las buenas correlaciones y bajos errores obtenidos, estas funciones pueden utilizarse con seguridad para estimar el peso total y de los principales componentes de los árboles de Boldo y Espino.

ABSTRACT

Regression equations were calculated for two important species growing in the Central Zone of Chile. Proven field and analysis procedures were used. The best estimates were obtained with logarithmic functions, in the case of Boldo, and linear functions for Espino. Considering the good correlations and low calculated errors, accurate estimates from these equations can be obtained for predicting total and individual components weights of these species.

(*) : Ingenieros Forestales. División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554, Piso 4, Santiago - Chile.

INTRODUCCION

Las especies Boldo (*Peumus boldus*) y Espino (*Acacia caven*), junto con el Quillay (Quillaja saponaria) constituyen, desde el punto de vista comercial, las principales especies nativas que crecen en la zona Mediterránea de Chile Central.

El Espino se desarrolla en una formación abierta denominada Espinal, donde constituye la especie dominante, mezclada con otras especies arbóreas o arbustivas siempreverdes y sotobosque de pastos y hierbas.

La madera de esta especie es dura, pesada y muy consistente; su uso más corriente está en la producción de leña y carbón, en lo que resulta la especie más adecuada de la formación esclerófila, ya que es la que concentra el mayor porcentaje de su biomasa en las ramas gruesas (PRADO et al, 1987).

El boldo, por su parte, formaba bosques con individuos de 12 a 15 m de altura, pero en la actualidad no pasan de ser arbustos redondeados, originados de tocón (DONOSO, 1975). Los frutos de esta especie son comestibles, pero su uso más importante está en la explotación de sus hojas, que poseen un alcaloide denominado Boldina.

El bosque esclerófilo ha sufrido una fuerte degradación, producto de la sobreexplotación a que ha sido sometido. El Espinal, en particular, ha sido fuertemente afectado por la acción antrópica, que ha transformado gran parte de esta asociación en áreas de cultivo o praderas (DONOSO, 1982). A pesar de esto, el Espinal ocupa extensas áreas en la zona central de Chile, lo cual hace necesario disponer de una herramienta que permita estimar rendimientos y definir esquemas de manejo, cuyo objetivo sea la conservación y la obtención de una productividad sostenida de esta importante formación vegetal. La misma necesidad se plantea en el caso del Boldo.

Las funciones de biomasa que entrega este estudio, permiten estimar, a partir de parámetros de fácil medición, la productividad física en términos de biomasa total y de hojas en el Boldo y del material leñoso, en el caso del Espino.

MATERIAL Y METODO

Muestreo

Para determinar las funciones de peso para Boldo y Espino, se empleó una muestra de 40 individuos por especie.

En el caso del Boldo, las muestras fueron obtenidas en la zona de Casablanca (V Región) y Sagrada Familia (VII Región).

Para el Espino, fueron muestradas las zonas de Rungue (Región Metropolitana) y Melipilla (Región Metropolitana).

Para asegurar una adecuada distribución de los árboles en la muestra considerada, se procedió en primer lugar a prospectar la población de cada especie. Con ello, se determinó la dispersión de la variable "diámetro mayor de copa" (DMAC), de tal forma que en la selección posterior de los árboles a muestrear para la biomasa se tomaron individuos de los diferentes tamaños presentes en la población.

De la prospección realizada, se obtuvo la distribución de árboles por clases de DMAC, que fue la base para distribuir el número de árboles a muestrear en cada especie.

En cada caso, 20 árboles fueron asignados en forma equitativa en las clases y los 20 restantes fueron distribuidos en forma aleatoria, pero con probabilidad proporcional a altura de

máximo follaje, multiplicado por diámetro mayor de copa (HMF x DMAC), lo que tiene por objeto dar una mayor probabilidad de asignación a aquellas clases de mayor desarrollo. El número de árboles-muestra según clase de DMAC se presenta en los Tablas 1 y 2.

TABLA 1

DISTRIBUCION DE LOS ARBOLES-MUESTRAS DE BOLDO

Clase	Diámetro mayor de copa	Arboles-muestra
1	1,6 - 2,5	4
2	2,6 - 3,5	8
3	3,6 - 4,5	8
4	4,6 - 5,5	12
5	5,6 - 6,5	8
TOTAL		40

TABLA 2

DISTRIBUCION DE LOS ARBOLES-MUESTRAS DE ESPINO

Clase	Diámetro mayor de copa	Arboles-muestra
1	1,7 - 2,4	6
2	2,5 - 3,2	6
3	3,3 - 4,0	6
4	4,1 - 4,8	14
5	4,9 - 5,7	8
TOTAL		40

Obtención de peso verde y peso seco.

Luego de seleccionados los individuos a muestrear, se procedió a medir las variables independientes del árbol, que parecían ser las más relacionadas con el peso. Para Boldo se midieron:

- Diámetro mayor de copa (DMAC) (m)
- Diámetro menor de copa (DMEC) (m)
- Altura total (HT) (m)
- Altura de máximo follaje (HMF) (m)
- Número de retoños mayores de 1 cm (NR)
- Diámetro en la base (cepa) (DB) (cm)

En el caso de Espino, se midieron las mismas variables anteriores, agregándose además la medición del diámetro en la base de los retoños o fustes (DR) (cm).

Una vez realizadas las mediciones indicadas, los árboles-muestra fueron cortados e inmediatamente pesados.

En el caso de Boldo, la biomasa fue dividida en dos componentes: hojas y ramas, que fueron consideradas en forma separada. Sin embargo, ante la dificultad de realizar en forma directa el pesaje de total de las hojas, en cada árbol de Boldo se tomó una submuestra de 3 vástagos representativos, donde se pesaron en forma separada las hojas y las ramas. Con ello, se obtuvo una relación peso hojas/peso ramas, que fue aplicada luego al peso total, obteniéndose así el peso de las hojas de cada árbol.

En Espino, el árbol fue dividido también en dos componentes: ramas y ramillas. Las ramas constituyen el material leñoso con un diámetro mínimo de 3 cms, y las ramillas, aquel material de menos de 3 cm de diámetro, incluyendo hojas y frutos.

Finalmente, para el cálculo del peso seco de cada árbol, se tomaron submuestras de los componentes de cada árbol y se enviaron a laboratorio para el secado hasta obtener peso constante. Así se obtuvo relación peso seco/peso verde.

Análisis

Para expresar las relaciones entre peso y las dimensiones de los árboles muestreados, se probaron varios modelos, empleando las variables independientes tal como fueron medidas, combinadas o transformadas (ln). Se probaron los siguientes modelos:

i) Alométricos, con las siguientes variaciones:

$$\begin{aligned}
 Y &= b_0 X^{b_1} e \\
 Y &= b_0 (X_1^2 X_2)^{b_1} e \\
 Y &= b_0 X_1^{b_1} X_2^{b_2} e
 \end{aligned}$$

Todos estos modelos fueron ajustados mediante transformación logarítmica, asumiendo que el error (e) es multiplicativo (BASKERVILLE, 1972) y por lo tanto corregidos de acuerdo al procedimiento dado por WIAANT y HARNER (1979) para compensar el sesgo producido por la transformación.

ii) Lineales de forma:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

La selección de las variables a ser incluidas en cada función, se hizo empleando el método de regresión paso a paso (step-wise).

Para seleccionar las mejores funciones, se compararon los valores del Coeficiente de Determinación (R^2), los Errores Cadráticos Medios (ECM), y la proporción de observaciones con errores menores al 10, 15 y 20%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las funciones seleccionadas para estimar peso seco total y de los componentes de Boldo y Espino, se muestran en las Tablas siguientes:

TABLA 3**FUNCIONES DE BIOMASA PARA ESTIMAR PESO SECO TOTAL Y DE COMPONENTES DEL BOLDO (Peso en Kg)**

Componente	Función de Peso	R ²	ECM (%)
HOJAS	$\ln(\text{PHOJ}) = -0,2379 + 1,2412 \ln(\text{DMEC}) + 0,2627 \ln(\text{NR} \times \text{HT})$	0,78	32,7
RAMAS	$\ln(\text{PRAM}) = -0,1403 + 1,0276 \ln(\text{DMAC} \times \text{DMEC} \times \text{HT})$	0,92	29,3
TOTAL	$\ln(\text{PTOT}) = -0,0837 + 0,7657 \ln(\text{DMAC} \times \text{DMEC} \times \text{HT}) + 0,1638 \ln(\text{HT}^2 \times \text{DMEC} \times \text{NR})$	0,92	25,7
ln	= Logaritmo natural		
PHOJ	= Peso seco hojas (kg)	DMEC	= Diámetro menor copa (m)
PRAM	= Peso seco ramas (kg)	NR	= Número de retoños mayores de 1 cm
PTOT	= Peso seco total (kg)	HT	= Altura total (m)
R ²	= Coeficiente de determinación	DMAC	= Diámetro mayor de copa (m)
ECM	= Error cuadrático medio (%)		

TABLA 4**FUNCIONES DE BIOMASA PARA ESTIMAR PESO SECO TOTAL Y DE COMPONENTES DEL ESPINO (Peso en Kg)**

Componente	Función de Peso	R ²	ECM (%)
RAMAS	$\text{PRAM} = -4,2152 + 0,0206(\text{AA}) + 0,2810(\text{DMAC} \times \text{DMEC} \times \text{HT})$	0,95	14,8
RAMILLAS	$\text{PRAMI} = 1,8288 + 0,5636(\text{DMAC} \times \text{DMEC} \times \text{HMF})$	0,92	16,8
ARBOL TOTAL	$\text{PTOT} = -2,8818 + 0,0205(\text{AA}) + 0,7940(\text{DMAC} \times \text{DMEC} \times \text{HT})$	0,97	10,8
PRAM	= Peso seco ramas (kg)	DMEC	= Diámetro menor de copa (m)
PRAMI	= Peso seco ramillas (kg)	DR	= Diámetro promedio de retoños (cm)
PTOT	= Peso seco total (kg)	NR	= Número de retoños
AA	= DR ² x NR x HMF	HMF	= Altura de máximo follaje (m)
DMAC	= Diámetro mayor de copa (m)	HT	= Altura total (m)

En el caso del Boldo, las mejores funciones para la estimación del peso seco, son del tipo logarítmicas y presentan correlaciones y errores aceptables, considerando la gran variabilidad que presenta la especie. El principal componente del árbol, las hojas, es estimado mediante una función que considera variables de fácil medición, como son: diámetro menor de copa (DMEC), número de retoños mayores de 1 cm de diámetro (NR) y altura total (HT).

Las funciones calculadas para la estimación del peso seco de Espino, pueden considerarse como buenos estimadores. En el caso de las ramas, que es el principal componente de esta especie, la mejor función considera la medición de seis variables. A pesar que estas variables

son en general de fácil medición, se obtuvo una función alternativa, que aunque tiene una correlación un poco más baja, emplea solamente tres variables (diámetro promedio de retoños (DR), número de retoños (NR) y altura de máximo follaje (HMF), lo que facilita un inventario de biomasa. Esta función de peso seco de ramas es la siguiente:

$$\text{PRAM} = 0,0519 + 0,0292 (\text{DR}^2 \times \text{NR} \times \text{HMF})$$
$$R^2 = 0,93 \quad ; \quad \text{ECM} = 19,2\%$$

Finalmente, respecto a la distribución de la biomasa en el árbol, en el caso del boldo, la mayor parte de ella (84% del peso seco), se encuentra en las ramas y ramillas, es decir, en la parte leñosa del árbol y sólo un 16% del peso corresponde a las hojas, que constituye el componente comercial.

En Espino, las ramas con diámetro mayor de 3 cm concentran el 56% del peso seco del árbol, lo que corrobora la aptitud de la especie en la producción de leña y carbón.

CONCLUSIONES

A pesar de la variabilidad que presentan las especies Boldo y Espino, en cuanto a forma, edad y estado de alteración, las funciones de biomasa calculadas se estiman aceptables y pueden ser aplicadas con seguridad, dentro de los rangos de las variables consideradas. (Tablas 1 y 2).

Dada la heterogeneidad que presentan las especies estudiadas debido a su amplia distribución, la confiabilidad de las estimaciones puede disminuir, si las funciones se aplican en áreas sin características muy diferentes a las zonas muestreadas.

Se estima que las funciones que entrega este trabajo, permiten hacer estimaciones confiables de la biomasa de arboles de monte bajo, en la zona central del país (V-VII Regiones).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado con datos obtenidos de proyectos contratados al Instituto Forestal por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) Canadá, y el Proyecto CONAF/FAD/PNUD CHIB — 017.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BASKERVILLE, G.L. 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. Can. J. For. Res 2: 49 - 53.
2. DONOSO Z., CLAUDIO. 1975. Dendrología árboles y arbustos chilenos. Universidad de Chile, Fac. Ciencias Forestales, Manual N° 2, 141 pág.
3. DONOSO Z., CLAUDIO. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. forestales. Bosque 4 (2).
4. PRADO, J.A., INFANTE, P., ARRIAGADA M., y AGUIRRE S. 1987. Funciones de biomasa para seis especies arbustivas de la Zona Árida Chilena Ciencia e Investigación Forestal 1(2): 11 - 20.
5. WIANT, H.V. and E.J HARNER. 1979. Percent bias and standard error in logarithmic regression. For. Sci. 25(1): 167 - 168.

PLANTACIONES EXPERIMENTALES CON ESPECIES DE INTERES TANICO EN LA ZONA SEMIARIDA DE CHILE

Johannes Wrann H. (*)
Manuel Arriagada B. (**)

RESUMEN

En la zona interior árida a semiárida del país (31° 30' - 32° 30' Lat. S.) con una precipitación anual de 215 a 360 mm, se establecieron, en invierno de 1985, dos ensayos con cinco especies forestales productoras de taninos: *Acacia mearnsii*; *A. pycnantham*, *Caesalpinia spinosa*, *Eucalyptus astringens* y *E. sideroxylon*.

El diseño fue de bloques al azar con tres repeticiones, con una unidad experimental (parcela) de 25 plantas y espaciamiento de 3 m x 3 m. Cada especie se probó con dos tratamientos: con y sin fertilizante inicial (NPK) en un método de plantación en casillas.

En otoño de 1987 se efectuó la evaluación de la adaptación, concluyendo que la especie *Acacia mearnsii* es la alternativa más promisoría para la zona de menor aridez, obteniéndose un crecimiento de sobre 2 m de altura a los 2 años de edad y una sobrevivencia de 96% a 100%. En las áreas más áridas las alternativas a considerar son los dos Eucaliptos ensayados.

ABSTRACT

In the inland of the arid to semiarid region of the country (31° 30' - 32° 30' S. Lat.), with a 215 - 360 mm mean annual rainfall, two experimental plantations with five tannin producer species were established in the winter 1985. The selected species are: Acacia mearnsii; A. pycnantha; Caesalpinia spinosa, Eucalyptus astringens, and Eucalyptus sideroxylon.

A randomized block design with three replications were arranged. In each plot 25 plants were planted in pits in a 3m x 3m spacing. Each species were tested with two treatments: NPK fertilizer and no fertilizer.

In autumn 1987 the evaluation was made, concluding that Acacia mearnsii is the most promising species in the areas where aridity is milder, Height growth over 1m/year and survival of 96% and more was achieved with this species. In areas of stronger aridity, both Eucalyptus should be considered in afforestation.

(*) Ingeniero Forestal. División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554. Santiago - Chile.

(**) Licenciado de Ingeniería Forestal. División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554. Santiago - Chile.

INTRODUCCION

La producción de taninos vegetales en Chile es considerada de interés, tanto como materia prima industrial como también artesanal.

Hasta 1986, año en que comenzó a operar una planta de taninos en el sur del país, todo el tanino vegetal era importado de Argentina y Brasil en una cantidad de 1.500 ton/año, por un valor anual medio de 2 millones de dólares (Banco Central de Chile, Anuarios 1980 - 1985).

Una especie forestal de rápido crecimiento, productora de taninos vegetales, que pueda adaptarse a la zona árida y/o semiárida del país sería de interés como materia prima para talleres de curtiembre.

En la IV y V Región del país existe una masa de ganado caprino estimada en 200.000 cabezas (INE, 1986), cuyas pieles se podrían curtir con un producto de calidad producido en la zona.

Con la materia prima de taninos vegetales se pueden obtener extractos para la industria curtiembre o la industria química, que además pueden ser destinados a usos como: adhesivos, procesos de purificación de agua, acondicionadores de arcilla en la industria cerámica, material dispersante para reducir la viscosidad en la perforación del petróleo, preservación de redes de pesca, manufactura de plásticos, y como material espumante (HILLIS, W.E., 1962; JARMAIN, R.M. and LLOYD - JONES G.A., 1982,).

Las especies forestales productoras de taninos representan un recurso renovable en la zona árida y semiárida y aportan otros productos como postes, combustibles, madera para pulpa, madera para construcciones, néctar, aceites esenciales.

Este artículo analiza la adaptación de plantaciones realizadas con cinco especie seleccionadas como potenciales productores de taninos en la zona interior del país entre los 31° 30' y 32° 30' Lat. S.

MATERIAL Y METODO

Se describe a continuación la ubicación de los lugares de ensayos y las características de la zona en que se ubican.

Lugares de Ensayo y Zona de Influencia

Los ensayos de campo se instalaron en dos lugares:

- a) Predio "El Aguerrido" - Illapel.

Se ubica junto al camino antiguo Illapel - Los Vilos, cerca del límite sur de la ciudad de Illapel. La ubicación geográfica es: 31° 38' Lat. S.; 71° 11' long. W.; 320 m.s.n.m. Alt. La exposición es Sur y la pendiente llega hasta un 20%.

- b) Predio "La Rinconada" - La Ligua.

Este predio se ubica junto al camino a la ciudad de La Ligua a 1.000 m aprox. del cruce con la Carretera Panamericana que une Santiago con La Serena. La ubicación geográfica es: 32° 28' Lat. S.; 71° 11' Long. W.; 250 m.s.n.m. La exposición es Sur y la pendiente llega hasta 30%.

Características de Clima y Suelo de los Lugares de Ensayo

Clima

Las experiencias se realizaron en dos áreas climáticas según la clasificación de Koeppen. Illapel: Clima de estepa con gran sequedad atmosférica (BSt). La Ligua: Clima templado cálido con estación seca prolongada (Csb1) (FUENZALIDA H., 1967). Según la clasificación de Emberger las zonas de norte a sur están afectas al clima mediterráneo árido y mediterráneo semiárido respectivamente. (DI CASTRI y HAJEK, 1976). Se anotan a continuación algunos datos climáticos para ambos lugares de ensayo (Tabla 1). Se usaron datos climáticos de estaciones meteorológicas de ciudades vecinas para la mayoría de los datos (Ovalle, Quillota, Zapallar).

TABLA 1

DATOS CLIMATICOS APROXIMADOS PARA LUGARES DE ENSAYO

Variable Climática	Illapel	La Ligua
Temperatura media anual (°C)	15,2	14,3
Temperatura máxima media (°C)	23,2	22,0
Temperatura mínima media (°C)	7,1	8,4
Precipitación (mm/año)	215	361
Nº de días despejados por año	183	143
Humedad relativa (%) anual	71	80
Nº de meses secos por año	8 - 11	7 - 8

FUENTE: ANTONOLIETTI et al s/f; ALMEYDA, E.A. y SAEZ, F., 1958.

En la Figura 2 se presentan los Diagramas de Gauss - Walther de las estaciones meteorológicas de Ovalle y Zapallar, que se consideran representativas para la zona de Illapel y La Ligua, respectivamente, para los datos de la temperatura media mensual (HAJEK, E.R. y DI CASTRI, F., 1975). Para los de precipitación media mensual se usaron datos de Illapel y La Ligua (ALMEYDA, E.A., 1948).

FIGURA 1
ZONA DE ENSAYOS

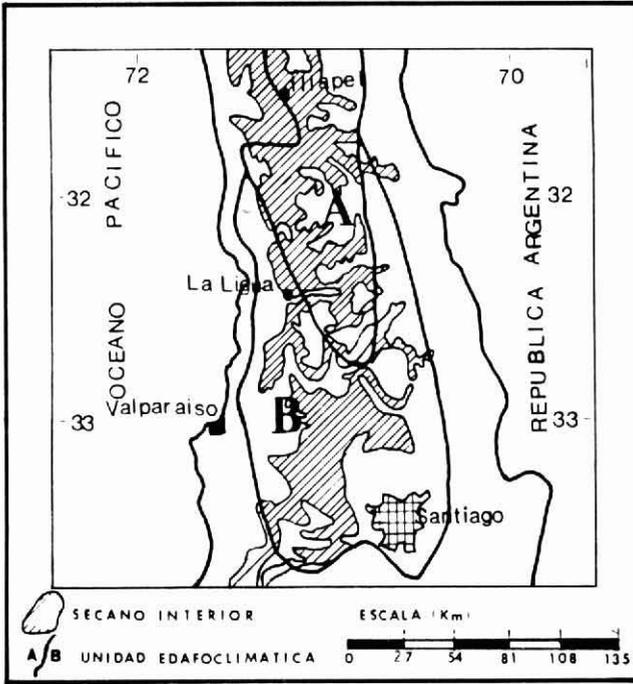
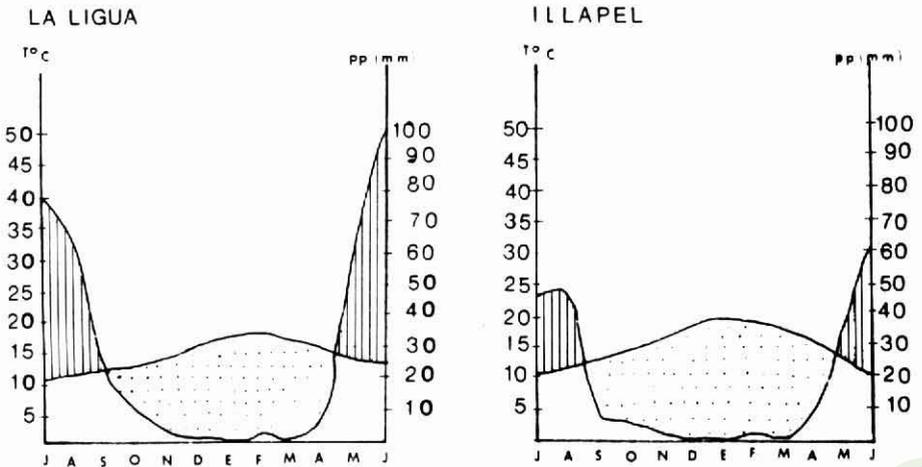


FIGURA 2
DIAGRAMAS CLIMATICOS DE GAUSSEN - WALTHER



Suelos

Los suelos corresponden a los Pardo no Cálcidos. (ROBERTS y DIAZ, 1959 - 1960). Estos suelos tienen un material de origen granítico (CORFO, 1967).

En ambos lugares de ensayo se cavó una calicata para la descripción del análisis físico y químico del suelo (Tabla 2) (TORO, J., 1986).

En general los suelos presentan una textura favorable en todo el perfil, sin embargo, son poco profundos y presentan un grado variable de pedregosidad, lo que restringe el volumen útil del suelo. Los contenidos de materia orgánica son bajos, pero la disponibilidad de nitrógeno, potasio y boro no restringen el crecimiento de las plantas. En el ensayo de La Ligua la disponibilidad de fósforo es muy baja (TORO, J., 1986).

TABLA 2
ANÁLISIS DE SUELOS

	Ensayo Illapel	Ensayo La Ligua
Horizonte 1:		
Profundidad	0 - 15 cm	0 - 20 cm
Textura	Franca	Franca
pH	6,9	5,6
Materia Orgánica (%)	1,65	1,22
N-P-K-B (ppm)	12-10-336-0,98	17-2-43-1,35
Densidad aparente (g/cm ³)	1,24	1,15
Horizonte 2:		
Profundidad	15 - 30 cm	20 - 60 cm
Textura	Franco-arcillosa	Arcillosa
pH	7,3	5,7
Materia Orgánica (%)	0,62	1,09
N-P-K-B (ppm)	12-1-189-0,89	13-1-114-1,05
Densidad aparente (g/cm ³)	1,28	1,25
Horizonte 3:		
Profundidad	30 - 80 cm	60 cm y más
Características	Pedregosidad muy abundante con piezas redondeadas y cementadas formando una tosca impermeable.	Horizonte C formado por maicillo muy descompuesto con presencia de piedras. no hay raíces.

FUENTE: JORGE TORO, 1986

Especies seleccionadas

Las especies seleccionadas para el ensayo son : *Acacia mearnsii*, *Acacia pycnantha*, *Caesalpinia spinosa*, *Eucalyptus astringens*, *Eucalyptus sideroxylon*.

Estas especies se seleccionaron por su importancia como materia prima de taninos vegetales y su adaptabilidad en zonas áridas o semiáridas. Entre estas especies la de mayor importancia tánica es *Acacia mearnsii*. En Sudáfrica se estimaba una superficie de sobre 138.000 ha de plantaciones de esta especie, establecida con el objetivo principal de proveer la industria de taninos (JARMAN, R.M. and LLOYD-JONES, G.A., 1982).

El tanino se obtiene de la corteza, excepto en el caso de *Caesalpinia spinosa* que contiene el tanino en el fruto. El tanino es de excelente calidad (INFOR, 1987). El contenido de taninos en la corteza (o fruto) de estas especies es de 30% o más en ejemplares adultos (HOWES, 1953; INFOR, 1987; POYNTON, 1979).

Las características de la madera y sus usos de estas especies son las siguientes:

- *Acacia mearnsii*: materia prima para pulpa, fabricación de parquet (JARMAN, R.M., and LLOYD JONES, 1982). La madera es densa (peso específico 0,7 - 0,85) con una valor calorífico de 3.500 - 4.000 Kcal/Kg (N.A.S., 1980).
- *Acacia pycnantha*: buenas cualidades como combustible. (HALL et al, 1972).
- *Caesalpinia spinosa*: se desconocen las propiedades.
- *Eucalyptus astringens*: la madera tiene la propiedad de no colapsarse con el secado y presenta un grano fino y uniforme. Es durable en contacto con el suelo. Se usa en postes para minas, mangos de herramientas y como combustible. (HALL, N., JOHNSTON and CHIPPENDALE, 1970; POYNTON, R.J. 1979).
- *Eucalyptus sideroxylon*: la madera es muy dura, pesando 1,1 g/cm³ después de secada al aire. Presenta buenas cualidades para construcciones rústicas, postes para minas y para pulpa (HALL, N., JOHNSTON and CHIPPENDALE, 1970; POYNTON, R.J. 1979).

Procedencia de las Semillas

La procedencia de las semillas de las especies ensayadas y las características climáticas más relevantes se entregan en la Tabla 3.

TABLA 3
ESPECIES ENSAYADAS CON DATOS DE
PROCEDENCIA DE LA SEMILLA

Especie	Ubicación de Procedencia (ubicación Estación Meteorológica)					
	Lugar	Latitud	Longitud	Altitud		
<i>Acacia mearnsii</i> (13807)*	Robertson NSW (Moss Vale)	34° S. (34° 33' S)	150° E. (150° 22' E)	500 m (672 m)		
<i>Acacia pycnantha</i> (13745)	Nelson, Victoria (Portland)	38° 04' S (38° 21' S)	141° 01' E (141° 36' E)	30 m (30 m)		
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Las Cardas-Chile (Ovalle)	30° 15' S (30° 36' S)	71° 15' W (71° 13' W)	200 m (200 m)		
<i>Eucalyptus astringens</i> (12842)	Dryandra W.A. (York) (Brookton)	32° S (31, 54' S) (32, 24' S)	117° E (116, 42' E) (117, 0° E)	- (175 m) (240 m)		
<i>Eucalyptus sideroxylon</i> (8888)	Eumungerie NSW (Baradine Forestry) (Gunnedah)	31° S (30, 54' S) (31, 0° S)	149° E (149, 6° E) (150, 18° E)	275 m (365 m) (267 m)		
Especie	Datos Climáticos Procedencia					
	Temperatura °C		Precipitación Anual (mm)	Heladas N° días/año	Días calurosos/año	
	Mínima** media	Máxima** media			Sobre 32 °C	Sobre 37 °C
<i>Acacia mearnsii</i> (13807)*	2	25	995	37		
<i>Acacia pycnantha</i> (13745)	6	22	845	3		
<i>Caesalpinia spinosa</i> Lugar: (Ovalle)	9	28	129			
<i>Eucalyptus astringens</i> (12842) Lugar: (York) Lugar: (Brookton)	5	34	455	5	27	10
<i>Eucalyptus sideroxylon</i> (8888) Lugar: (Baradine Forestry) Lugar: (Gunnedah)	2	33	586	24	65	8

* : Número indica código de lotes y procedencia de semilla del proveedor (CSIRO - Australia).

** : Temperatura mínima media del mes más frío. Temperatura máxima del mes más caluroso.

Instalación de los Ensayos

Los ensayos fueron instalados en invierno de 1985 (Junio - Julio). En el ensayo de Illapel, las parcelas con *Eucalyptus astringens* se plantaron en Septiembre del mismo año, pues no se contaba con plantas disponibles en la época de invierno. Se tuvo que hacer un replante con esta especie en invierno del año siguiente (1986).

Las variables para cada especie ensayada fue la adición o no de un fertilizante junto con la instalación. El compuesto de fertilizante seleccionado fue una mezcla de:

- Superfosfato triple (20,1% P) : 50 g/planta
- Sulfato de potasio (50% K) : 50 g/planta
- Urea (46% N) : 110 g/planta

La aplicación se efectuó en la primavera siguiente (Septiembre 1985) a la plantación. El fertilizante se distribuyó en dos pequeñas zanjas paralelas, de aproximadamente 20 cm de largo, dispuestas cada una a 15 - 20 cm del tallo de la planta.

En la primavera del año siguiente (Septiembre 1986) se realizó otra aplicación idéntica.

Junto a cada aplicación se efectuó una limpia manual de las malezas junto al tallo (1 m de radio aproximadamente).

Cada planta fue protegida contra liebres y conejos por una jaula (Corromet = desecho de planchas con perforaciones de 2 - 3 cm Ø) de 40 - 50 cm de alto, dispuesta alrededor de la planta.

La plantación se efectuó dentro de un sitio cercado y se realizó en hoyos (30 cm x 30 cm x 30 cm).

Las plantas habían sido producidas en bolsas plásticas a partir de la primavera de 1984 en el vivero de INFOR, en Santiago.

El diseño usado fue de bloques al azar con tres repeticiones. Cada parcela se estableció con 25 plantas, considerando un espaciamiento de 3 m x 3 m entre éstas.

Como se trata de cinco especies con la variable con y sin fertilización inicial, cada bloque está formado por 10 parcelas.

Debido a que el invierno del año 1985 fue anormalmente seco, se aplicó un riego de primavera (Septiembre 1985) de 4 lt/planta en cada uno de los ensayos. En el ensayo del sitio más árido (Illapel) se había aplicado además un riego al momento de plantar (2,5 lt/planta). Durante el año 1986 se regó tres veces el ensayo de Illapel (4 lt/planta por riego): en Enero, Febrero y Octubre. Durante el verano de 1987 se aplicaron dos riegos. En el ensayo de La Ligua se aplicaron dos riegos en el verano de 1986.

Metodología de Análisis

En otoño de 1986 y 1987 se realizaron las mediciones de las plantas, de parámetros altura (con vara graduada) y diámetro del cuello (con piedometro). Se estableció además la supervivencia para cada parcela.

Para el análisis se consideró la medición realizada en otoño de 1987 (Abril a Mayo) a la edad de dos años desde la fecha de plantación.

Se aplicó un análisis de varianza para el diseño de bloques al azar. Se efectuó además un análisis factorial para determinar los niveles de significancia para los distintos factores (especie – fertilizante) y su interacción. Este análisis se efectuó para cada lugar de ensayo en base a la supervivencia, la altura, el diámetro basal y al estimador de la biomasa "Índice de Crecimiento Total". Este consiste en el diámetro basal de la planta (diámetro del cuello) al cuadrado multiplicado por la altura de la planta ($DB^2 \cdot H$) del valor promedio de cada repetición.

RESULTADOS

Los resultados se presentan de acuerdo a las variables siguientes; a la edad de dos años desde la fecha de plantación.

- Plantas vivas (%) o supervivencia promedio
- Altura total promedio (m)
- Diámetro en la base promedio y que corresponde al grosor del tallo a ras de la superficie del suelo.
- Índice de crecimiento total (estimador de la biomasa).

Para cada variable se calculó el promedio aritmético.

Se entregan a continuación los resultados de adaptación para cada lugar de ensayo.

El Aguerrido - Illapel

Los resultados del ensayo se presentan en el Cuadro 1, que entrega los valores medios de las variables empleadas en el análisis de adaptación en cada especie y tratamiento.

CUADRO 1

RESULTADOS PLANTACION EXPERIMENTAL EN "EL AGUERRIDO" - ILLAPEL (31° 38' Lat. S., 71° 11' Long.W.; 320 m Altitud) Edad 2 años (desde fecha plantación)

Factor "A" Especie	Factor "B" Fertilizante	Trata- miento	Supervivencia %	Altura total (m) H	Diámetro en la Base (cm) DB	Índice de Crecimiento Total ($DB^2 \cdot H$)(cm^3)
<i>Acacia mearnsii</i>	sin	1	27	0.87	0,87	65.8
	con	2	24	0.80	0.88	68.2
<i>Acacia pycnantha</i>	sin	3	77	0.87	1.03	106.8
	con	4	43	0.73	0,87	56.0
<i>Caesalpinia spinosa</i>	sin	5	61	0.30	0.65	12.7
	con	6	73	0.29	0.62	11.2
<i>Eucalyptus astringens</i>	sin	7	37	0.49	0,67	21.9
	con	8	59	0.51	0.62	20.5
<i>Eucalyptus sideroxylon</i>	sin	9	72	0.47	0.46	10.1
	con	10	88	0.50	0,47	11.2

Los niveles de significación estadística de los factores y su interacción se muestran en el Cuadro 2. De acuerdo a dicho análisis el único factor con significación estadística es la especie, vale decir, el resultado de adaptación está explicado fundamentalmente por la especie y no por la inclusión del fertilizante.

CUADRO 2

NIVELES DE SIGNIFICANCIA PARA LOS DISTINTOS FACTORES Y SU INTERACCION ENSAYADOS PARA LA PLANTACION EXPERIMENTAL DE EDAD 2 AÑOS EN ILLAPEL

Factor	Supervivencia	Altura	Diámetro Basal	Índice de Crecimiento
A = Especie	**	**	**	**
B = Fertilizante	-	-	-	-
A.B = Interacción	-	-	-	-
Especie - Fertilizante	-	-	-	-
Bloques	-	-	-	-

NOTA: (-) Sin significación; (**) Significativo a nivel de probabilidad del 95% y 99%.

Al aplicar el test de Duncan (95% prob.) se determinó que el crecimiento (en base al índice de crecimiento) de las especies de Acacia es significativamente mayor a las otras. En todos los casos, salvo de dos excepciones no se presentan diferencias importantes entre las parcelas fertilizadas y las no fertilizadas para la misma especie. En *Acacia pycnantha* la supervivencia fue mayor en las parcelas no fertilizadas. Por el contrario, en *Eucalyptus astringens*, las parcelas fertilizadas presentan una supervivencia mayor.

La Rinconada – La Ligua

Los resultados del ensayo se presentan en el Cuadro 3, que entrega los valores medios de las variables empleadas para el análisis de adaptación en cada especie y tratamiento.

CUADRO 3

RESULTADOS PLANTACION EXPERIMENTAL EN “LA RINCONADA” – LA LIGUA

(32° 28' Lat. S.; 71° 14' Long. W.; 250 m Altitud)

Edad 2 años (desde fecha de plantación)

Factor "A" Especie	Factor "B" Fertilizante	Trata- miento	Supervivencia %	Altura total (m) H	Diámetro en la Base (cm) DB	Índice de Crecimiento Total (DB ² H)(cm ³)
<i>Acacia mearnsii</i>	sin	1	96	2,00	1,82	702,4
	con	2	100	2,31	2,03	968,6
<i>Acacia pycnantha</i>	sin	3	71	1,29	1,71	389,4
	con	4	75	1,44	1,98	659,5
<i>Caesalpinia spinosa</i>	sin	5	84	0,35	0,77	20,8
	con	6	69	0,38	0,79	23,8
<i>Eucalyptus astringens</i>	sin	7	100	0,79	1,16	106,7
	con	8	87	0,86	1,22	130,7
<i>Eucalyptus sideroxylon</i>	sin	9	100	1,04	1,32	183,0
	con	10	96	1,13	1,48	245,4

Al igual que en el ensayo de Illapel, se analizaron los factores especie, fertilizante y la interacción entre ambos según un modelo factorial. Los resultados son prácticamente iguales al ensayo del Illapel, observándose además una diferencia significativa entre bloques, pero solamente en la variable supervivencia.

CUADRO 4

NIVELES DE SIGNIFICANCIA PARA LOS DISTINTOS FACTORES Y SU INTERACCION
ENSAYADOS PARA LA PLANTACION EXPERIMENTAL DE EDAD 2 AÑOS EN LA LIGUA

Factor	Supervivencia	Altura	Diámetro Basal	Índice de Crecimiento
A = Especie	**	**	**	**
B = Fertilizante	-	-	-	-
A B = Interacción	-	-	-	-
Especie - Fertilizante	-	-	-	-
Bloques	*	-	-	-

NOTA: (*), Diferencia significativa al nivel de probabilidad del 95%.

(**), Diferencia significativa al nivel de probabilidad del 95% y 99%.

(-), Sin diferencia significativa.

Es interesante destacar que, aun cuando el factor fertilizante no es el determinante en los resultados de crecimiento, en el caso de *Acacia pycnantha*, la parcelas fertilizadas presentan un crecimiento mayor en relación a las no fertilizadas.

DISCUSION

De los resultados destaca la alta tasa de crecimiento inicial de las Acacias ensayadas, especialmente *Acacia mearnsii*, en La Ligua. No se conocen experiencias en dicha zona con alguna especie que haya igualado dicha tasa de crecimiento (sobre 1 m de altura/año). De esta especie y de *A. pycnantha* no se disponía de antecedentes, excepto de una plantación experimental establecida en 1984 en la zona de Illapel. *A. pycnantha* presentó varios ejemplares secos, y otros con la copa parcialmente seca, presumiblemente a causa de heladas. En otras experiencias con *Eucalyptus astringens* y *E. sideroxylon*, se había obtenido un crecimiento medio anual en altura de 0,76 y 0,43 m/año respectivamente (hasta edad de 15 años), en un sitio más favorable a las del presente informe (INFOR - CORFO, 1986). El crecimiento menor se obtuvo con *Caesalpinia spinosa*.

Efecto de fertilización

En el ensayo de condiciones de sitio más favorable, La Ligua, ambas especies de Acacia ensayadas, presentaron un crecimiento mayor en las parcelas fertilizadas en relación a las no fertilizadas. *Acacia pycnantha* presentó un aumento de un 69% en biomasa. De acuerdo a antecedentes bibliográficos (HERBERT, 1984; SCHONAU, 1984a) *Acacia mearnsii* responde muy favorablemente a la fertilización con superfosfato. Esto se confirma en el ensayo La Ligua, en consideración a la disponibilidad baja de fósforo en el suelo (TORO, J., 1986). La respuesta favorable en esta experiencia puede deberse a la combinación de NPK aplicada, de

acuerdo a los antecedentes recopilados por SCHONAU (1984a). En los antecedentes en plantaciones de *A. mearnsii* recogidas por dicho autor, se menciona una ganancia de producción en madera de hasta 38 m³/ha en una rotación de 10 años, gracias a la fertilización con N-P-K-Ca (24-46-70-400 kg/ha). Es interesante destacar que en una experiencia realizada con otra especie de acacia, *A. dealbata*, se demostró una respuesta favorable en el crecimiento a la fertilización con nitrógeno, no obstante se trata de una especie leguminosa (SCHONAU, 1983). Por lo tanto es de interés incluir dicho nutriente especialmente en condiciones de suelo y clima adversos (SCHONAU, 1984a). En el otro lugar de ensayo, Illapel, de condiciones de sitio en general más adversos, llama la atención que la respuesta a la fertilización con *A. mearnsii* fue prácticamente nula y con *A. pycnantha* fue negativa, presentándose una supervivencia y crecimiento menores en las parcelas fertilizadas con NPK. Este resultado puede deberse a que el control de malezas no fue adecuado al aplicar el fertilizante. Otra explicación a este resultado adverso puede deberse a un efecto tóxico del nitrógeno en la raíz de algunos ejemplares, en consideración a las experiencias recogidas en la bibliografía (SCHONAU, 1984 a).

Experiencias anteriores con *E. globulus* y *E. camaldulensis* demostraron que la fertilización sin un control de malezas se traduce en una menor sobrevivencia y no se favorece el crecimiento inicial (PRADO, J.A. y ROJAS, P., 1987; WRANN, J. e INFANTE, P., 1987). Esto se debe al aprovechamiento que hace la vegetación competidora del fertilizante y del agua del suelo circundante.

Con las especies de Eucalyptus ensayadas, en general la respuesta fue positiva a la fertilización, obteniéndose un mayor crecimiento en el ensayo La Ligua. Con *E. astringens* ensayado en Illapel, la supervivencia aumentó significativamente en las parcelas fertilizadas. Aun cuando no se tienen antecedentes bibliográficos sobre la fertilización de las dos especies de Eucalyptus ensayadas existen resultados para varias especies (*E. grandis*, *E. globulus* ssp. *globulus*, *E. globulus* ssp. *maidenii*, *E. nitens* y *E. camaldulensis*) que indican una respuesta favorable a la fertilización (SCHONAU, A.P.G., 1984a,b; BODEN, D.I., 1984). En una experiencia con *E. globulus* ssp. *globulus* en Australia se obtuvo un rendimiento adicional de 80 m³/ha con fertilización de N-P (202 y 90 kg/ha respectivamente) a los 10 años de edad (CROMER y WILLIAMS, 1982).

El crecimiento inicial de *Caesalpinia spinosa* no aumentó con la fertilización y existen escasos antecedentes de experiencias anteriores. Observaciones preliminares de otra plantación experimental de dos años de edad establecida por INFOR en Illapel, muestran una tendencia a un mejor desarrollo inicial en parcelas fertilizadas (igual producto y dosis de este ensayo), pero con una preparación de suelo con subsolado.

Es importante destacar la importancia que la fertilización se realice con una buena preparación del suelo para el establecimiento (surco o subsolado). BODEN, D.I. (1984) demostró con *Acacia mearnsii* que sólo una preparación del suelo intensiva permite obtener una respuesta mejor con la fertilización. Según la experiencia de este autor, el efecto de una buena preparación del suelo en fajas completamente aradas fue mayor que el de la fertilización por sí sola (100 gr superfosfato por árbol) sin una preparación intensiva del suelo. Según este autor, al no poder realizar esta preparación del suelo, se recomienda el subsolado hasta 40 cm de profundidad. Esto permite obtener una mejor respuesta en el empleo del fertilizante, pero inferior a la obtenida con el sistema del suelo arado en fajas.

Experiencias realizadas con *Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis* en nuestro país confirma la conveniencia de una preparación más intensiva del suelo (con surco o subsolado) para optimizar la respuesta a la fertilización (PRADO, J.A. y ROJAS, P., 1987; WRANN, J. e INFANTE, P., 1987).

Potencialidad de las Especies Ensayadas en el Area de Estudio

Las dos especies de acacias ensayadas fueron las de mayor crecimiento. Interesante de considerar como alternativa de forestación es *A. mearnsii* en el sector sur (Zona de La Ligua). *A. pycnantha* no puede recomendarse aun en forestaciones masivas debido a la mortalidad que han mostrado varios ejemplares en las parcelas de ensayo. Se presume que la causa son las heladas. *A. mearnsii* es de mayor valor económico debido a la calidad de sus taninos, el tamaño que alcanza la especie y las alternativas de uso de su madera. Aun cuando la especie mostró un crecimiento inferior que en Sudáfrica, el establecimiento con una buena preparación de suelo, aplicación de herbicidas y fertilizantes podrían mejorar el crecimiento significativamente.

Para la zona de Illapel las especies de *Eucalyptus* son una alternativa de interés. El *Eucalyptus sideroxylon* produce una corteza gruesa, fácilmente desprendible, siendo una buena materia prima de taninos (INFOR, 1987). Resultados preliminares un año después de la instalación en un ensayo de método de plantación en la zona de Illapel, instalado por INFOR en 1986, están indicando una respuesta de esta especie a los métodos de preparación y de suelo (subsulado y surco) con aplicación de fertilizantes y un adecuado control de malezas.

Por otra parte *E. astringens* ha demostrado buena adaptación en la zona árida con condiciones similares al lugar de ensayo "El Aguerrido", Illapel (INFOR - CORFO, 1986).

Caesalpinia spinosa es de muy lento crecimiento, pero resistente a las condiciones de aridez. Produce una excelente materia prima de taninos, pero su elección en programas de forestación está limitada por su bajo crecimiento. Es posible que esta especie requiera de suelos más profundos.

En cuanto al área factible para forestar con una de estas especies, es necesario tener en cuenta que las unidades edafoclimáticas definidas abarcan una zona muy extensa, que no considera condiciones locales. Por ejemplo, en la Unidad "B", (Figura 1), existe una zona al norte de la ciudad de Santiago (Til - Til, Chacabuco) con un microclima con condiciones de mayor aridez debido a la mayor altitud de la cordillera de la Costa; por otra parte en la zona de Batuco existen alrededor de 20.000 ha con condiciones de suelo de mal drenaje y salinidad. Estos sectores no son representativos de los lugares de ensayo.

CONCLUSIONES

- En la zona de menor aridez dentro del área de estudio (Unidad "B") la especie *Acacia mearnsii* alcanzó una altura media de 2,31 m y un diámetro en la base del tallo de 2,0 cm a los 2 años. La supervivencia fue de 100%. Este dato corresponde a las parcelas fertilizadas. Esta especie debe considerarse como alternativa interesante para la zona centro-norte del país debido a su crecimiento excepcionalmente alto y a la importancia económica de la misma.
- La especie *Acacia pycnantha* presentó el crecimiento mayor en la zona más árida del área de estudio. Sin embargo, no puede recomendarse en forestación masiva aun, por los altos niveles de mortalidad que ha ido presentando en las observaciones posteriores.
- Las especies de *Eucalyptus*: *E. astringens* y *E. sideroxylon* son especies promisorias para la Provincia de Choapa. Como materia prima de taninos se considera a *E. sideroxylon* como de mayor interés. Por la cantidad y calidad de taninos que produce.
- La fertilización con NPK (101 gr. 20 gr y 50 gr por planta, respectivamente) aumenta el crecimiento inicial de las especies de Acacia y *Eucalyptus* ensayadas. La fertilización es recomendable, solamente si se acompaña con un control de malezas.

- El crecimiento de las especies de Acacias y Eucalyptus ensayadas puede ser mejorado mediante técnicas intensivas de preparación del suelo (surco o subsolado).
- La especie *Caesalpinia spinosa* se adapta a las condiciones áridas, pero su crecimiento es lento.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación forma parte del Proyecto Taninos(Chile), financiado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del Gobierno de Canadá (CIID).

En los trabajos de instalación de los ensayos de campo y mediciones, participó además el Ingeniero Forestal Sr. Pedro Infante y el Técnico Sr. Andrés Bello.

Los autores agradecen la revisión y sugerencias, a los Ingenieros Forestales Sr. J. A. Prado y H. Grosse.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALMEYDA, E. A. 1948. Pluviometría de las zonas del desierto y las estepas cálidas de Chile. Santiago, Chile. Edit. Universitaria. 162 p.
2. ALMEYDA, E. A. y SAEZ, S.F. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile. Santiago, Chile. Ministerio de Agricultura. 195 p.
3. ANTONIOLETTI et al. S.F. 1958 Características climáticas del Norte Chico. Santiago, Chile. IREN. 102 p., Mapas y Anexos.
4. BANCO CENTRAL DE CHILE. Anuario de exportaciones. Años 1980 - 85. Santiago, Chile.
5. BODEN, D. I. 1984. Early responses to different methods of site preparation for three commercial tree species. In: Proceedings IUFRO Symposium on site and productivity of fast growing plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa. 30 April - 11 May 1984. vol 2 pp. 565 - 578.
6. CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION (CORFO). 1967. Geografía Económica de Chile. Santiago de Chile. edit. Universitaria. 885 p.
7. CROMER, R. N. and WILLIAMS, E. R. 1982. Biomass and nutrient accumulation in a planted *E. globulus* (Labill) fertilizer trial. *aust. J. Bot.* (3) : 265 - 278. (Original no consultado, cit en SCHONAU, 1984a)
8. DI CASTRI, F. 1975. Esbozo ecológico de Chile. Santiago, Chile. Ministerio de Educación, Centro de Perfeccionamiento Experimentación e Investigaciones Pedagógicas. 64 p.
9. DI CASTRI, F. y HAJEK, E. R. 1976. Bioclimatología de Chile. Santiago, Chile. Universidad Católica de Chile. 128 p.
10. FUENZALIDA, H. 1967. Climatología de Chile. En: Corporación de Fomento de la Producción: Geografía Económica de Chile. pp. 99 - 152.
11. HAJEK, E. R. y DI CASTRI, F. 1975. Bioclimatología de Chile. Santiago, Universidad Católica de Chile. s.p.
12. HALL, N.; BODEN, R.; CLIFFORD et al. 1972. The use of trees and shrubs in the dry country of Australia. Dept. of National Development Forestry and Timber Bureau, Australian Government Publishing Service. 557 p.
13. HALL, N.; JOHNSTON, R. D. and CHIPPENDALE, G.M. 1970. Forest Trees of Australia, Canberra. Dept. of National Development Forestry and Timber Bureau. Australian Government Publishing Service. 334 p.
14. HARTLEY, A. 1977. The establishment of *Eucalyptus tereticornis* on tailings from the Bougainville copper mine, Papua New Guinea. *Commonw. For. Rev.* (56). 239 - 245 (Original no consultado, cit. en SCHONAU, 1984a).
15. HERBERT, M.A. 1984. Variation in the growth of and responses to fertilizing black wattle with nitrogen, phosphorus, potassium and lime over three rotations. *Proc. IUFRO Symp. Site Prod. Fast growing Plantations South Africa* (2), p. 907 - 920.
16. HILLS, W. E. ed. 1962. Wood extractives, New York. Academic Press. 513 p.
17. HOWES, F. N. 1953. Vegetable tanning materials. London. Butterworths Scientific Publications. 325 p.
18. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS (INE). 1986. Compendio Estadístico. Santiago, Chile. 257 p.
19. INSTITUTO FORESTAL - UNIVERSIDAD DE CHILE. 1979. Areas cubiertas con ensayos de introducción de especies y ubicación de nuevas experiencias. Informe al Proyecto CONAF/PNUD/FAO., Santiago, Chile, 91 p., apéndices, anexos y mapas.

20. INSTITUTO FORESTAL. 1987. Informe Final Proyecto Taninos. Informe preparado para el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID). Stgo., 1987. p. 63.
21. INSTITUTO FORESTAL - CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Santiago, Chile 168 p. (AF 86/32).
22. JARMAIN, R. M. and LLOYD - JONES. 1982. The Wattle Industry in South Africa. A survey for students, Pietermaritzburg, República de Sud Africa, Wattle Research Institute. Doc. 12/82 Ref. B 52/4. 16 p.
23. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. (NAS) 1980. Firewood crops. Washington D.C. 237 p.
24. POYNTON, R. J. 1979. Tree planting in Southern Africa. Vol. 2 The Eucalypts. Pretoria South Africa Forestry Research Institute. Dept. of forestry, 882 p.
25. PRADO, J. A. y ROJAS, P. 1987. Preparación del sitio y fertilización en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la zona semiárida de Chile. INFOR, Chile. Ciencia e Investigación Forestal, INFOR - Chile. 1 (1): 17 - 28.
26. ROBERTS y DIAZ. 1959 - 60. Grandes grupos de suelos de Chile. Agricultura Técnica (Chile) año 19 y 20. Ministerio de Agricultura. pp 7 - 36.
27. ROSENDE, R. 1985. Informe de contenido de taninos de diversas muestras vegetales, trabajo encargado por INFOR. Santiago, Chile. s.p.
28. SCHONAU, A. P. G. 1983. Fertilization in South African Forestry. S. Af. For. J. (125): 1 - 19.
29. SCHONAU, A. P. G. 1984 (a). Fertilization of fast growing broadleaved species. In: Proceeding IUFRO Symposium on Site and Productivity of fast Growing Plantations. Vol. 1 pp. 253 - 268, Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, 30 April - 11 May, 1984.
30. SCHONAU, A. P. G. 1984 (b). Silviculture considerations for high productivity of *Eucalyptus grandis*. Forest ecology and Management. 9: 295 - 314.
31. TORO, J. 1986. Descripción de Suelos e Instalación de Ensayos de Fertilización en Plantaciones de Eucalyptus. Informe para INFOR. Santiago. 18 p.
32. WRANN, J. e INFANTE, P. 1987. Ensayos de Métodos de Plantación con *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria* en la Zona Árida de Chile, IV Región, Prov. de Choapa. Ciencia e Investigación Forestal 2 (3), Santiago.

INFLUENCIA DE ALGUNOS FACTORES EDAFICOS EN EL INDICE DE SITIO DE PLANTACIONES DE *Pinus radiata* PARA LA V REGION

Samuel Francke C. (*)

RESUMEN

En este trabajo se efectúa un análisis cuantitativo de los principales factores edáficos que influyen en el índice de sitio de plantaciones de *Pinus radiata* en el límite norte de su distribución.

El estudio se efectuó en la zona costera de la V Región (32° - 34° de latitud Sur), donde la precipitación media anual varía entre 300 y 700 mm.

La muestra de 34 perfiles de suelos se analiza en base a parámetros como profundidad, materia orgánica, granulometría textural y pH en las series de suelo Curaumilla, Lo Vásquez y Bochinche. Habiéndose considerado además, antecedentes fisiográficos e información dasométrica.

Los resultados obtenidos indican que una mayor basicidad en el pH y texturas arcillosas en el horizonte inferior del perfil del suelo, influyen negativamente en el índice de sitio registrado. Favorablemente influyen relaciones texturales medias en rangos de pH de alrededor de 5.

Se obtienen finalmente diversas funciones de índice de sitio en base a factores edáficos a través de modelos de regresión múltiple de alta bondad estadística.

ABSTRACT

This study presents a quantitative analysis of the principal soil factors that have an influence on the site index of plantations of Pinus radiata in the northern limit of their distribution.

The study was carried out in the coastal area of Chile Central, fifth Region (32° - 34° South latitude), where the mean annual rainfall varies from 300 to 700 mm.

A sample of 34 soil profiles are analyzed based on parameters such as depth, organic material, texture and pH for the soil series Curaumilla, Lo Vásquez and Bochinche. Additionally, physiographic and other dasometric information were considered.

The result obtained show that a great basidity in the pH and clay textures in the low horizon of the soil profile, had a negative influence on the registered site index. Medium textural conditions act favorably in ranges of pH near 5.

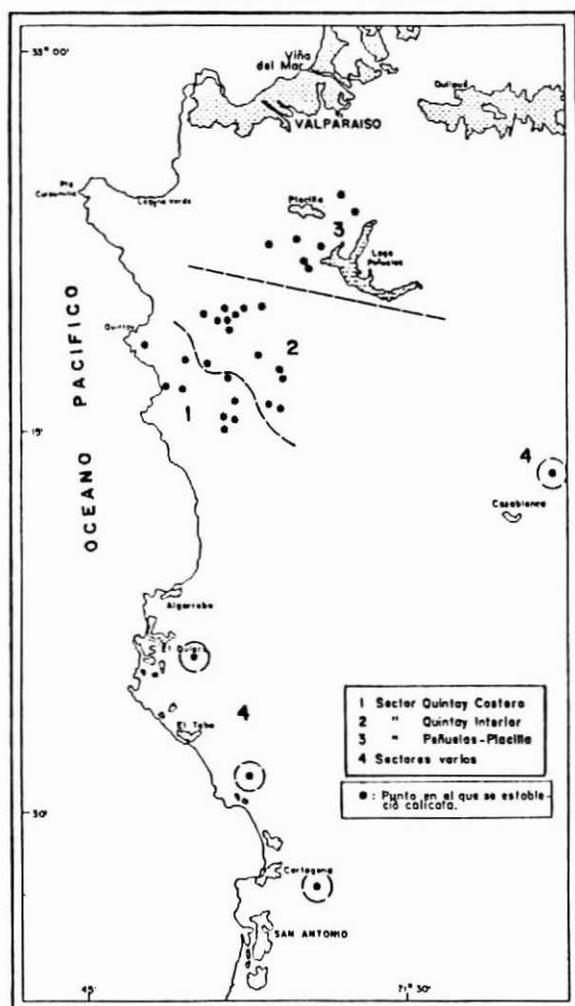
Finally, diverse site index functions are obtained based on edafic factors, through multiple regression models of high statistical confiability.

(*): Ingeniero Forestal, Dr. rer. Silv. (RFA). Gerencia Técnica - CONAF. Avda. Bulnes 259 Of. 606 . Santiago-Chile.

INTRODUCCION

La estimación de la productividad de sitios ocupados con especies forestales es desde hace muchos años el objetivo central de la investigación forestal. Utilizándose comunmente para ello, el índice de sitio o altura de los árboles co- y dominantes de un rodal a una determinada edad, el cual dependería específicamente de factores edáficos, topográficos, climáticos y bióticos. Dentro de los factores citados se encuentra como factor fundamental para aclarar el medio físico la variación explicada por las características edáficas en función de sus propiedades intrínsecas, que estarían influenciando la productividad del sitio a través de la cantidad y calidad del espacio radicular como también fuente de suministro de agua y nutrientes.

FIGURA 1
LIMITES APROXIMADOS DE LOS SECTORES GEOGRAFICOS DE MUESTREO. V REGION



Este trabajo fue desarrollado en el secano costero de la V Región que corresponde al área norte de distribución de la especie Pino Radiata en Chile con una superficie de 23.261 ha. a Diciembre de 1987.

En la realización de este trabajo se contemplaron los siguientes objetivos parciales:

- Caracterización preliminar de algunas variables edáficas básicas en relación al Índice de Sitio.
- Cuantificar con modelos matriciales las relaciones interedáficas existentes, y a través de modelos de regresión múltiple, los factores relevantes edáficos que influyen en el índice de sitio.

MATERIAL

Este trabajo se basa en la obtención en terreno de perfiles de suelo (34) en los siguientes "sectores geográficos de muestreo": Peñuelas (7), Quintay Interior (14), Quintay Costero (9) y Sectores Varios (4). Figura 1. Los primeros tres sectores ocupan el 90% del área mustrada y pertenecen predominantemente a la serie de suelos Curaumilla (kv 524) y los sectores varios se en

cuentran contenidos en la serie Lo Vásquez (LD 524) y la serie Bochínche (BO 322), todas ellas descritas en el proyecto aerofotogramétrico CHILE/OEA/BID (1962). Los suelos del área son en general profundos a muy profundos, de texturas superficiales predominantemente franco-arcillo-arenosa y arcillosa, y texturas subsuperficial arcillo-arenosa y arcillosa que descansan sobre un substrato geológico de roca granítica. El drenaje y permeabilidad es de moderado a bueno y de moderado a lento, respectivamente. La capacidad de uso dominante es VII.

METODOLOGIA

El muestreo colectivo de suelos se realizó mediante calicatas distribuidas en sitios con plantaciones de *Pinus radiata* en edades que fluctuaban entre 17 y 23 años. Las muestras de suelo fueron tomadas según horizonte pedogenético hasta una profundidad de 1 m aproximadamente, habiéndose realizado la descripción de suelo conjuntamente con registro de aspectos fisiográficos relevante, e información dasométrica en parcelas de 20 x 20 m. Los análisis de laboratorio fueron realizados para parámetros edáficos, como contenido de materia orgánica (WALK y BLACK, 1965), pH (potenciómetro, relación 1:1 suelo: agua) y composición granulométrica textural.

El análisis e interpretación de los resultados se realizó de acuerdo a las siguientes variantes metodológicas:

- a. Clasificación geográfica de los índices de sitio por horizontes muestreados.
- b. Clasificación de índice de sitio de acuerdo a rangos de materia orgánica y pH.
- c. Clasificación de índices de sitio de acuerdo a horizonte superficial (A, > 1% Mat. orgánica) y horizonte mineral subsuperficial bajo el horizonte A (B, < 1% Materia orgánica) en virtud de la clase textural media predominante en el horizonte.

Los análisis cuantitativos entre variables del suelo en función de índice de sitio se obtuvieron mediante un programa general de análisis de regresión y con el subprograma de correlación del Software "Microstat" ejecutados en un microcomputador con sistema operativo MS - DOS.

ANALISIS DESCRIPTIVO GENERAL

Presentación y Discusión de Resultados

Según clasificación geográfica de índice de sitio y horizonte.

El análisis del comportamiento de algunos parámetros edáficos en relación al índice de sitio de plantaciones de Pino Radiata de la V Región, según una clasificación geográfica de los índices de sitio por sector y horizonte promedio, se presentan en los Cuadros 1 a, b y c.

CUADRO 1a

CLASIFICACION GEOGRAFICA DE INDICES DE SITIO EN EL HORIZONTE 1
(VALORES MEDIOS Y DESVIACION STANDARD)

Sector	Profundidad (cm)	Porcentaje		
		Arcilla	Limo	Arena
Sectores Varios	10,3 ± 4,0	13,2 ± 7,0	17,4 ± 13,0	69,4 ± 16,5
Quintay Costero	20,3 ± 11,7	17,6 ± 5,3	21,9 ± 8,4	60,5 ± 12,9
Quintay Interior	14,0 ± 5,9	21,8 ± 7,5	18,7 ± 5,1	59,1 ± 11,3
Peñuelas	18,6 ± 14,9	25,9 ± 6,0	22,6 ± 3,3	51,5 ± 6,1
Sector	Materia Orgánica (%)	pH H ₂ O	Número de Horizontes	Indice de Sitio Promedio (m)
Sectores Varios	1,20 ± 0,2	5,3 ± 0,1	3	20,60 ± 1,52
Quintay Costero	1,96 ± 0,7	5,5 ± 0,3	9	21,60 ± 1,90
Quintay Interior	1,70 ± 0,5	5,2 ± 0,3	13	26,48 ± 1,89
Peñuelas	1,74 ± 0,5	5,1 ± 0,2	7	26,51 ± 1,37

CUADRO 1b

CLASIFICACION GEOGRAFICA DE INDICES DE SITIO EN EL HORIZONTE 2

Sector	Profundidad (cm)	Porcentaje		
		Arcilla	Limo	Arena
Sectores Varios	34,7 ± 6,0	17,5 ± 9,7	16,9 ± 13,9	65,6 ± 23,6
Quintay Costero	45,3 ± 21,1	23,1 ± 10,3	19,0 ± 5,7	57,8 ± 14,0
Quintay Interior	46,1 ± 12,7	24,8 ± 5,4	18,4 ± 5,1	56,7 ± 8,4
Peñuelas	58,0 ± 30,0	32,8 ± 6,5	22,7 ± 2,7	44,4 ± 6,4
Sector	Materia Orgánica (%)	pH H ₂ O	Número de Horizontes	Indice de Sitio Promedio (m)
Sectores Varios	1,07 ± 0,45	5,2 ± 0,2	3	20,6 ± 1,52
Quintay Costero	0,93 ± 0,41	5,6 ± 0,4	9	21,6 ± 1,90
Quintay Interior	0,98 ± 0,41	5,1 ± 0,4	13	26,48 ± 1,89
Peñuelas	1,30 ± 0,78	5,3 ± 0,2	7	26,51 ± 1,37

CUADRO 1c

CLASIFICACION GEOGRAFICA DE INDICES DE SITIO EN EL HORIZONTE 3

Sector	Profundidad (cm)	Porcentaje		
		Arcilla	Limo	Arena
Sectores Varios	79,7 ± 21,5	44,6 ± 13,2	9,1 ± 49,5	46,3 ± 16,7
Quintay Costero	82,8 ± 23,3	26,6 ± 9,1	14,5 ± 2,2	58,8 ± 9,5
Quintay Interior	97,0 ± 22,5	21,9 ± 8,1	18,4 ± 5,2	59,7 ± 8,7
Peñuelas	88,3 ± 17,0	23,7 ± 6,3	24,7 ± 7,9	51,6 ± 7,6
Sector	Materia Orgánica (%)	pH H ₂ O	Número de Horizontes	Índice de Sitio Promedio (m)
Sectores Varios	0,97 ± 0,25	5,6 ± 0,5	3	20,60 ± 1,52
Quintay Costero	0,60 ± 0,45	5,7 ± 0,4	9	21,60 ± 1,90
Quintay Interior	0,52 ± 0,37	5,4 ± 0,4	13	26,48 ± 1,89
Peñuelas	0,63 ± 0,48	5,5 ± 0,2	7	26,51 ± 1,37

Se obtiene en general una calidad de sitio inferior con un promedio de 21 m ("Quintay Costero" y "Sector Varios") e índice de sitio de calidad superior de 26,5 m (Quintay Interior y "Peñuelas").

En qué medida los parámetros de suelo considerados estarían explicando la variación del índice de sitio, en lo que respecta a la profundidad media de los perfiles y contenidos de materia orgánica es aparentemente baja. Sin embargo, la explicación del índice de sitio a través de factores de suelo como clases texturales y pH es relativamente alta y directa.

Una mayor basicidad en el pH del horizonte inferior del perfil, influiría, negativamente en el índice de sitio registrado. Esta tendencia es posible encontrarla en esta región, dado que este factor se presenta asociado a problemas de alta salinidad y drenaje deficiente, especialmente dado las relativas bajas precipitaciones de la zona.

Por otra parte, clases texturales arcillosas pesadas, del horizonte inferior influirían también negativamente en el índice de sitio.

En forma positiva influyen clases texturales medias, favoreciendo éstas un mayor índice de sitio, especialmente en texturas medias a moderadamente finas del tipo franco arenosa y franco arcillo arenosa presentes en el perfil promedio de suelos.

Según clasificación de índices de sitio por rangos de materia orgánica, pH y clases texturales.

La clasificación de índices de sitio según rangos de materia orgánica y pH se resumen por horizonte en el Cuadro 2 a y b respectivamente. Las relaciones genéricas para clases texturales se incluyen en la Tabla 1.

Los resultados agrupados por rango de materia orgánica (Cuadro 2a) indican su disminución en profundidad y señalan que en sitios de índice de sitio inferior, probablemente con una forma humica tipo humus bruto (MOR) se tendría una relación de Carbono total/Nitrógeno total más alta que en sitios de calidad superior, pero que presentarían una menor tasa de descomposición de la materia orgánica y menor grado de disponibilidad respecto del nitrógeno para ser absorbido por las raíces, determinándose así, un menor índice de sitio. Al respecto se recomienda con el objeto de establecer relaciones más directas, la inclusión de la medición del Nitrógeno total, no contemplada en este trabajo.

La reacción del suelo (Cuadro 2 b) aumenta claramente en profundidad. Los suelos de calidad de sitio inferior presentan valores de pH promedio referencialmente mayores que los de calidad de sitio superior, acentuándose esta diferencia en profundidad. Lo que podría constituir un factor restrictivo para el crecimiento de la especie en rangos de pH mayores a 6, especialmente en horizontes inferiores, debido al problema conjunto de formación de panes salinos asociados a deficiencia de drenaje interno. Una confirmación de esta afirmación requeriría del estudio de variables edáficas más específicas como conductividad eléctrica, contenido de sales intercambiables y solubles asociados a mediciones de variables hídricas.

CUADRO 2 a

CLASIFICACION DE INDICES DE SITIO (I.S.), SEGUN RANGOS DE MATERIA ORGANICA POR HORIZONTE

Horizonte	Rango Porcentual	Frecuencia	Valor Central Clase	I.S. Promedio
Superficial	1 - 1,5	14	1,22	24,21
	1,5 - 2,0	17	1,78	24,84
	> 2,0	3	2,76	21,66
Subsuperficial	0 - 0,5	11	0,28	25,5
	0,5 - 1,0	18	0,64	24,3
	> 1,0	5	1,18	22,5

CUADRO 2 b

**CLASIFICACION DE INDICES DE SITIO (I.S.), SEGUN RANGOS DE
pH - H₂O POR HORIZONTE**

Horizonte	Rango pH	Frecuencia	Valor Central Clase	I.S. Promedio
Superficial	4,5 - 5,0	11	4,94	26,69
	5,1 - 5,5	17	5,28	23,71
	5,6 - 6,0	5	5,69	22,50
	> 6,0	1	6,15	21,10
Subsuperficial	5,1 - 5,5	19	5,29	24,86
	5,6 - 6,0	11	5,70	24,87
	6,1 - 6,5	3	6,26	21,13
	> 6,5	1	7,50	22,10

TABLA 1

**CLASIFICACION DE INDICES DE SITIO (I.S.), SEGUN
RELACIONES GENERICAS DE CLASES TEXTURALES**

Tipo de Relación	Clase Textural Superficial/Subsuperficial	Frecuencia	Relaciones Texturales	I.S. Promedio (m)
I	Textura Superficial Predomi- nantemente Liviana a Media	12	AF, F, FA, FaA	20,9
	Textura Subsuperficial Predominantemente Pesada		FaA, Fa, aA, a	
II	Textura Superficial Liviana	6	AF, FA	24,9
	Textura Subsuperficial Media		FaA, Fa	
III	Textura Superficial Predominantemente Media	16	FA, FaA, Fa	27,1
	Textura Subsuperficial Media		FA, FaA	

El efecto de la textura para explicar el índice de sitio se hace evidente en las relaciones genéricas de clases texturales obtenidas y posiblemente en correspondencia con los niveles de fertilidad de los suelos (Ver Tabla 1). De la relación I que presenta el menor índice de sitio, se deduce que suelos con texturas superficiales gruesas que descansan sobre texturas pesadas arcillosas subsuperficiales, presentarían problemas de conducción de agua y de aire en el perfil de suelos como dificultades de penetrabilidad de las raíces.

En la relación II de la Tabla 1, se obtiene un índice de calidad intermedio explicado por clases texturales superficiales livianas y probablemente finas que descansan sobre un horizonte subsuperficial de texturas medias que poseen propiedades físicas y químicas de suelo altamente favorables.

En la relación III, predominan en ambos horizontes texturas medias probablemente finas que junto con presentar buenas propiedades físicas, entre ellas una alta capacidad de campo como también buen régimen de aireación y de agua en el perfil, presentan además buenas propiedades químicas, en general dada por los altos contenidos en elementos nutritivos, características que determinan los niveles de índice de sitio máximos para la región. Dichas variables edáficas citadas deberían ser incluidas en estudios al respecto más detallados.

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE INTERRELACIONES EDAFICAS E INDICE DE SITIO DE PLANTACIONES.

Análisis Matricial

Los resultados del análisis para las interrelaciones de los factores de suelo considerados según matriz de correlación general y según horizonte superficial y subsuperficial se presenta en la Tabla 2 a, b y c respectivamente. En base a la metodología descrita precedentemente el subprograma utilizado no entrega información del grado de significación estadística de la correlación entre variables, teniendo éstas por tanto un carácter preliminar indicativo, habiéndose efectuado en el modelo de regresión general los análisis de varianza que incluyen la determinación de sus respectivos niveles de significancia. De acuerdo a la matriz general (Tabla 2 a), se observa una disminución en profundidad de los contenidos de materia orgánica, mientras que el porcentaje de arcilla y pH indicarían un incremento de ellos a mayor profundidad. Respecto de los contenidos de materia orgánica se correlacionan en forma positiva con la fracción fina porcentual de limo y arcilla y negativamente con el contenido porcentual de la fracción gruesa de arena y la reacción del suelo. Interactuando la fracción arenosa negativamente con los porcentajes de limo y arcilla. Estas últimas fracciones se asocian positivamente. De acuerdo a los resultados del análisis matricial separados por horizonte superficial (Tabla 2 b) y subsuperficial (Tabla 2 c) se obtiene para ambos horizontes una correlación positiva entre la profundidad y factores como pH y porcentajes de arcilla y negativa con la componente de arena.

Se destaca en ambas Tablas (2 b y c) que la escasa correlación entre profundidad y materia orgánica se debe a que estos parámetros fueron considerados como segregadores de acuerdo a esta clasificación.

TABLA 2 a

MATRIZ GENERAL DE CORRELACION ENTRE FACTORES DE SUELO, SEGUN HORIZONTE SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL (n = 68)

	Prof.	M. Org.	pH	Arcilla	Limo	Arena
Prof.	1,00					
M. Orgánica	- 0,70	1,00				
pH	0,38	- 0,27	1,00			
Arcilla	0,31	0,12	- 0,04	1,00		
Limo	- 0,05	0,38	0,07	0,20	1,00	
Arena	- 0,20	- 0,29	- 0,02	- 0,80	- 0,67	1,00

TABLA 2 b

MATRIZ GENERAL DE CORRELACION ENTRE FACTORES DE SUELO, EN EL HORIZONTE SUPERFICIAL (> 1% DE MATERIA ORGANICA Y PREDOMINANTEMENTE A) (n = 34)

	Prof.	M. Org.	pH	Arcilla	Limo	Arena
Prof.	1,00					
M. Orgánica	- 0,05	1,00				
pH	0,17	0,23	1,00			
Arcilla	0,47	0,34	- 0,23	1,00		
Limo	0,13	0,61	0,17	0,43	1,00	
Arena	- 0,53	- 0,42	- 0,00	- 0,84	- 0,73	1,00

TABLA 2 c

MATRIZ GENERAL DE CORRELACION ENTRE FACTORES DE SUELO, EN EL HORIZONTE SUBSUPERFICIAL (< 1% DE MATERIA ORGANICA Y PREDOMINANTEMENTE B) (n = 34)

	Prof.	M. Org.	pH	Arcilla	Limo	Arena
Prof.	1,00					
M. Orgánica	0,08	1,00				
pH	0,17	- 0,22	1,00			
Arcilla	0,28	0,55	- 0,02	1,00		
Limo	0,02	0,35	0,07	0,01	1,00	
Arena	- 0,24	- 0,65	- 0,03	- 0,78	- 0,62	1,00

Las interrelaciones de materia orgánica y fracciones texturales según horizontes (Tabla 2 b y c) se comportan de acuerdo a lo descrito según matriz de correlación general (Ver Tabla 2 a).

En general los resultados obtenidos para las interrelaciones de factores edáficos se comportan lógicamente y su interpretación se ajusta a literatura vigente respecto del comportamiento de los suelos del área.

ANALISIS DE CORRELACION ENTRE FACTORES DE SUELO E INDICE DE SITIO

En la Tabla 3 se presentan las principales relaciones de acuerdo a factores edáficos analizados en conjunto y por horizontes en relación al índice de sitio.

La función esquemática I entrega una explicación general, en términos de que la reacción de suelo incidiría desfavorablemente como factor limitante, en tanto que mayores porcentajes de limo, constituyentes texturales de la fracción intermedia del suelo, influyen favorablemente en el índice de sitio.

La función esquemática II proporciona una explicación más específica, en el sentido de que una mayor basicidad del pH del suelo y texturas arcillosas en el horizonte subsuperficial, influyen negativamente en el índice de sitio. Lo que se corrobora con los resultados obtenidos en el análisis descriptivo general.

TABLA 3

MATRIZ DE CORRELACION ENTRE FACTORES DE SUELO E INDICES DE SITIO GENERAL, PARA EL HORIZONTE SUPERFICIAL A Y SUBSUPERFICIAL B

		Prof.	M. Org.	pH	Arcilla	Limo	Arena
F I	Sitio General de Suelo	- 0,01	- 0,03	- 0,35	- 0,03	0,18	- 0,04
F II	Sitio Horizonte Superficial A	- 0,03	- 0,04	- 0,41	0,19	0,05	- 0,07
	Sitio Horizonte Subsuperficial B	0,01	- 0,07	- 0,39	- 0,24	0,31	- 0,01

Modelo General de Estimación de Índice de Sitio para la V Región en función de Variables Edáficas

Los factores de suelo incluidos en las funciones esquemáticas descritas en el Tabla 3, se incorporaron al índice de sitio en función de variables edáficas, habiéndose realizado una regresión "paso a paso" y obteniéndose funciones con un nivel de significación estadística del 1% que se presentan en la Tabla 4, con una alta bondad estadística. No obstante, se señalan las restricciones para los modelos resultantes, debido a la relativa baja cantidad de parámetros edáficos considerados, otorgándoseles a ellos un carácter preliminar e indicativo.

TABLA 4

MODELOS GENERALES DE ESTIMACION DE INDICE DE SITIO PARA LA V REGION EN FUNCION DE VARIABLES EDAFICAS

Designación Modelo	Función Obtenida y Explicación General del Modelo	n	r	Se
M I	I. Sitio General = 32,1558 - 2,4157 pH + 0,0038 % Arena % Limo	68	+ 0,51	± 2,54
M II	I. Sitio H Superficial (A) = 42,8181 - 3,7543 pH	34	- 0,41	± 2,70
	I. Sitio H Subsuperficial (B) = 40,9405 - 2,6380 pH- 2,0422% Arcilla/%Limo	34	- 0,67	± 2,20

CONCLUSIONES

Análisis Descriptivo General

Los resultados de este estudio indican que una mayor basicidad en el pH del suelo y texturas arcillosas presentes en los horizontes subsuperficiales, influyen negativamente en el índice de sitio, como así también texturas altamente arenosas, constituyen los factores limitantes desde el punto de vista edáfico. Favorablemente influyen clases texturales medias del tipo franco-arcillosa fina y en valores de pH de alrededor a 5 determinando la calidad de sitio óptima para Pinus radiata en la V Región, de acuerdo a los parámetros edáficos considerados.

Análisis cuantitativo entre factores de suelo e índice de sitio

De acuerdo a la clasificación en horizonte superficial (predominantemente A, > 1% materia orgánica) y horizonte subsuperficial (predominantemente B, < 1% materia orgánica), se obtuvo funciones analíticas para explicar el índice de sitio a través de factores de suelo y tipo de correlación, que se esquematiza del modo siguiente:

$$IS = f((-) pH H_{zA}, (+) \% \text{ Arcilla } H_{zA}, (-) pH H_{zB}, (-) \% \text{ Arcilla } H_{zB}, (+) \% \text{ Limo } H_{zB})$$

A través de modelos de regresión multineal “paso a paso” se determinaron el grado en que las variables edáficas analizadas influyen en la estimación del índice de sitio, siendo sus respectivos coeficientes de correlación (r) y error estandar de estimación (Se) los siguientes:

Función general	(r = +0,51; Se = ± 2,54 m)
Función horizonte superficial	(r = - 0,41; Se = ± 2,70 m) y
Función de horizonte subsuperficial	(r = - 0,67; Se = ± 2,20 m).

Recomendaciones para la elección de sitios aptos para Forestación con la especie Pinus radiata.

De acuerdo a este trabajo se deben elegir para forestación sitios con texturas medias a moderadamente finas evitando substratos Subsuperficiales arcillosos y aquellos de texturas extremadamente gruesas de baja fertilidad natural. Igualmente debe evitarse el establecimiento en áreas de alta salinidad, debido a la formación de panes salinos en rangos de pH probablemente mayores que 6.

La estimulación de la descomposición de la hojarasca acumulada en sitios plantados con la especie se podría favorecer con un adecuado manejo de densidad mediante raleos sucesivos.

El establecimiento de la especie en suelos inadecuados puede ser corregido en suelos de substratos arcillosos utilizando técnicas de laboreo de suelos y drenaje y de substratos arenosos, a través de fertilización mineral u orgánica.

NUEVOS ESTUDIOS

Los resultados de esta investigación revelan en primer término la exigua información de valores analíticos para suelos forestales de esta Región, y por otra parte la necesidad de efectuar estudios más específicos respecto de la influencia de factores edáficos, relativo a la problemática de la productividad del sitio, así como también problemas de establecimiento de la especie en áreas de alta salinidad y en sectores erosionados los cuales cubre la especie *Pinus radiata* normalmente en la V Región.

RECONOCIMIENTOS

La realización de la presente publicación se encuentra enmarcada en el proyecto nacional de estimación de la productividad del sitio para áreas potencialmente forestables con *Pinus radiata*, siendo este proyecto financiado por CORFO y ejecutado por personal propio y consultores contratados por el INFOR para su realización.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el trabajo de equipo efectuado por el Jefe del Proyecto Sr. Rolando Bennewitz; Coordinador del Proyecto, Sr. Nelson Vergara; en el Procesamiento de Datos, el Sr. Jaime Flores; la toma de antecedentes de terreno y cartografía, la Empresa consultora de Ingeniería de Bosques y Mensura Ltda.; así como también, al Ingeniero Forestal Sr. Jorge Toro por su asesoría de terreno y de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. CARMEAN, W.H. 1975. Forest site quality evaluation in the U.S. *Aduan. Agronomy* 27: 209-269.
2. FRNCKE, S. 1987. Bodenchemische Auswertung von Meliorationsversuchen in kiefernbeständen (Pinus silv. L.) auf Phyllitstandorten in der Oberpfalz. Diss., Univ. Mfinchen: 433 p.
3. INSTITUTO FORESTAL-CORFO. 1987. Análisis de Indices de Productividad de Sitio para Pino Radiata en la V Región. Informe Final. Santiago-Chile 102 p.
4. IREN-CORFO. 1964. Descripciones de Suelos. Proyecto Aerofotogramétrico Chile/OEA/BID. 391 p.
5. SCHLATTER, J.E., GERDING, V. y BONNEFOY, M. 1982. Factores de Sitio de mayor incidencia en la productividad de Pinus radiata. (D. Don) En: Evaluación de la productividad de sitios forestales, Valdivia. p: 61-89.
6. SERPLAC V REGION. 1980. Mejoramiento de la productividad del secano costero de la V Región. Universidad Católica de Chile - Sede Santiago. Depto. de Economía Agraria. Tomo I, II y III.
7. SPURR, S. y BURTON, B. 1980. *Forestry Ecology*. 3a. Ed. New York. John Wiley and Sons. 687 p..

RESISTENCIA A LA FLEXION EN TABLEROS DE PARTICULAS UNIDOS POR SUS CANTOS

Hernán Poblete Wilson (*)

RESUMEN

El unir tableros por los cantos es una operación que permite el aprovechamiento de restos de tableros aumentando el rendimiento de esta materia prima. En el presente trabajo se estudia la resistencia a la flexión (módulo de rotura) de uniones a tope recto, a tope en 45 grado y en cuña. Los ensambles se efectuaron con dos adhesivos: Polivinilacetato (PVC) y ureaformaldehído (UF).

Los resultados indican que las uniones en cuña con UF dan las mejores resistencias ($16,06 \text{ N/mm}^2$) siendo ligeramente inferiores a los testigos ($16,76 \text{ N/mm}^2$). El análisis estadístico reveló que no existen diferencias significativas entre estos valores.

Los ensambles realizados a tope en 45 grados registraron una flexión promedio de $12,78 \text{ N/mm}^2$ con PVC y de $12,18 \text{ N/mm}^2$ con UF. En el caso de las uniones a tope recto las resistencias fueron $10,81 \text{ N/mm}^2$ y $10,59 \text{ N/mm}^2$ con PVC y UF, respectivamente. En ambos casos no se determinaron diferencias significativas entre los adhesivos.

ABSTRACT

Particleboard assembling enables the utilization of board parts and increases raw material productivity. In this study bending strength (MOR) of butt end; 45 degrees scarfed and single finger edge joints were studied. Polivinilacetate (PVC) and Ureaformaldehyde (UF) were used as adhesives.

The assemblies were made up with 19 mm thick particleboards having a density of $607,8 \text{ kg/m}^3$.

The average recorded MOR for single finger joints, using UF as adhesive, was the highest ($16,06 \text{ N/mm}^2$) and the statistical analysis shows no significant differences between this value and that of normal, not jointed, particleboard ($16,76 \text{ N/mm}^2$).

The tested butt end joints averaged $10,81 \text{ N/mm}^2$ with PVC and $10,59 \text{ N/mm}^2$ with UF, and were weaker than the 45 degrees scarfed joints ($12,78 \text{ N/mm}^2$ with PVC and $12,18 \text{ N/mm}^2$ with UF). In both cases no significant differences between the adhesive type were found.

(*) Ingeniero Forestal. Dr. en Ciencias Forestales. Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile. Casilla 853. Valdivia - Chile.

INTRODUCCION

Debido a la homogeneidad de la estructura de los tableros de partículas, es posible unirlos por los cantos entre sí o con otros elementos. Esta posibilidad permite la unión de restos de tableros, lográndose con ello un mejor aprovechamiento de la materia prima. La forma más sencilla y práctica de realizar esta operación es aserrando los cantos y ensamblándolos a tope recto (OBERLEIN, 1961).

GOLBS y FENTZAHN (1956) determinaron, en uniones a tope recto, resistencias a la tracción de 4,6 a 7,7 N/mm², mientras que al unir madera de *Pinus sylvestris* y *Picea abies* sólo registraron resistencias que variaron entre 3,1 y 3,2 N/mm². Estos resultados permitieron a los autores concluir que las propiedades de los tableros son suficientes para la producción de muebles. Cabe agregar que la porosidad de los cantos otorga excelentes condiciones para la penetración y anclaje del adhesivo, obteniéndose el desarrollo de una adhesión mecánica adecuada (POBLETE, 1978).

Otras investigaciones indican que la resistencia a la flexión de estas uniones es más importante para su evaluación, alcanzando niveles que oscilan entre un 60% y un 80% de la resistencia del tablero (FESSEL, 1966).

Aparte de la producción de uniones a tope recto existe además la posibilidad de unir los cantos utilizando algún tipo de perfil, tales como: en cuña, machihembrado, a media madera y en zigzag. A estas modalidades debe agregarse el empleo de elementos ajenos al tablero, tarugos y lengüetas, entre otros (LAMPERT, 1967).

El encolado de los cantos puede realizarse con adhesivos naturales o sintéticos. Entre estos últimos destacan el Polivinilacetato y las resinas Urea, Melamina y Fenol. En cualquiera de los casos anteriores, el adhesivo debe contener el mínimo de agua posible y, cuando sea necesario, se le agregan cargas para aumentar su viscosidad (GOLBS y FENTZAHN, 1956).

Una vez que el adhesivo ha fraguado y antes de lijar los tableros se debe proceder a climatizarlos por un período suficiente para alcanzar la humedad de equilibrio. De esta forma se evita la aparición de depresiones en la zona del ensamble (DUPONT, 1961).

En general, las experiencias realizadas permiten concluir que las resistencias obtenidas al unir tableros de partículas por los cantos posibilitarían el ensamblado de restos de tableros. Lo anterior significa que a través de este método, se logra un aumento del rendimiento industrial y por lo tanto de la materia prima.

METODOLOGIA

Con el objeto de estudiar la calidad de las uniones de los tableros, se determinó la propiedad mecánica flexión (módulo de rotura), según las especificaciones de la norma DIN 52362.

Como adhesivo se seleccionaron Ureaformaldehído y Polivinilacetato.

La concentración de la Ureaformaldehído fue de 60% y se le agregó un 20% de carga (harina de trigo). Como catalizador para este adhesivo, se incluyó un 12% de cloruro de amonio el cual a su vez se encontraba en una solución al 20%.

El Polivinilacetato se aplicó a los adherendos sin que se alterara su formulación, vale decir, tal como lo despacha el productor.

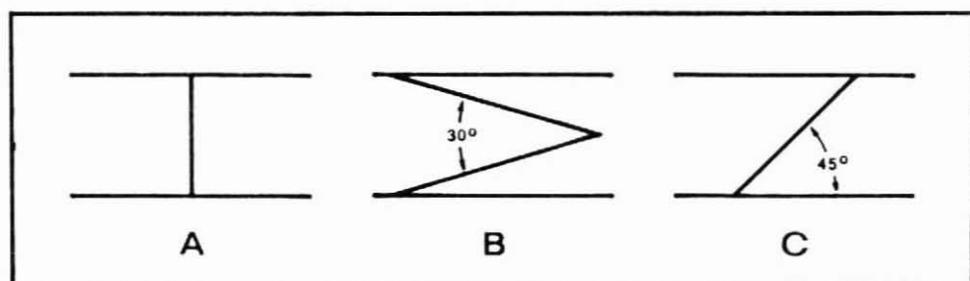
Para el encolado de los cantos se consideró la utilización de brochas y de una boquilla con presión. El prensado necesario para lograr la unión se efectuó por medio de prensas manuales.

Las muestras a unir se dimensionaron a 30 cm x 40 cm, de tal forma que al unir las se

obtuvieron muestras de 60 cm x 40 cm. Los tipos de ensambles a ensayar fueron: a tope recto, a tope en 45 grados y en cuña.

Los tableros utilizados para los ensayos tenían 19 mm de espesor y su densidad promedio fue de 607,8 Kg/m³. El aspecto de los diferentes tipos de ensamble se presenta en la Figura 1.

FIGURA 1
DISEÑO DE LOS PERFILES DE LAS UNIONES



A: Unión a tope recto

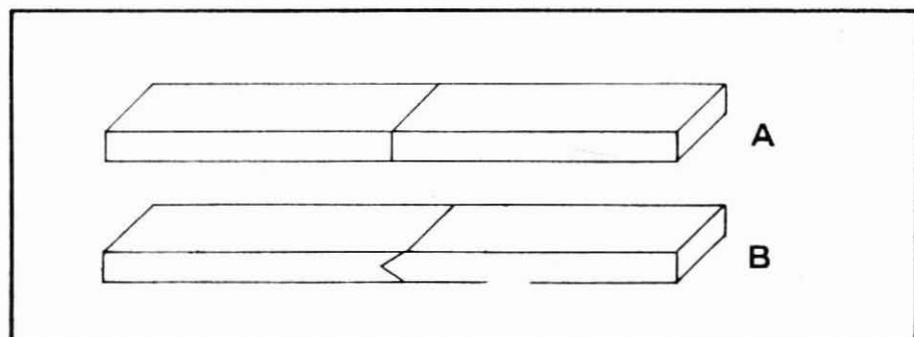
B: Unión a tope en cuña;

C: Unión en tope en 45 grados

De cada una de las muestras que se analizaron (20 en total) se obtuvieron 7 probetas y 3 testigos, lo que dio origen a 200 ensayos.

El material preparado se cortó en probetas de 5 cm de ancho en forma perpendicular a la unión, de esta forma el ensamble quedó en el centro de la probeta (Figura 2). A estas probetas se les determinó la resistencia a la flexión, de acuerdo con la norma DIN, en una máquina universal de ensayos.

FIGURA 2
EJEMPLO DE PROBETAS UTILIZADAS PARA LOS ENSAYOS DE FLEXION



A: Probetas con ensamble a tope recto.

B: Probetas con ensamble a tope en cuña.

RESULTADOS Y DISCUSION*Encolado y Prensado de las Muestras*

Luego de preparar ambos adhesivos para el encolado se observó que la Ureaformaldehído presentaba una viscosidad notablemente inferior a la del Polivinilacetato. Para comprobar este hecho y poder explicar posteriormente las posibles diferencias en las propiedades a medir, se realizó un determinación de viscosidad de acuerdo con el método DIN 53211. La tobera de salida escogida para el ensayo tenía un diámetro interior de 8 mm. Los tiempos medidos para ambos adhesivos se presentan en el Cuadro N° 1.

CUADRO 1**DETERMINACION DEL TIEMPO DE FLUJO, VISCOSIDAD EN SEGUNDOS DIN, CON LA COPA DIN 8 A 20 °C**

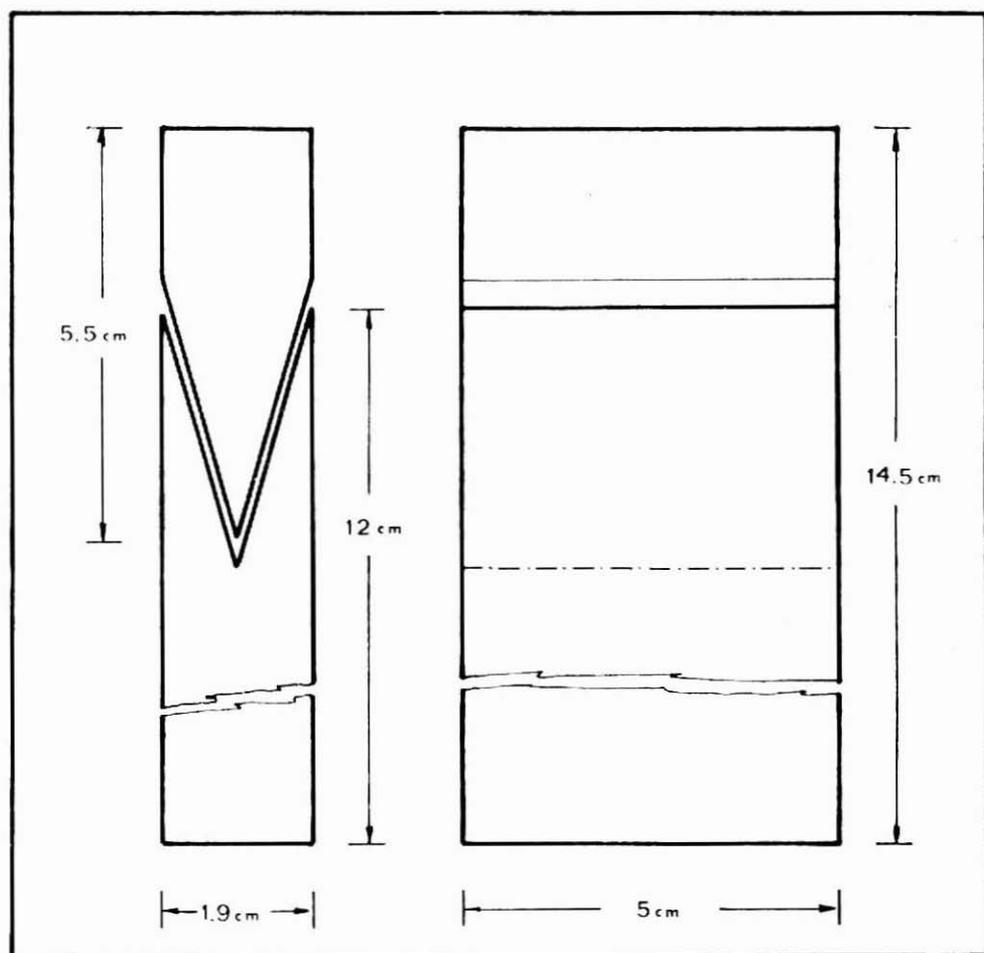
Adhesivo	Flujos (medidos en segundos DIN)					Media
	1	2	3	4	5	
Polivinilacetato	200	208	205	210	210	206,6
Ureaformaldehído	14,5	15,0	14,0	15,0	14,9	14,7

Durante el prensado de los ensambles en cuña se pudo observar que al aplicar presiones demasiado altas, el bisel ("macho") separó las capas externas del rebaje ("hembra"), produciéndose una grieta que se iniciaba en el vértice del rebaje y que se extendía por la capa media. Con el objeto de evitar este tipo de defecto, se determinó la presión con que se produce.

Para cumplir con este propósito se efectuó un ensayo de compresión aplicando la carga sobre la unión sin adhesivo. La posición de la probeta se grafica en la Figura 3, siendo las dimensiones de la cuña 5 cm de ancho y 5,5 cm de largo, medido desde el vértice a la base. En el caso del rebaje ("hembra") el ancho fue de 5 cm y el largo de 12 cm, medido desde el extremo exterior del perfil hasta su base. Los ensayos se llevaron a cabo en una máquina universal de ensayos, registrándose la carga al momento de producirse la separación de las capas medias.

El resultado de estos ensayos dio una resistencia promedio de 0,79 N/mm² con una máxima de 0,92 N/mm² y una mínima de 0,62 N/mm². Con este ensayo se pudo regular la presión máxima a aplicar a las uniones, la cual se mantuvo bajo el mínimo registrado (0,62 N/mm²).

FIGURA 3
ESQUEMA DE LA PROBETA Y DEL ENSAYO REALIZADO PARA DETERMINAR LA PRESION MAXIMA A APLICAR EN LAS UNIONES EN CUÑA



Otro defecto observado durante el prensado fue el traslapo que se produce en las uniones en 45 grados, al resbalar un adherendo sobre el otro. Esta falla fue inevitable pese a contar con puntos de apoyo en ambas caras del tablero.

Al realizar el prensado se observó un escurrimiento del adhesivo en todos los tipos de ensamble estudiados. Por este motivo y dada la forma y superficie interna de los perfiles, se estima que el aplicar cantidades superiores de adhesivo no implica necesariamente un mejoramiento de la resistencia de la unión.

Encolado con Polivinilacetato

El adhesivo se aplicó a través de una boquilla con presión sobre ambos perfiles de la unión. Durante el encolado no se observaron problemas y las cantidades de adhesivo dosificado se determinaron por diferencia de peso.

En general se pudo verificar que en las uniones en cuña los biseles "hembra" recibieron en promedio 15,5 gr de Polivinilacetato. En los "machos" se registró una cantidad levemente inferior, 12,7 gr. El promedio general por unión en cuña fue de 28,2 gr, lo cual, tomando en cuenta el largo de los ensambles, da una cantidad de 70,4 gr por metro lineal de unión.

En el caso de las uniones a tope recto se obtuvo un promedio general de 6,3 gr por cada adherendo, o bien 12,6 gr por unión, lo que corresponde a 31,3 gr por metro lineal.

Los ensambles a tope en 45 grados recibieron cantidades de adhesivo inferiores, con un promedio de 10,6 gr por unión o 5,3 gr por adherendo. En este tipo la cantidad de adhesivo por metro lineal fue 26,3 gr.

Cabe agregar que al considerar la superficie interna de los diferentes cortes, se pudo determinar que la cantidad de adhesivo fue de 0,12 gr/cm² en las uniones en cuña, 0,16 gr/cm² en las a tope recto y 0,10 gr/cm² en los ensambles en 45 grados.

Encolado con Ureaformaldehido

Al encolar con la mezcla de Ureaformaldehido se pudo comprobar que debido a su baja viscosidad la aplicación por medio de una boquilla y presión carecía de sentido. Con este procedimiento el adhesivo escurrió y no permaneció sobre los perfiles a unir. Por este motivo al encolar se utilizó una brocha. La cantidad de adhesivo recibida por los adherendos se calcularon por diferencia de peso, de la misma forma que en el caso de Polivinilacetato.

Los ensambles a tope en cuña recibieron una cantidad promedio de 23,3 gr de UF, lo que equivale a 58,3 gr por metro lineal de unión y a 0,10 gr/cm².

El promedio de adhesivo en las uniones a tope recto fue de 10,5 gr por muestra, 26,3 gr por metro lineal o bien 0,14 gr/cm².

En el caso de los perfiles a 45 grados, la cantidad promedio fue de 12,0 gr, lo que da una cifra por metro lineal de 30 gr. Lo anterior corresponde a 0,11 gr/cm².

Las cantidades de adhesivo con que fueron encoladas las muestras, salvo en el caso de los ensambles a 45 grados, fueron ligeramente inferiores a las logradas con PVC. Esto se debió fundamentalmente a la viscosidad de la mezcla de adhesivo, la que contenía una carga, harina de trigo y un catalizador (NH₄Cl) disuelto en agua. Por esta razón la cantidad efectiva de UF en la mezcla alcanzó a un 45% del peso.

Resistencia de las Uniones

Los resultados de los ensayos de flexión, módulo de rotura, se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2

RESISTENCIA A LA FLEXION (módulo de rotura) DE LAS UNIONES MEDIDAS SEGUN DIN 52362

Tipo Unión/Adhesivo	Resistencia a la Flexión (N/mm ²)			
	Media	Máxima	Mínima	S
Testigos	16,76	19,19	13,62	1,42
En cuña/PVC	15,58	18,89	12,21	1,37
En cuña/UF	16,06	20,80	10,17	1,86
Tope recto/PVC	10,81	12,46	8,53	0,98
Tope recto/UF	10,59	13,36	7,94	2,04
45 grados/PVC	12,78	17,11	7,00	2,76
45 grados/UF	12,18	17,10	7,68	2,87

NOTA: S: Desviación estándar.

Uniones a Tope en cuña

Al examinar los valores de flexión y las cantidades de adhesivo incluidas en las uniones, no se apreció una relación directa entre ambos parámetros. Este hecho estaría indicando que la cantidad de adhesivo aplicada fue suficiente, y permitió alcanzar niveles de resistencia similares a las de los testigos.

El resultado obtenido con Ureaformaldehído (16,06 N/mm²) es levemente más alto que la resistencia promedio medida con Polivinilacetato (15,58 N/mm²), pese a que la cantidad efectiva de adhesivo es menor con UF, ya que se encuentra en menor concentración. Ambos resultados son semejantes a la media de los testigos (16,76 N/mm²), lográndose con Ureaformaldehído una resistencia equivalente a un 95,9% de la de los testigos, mientras que con Polivinilacetato se alcanzó a un 92,9% de ella.

Cabe agregar que las resistencias de las uniones en cuña con Ureaformaldehído registraron una mayor fluctuación de los valores, obteniéndose una desviación estándar superior. Por medio de los análisis estadísticos se constató que no existen diferencias significativas entre estas uniones y los testigos.

Uniones a Tope Recto y en 45 grados

Los valores expuestos en el Cuadro 2 permiten aseverar que al producir uniones donde el perfil de corte no considera alguna forma de apoyo mecánico de los adherendos, las propiedades del ensamble se ven afectadas negativamente. Esto se debe a que en estos casos es solamente el adhesivo el que otorga resistencia a la unión.

El análisis estadístico de los datos obtenidos permitió comprobar que tanto en el caso de las uniones a tope recto como en las a tope en 45 grados no existen diferencias significativas entre los adhesivos. El mismo análisis demostró que existen diferencias entre los dos tipos de ensamble.

Cabe destacar que en uniones a tope recto con UF, se registró una desviación estándar muy superior a la determinada con PVC. Esta diferencia en la dispersión de las resistencias se debe a la baja viscosidad de Ureaformaldehído, la cual provoca un encolado menos uniforme.

En las uniones a tope recto sólo se obtuvo una resistencia que en general es equivalente a un 64% de la de los testigos. Con los ensambles a tope en 45 grados tampoco se logró igualar la flexión de los testigos. Sin embargo, al poseer una superficie de contacto entre los adherendos superior a los cortes rectos, se alcanzó una flexión algo más elevada (75% de los testigos).

Es necesario destacar que pese a que la propiedad mecánica medida es significativamente mayor en el caso de los ensambles en 45 grados, el problema de su traslazo durante el prensado puede traducirse en un inconveniente sin solución práctica durante el procesamiento industrial de los tableros.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el estudio permiten concluir lo siguiente:

- La viscosidad de la mezcla de Ureaformaldehído con una carga (harina de trigo) y un catalizador (NH_4Cl) resultó ser demasiado baja (14,7 segundos DIN). El aumentar la viscosidad simplificaría el proceso de encolado y evitaría el escurrimiento del adhesivo. Desde el punto de vista de la viscosidad, el Polivinilacetato resultó ser más adecuado, registrándose un valor de 206,6 segundos DIN.
- Para obtener uniones resistentes se deben encolar ambas caras de los adherendos. La cantidad de adhesivo aplicada en las uniones en cuña es suficiente para lograr resistencias similares a la de los testigos. En el caso de los ensambles a tope recto y en 45 grados las resistencias fueron inferiores, debiéndose cambiar la formulación o el tipo de adhesivo.
- Al aplicar presiones demasiado altas a las uniones en cuña, se produce un grieta en el alma del tablero. La presión a utilizar debe ser igual o inferior a $0,62 \text{ N/mm}^2$.
- Al prensar los tableros con uniones en 45 grados se provoca un traslazo de los tableros. Este defecto resulta prácticamente imposible de controlar y conduciría a pérdidas considerables durante el lijado de los tableros.
- Las resistencias de los ensambles en cuña tanto con PVC como con UF son suficientes como para aplicar esta técnica industrialmente. Con este tipo de unión se logró recuperar más de un 90% de la resistencia del tablero normal.
- Las uniones a tope recto y en 45 grados dan resistencias que sólo alcanzan a un 64% y a un 75% de la de los testigos.

AGRADECIMIENTOS

Estos ensayos se llevaron a cabo gracias a la contribución de la Industria Maderas y Sintéticos S.A. (MASISA).

En el planteamiento de las variables a estudiar participó el Ingeniero Químico Sr. Cristián Westermeyer, y en los ensayos de laboratorio colaboró el Técnico Forestal Sr. Luis Inzunza.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. DIN. 1982. Normen für Holzfaserverplatten, Spanplatten, Sperrholz. Taschenbuch 60. Beuth Verlag GmbH. Berlin. 228 p.
2. DUPONT, W. 1961. Handbuch gegen Fehlverleimungen. Verlag und Fachbuchdienst Emmi Kittel. Augsburg. 243 p.
3. FESSEL, F. 1966. Verarbeitung. In Kollmann, F. 1966. Holzspanwerkstoffe. Springer verlag. Berlin. pp. 637-674.
4. GOLBS, H. FENTZAHN, F. 1956. Die Verarbeitung der Holzspanplatte im Möbelbau. Holz als Roh - und Werkstoff. 14 : 68-74.
5. OBERLEIN, A. 1961. Die Verarbeitung von Spanplatten im Möbel - und Innenausbau. DGfH-Bericht 1/1961. pp: 62 - 68.
6. POBLETE, H. 1978. Uniones de madera con adhesivos. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal. Publicación Técnica N° 1. 43 p.

CARACTERIZACION Y NECESIDADES DE LA INDUSTRIA CHILENA DE PANELES DE MADERA. Sergio Francisco Vidaurre Echeverría, Ingeniero Forestal, U. de Chile, Master of Forestry, University of Washington. Concepción - Chile

INTRODUCCION

La industria de tableros en base a madera tiene actualmente una importancia marginal en la industria nacional de los productos forestales, muy por debajo de lo que ocurre en los países desarrollados. Esto resulta bastante lamentable, sobre todo si se considera que Chile presenta un serio problema de escasez habitacional, del orden de un millón de viviendas.

Es importante que la situación anterior vaya cambiando lo más pronto posible. Considerando la relevancia que este sector industrial debería tener, resulta evidente la necesidad de planificar con el fin de identificar los problemas y necesidades más urgentes que se requiere abordar con respecto a esta industria y de sugerir líneas globales de acción para los próximos años. Con esa base, se supone que a futuro se podrán ir concretando proyectos más específicos en cada una de dichas líneas.

En el presente artículo se describen problemas y necesidades, y se entregan sugerencias ligadas tanto con los productos como con los procesos de producción de estas industrias, abarcando desde la materia prima hasta el producto final. Además, este trabajo intenta orientar en parte la investigación en este campo, y en general, discute temas que se consideran relevantes para ir mejorando el desarrollo de la industria de los paneles de madera en Chile.

ANTECEDENTES GENERALES DE LA INDUSTRIA DE TABLEROS EN CHILE

Estructura general

En esta parte se efectúa una descripción cuantitativa de la industria de paneles a base de madera en Chile. Principalmente se considera el número y tecnología general de las plantas, sus localizaciones, producciones, capacidades y especies empleadas como materia prima. En esta descripción se incluyen los paneles tradicionales: tableros de fibra o "madera prensada", los tableros de partícula o "madera aglomerada" y los tableros contrachapados y chapas.

La industria nacional de tableros y chapas está representada por una planta de tableros de fibra, cuatro de tableros de partícula y seis de contrachapados y chapas (Tabla 1). Los subsectores de esta industria presentan en general diversos niveles tecnológicos según se analiza más adelante.

La producción de paneles y chapas, representa actualmente dentro de la industria nacional de productos forestales, una baja proporción del valor de la producción total y del consumo de madera. Este rubro origina cerca de un 7% del valor de la producción total y del consumo de madera.

Como materia prima fibrosa, en Chile se emplea sólo el *Pinus Radiata* D. Don. (Pino Radiata) para producir los tableros de fibra y los de partícula (para estos últimos, la única excepción la constituye la planta de FOCURA que usa especies nativas). Los tableros contrachapados y las chapas se fabrican en el presente exclusivamente a base de maderas nativas; sin embargo, cabe señalar que como parte del proceso de fabricación de cajones, en algunas plantas se está produciendo contrachapado a base de Pino Radiata.

TABLA 1
DIRECTORIO Y LOCALIZACION DE PLANTAS DE TABLEROS Y CHAPAS

Plantas	Localización
Tableros de fibra 1) Maderas Prensadas Cholguán S.A.	VIII Región de, Yungay
Tablero de partícula 1) Empresa Maderas y Sintéticos S.A. (MASISA) 1.1) Plantas Maderas y Paneles (MAPAL) 1.2) Planta MASISA Chiguayante 1.3) Planta MASISA Chumpullo 2) Industrias Forestales Curacautín (FOCURA)	VIII Región, Concepción VIII Región, Concepción XI Región, Valdivia IX Región, Curacautín
Tableros contrachapados y chapas 1) Industria Foliadora de Maderas S.A. 2) EMASIL - Industria de Terciados S.A. 3) Laminadora S.A. 4) Forestal Don Santiago 5) Industrias Forestales Curacautín (FOCURA) 6) Sociedad Agrícola y Forestal Colcura	X Región, Valdivia (INFODEMA) X Región, Valdivia X Región, Valdivia X Región, Futrono IX Región, Curacautín VIII Región, Lota

Capacidades instaladas y producciones

Las capacidades instaladas y las respectivas producciones de las industrias de paneles y chapas, se resumen en los Cuadros 1 y 2.

CUADRO 1
CAPACIDAD INSTALADA ANUAL Y PRODUCCION ANUAL DE LA INDUSTRIA
NACIONAL DE PANELES EN BASE A MADERA

Concepto	Tableros de Fibra (ton)	Tableros de Partícula (ton)	Tableros Contrachapados (ton)	Chapas (m ²)	Total Tableros y Chapas (ton)
Capacidad instalada Anual, a 3 turnos, 1986 (1)	40.000	110.000	31.500 (48.462 m ³)	19.040.000 (11.900 ton)	192.100
Producciones 1981 - 1986					
- 1981	42.100	46.700	11.400 (17.500 m ³)	8.283.000 (5.200 ton)	105.400
- 1982	43.700	36.600	6.600 (10.100 m ³)	9.605.000 (6.000 ton)	92.900
- 1983	41.600	46.800	9.800 (15.000 m ³)	10.698.000 (6.700 ton)	104.900
- 1984	39.900	74.300	13.300 (20.400 m ³)	11.244.500 (7.000 ton)	134.500
- 1985	42.800	88.600	13.700 (21.000 m ³)	13.430.000 (8.400 ton)	153.500
- 1986	43.800	95.000	16.300 (25.100 m ³)	15.720.000 (9.800 ton)	164.900

NOTAS: Equivalencia de unidades

- Tableros de fibra : 1 m³ = 1 ton = 297,29 m²
- Tableros de partícula : 1 m³ = 0,65 ton = 120,63 m²
- Tableros contrachapados : 1 m³ = 0,65 ton = 160 m²
- Chapas : 1 m² = 0,75 ton = 1.200 m³

- No se incluye la nueva ampliación de INFODEMA, de capacidad aproximada de 18.000 m³/año en 2 turnos (4).

FUENTES: CORMA, 1986 (1); INFOR, 1985 (7); INFOR, 1986 (8) e INFOR, 1987 (9)

CUADRO 2
CAPACIDAD INSTALADA ANUAL DE TABLEROS POR EMPRESA

Empresa	Tableros de Fibra (ton)	Tableros de Partícula (ton)	Tableros Contrachapados (m ³)	Chapas (m ²)
1) Cholguán S.A	40.000			
2) Maderas y Sintéticos S.A.		50.000		
2.1) Planta MAPAL				
2.2) Planta MASISA Chiguayante		40.000		
2.3) Planta MASISA Chumpullo		20.000		
3) FOCURA		5.000	12.000 (5,*) 7.200 (2)	
4) INFODEMA (**)			8.500 (5) 6.200 (*)	8.000.000 (*)
5) EMASIL			10.000 (5,7) 8.400 (*)	
6) Laminadora			8.100 (*)	3.000.000 (*)
7) Forestal Don Santiago			10.000 (5,7)	
8) Sociedad Agrícola y Forestal Colcura			9.000 (*)	4.500.000 (*)
TOTAL	40.000	115.000	Máximo 48.600 Mínimo 38.700	Máximo 19.040.000 (Cuadro 1) Mínimo 15.500.000

NOTA: No se incluye la nueva planta de terciados con capacidad aproximada de 18.000 m³/año (1.500 m³/mes) en dos turnos (4).

FUENTES: Chile Forestal, 1986 (2); Chile Forestal, 1986 (4); Fundación Chile y U. de Chile (5); INFOR, 1985 (7) y Entrevistas en las plantas (*).

En cuanto a valores totales, CORMA (1) define la capacidad global de las industrias de tableros y chapas en 192.100 ton.

El volumen de producción aumentó en un 56% entre 1981 y 1986, lo cual se debe a los incrementos aproximados de 48.000 ton de tableros de partícula, 5.000 ton de contrachapados y 7.500.000 m² de chapas que pueden explicarse en parte por algunas modernizaciones en las fábricas y, por la incorporación de nuevas empresas al rubro.

La única fábrica de tableros de fibra que opera en el país, funciona normalmente a plena capacidad instalada e incluso sobre ésta. En 1986 se produjeron 43.800 ton, siendo la capacidad instalada de alrededor de 40.000 ton.

La capacidad instalada de la industria de tableros de partícula es de alrededor de 115.000 ton/año, desglosado de la siguiente manera:

- MAPAL (50.000 ton/año)
- MASISA Chiguayante (40.000 ton/año) y
- MASISA Chumpullo (20.000 ton/año).

Por otra parte, FOCURA produce tableros de partícula por el proceso de extrusión, con una capacidad cercana a solo 5.000 ton/año (5); Chile Forestal (2) cita una capacidad equivalente de 7.776 m³/año, llegando actualmente la producción a sólo un tercio de ésta: 2.592 m³/año.

En 1986, la producción nacional de tableros de partícula llegó a 95.000 ton, subiendo alrededor del doble o más, si se la compara con el producto de 1981 a 1983 (9).

De acuerdo a las fuentes consultadas (1,2,4,5,6) y según las encuestas realizadas a las industrias por INFOR, a menudo se advierten cifras discordantes con respecto a la capacidad instalada de la industria de tableros contrachapados y chapas. De acuerdo a CORMA (1), dicha capacidad para los tableros contrachapados es de 31.500 ton/año (o 48.462 m³/año), y la de chapas y tulipas, de 11.900 ton/año (o 19.040.000 m³/año). Por otro lado, otra fuente cita una capacidad de 27.000 m³/año (17.550 ton/año) para los contrachapados, pero no considera la planta de FOCURA (7). Por último, según se advierte en el cuadro 2, se concluye que la capacidad total de la industria deducida de la suma de los datos de diversas fuentes, variaría entre 38.700 y 48.600 m³/año para contrachapados (sin considerar la nueva ampliación de INFODEMA con capacidad aproximada a 18.000 m³/año en 2 turnos) y entre 15.500.000 y 19.040.000 m³ para chapas, observándose además, importantes variaciones de las capacidades de algunas empresas según distintas fuentes.

En 1986, la producción de contrachapados y chapas fue de 25.100 m³ (o 16.300 ton) y de 15.720.000 m³ (o 9.800 ton) respectivamente. (9). En el cuadro 1, se aprecia que la capacidad instalada de los contrachapados se encuentra aún bastante subutilizada, ocupándose en el presente alrededor del 50% de dicha capacidad.

PROCESOS DE PRODUCCION, CALIDAD Y USO DE LOS TABLEROS EN CHILE

La caracterización y análisis de las necesidades y recomendaciones relativas a la calidad y uso de los tableros en base a madera, y de los respectivos procesos de producción, se enfocan en torno a los siguientes aspectos:

- Materia prima fibrosa.
- Procesos de producción y maquinarias.
- Rendimiento del proceso.
- Productos y calidad.
- Otros tableros potenciales.
- Problemas en el uso de los tableros.
- Necesidad e importancia de normalizar el producto en Chile

Industria de tableros de fibra

Materia prima fibrosa

El Pino Radiata es la única especie usada para fabricar los tableros de fibra en Chile, según se indicó anteriormente. Generalmente se emplean rollizos en un alto porcentaje, el resto corresponde a rechazos o residuos de aserraderos. No se realiza descortezado, observándose que la presencia de la corteza en cantidades normales en los tableros, no afecta significativamente las principales propiedades mecánicas y físicas de éstos. El diámetro óptimo de las trozas para el astillador de la planta se estima en 25 cm., utilizándose diámetros aproximados entre 10 y 35 cm.

APUNTES

Proceso de producción y maquinarias

Algunas características técnicas importantes del proceso productivo de la única fábrica de tableros de fibra del país, se refiere a que tanto el formado de la lámina como su prensado se efectúan en húmedo (proceso húmedo); no se emplean resinas sintéticas o adhesivos de alto costo; se cuenta con una prensa hidráulica de 27 platos con capacidad levemente superior a 40.000 ton/año, la cual normalmente opera a una presión de 50 Kg/cm², a una temperatura hasta 200°C por un lapso de 7 minutos; además se realiza un desfibrado termomecánico Asplund.

En general, los equipos y maquinarias empleados en Maderas Prensadas Cholguán, están operando técnicamente bien. Esto, aún cuando los años de servicio de la maquinaria varían desde alrededor de 5 años hasta 28 años, pero comúnmente las más antiguas con modificaciones para permitir su adecuado funcionamiento. Los equipos proceden de diversos países, siendo la mayoría provenientes de Suecia, por ejemplo, los desfibradores y refinadores, la prensa, etc. La mayoría de los equipos o etapas del proceso están bien programadas para operar a 6 ton/hora, logrando utilizar muy bien la capacidad potencial de la planta, sin mayores cuellos de botella, excepto tal vez en la prensa. El manejo de materiales es principalmente automatizado. Por otro lado, se dispone de dos líneas de lacado que operan a 3 ton/hora. No existen problemas de operación y se puede afirmar que esta planta está bien administrada, posee tecnología actualizada y fabrica productos de calidad exportable.

Rendimiento del proceso

Según información proporcionada en la planta y de acuerdo a INFOR (8,9), para producir una tonelada de tablero de fibra de densidad 1 ton/m³, se estima que se requieren cerca de 2,05 m³ s.s.c.

Productos de calidad

En términos generales, el producto de Cholguán corresponde a tableros de fibra denominados duros, con densidad cercana a 1 ton/m³. Los principales tipos de tableros son: planchas duras lisas, planchas duras estampadas (en este caso los platos de la prensa tienen un cierto dibujo de tal modo que la superficie recibe una apariencia característica imitando algún material como la veta de la madera, cuero, teja, etc.) y planchas durolac (en este caso la superficie lisa de los tableros duros se pinta generalmente con una pintura de alto brillo esmaltada al horno, pudiendo obtener diversos colores y figuras de atractiva presentación, cuya superficie es de características relativamente impermeables). Normalmente las dimensiones de estos tableros son de 1,52 x 2,44 m y/o de 1,52 x 4,88 m, con espesores de 3,3 mm, 4,8 y 6 mm. El principal uso de este producto, es en revestimiento de superficies.

Los tableros resultan en general de buena calidad y cumplen con las normas y las exigencias del mercado interno y del externo, siendo la mayor parte de la producción exportada (alrededor de 300.000 ton/año).

Otros tableros potenciales

Cabe señalar que actualmente no existe en el país una planta que fabrique tableros de fibra de densidad media (MDF o medium density fiberboard). Sin embargo, empresarios

chilenos y neozelandeses acordaron invertir alrededor de US\$ 25.000.000 para construir una planta de tableros MDF, al lado de la fábrica de Cholguán, cuya puesta en marcha se espera sea durante 1988. Esta fábrica tendrá una capacidad cercana a los 100.000 m³/año, con una generación de empleo cercana a las 300 personas (3). El tablero MDF es un producto de creciente aceptación a nivel mundial en mueblería, tabiquería, molduras y decoraciones; en varios países el MDF se ha introducido bastante en el campo de los muebles, desplazando o compitiendo fuertemente con los dos tableros de partícula y la madera elaborada.

Industria de tableros de partícula

Materia prima fibrosa

En las fábricas nacionales de tableros de partícula, se usan trozas pulpables o provenientes de raleo de bosques de Pino Radiata, astillas y residuos de aserraderos, sin corteza. Normalmente se consumen rollizos con diámetros aproximados entre 10 y 30 cm. FOCURA es la única planta que emplea maderas nativas provenientes de renovales, en el proceso de producción.

Procesos de producción y maquinarias

Las plantas de MAPAL, MASISA Chiguayante y MASISA Chumpullo, responsables de más del 95% de la capacidad instalada de esta industria, manufacturan tableros de partícula por el proceso de prensado plano. FOCURA tiene la particularidad de emplear el sistema de prensado por extrusión, el cual es también un método mucho menos utilizado a nivel mundial.

En las dos fábricas de MASISA, la formación de la lámina o manto antes del prensado, se realiza mediante un equipo alemán Wurtex, obteniéndose tres capas diferenciadas en partículas finas en la superficie y gruesas en el centro. Se cuenta con tres máquinas dosificadoras en línea para formar estas tres capas: la primera y la tercera depositan las partículas más finas en las caras y la segunda, ubica las partículas más gruesas al centro.

Por su parte, la planta MAPAL de MASISA, posee una línea de producción de origen alemán, marca Bison. En esta planta la formación de la lámina se efectúa sobre una banda transportadora de acero sin fin, empleándose corrientes de aire para clasificar y distribuir las partículas, con lo que se logra una excelente distribución de ellas, incrementándose el tamaño de las partículas gradualmente desde las caras hacia el interior del panel.

El prensado en caliente que se emplea para llegar a paneles de 2 cm. de espesor, significa aplicar una presión promedio del orden de 30 Kg/cm², a una temperatura de 170°C por un lapso de 4 minutos. En las plantas de Chiguayante y Chumpullo la prensa caliente es multiplatos, marca Hermal, de origen alemán; en MAPAL ésta es monopiso, empleándose habitualmente una temperatura aproximada a 200°C. (7).

Todas las plantas nacionales de tableros de partícula utilizan como adhesivo la urea formaldehído en el rango de 8% en relación al peso seco de la madera. MAPAL, además emplea melamina formaldehído. El consumo de resinas sintéticas es una de las diferencias importantes de este proceso de producción, en relación a la fabricación de los tableros de fibra. El valor del adhesivo es un problema para esta industria, ya que significa del orden del 40% del costo de producción.

En cuanto al estado de las maquinarias e instalaciones, en MAPAL éstas se encuentran en buenas condiciones por ser muy nuevas, de reciente puesta en marcha (cerca de 5 años), lo cual implica que su tecnología es de primer orden. La organización productiva es buena, pudiendo

producir a plena capacidad si el mercado se presenta adecuado. Por otra parte, las máquinas y equipos de MASISA Chiguayante son también en general bastante nuevas (por ampliación cerca de 5 años atrás), pero no así las de MASISA Chumpullo y de FOCURA, cuya antigüedad es cercana a los 20 años.

El manejo de materiales y el proceso en las plantas es automatizado (especialmente en MAPAL y Chiguayante), a diferencia de FOCURA, donde éste es más bien manual. Finalmente, el origen de las maquinarias y equipos utilizados en la industria nacional de tableros de partícula es de procedencia alemana, prácticamente en su totalidad.

Rendimiento del proceso

En relación a la eficiencia del proceso de producción, en promedio para las plantas del país se estima que se necesitan 3,07 m³ s.s.c de madera por tonelada de tableros de partícula (considerando una densidad promedio de tablero de 0,65 ton/m³) (8,9). Desde el punto de vista específico, según entrevistas en las plantas, se comprobó que MAPAL tiene el mejor rendimiento: 2,45 m³ s.s.c. por tonelada de tablero (a una densidad de tablero de 0,65 ton/m³); luego, en MASISA Chiguayante se necesitan 3,03 m³ s.s.c./ton. de tablero y en MASISA Chumpullo se consumen 3,12 m³ s.s.c./ton. de tablero (a una densidad promedio de tableros de 0,6 ton/m³); finalmente FOCURA tiene el más bajo rendimiento ya que emplea 4,14 m³ s.s.c./ton de tablero (a una densidad de tablero de 0,65 ton/m³), tal vez debido a problemas derivados de la antigüedad de la maquinaria. Se aprecia que los rendimientos expuestos se relacionan bastante con la edad de las maquinarias y equipos.

Producto y calidad

Las plantas de tableros de partícula producen una gama de productos de variadas características, dimensiones y espesores. Algunos de éstos productos son: Placa y Panel MASISA-MAPAL, Faciplac - Ecoplac, H.R. MASISA y tableros de partícula enchapados y melaminizados. Las dimensiones comúnmente comercializadas son de 1,52 x 2,42 m y de 1,52 x 4,84 m, con espesores de 6,8,10,12,16,19,24,32 y 45 mm. En general, el uso más típico de estos tableros es en muebles, tabiques y revestimientos. En FOCURA se producen tres tipos de aglomerados: el Mossoplac (revestido de una placa de Coigüe), el Placaliptus (enchapado en eucalipto) y el Mossopanel, el cual se fabrica especialmente para divisiones interiores de viviendas (2).

La calidad general de este tipo de tableros fabricados en el país es buena, aunque por definición su resistencia mecánica es normalmente inferior que la de otros paneles. Sin embargo, no resulta fácil exportar estos tableros porque, entre otras cosas, la ventaja comparativa chilena es baja por el alto costo del adhesivo.

Otros tableros potenciales

Es de interés mencionar que en Chile no se producen tableros de partícula no tradicionales o de hojuelas, comúnmente conocidos como flakeboards, waferboards y oriente strandboards (OSB), los cuales son relativamente nuevos en el mercado mundial. Estos tableros compiten principalmente con los contrachapados estructurales de conífera, más que con los tableros de partícula tradicionales. Se estima que los flakeboards, waferboards y OSB debieran tener a mediano plazo buenas posibilidades de penetrar el mercado chileno y fabricarse localmente,

debido a que son en general comparables en calidad son los contrachapados estructurales, pero sus costos de producción son bastante inferiores.

Industria de tableros contrachapados y chapas

Materia prima fibrosa

En el país, la industria de contrachapados y chapas emplea sólo especies nativas tales como *Nothofagus dombeyi* (Mirb.), *Blume* (coigüe), *Laurelia philippiana* (Phil.), *Losser* (tepa), *Eucryphia cordifolia* Cav. (ulmo), etc; hasta la fecha (fines de 1987) en esta industria no existen instalaciones que ocupen *Pino Radiata*, salvo para producir tableros que se emplean en la producción de cajones. La madera empleada como materia prima es generalmente de baja calidad por provenir frecuentemente de bosques sin manejo y sobremaduros: es común observar trozas con extensa pudrición central, marcadas rajaduras, manchas y otros defectos. Dados los altos requisitos de calidad deseables en los troncos para esta industria, se considera que actualmente existe en general escasez de madera apropiada. Las materias primas habitualmente explican entre el 60 y 70% del costo total de producción; dentro de éstos, la madera es el ítem más alto por los requisitos de calidad que se requieren y por las grandes distancias de abastecimiento.

Procesos de producción y maquinarias

El diámetro mínimo actual del trozo bobinado (alrededor de 45 cm (5) debería ser reducido en muchas fábricas en forma importante, por ejemplo, hasta 10 cm, utilizando para ello debobinadores de tecnología bastante más moderna que las empleadas en la mayoría de las fábricas nacionales. Esto haría posible sacarle un mayor provecho a la madera, aumentando el rendimiento y la eficiencia.

Los adhesivos usados en la fabricación de los contrachapados son la ureaformaldehído y el fenolformaldehído; el primero es materia prima en todas las plantas del país.

En muchas fábricas, uno de los principales "cuellos de botella" se presenta en el secado de las chapas. Generalmente existe una gran pérdida de materia prima en el corte de clasificación en verde que es explicado por la baja capacidad de secado, (10).

Las condiciones del prensado en caliente en general son levemente diferentes entre plantas. La presión oscila entre 8 y 12 Kg/cm², la temperatura entre 90 y 120°C, y el tiempo de prensado fluctúa en rangos variables del orden de 6 a 30 minutos, según el espesor del tablero.

El flujo del proceso de producción es similar para todas las plantas, abundando además las maquinarias y el transporte mecanizado y manual (5).

Existen plantas que cuentan con mayor automatización tales como la reciente ampliación de INFODEMA (4) y, en cierta medida, otra fábrica con maquinaria relativamente nueva como Forestal Don Santiago.

Las maquinarias y equipos empleados en la industria nacional de contrachapados y chapas son por lo común anticuados, lo que en términos generales constituye una importante limitante para lograr rendimientos de proceso y calidad de productos aceptables. La antigüedad de las maquinarias para la mayoría de las plantas es de alrededor de 20 a 30 años o más, excepto aquellas fábricas recientemente ampliadas (INFODEMA) o instaladas (Forestal Don Santiago y Colcura, cerca de 5 años atrás). La procedencia de las máquinas es casi totalmente de Alemania, salvo en Don Santiago (Brasil e Italia) y en Colcura (Italia).

Según su capacidad instalada, las fábricas nacionales de contrachapados y chapas son en general pequeñas a medianas.

Además, la industria tiene problemas para operar a su capacidad máxima. Este subempleo de la capacidad podría explicarse en parte por las dificultades que han existido en la comercialización de este producto (se discuten más adelante) y por problemas de abastecimiento o escasez de trozas de calidad apropiada. Por otro lado, como se ha mencionado, la mayoría de las plantas son antiguas y de baja capacidad; esto más los inconvenientes derivados de la baja calidad de las trozas empleadas, se traduce en un bajo rendimiento insumo-producto. Varias de las plantas que manufacturan estos paneles deberán incrementar su capacidad de producción y modernizarse, a fin de mantenerse competitivas, dado que algunas, como corrobora Pöyry (10), son bastante pequeñas en relación a las normas actuales mínimas. Por último, se advierte que las plantas necesitan de una fuerte asistencia técnica para mejorar los rendimientos y la calidad del producto.

Rendimiento del proceso

Con respecto a la eficiencia del proceso de producción, en promedio para todas las plantas del país se estima que se requieren 2,79 m³ s.s.c. de madera por m³ de tablero contrachapado (considerando una densidad promedio de tablero de 0,65 ton/m³) y 2,06 m³ s.s.c. por 1.000 m² de chapas de 0,75 ton/m³) (8,9). Según encuestas en las plantas, estos rendimientos son variables por fábrica: EMASIL (1,52 m³ s.s.c./m³ tablero), INFODEMA (1,72 m³ s.s.c./m³ tablero y 1,48 m³ s.s.c./1.000 m² chapas), Forestal Don Santiago (2,5 m³ s.s.c./m³ tablero), Laminadora (3,45 m³ s.s.c./m³ tablero y 3,11 m³ s.s.c./1.000 chapas m² chapas), FOCURA (4,78 m³ s.s.c./m³ tablero; por otra parte Chile Forestal (2) señala que el aprovechamiento de la madera de coigüe en FOCURA es en el presente de 29% (habiendo mejorado en relación a poco tiempo atrás donde llegaba al muy bajo nivel del sólo 18%) y Colcura (2,85 m³ s.s.c./1.000 m² chapas). En general, se advierte que la eficiencia relacionada con el aprovechamiento de la materia prima, disminuye a mayor antigüedad de las fábricas.

Productos y calidad

Las fábricas de tableros contrachapados y chapas manufacturan diversos productos con variadas propiedades, dimensiones y espesores. Entre éstos se tienen: tableros standard y decorativo, terciado estructural, chapas debobinadas y foliadas, y otros productos tales como las placas carpinteras, MASISA enchapada y puertas. Las dimensiones comúnmente comercializadas son 2,44 x 1,52 m y 2,2 x 1,5 m, con espesores de 3,4,6,8,10,12,16,20 y hasta 24 mm. Por su parte, espesores habituales de chapas son de 1,2; 2,2; 2,4; 3,5 y 4 mm.

Los empleos principales actuales de estos tableros en el país, son generalmente en usos secundarios o temporales en la construcción, en la fabricación de puertas y en muebles.

Una característica muy especial de la industria del contrachapado en Chile ha sido fabricar recientemente tableros estructurales a base de latifoliadas y no de coníferas. Lo especial se refiere a que a nivel mundial los tableros contrachapados decorativos normalmente se fabrican con madera de latifoliadas (hardwood plywood), y los estructurales se producen usando coníferas (softwood plywood). Además, el hecho de fabricar los tableros estructurales en el país usando especies nativas, ha hecho aumentar sus costos en forma importante (7).

Problemas en el uso de los tableros

En un país como Chile, la importancia de la industria de los tableros contrachapados no guarda ninguna relación con la mostrada en la gran mayoría de los países desarrollados. En esos países, dicha industria está a la vanguardia de la industria forestal, destinando mayoritariamente sus productos a la vivienda. En Chile, la producción de paneles en general, y de los contrachapados en particular, carece totalmente de la importancia que debería tener, sobre todo teniendo el país un déficit habitacional tal elevado. Resulta entonces absolutamente paradójal que no exista una industria de contrachapados bien desarrollada, que satisfaga la demanda de insumos del sector vivienda y a bajo costo, tal como ocurre en los países desarrollados.

Las causas de la situación anterior se deben a distintos problemas, entre los cuales se puede mencionar: desconocimiento de las bondades de la madera, desconocimiento de su forma de empleo, desprestigio de la madera por baja calidad de la madera empleada, deficiencias tecnológicas y a la antigüedad de las máquinas, y muy importante, a la inexistencia de normas apropiadas para este producto.

Otros tableros potenciales

Por otro lado, actualmente aún no existe en el país una planta que fabrique el tablero contrachapado estructural a base de Pino Radiata. De acuerdo a un estudio efectuado por la Fundación Chile, la U. de Chile e INFOR (6), este tipo de panel es el material base para edificar casas de calidad, que usen madera como material principal: se estima que mientras este tipo de tableros no se fabrique abundantemente, será imposible el desarrollo masivo de viviendas que empleen intensivamente la madera. En todo caso, existe un proyecto de una planta de tableros contrachapados estructurales de Pino Radiata, en Coelemu (VIII Región), con una capacidad del orden de 30.000 m³/año.

Necesidad e importancia de normalizar los tableros en el país

En lo que respecta a la normalización de los contrachapados, al igual que para la madera aserrada y elaborada, no existen en absoluto normas adecuadas en relación a los tipos y calidades de los tableros elaborados.

Una apropiada normalización y control de calidad del producto, tendría una gran importancia para superar los problemas en el uso de estos tableros. Es decir, con una buena normalización y otorgando sellos de calidad al producto, aumentarían significativamente el prestigio, el uso y la comercialización de estos tableros en el país.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La industria de los contrachapados y de las chapas es lejos la que más requiere de una mayor modernización y/o reposición de sus maquinarias y equipos. En general, la antigüedad e ineficiencia de las máquinas está limitando fuertemente el desarrollo de esta industria, principalmente en un bajo rendimiento del proceso, pero también en la calidad del producto. Correcciones en este sentido, obviamente harán a estas plantas más competitivas.
- Uno de los requerimientos importantes de modernización en esta industria se refiere a la necesidad de debobinadores modernos en muchas de las actuales así como de las futuras

plantas. Esto con el objeto de procesar eficientemente las trozas y además, poder debobinar hasta un núcleo central reducido, aumentando el rendimiento del proceso. Estas consideraciones son relevantes también, si se piensa introducir los tableros contrachapados estructurales a base de Pino Radiata.

- c) La madera empleada para la industria de los contrachapados es generalmente de baja calidad, por provenir frecuentemente de bosques sin manejo y sobremaduros. Dados los altos requisitos exigibles a las trozas para esta industria, se considera que actualmente existe en general escasez de madera apropiada. Además, esto hace subir aún más los costos de producción, porque aumentan las distancias de abastecimiento.
- d) Con respecto a los debobinadores, también se hace necesario introducir tecnologías avanzadas con el fin de poder debobinar trozas defectuosas o con una considerable pudrición central. Lo anterior apunta a posibilitar el uso de estas trozas defectuosas, dada la escasez y el alto costo de la madera para esta industria.
- e) También serán muy importantes otras modernizaciones o inversiones en los equipos o maquinarias para esta industria. Por ejemplo, existe en general una baja capacidad de secadores, lo que origina conocidos inconvenientes. Por otro lado, se requiere una modernización del sistema de transporte en el proceso de producción; en la mayoría de las fábricas se hace necesario una mayor automatización de éste y de las maquinarias en general.
- f) Muchas de las plantas de contrachapados necesitan de una fuerte asistencia técnica para ayudar a mejorar el rendimiento y la calidad del producto.
- g) Con respecto a inversiones de mayor magnitud en la industria del contrachapado, se visualizan iniciativas tendientes a desarrollar un mayor y más eficiente uso de la madera en la construcción. Esto debería ampliar el uso de los contrachapados, especialmente del tablero estructural a base de Pino Radiata: al menos ya se espera la próxima construcción de una planta de este tipo. Se supone que en el presente, la industria del contrachapado está demasiado deprimida en relación a la industria de productos forestales. Se estima esencial ampliar significativamente la capacidad instalada de la industria de estos tableros, para solucionar en alguna medida el problema nacional de viviendas. En resumen, se deberían efectuar inversiones significativas en esta industria.
- h) En relación a las necesidades de modernización y reposición de equipos para las industrias de los tableros de fibra y de partícula, en general se estima que éstas no son actualmente de importancia. Lo anterior rige sobre todo para la industria de los tableros de fibra, dado que las maquinarias y equipos están trabajando técnicamente bien, usando plenamente la capacidad potencial y produciendo tableros de calidad exportable. Con respecto a la industria de los tableros de partícula, gran parte de ésta es relativamente nueva; sin embargo, en algunas plantas serían necesarias algunas modernizaciones de equipos. En resumen, se puede afirmar que el parque de las maquinarias de las industrias de los tableros de fibra y de partícula es relativamente moderno y que el tamaño medio de las respectivas instalaciones es en general adecuado.
- i) Entre los nuevos tipos de paneles a base de madera, de gran auge a nivel mundial, destacan los tableros de fibra MDF y los tableros de partícula no tradicionales. En Chile ya existe una planta de MDF en construcción. Con respecto a los flakeboards, waferboards y orientado strandboards (OSB), éstos tienen propiedades similares a los contrachapados estructurales de coníferas, pero de menor costo de producción, por lo que es de interés dilucidar totalmente la conveniencia técnica y económica de producirlos también en Chile.
- j) Un problema para la industria nacional de los tableros de partícula lo constituye el alto valor del adhesivo, el cual representa una parte muy importante del costo de producción, por tratarse de resinas sintéticas importadas. Para manufacturar estos tableros en Chile, la

incidencia del costo del adhesivo es significativamente más relevante que el de la madera. Se concluye que sería de evidente interés y relevancia para la industria nacional de tableros de partícula y también para otras industrias, como la de tableros contrachapados, investigar y fabricar localmente las resinas sintéticas antes mencionadas, con el objeto de reducir significativamente los costos de producción y por ende mejorar la posición de estas industrias.

- k) En general, en la industria nacional de paneles se requiere capacitar personal a todo nivel. Estas necesidades irán en aumento, si se considera que pronto se pondrán en marcha nuevas plantas de tableros y/o habrá importantes ampliaciones.
- l) Para promover y optimizar el uso y también las exportaciones de los paneles, será fundamental dictar, exigir y aplicar normas o especificaciones de calidad para los productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. CORMA 1986. El sector forestal chileno política: Visión Política y Desarrollo en Revista Chile Forestal. Agosto 1986, N° 131, pp. 23-26.
2. CHILE FORESTAL. 1986. FOCURA activa permanencia en el sector maderero. Mayo 1986, N° 128, pp. 22-23.
3. CHILE FORESTAL. 1986. Cholguán construye moderna planta de tableros MDF. Agosto 1986, N° 131, p. 11.
4. CHILE FORESTAL. 1986. INFODEMA: Una empresa vanguardista en tableros contrachapados. Agosto 1986, N° 131, pp. 20-21.
5. FUNDACION CHILE y U. DE CHILE. 1983. Diagnóstico de las industrias productoras de elementos de madera. Santiago, Chile, Fundación Chile, s.p.
6. FUNDACION CHILE, U. DE CHILE e INFOR. 1983. Desarrollo de las ventajas comparativas de la madera en la construcción de viviendas. Santiago, Chile, Fundación Chile, 65 p.
7. INSTITUTO FORESTAL. 1985. Antecedentes sobre el pino insigne y su industrialización en Chile. Santiago, Chile, INFOR, 64 p.
8. INSTITUTO FORESTAL / CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1986. Estadísticas Forestales 1985. Santiago, Chile, INFOR/CORFO, Serie Informática N° 34, 98 p.
9. INSTITUTO FORESTAL / CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1987. Estadísticas Forestales 1986. Santiago, Chile, INFOR/CORFO, Boletín Estadístico N° 1, 100 p.
10. POYRY, J. 1973. Chile: Plan de desarrollo a largo plazo de las industrias forestales. Helsinki, Jaako Poyry y Co., 347 p., maps.

FUNCIONES DE VOLUMEN Y FACTOR DE FORMA PARA RENOVALES DE RAULÍ. Víctor Cubillos Díaz. Ingeniero Forestal. División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121. Concepción - Chile.

INTRODUCCION

El objetivo del presente estudio fue estimar el volumen cúbico total y por trozas para árboles individuales de renovales de raulí. Además se les calculó los factores de forma artificial y natural.

Para estimar el volumen cúbico total se probaron algunos modelos matemáticos donde se consideran como variables predictoras del volumen, el DAP y la altura total.

El trabajo se realizó con datos de distintas áreas de crecimiento de los renovales mixtos con raulí, obteniéndose una amplia cobertura en la estimación del volumen. Para cada área muestreada se obtuvieron funciones locales.

Las funciones que estiman el volumen de árboles de renovales de raulí son escasas. Han sido construidas con datos de áreas muy específicas y comúnmente se desconoce el error de estimación de los modelos. Las funciones presentadas en este trabajo amplían significativamente la información existente hasta la fecha.

Su conocimiento es indispensable como elemento de apoyo en la planificación de las actividades forestales.

MATERIAL Y METODO

Material

Los datos utilizados en la construcción de las funciones de volumen para renovales de raulí, provienen de una muestra de 156 árboles que fueron cosechados para someterlos al análisis de tallo (GROSSE, CUBILLOS y BOURKE, 1986). La información que se utilizó del material disponible fue el volumen total acumulado y por troza para cada árbol.

Las áreas seleccionadas, donde se efectuaron las mediciones para estimar el volumen fueron:

- Jauja, en la precordillera andina de la provincia de Malleco, Novena Región, 38° Lat. Sur.
- Melipeuco, en la Cordillera de los Andes, provincia de Cautín, Novena Región, 38° 45' Lat. Sur.
- Panguipulli, en la Cordillera de los Andes, provincia de Valdivia, Décima Región, 39°46' Lat. Sur.
- Maquehua, en la Cordillera de Nahuelbuta, provincia de Arauco, Octava Región, 37°15' Lat. Sur.
- Lancacura, en la Cordillera de la Costa, provincia de Valdivia, Décima Región, 40° 10' Lat. Sur.

Las variables de estado del árbol que incluyen los modelos de regresión son el diámetro a la altura del pecho (DAP cc, en cm) y la altura total (H en m). Como variable dependiente se utilizó el volumen total del árbol (V en m³ s.s.c.) y el volumen por troza de 2 metros de largo (V_{t_i} en m³ s.s.c.).

En el Cuadro 1 se presentan los rangos de las variables de estado utilizados en la construcción de los modelos para cada área de estudio.

CUADRO 1
RANGO DE LAS VARIABLES DE ESTADO

Area de estudio	N° de Arb. Muestra	D máx (cm)	D medio (cm)	D min (cm)	H máx (m)	H media (m)	H min (m)
Panguipulli	75	33,3	17,1	5,2	24,2	15,0	6,6
Llancacura	11	28,2	19,5	11,6	20,4	16,6	14,4
Jauja	13	32,2	24,2	16,1	25,3	22,4	18,1
Maquehua	36	48,2	28,1	10,3	28,1	23,2	18,2
Melipeuco	21	35,9	23,9	14,5	26,4	23,5	19,2
Area de estudio	N° de Arb. Muestra	Vol. máx (m ³ ssc)	Vol. medio (m ³ ssc)	Vol. min (m ³ ssc)	Edad máx (años)	Edad medio (años)	Edad min (años)
Panguipulli	75	0,752	0,177	0,008	48	30	14
Llancacura	11	0,521	0,209	0,088	48	44	39
Jauja	13	0,649	0,392	0,146	66	63	55
Maquehua	36	1,592	0,591	0,054	66	57	43
Melipeuco	21	0,910	0,416	0,127	51	44	38

FIGURA 1

DISTRIBUCION DE LOS ARBOLES - MUESTRA POR CLASES DE DIAMETRO PARA LAS CINCO AREAS DE ESTUDIO

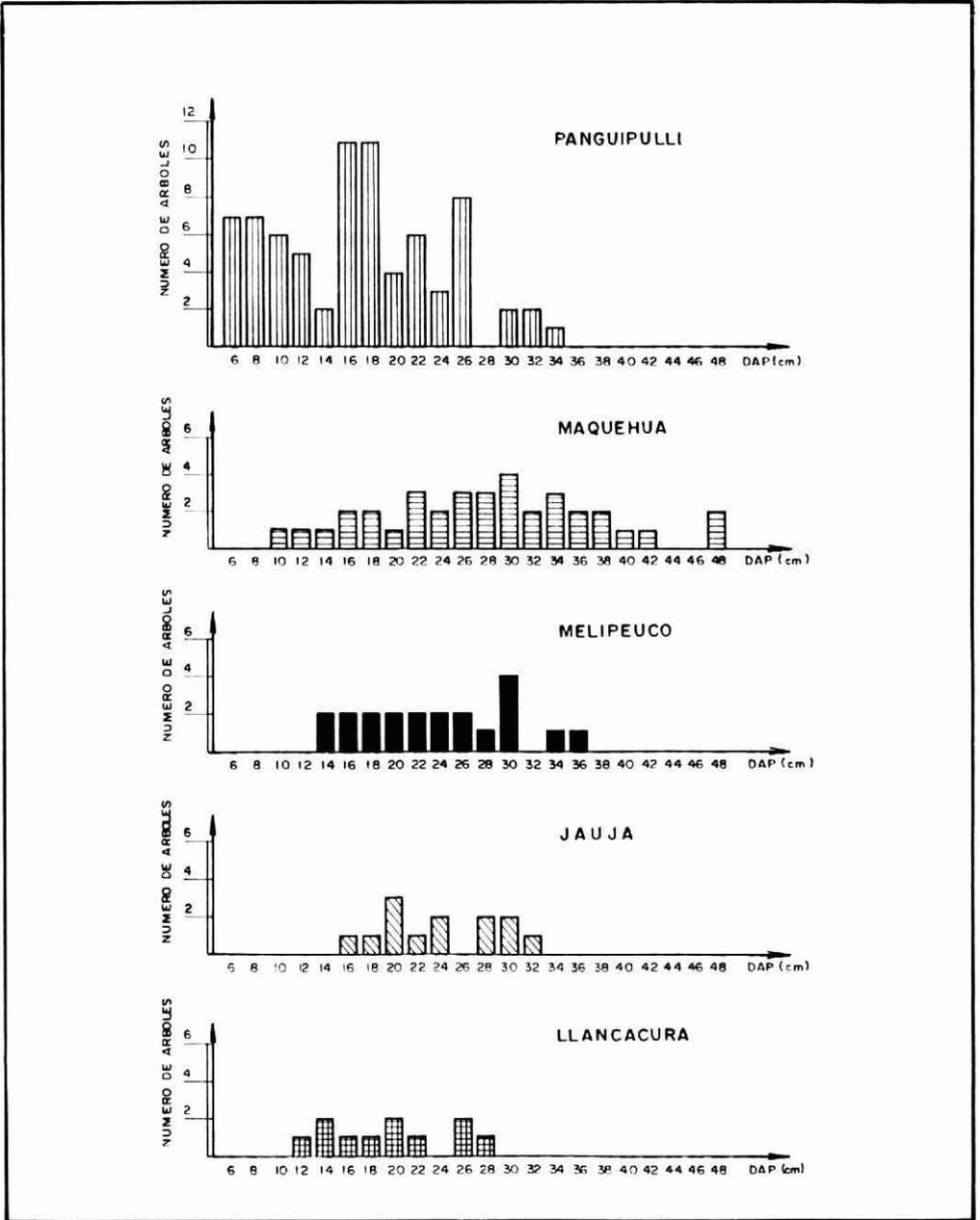
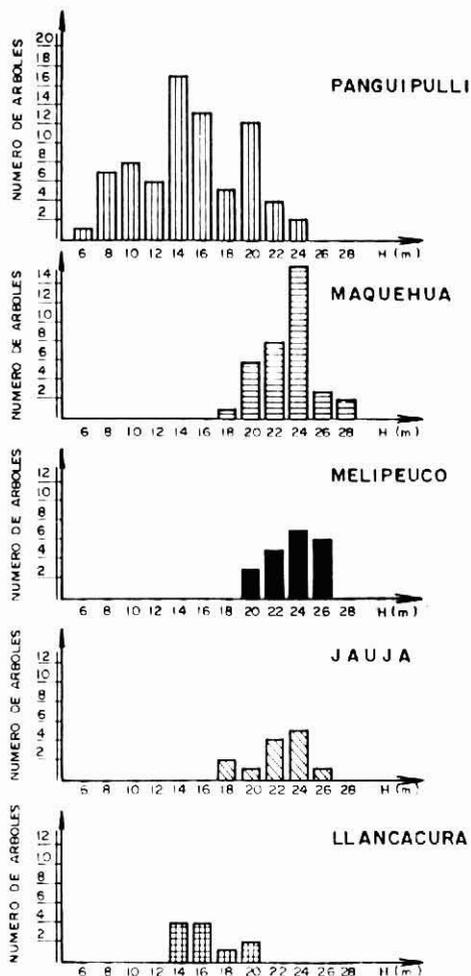


FIGURA 2

DISTRIBUCION DE LOS ARBOLES - MUESTRA POR CLASES DE ALTURA PARA LAS CINCO AREAS DE ESTUDIO



En las figuras 1 y 2 se representa la distribución de frecuencia de las variables predictoras del volumen, diámetro y altura, respectivamente.

La muestra fue colectada principalmente del área de Panguipulli, donde se encuentra una proporción importante de árboles con las menores dimensiones. Los datos de Maquehua presentan mayor tendencia a una distribución normal. La información de distribución de estas variables indica el rango de aplicación de las funciones.

METODOLOGIA

Debido a la mayor cantidad de información disponible para el área de Panguipulli, se construyeron sólo con los datos de este sector funciones de volumen cúbico total y volumen por troza. Se probaron varias ecuaciones de regresión para el volumen total con el objetivo de determinar el mejor modelo. Después de obtener el mejor modelo fue aplicado al resto de las áreas en estudio.

Con la información del área de Panguipulli se calculó el factor de forma natural y artificial.

Construcción de las tablas de volumen total

Las funciones construidas entregan la estimación del volumen cúbico total para árboles individuales de raulí.

El fuste de los árboles-muestra fue seccionado cada 2 metros partiendo del tocón a 0,3 metros. El volumen cúbico total sin corteza se calculó para la parte del fuste comprendida entre el tocón y la altura del fuste donde éste presentaba 5 cm de diámetro.

Se utilizó el análisis de correlación paso a paso entre las variables independientes DAP, altura total y la variable dependiente volumen cúbico total (SPURR, S.H., 1952).

Con el objetivo de encontrar la función más adecuada, se revisaron los modelos normalmente utilizados para relacionar el volumen con el DAP y/o la altura total considerando, además, la transformación de estas variables. (LOETSCH, ZOHRER y HALLER, 1973; PRODAN, 1965; ZOHRER, 1980) El criterio adoptado para la selección de los modelos, se fundamentó en su bondad de ajuste y su aplicación práctica.

ZOHRER (1980) define las ecuaciones generales que dependen de la altura total y del DAP, como las más utilizadas en inventarios regionales y en el área de manejo forestal. Además, explica que no son muy precisas al aplicarlas en sectores muy localizados. Sin embargo, entregan resultados mejores que las funciones locales donde como variable independiente sólo se considera el DAP.

Los modelos recopilados por ZOHRER (1980) y probados para los datos del área de Panguipulli son:

- i) $V = b_0 + b_1 D^2 H$
- ii) $V = b_0 + b_1 D^3$
- iii) $V = b_0 + b_1 \ln D^2 H$
- iv) $V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 H + b_3 H$
- v) $V = b_0 + b_1 D^2 + b_1 H D^2$
- vi) $\ln V = b_0 + b_1 \ln D^2 H$

Donde: V = volumen sólido sin corteza total por árbol en m^3 s.s.c.
 D = diámetro a 1,3 m de altura (DAP) en cm
 H = altura total en m
 e = constante neperiana = 2.71828...
 b_0, b_1, b_2, b_3 = constante de los modelos

Para estimar el volumen total de raulí en las áreas de Llancacura, Jauja, Maquehua y Melipeuco se consideró el mejor modelo obtenido de Panguipulli. Además se consideró por razones de aplicación práctica, un modelo, donde el volumen total sólo estuviera en función del DAP. Las regresiones utilizadas son:

Modelo I: $V = b_0 + b_1 D^2$

Modelo II: $V = b_0 + b_1 D^2 H$ (modelo de variables combinadas)

Donde: V = Volumen total sólido en m^3 ssc desde una altura de 0,3 m hasta el ápice
 D = DAP con corteza en cm
 H = altura total en m

Estimación del volumen por troza para el área de Panguipulli.

En el cálculo del volumen por troza, se empleó la fórmula de Smalian (HUSCH, MILLER y BEERS, 1982).

$$V_t = \frac{(A_1 + A_2) L}{2}$$

Donde: V_t = Volumen de la troza en m^3 sólidos sin corteza
 A_1 = Area del extremo inferior de la troza en m^2
 A_2 = Area del extremo superior de la troza en m^2
 L = Largo de la troza en m, (en este caso se utilizó un largo constante de 2 m.).

El diámetro mínimo de utilización se definió a los 15 cm sin corteza.

Para relacionar el volumen por troza y el DAP se probaron los siguientes modelos de regresión:

$$V_{Ti} = b_0 + b_1 D + b_2 D^2$$

$$V_{Ti} = b_0 + b_1 D$$

$$V_{Ti} = b_0 + b_1 D^2$$

Estimación del factor de forma para el Area de Panguipulli.

Se calculó el factor de forma natural (FF0,1) y el factor de forma artificial (FF1,3) para raulí, considerando el volumen real de los árboles y del cilindro sin incluir el espesor de corteza.

La fórmula general del factor de forma (FF) es:

$$FF = \frac{\text{Volumen del árbol}}{\text{Volumen del cilindro}}$$

Si el factor de forma es el natural (FF0,1), el diámetro para el cálculo del volumen del cilindro se considera a un décimo de la altura total.

Si el factor de forma es el artificial (FF1,3), el diámetro para el cálculo del volumen del cilindro se considera a 1,3 m de la altura del árbol.

El volumen del árbol se calculó según la fórmula de Smalian, seccionando el fuste en trozos de 2 m de largo y luego sumando sus volúmenes.

RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados de las estimaciones de volumen total y por troza para árboles jóvenes de raulí y sus factores de forma natural y artificial.

Estimación del volumen total para raulí - Area de Panguipulli.

El mejor ajuste de los modelos de regresión probados se logró con la función "iv" para la cual se obtuvo la mayor correlación y el menor error estándar (Cuadro 2).

CUADRO 2

COEFICIENTES DE LOS MODELOS DE VOLUMEN CUBICO TOTAL Y SU BONDAD DE AJUSTE (Datos área Panguipulli)

Modelo	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	Error Standard %	Coefficiente de Correlación r	Nº de Observaciones n
i	0,00207	0,00003			13,13(**)	0,99(**)	75
ii	0,03655	0,00002			31,82	0,94	75
iii	-9,89000	0,94200			14,62	0,96	75
iv	0,01243	0,00004	-0,00015	-0,000002	12,09(**)	0,99(**)	75
v	-0,14199	0,00049	0,01014		27,58	0,96	75
vi	-9,87624	0,93812				0,96	75

NOTA: (**) Modelos con correlación más alta y el menor error standard.

Para este modelo (iv) el coeficiente de regresión “ b_3 ” es de baja significación. Su correlación es igual a la del modelo de variables combinadas (i) y el error estándar es levemente superior, superándolo sólo en 1.04%. Considerando como más práctico el modelo de variables combinadas (i), dado que tiene dos coeficientes de regresión menos que el modelo “iv” y tomando en cuenta su bondad de ajuste, se decidió el uso de éste para el cálculo de las tablas de volumen cúbico total.

Estimación del volumen total para raulí, áreas de Llancacura, Melipeuco, Jauja y Maquehua.

En el Cuadro 3 se presentan los coeficientes de las dos funciones de volumen incluidas en el análisis: “diámetro al cuadrado” (I) y “variables combinadas” (II).

CUADRO 3

FUNCIONES DE VOLUMEN CUBICO TOTAL PARA LAS AREAS DE MAQUEHUA, MELIPEUCO, LLANCACURA, JAUJA.

Area de Estudio	Modelo	b_0	b_1	ECM(%)	r	n
Maquehua	I	-0.02322	0,0006986	10.8	0.99	36
	II	0.00265	0,00002795	7.1	0.99	36
Melipeuco	I	-0.02860	0,000726	12.7	0.98	21
	II	-0.00085	0,00002839	14.3	0.99	21
Llancacura	I	-0.02180	0,0005626	18.8	0.95	11
	II	-0.00978	0,000031564	11.2	0.98	11
Jauja	I	-0.03616	0,00070162	8.0	0.98	13
	II	0.01411	0,00002689	8.9	0.99	13

NOTA: Funciones de Volumen:

Modelo I

$$V = b_0 + b_1 \text{ DAP}^2$$

Modelo II

$$V = b_0 + b_1 \text{ DAP}^H$$

Estimación del volumen cúbico por troza - Area de Panguipulli.

Los coeficientes de las variables y la bondad de ajuste para las funciones de volumen por troza se presentan en los cuadros 4, 5 y 6.

CUADRO 4

COEFICIENTES Y BONDAD DE ESTIMACION PARA EL MODELO (a)
(Volumen cúbico para trozas de 2 m de largo con un diámetro
mínimo de utilización de 15 cm sin corteza)

Troza N°	b_0	b_1	b_2	Error Standard(%)	r	n
1	0,072	0,0064	0,000300	10,90	0,972	36
2	-0,095	0,0069	-0,000013	20,96	0,930	32
3	-0,149	0,0094	-0,000050	43,33	0,894	22
4	-0,022	-0,0019	0,000160	76,84	0,852	13
5	0,084	-0,0099	0,000290	126,89	0,743	9

NOTA: Modelo (a): $V = b_0 + b_1D + b_2D^2$; $V =$ Volumen (m^3); $D =$ DAP (cm)

CUADRO 5

COEFICIENTES Y BONDAD DE ESTIMACION PARA EL MODELO (b)
(Volumen cúbico para trozas de 2 m de largo con un diámetro mínimo
de utilización de 15 cm sin corteza).

Troza N°	b_0	b_1	Error Standard(%)	r	n
2	-0,0870	0,0063	14,80	0,933	32
3	-0,1195	0,0069	20,62	0,896	22

NOTA: Modelo (b): $V = b_0 + b_1D$; $V =$ Volumen (m^3); $D =$ DAP (cm)

CUADRO 6

COEFICIENTES Y BONDAD DE ESTIMACION PARA EL MODELO (c)
(Volumen cúbico para trozas de 2 m de largo con un diámetro
mínimo de utilización de 15 cm sin corteza)

Troza N°	b_0	b_1	Error Standard(%)	r	n
1	-0,0038	0,00015	11,27	0,969	36
4	-0,0450	0,00012	46,02	0,857	13
5	-0,0340	0,00009	82,15	0,733	9

NOTA: Modelo (c): $V = b_0 + b_1D^2$; $V =$ Volumen (m^3) $D =$ DAP (cm)

Con la información de bondad de estimación se escogieron los modelos de volumen para la construcción de una tabla de volumen por troza en función del diámetro (DAPcc). Los modelos seleccionados según la troza son:

$$VT_1 = 0,0720 - 0,0064D + 0,0003D^2$$

$$VT_2 = -0,0870 + 0,0063D$$

$$VT_3 = -0,1195 + 0,0069D$$

$$VT_4 = -0,0450 + 0,00012D^2$$

$$VT_5 = -0,0340 + 0,00009D^2$$

Donde: VT_i = Volumen de la troza "i" en m³ sólidos sin corteza

D = Diámetro a 1,3 m de altura (DAP en cm)

Los volúmenes por troza y clase diamétrica calculadas con los modelos expuestos se representan en el Cuadro 7.

CUADRO 7

VOLUMEN CUBICO POR CLASE DE DAP (m) Y POR TROZA PARA RENOVALES DE RAULI DEL AREA DE PANGUIPULLI. (Base de datos: 75 árboles)

Clase DAP (cm)	Trozas de 2 m de largo y diámetro mayor a 5 cm					Volumen de Trozas acum. (m ³ s.s.c.)
	1° Troza	2° Troza	3° Troza	4° Troza	5° Troza	
	Volumen no acumulativo (en m ³ s.s.c.)					
16	0,046					0,046
18	0,054	0,026				0,080
20	0,064	0,039	0,019			0,122
22	0,076	0,052	0,032	0,013		0,173
24	0,091	0,064	0,046	0,024		0,225
26	0,108	0,077	0,060	0,036	0,027	0,308
28	0,128	0,090	0,074	0,049	0,036	0,377
30	0,150	0,102	0,088	0,063	0,047	0,450
32	0,174	0,115	0,101	0,078	0,058	0,526
34	0,209	0,127	0,115	0,094	0,070	0,607

Factor de forma para raulí - Area de Panguipulli.

Los factores de forma natural (FF0,1) y artificial (FF1,3) por clase de altura y diámetro (DAP) se presentan en el Cuadro 8. La muestra con la cual se calcularon los factores de forma natural y artificial fue estratificada en dos clases de diámetro y tres clases de altura, con el objetivo de obtener variación de la forma con respecto al tamaño de los individuos.

CUADRO 8

FACTOR DE FORMA NATURAL (FF0,1) Y FACTOR DE FORMA ARTIFICIAL (FF1,3) PARA RAULI POR CLASE DE DIAMETRO SIN CORTEZA (cm) Y CLASE DE ALTURA TOTAL (m).

Clase de Altura (m)	Clase de diámetro s/c en cm a 1,3 m de altura			
	Factor de Forma Natural (FF0,1)		Factor de Forma Artificial (FF1,3)	
	6 - 20	21 - 35	6 - 20	21 - 35
10 - 13	0,487 (17)	0,436	0,494 (17)	0,442
14 - 17	0,502 (21)	0,444	0,489 (21)	0,430
18 - 21	0,530 (8)	0,523	0,504 (8)	0,500

NOTA: (), Número de árboles muestra en cada clase de diámetro y altura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. HUSCH, B. MILLER, CH. y BEERS, T. (1982): Forest Mensuration. John Wiley & Song, Inc. Canadá. 401 pp.
2. LOETSCH, F., ZOHRER, F. y HALLER, K (1973): Forest Inventory Vol. II München, BLV. 467 pp.
3. PRODAN, M. (1965): Holzmesslehre J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt A.M. 644 pp.
4. SPURR, S.H. (1952): Forest Inventory. The Ronald Press Co., N.Y.
5. ZOHRER, F., (1980): Forstinventur. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin. 207 pp.

DESARROLLO DE PLANTAS DE LOS GENEROS FAGUS Y NOTHOFAGUS EN FUNCION DE LA LUMINOSIDAD. REVISION BIBLIOGRAFICA. Hans Grosse Werner, Ingeniero Forestal, Dr. División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121, Concepción - Chile.

INTRODUCCION

La radiación afecta el crecimiento en dos formas. Como luminosidad disponible para la activación de la clorofila con el fin de producir carbohidratos y como catalizador de la función metabólica a través de la temperatura.

No todas las especies reaccionan de igual forma frente a una disponibilidad de luminosidad determinada. Esta variación influye en la eficiencia de la producción de azúcares, lo que a su vez se traduce en niveles de desarrollo distintos.

Los antecedentes bibliográficos relacionados con el tema para el género *Nothofagus* son escasos. De este modo, resulta interesante incorporar también algunos estudios realizados con *Fagus sylvática*, especie que según algunos estudios presenta un comportamiento parecido al de los *Nothofagus* spp. Los estudios conocidos, informan sobre la reacción de la regeneración natural bajo distintas condiciones de cobertura del dosel, como también de la reacción de plantas colocadas bajo sombreadores.

ANTECEDENTES PARA *Fagus sylvática*

Los antecedentes presentados para *Fagus sylvática* se refieren a experiencias recopiladas en la República Federal Alemana.

Posterior a un buen año semillero, BURSCHEL, HUSS y KALBHENN (1964) instalaron bajo distintas coberturas de dosel ensayos para conocer el desarrollo de la regeneración natural. Dentro de los factores que se consideraron para el ensayo se incorporaron tratamientos al suelo en los sectores de Bovenden y Gahrenber, cerca de Göttingen.

Ya al primer año de crecimiento comenzó a detectarse un mejor desarrollo en los ensayos con luminosidad más alta. Al año siguiente esta diferencia fue aún más marcada, especialmente en el crecimiento radicular y del tallo. La producción de biomasa seca medida bajo un 52% de cobertura superó en un 25% a la producida bajo un 72% de cobertura.

Este resultado ya hacía evidente la incidencia de la luminosidad en el crecimiento de las plántulas. Sin embargo, aún no se conocía el rango de dosificación óptimo. Por este motivo BURSCHEL y HUSS (1964) instalaron en vivero un ensayo con sombreadores que dejaban pasar el 100, 76, 42, 24, y 12% de la luminosidad disponible.

La mayor altura de las plantas fue alcanzada bajo sombra moderada. También la superficie foliar por planta como el peso por hoja logró su máximo, bajo condiciones de sombra intermedias, mientras que la superficie foliar máxima por hoja se alcanzó en la variante más oscura. La producción de biomasa seca y el número de hojas por planta, sin embargo, aumentaban en función de una mayor disponibilidad de luz. Este fenómeno alcanzó su máxima expresión en el peso seco de las raíces (Cuadro 1).

Otros experimentos fueron realizados por SCHMALTZ (1964) y por BURSCHEL y SCHMALTZ (1965). Ellos utilizaron sombreadores en dos sitios, aplicando fertilizantes en el mejor de éstos. El material utilizado fueron plantas de un año procedentes de vivero y del bosque, donde se habían regenerado naturalmente. Después de dos años de observación se pudo concluir lo siguiente:

Factor de forma para raulí - Area de Panguipulli.

Los factores de forma natural (FF0,1) y artificial (FF1,3) por clase de altura y diámetro (DAP) se presentan en el Cuadro 8. La muestra con la cual se calcularon los factores de forma natural y artificial fue estratificada en dos clases de diámetro y tres clases de altura, con el objetivo de obtener variación de la forma con respecto al tamaño de los individuos.

CUADRO 8

FACTOR DE FORMA NATURAL (FF0,1) Y FACTOR DE FORMA ARTIFICIAL (FF1,3) PARA RAULI POR CLASE DE DIAMETRO SIN CORTEZA (cm) Y CLASE DE ALTURA TOTAL (m).

Clase de Altura (m)	Clase de diámetro s/c en cm a 1,3 m de altura			
	Factor de Forma Natural (FF0,1)		Factor de Forma Artificial (FF1,3)	
	6 - 20	21 - 35	6 - 20	21 - 35
10 - 13	0,487 (17)	0,436	0,494 (17)	0,442
14 - 17	0,502 (21)	0,444	0,489 (21)	0,430
18 - 21	0,530 (8)	0,523	0,504 (8)	0,500

NOTA: (), Número de árboles muestra en cada clase de diámetro y altura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. HUSCH, B. MILLER, CH, y BEERS, T. (1982): Forest Mensuration. John Wiley & Song. Inc. Canadá. 401 pp.
2. LOETSCH, F., ZOHRER, F. y HALLER, K (1973): Forest Inventory Vol. II München, BLV. 467 pp.
3. PRODAN, M. (1965): Holzmesslehre J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt A.M. 644 pp.
4. SPURR, S.H. (1952): Forest Inventory. The Ronald Press Co., N.Y.
5. ZOHRER, F., (1980): Forstinventur. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin. 207 pp.

DESARROLLO DE PLANTAS DE LOS GENEROS FAGUS Y NOTHOFAGUS EN FUNCION DE LA LUMINOSIDAD. REVISION BIBLIOGRAFICA. Hans Grosse Werner, Ingeniero Forestal, Dr. División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121, Concepción - Chile.

INTRODUCCION

La radiación afecta el crecimiento en dos formas. Como luminosidad disponible para la activación de la clorofila con el fin de producir carbohidratos y como catalizador de la función metabólica a través de la temperatura.

No todas las especies reaccionan de igual forma frente a una disponibilidad de luminosidad determinada. Esta variación influye en la eficiencia de la producción de azúcares, lo que a su vez se traduce en niveles de desarrollo distintos.

Los antecedentes bibliográficos relacionados con el tema para el género *Nothofagus* son escasos. De este modo, resulta interesante incorporar también algunos estudios realizados con *Fagus sylvática*, especie que según algunos estudios presenta un comportamiento parecido al de los *Nothofagus* spp. Los estudios conocidos, informan sobre la reacción de la regeneración natural bajo distintas condiciones de cobertura del dosel, como también de la reacción de plantas colocadas bajo sombreadores.

ANTECEDENTES PARA *Fagus sylvática*

Los antecedentes presentados para *Fagus sylvática* se refieren a experiencias recopiladas en la República Federal Alemana.

Posterior a un buen año semillero, BURSCHEL, HUSS y KALBHENN (1964) instalaron bajo distintas coberturas de dosel ensayos para conocer el desarrollo de la regeneración natural. Dentro de los factores que se consideraron para el ensayo se incorporaron tratamientos al suelo en los sectores de Bovenden y Gahrenber, cerca de Göttingen.

Ya al primer año de crecimiento comenzó a detectarse un mejor desarrollo en los ensayos con luminosidad más alta. Al año siguiente esta diferencia fue aún más marcada, especialmente en el crecimiento radicular y del tallo. La producción de biomasa seca medida bajo un 52% de cobertura superó en un 25% a la producida bajo un 72% de cobertura.

Este resultado ya hacía evidente la incidencia de la luminosidad en el crecimiento de las plántulas. Sin embargo, aún no se conocía el rango de dosificación óptimo. Por este motivo BURSCHEL y HUSS (1964) instalaron en vivero un ensayo con sombreadores que dejaban pasar el 100, 76, 42, 24, y 12% de la luminosidad disponible.

La mayor altura de las plantas fue alcanzada bajo sombra moderada. También la superficie foliar por planta como el peso por hoja logró su máximo, bajo condiciones de sombra intermedias, mientras que la superficie foliar máxima por hoja se alcanzó en la variante más oscura. La producción de biomasa seca y el número de hojas por planta, sin embargo, aumentaban en función de una mayor disponibilidad de luz. Este fenómeno alcanzó su máxima expresión en el peso seco de las raíces (Cuadro 1).

Otros experimentos fueron realizados por SCHMALTZ (1964) y por BURSCHEL y SCHMALTZ (1965). Ellos utilizaron sombreadores en dos sitios, aplicando fertilizantes en el mejor de éstos. El material utilizado fueron plantas de un año procedentes de vivero y del bosque, donde se habían regenerado naturalmente. Después de dos años de observación se pudo concluir lo siguiente:

- El máximo crecimiento expresado en peso seco total y altura se alcanzó en el mejor sitio con el 100% de luminosidad, bajando a medida que la disponibilidad de luz disminuía. Distinta fue la reacción de crecimiento en el sitio más pobre, donde los crecimientos en altura superaban el alcanzado bajo luz completa en los niveles con un 18% y un 77% de luminosidad.
- Para las plantas naturalmente regeneradas su peso seco máximo se alcanzó con un 77% de luminosidad.

CUADRO 1

REACCION DE DISTINTAS VARIABLES DE ESTADO EN PLANTAS DE UN AÑO DE *Fagus Sylvática* EN FUNCION DE LA LUMINOSIDAD

Característica	Valor absoluto	Luminosidad (%)				
		100	76	42	24	12
Altura	1.010 mm	100	107	111	106	97
Peso total	818 mg/pl	100	93	78	82	52
Peso tallo	269 mg/pl	100	100	97	103	67
Peso hojas	165 mg/pl	100	98	92	100	71
Peso raíz	384 mg/pl	100	87	59	60	34
Número hojas	4,5 /pl	100	89	73	78	60
Superf. foliar/pl	31,8 cm ² /pl	100	112	126	136	120
Peso por hoja	37,1 mg/hoja	100	109	124	127	117
Superf. por hoja	7,1 cm ² /pl	100	127	173	175	199

FUENTE: BURSCHEL y HUSS, 1964

Aprovechando un año con alta producción de semillas, HUSS y STEPHANI (1978) ralearon un rodal de *Fagus* hasta llegar a producir una radiación global dentro de éste de un 22% y un 40%. Ellos probaron, además del factor luminosidad, la incidencia de otros factores como fertilización y eliminación de la competencia, los cuales no cabe analizar aquí. Sin embargo, resulta interesante destacar que la radiación global disponible incidió sobre el crecimiento en un grado mucho más alto que todos los otros factores considerados.

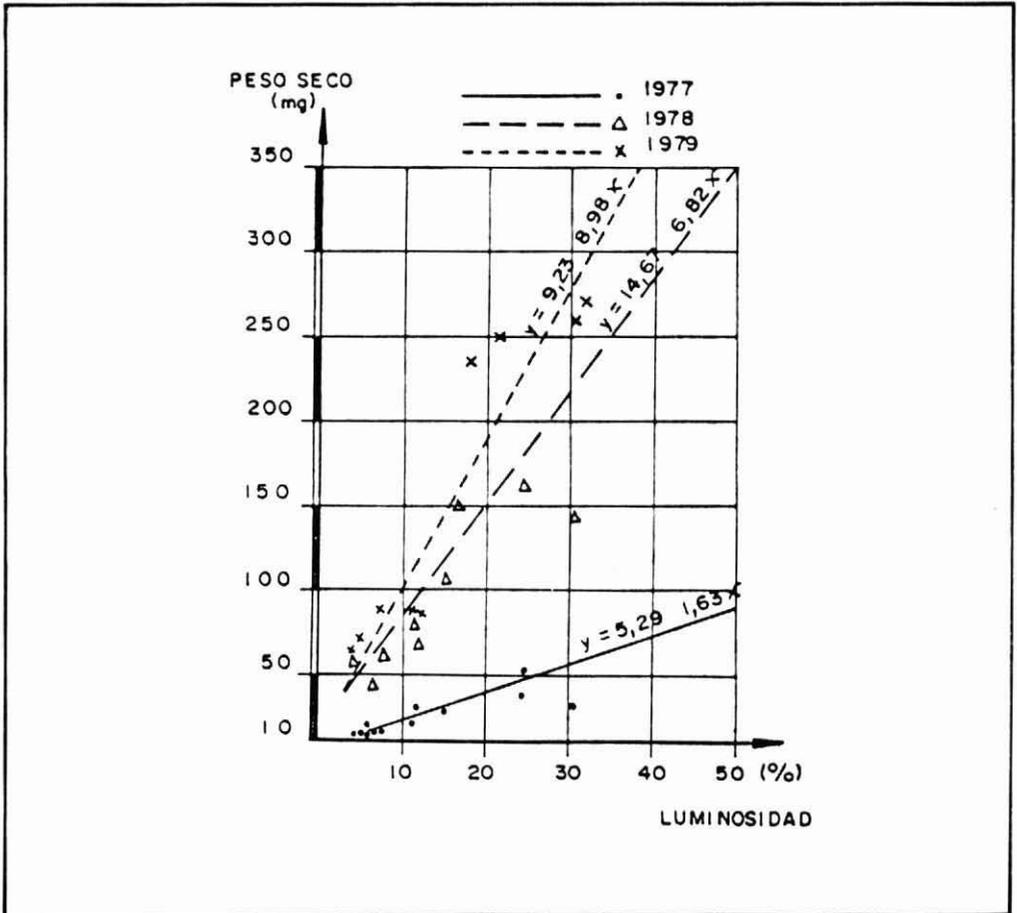
- En la situación de menor cobertura de copa aumentó el crecimiento en peso seco considerablemente, el diámetro del cuello de la planta en un 50% y la altura en un 15%.
- No se observó un desarrollo proporcional mayor de la raíz a mayor luminosidad, como había ocurrido en otras experiencias.

Antecedentes acerca del desarrollo de plantas de *Fagus* regeneradas bajo un rango de 5% a 50% de luminosidad entregan SUNER y ROHRIG (1980) para un período de observación de 3 años (Figura 1 y Cuadro 2).

- Aparece destacable que el mayor porcentaje de sobrevivencia de las plantas después de tres períodos vegetacionales se produjo con un 30% de luminosidad, aumentando considerablemente la mortalidad con más o menos luz disponible.
- El crecimiento expresado en peso seco del tallo aumentó a mayor disponibilidad de luminosidad, acrecentándose la diferencia durante períodos vegetacionales sucesivos. Esto queda demostrado con el aumento de las pendientes de las regresiones graficadas en la Figura 1.

FIGURA 1

DESARROLLO DEL PESO SECO DEL TALLO DE REGENERACION NATURAL DE Fagus sylvática DURANTE 3 AÑOS



FUENTE: SUNER y ROHRIG, 1980.

CUADRO 2

**SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN ALTURA DE REGENERACION
NATURAL DE *Fagus sylvática* DESPUES DE DOS PERIODOS
VEGETACIONALES**

Parámetro	Luminosidad relativa (%)			
	4,6	15,5	30,4	49
Sobrevivencia (%)	7	30	71	40
Crecim. en altura (mm)	15	10	11	30

FUENTE: SUNER y ROHRIG, 1980.

ANTECEDENTES PARA EL GENERO NOTHOFAGUS

Los estudios realizados con distintas especies del género *Nothofagus* referente a sus requerimientos de luminosidad entregan importantes antecedentes básicos. Están principalmente referidos a su desarrollo bajo condiciones naturales en el bosque.

En el sector de Arquihue, en la provincia de Valdivia, en la Cordillera de los Andes, ROSENFELD (1972) analizó el desarrollo de raulí y coigüe durante los primeros 30 años de vida. Comparó su desarrollo entre terrenos parcial y totalmente explotados, es decir, con penumbra y plena luz. La regeneración de ambos *Nothofagus* se había originado mayoritariamente por semillas. Dicho autor destaca la acción del competidor "colihue" que, por la sombra que provoca, actúa como un retardante para el desarrollo de la regeneración arbórea. Esto puede significar que la rotación se alargue en al menos 20 años.

Referente a la incidencia sobre el desarrollo de las plantas por la presencia o ausencia de un dosel de árboles adultos, indica que el raulí soporta mejor que el coigüe la situación de sombra provocada por 20-30 árboles del dosel superior.

Estos resultados se complementan con el muestreo de las condiciones de luminosidad para la regeneración natural realizado en Arquihue por ESPINOZA (1972). Este estudio se amplió también a otros sectores no considerados por ROSENFELD (1972), agregando en la Cordillera de los Andes, a Niblinto, en la provincia de Malleco, y a Los Chenques, en la provincia de Bío-Bío. Para la Cordillera de la Costa agrega "Nahuelbuta", en la provincia de Malleco.

Mediciones de la luminosidad mínima para la regeneración natural, realizados durante el verano, corroboran lo observado por Rosenfeld (1972) en el sentido que el coigüe requiere más disponibilidad de luz que el raulí, pasando los 1.500 lux, mientras que la exigencia mínima del roble baja un poco de este valor.

Para el sector de Nahuelbuta se consideraron, además de las mediciones de requerimiento mínimo para la regeneración natural de *Nothofagus* expresadas en lux, mediciones que indican la radiación global en cal/cm². Los valores indicados en términos relativos para la luminosidad y radiación global se presentan en el Cuadro 3. Estos difieren en el sentido que en términos de radiación global la exigencia mínima de roble y raulí es igual, con un 3,8%, mientras que en términos de luminosidad la tolerancia del roble supera a la del raulí.

CUADRO 3

**REQUERIMIENTOS DE LUMINOSIDAD Y RADIACION GLOBAL MINIMOS
PARA LA REGENERACION DE *Nothofagus* spp
EN NAHUEL BUTA**

Especie	Valores Relativos	
	Luminosidad	Radiación global
Roble	2,2	3,8
Raulí	3,1	3,8
Coigüe	3,9	4,8

FUENTE: ESPINOZA, 1972

La información ya entregada es ampliada para el sector de Nahuelbuta por MULLER-USING (1973). Para una situación de 55 m² de área basal, llegando un 7% de luminosidad (6.500 lux) a la regeneración de *Nothofagus*, aúñse encontraron 8.000 plantas por ha, de las cuales 800 fueron calificadas como individuos con expectativas comerciales. Para el sector de Arquihue, en una situación de 35 m² de área basal, pero a diferencia de Nahuelbuta con una gran cantidad de colihue, el número de plantas con buenas expectativas fue más o menos el mismo, variando entre 400 y 1.000 por ha.

Considerando experiencias realizadas en Arquihue, Niblinto, Nahuelbuta y Los Chenques, destaca la presencia de regeneración de *Nothofagus* spp, también en condiciones difíciles. El raulí presenta entre éstas la mayor tolerancia frente a condiciones de sombra. Aunque la presencia de colihues de hasta 6 m de altura significa un fuerte retraso en el crecimiento del raulí, al menos un 10% de las plantas presentes se consideran como individuos de buenas expectativas, que van a superar la altura de las especies competidoras.

Antecedentes acerca del desarrollo de *Nothofagus* spp bajo condiciones experimentales en un vivero en Valdivia entregan AGUILERA y FEHLANDT (1981). Cubriendo las platabandas de los ensayos con distintos materiales lograron 3 gradientes de sombra: plena luz o testigo (100% de luminosidad), semisombra (40% de luminosidad) y sombra total (2% de luminosidad). Las especies consideradas fueron roble y coigüe. Las observaciones se prolongaron por dos periodos vegetacionales.

Cabe destacar que durante ambos periodos vegetacionales el mayor crecimiento para todas las especies se produjo con el régimen del 40% de luminosidad relativa y el crecimiento más lento con un 2% (Cuadro 4).

CUADRO 4

RESULTADOS EXPRESADOS EN PESO SECO TOTAL, DIAMETRO DEL CUELLO Y LONGITUD DEL TALLO PARA RAULI, ROBLE Y COIGUE DESPUES DE UNO Y DOS PERIODOS VEGETACIONALES (vivero sector Valdivia)

P. Veg.	1		2		2		2	
Lumnin.	Peso seco total				Diam. Cuello		Long. Tallo	
Relat.	g	%	g	%	mm	%	cm	%
RAULI								
100	0,60	100	15,05	100	7,5	100	40,6	100
40	2,35	391	30,97	206	9,7	129	75,6	186
2	0,09	15	0,51	4	2,1	28	14,2	35
ROBLE								
100	0,87	100	14,73	100	4,8	100	50,0	100
40	2,32	267	27,46	186	5,4	113	94,8	190
2	0,04	5	0,21	1	0,4	8	12,3	25
COIGUE								
100	0,31	100	22,29	100	8,0	100	72,2	100
40	0,43	139	20,10	90	8,1	101	94,1	130
2	0,02	5	0,07	0,3	0,9	11	7,6	11

FUENTE: AGUILERA Y FEHLANDT (1981)

INTERPRETACION GENERAL ACERCA DE LA RELACION ENTRE EL CRECIMIENTO DE PLANTAS FORESTALES Y LA LUMINOSIDAD

Durante los últimos decenios se ha insistido en la realización de ensayos para conocer el comportamiento de plantas arbóreas frente a distintas dosis de luminosidad. Específicamente, se han estudiado los cambios en el crecimiento y los niveles de tolerancia de las especies.

Para ésto se emplearon sombreaderos artificiales y naturales. Estos últimos representados por los estratos arbóreos en niveles de altura superiores.

También se trató de conocer la incidencia en el crecimiento de otros factores del sitio, tales como distintos estratos de suelo, fertilizantes y regímenes hídricos. El material considerado en las experiencias fue, en términos generales, plántulas en su primera fase de desarrollo.

La reacción de las plantas fue evaluada con una serie de variables de estado tales como el peso seco total y parcial, la altura, el diámetro del cuello de la planta y la superficie foliar. El factor de mayor incidencia para su desarrollo fue sin excepción la luminosidad, siempre y cuando los requerimientos mínimos de los otros factores se satisficían.

Las experiencias realizadas indican que la luminosidad mínima para la sobrevivencia de las especies de los géneros *Nothofagus* y *Fagus*, es cercana al 5%. El incremento de la disponibilidad de luz, sin embargo, aumenta las posibilidades de sobrevivencia de las plantas en el tiempo. Sobre el nivel mínimo comienza una cierta proporcionalidad de la actividad fotosintética con la intensidad lumínica. Sin embargo, varios estudios demuestran que no necesariamente se mantiene, una proporcionalidad lineal.

A partir de cierto punto, que podríamos denominar como un punto de saturación de luz, un aumento de la intensidad lumínica no produce un mayor crecimiento. Incluso algunas experiencias demuestran una baja en el desarrollo de las plantas. Ensayos en vivero con *Fagus sylvática* y las tres especies del género *Nothofagus*, (raulí, roble y coigüe), demuestran esta tendencia durante los dos primeros períodos vegetacionales. Esto plantea la hipótesis acerca de la existencia de un rango de luminosidad donde se genera un máximo crecimiento de las especies del género *Nothofagus*.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AGUILERA, L. Y FEHLANDT, A. (1981): Desarrollo inicial de *Nothofagus alpina* (Poep. et Endl.) Oerst., *Nothofagus alpina* (Mirb.) Bl. y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Bl. bajo tres grados de sombra. Tesis: Universidad Austral de Chile, Fac. de Ingeniería Forestal. 101 pp.
2. BURSCHEL, P., HUSS, J. (1964): Die Reaktion von Buchensämlingen auf Beschattung; Forstarchiv, Bd. 35, S. 225-233.
3. BURSCHEL, P., HUSS, J. y KALBHENN, R. (1964): Die natürliche Verjüngung der Buche; Schriftenreihe der Forstl. Fakultät d. Univ. Göttingen. 186 pp.
4. BURSCHEL, P., y SCHMALTZ, J. (1965): Die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung junger Buchen; Allgem. Forstzeitung, Bd. 136, S. 193-210.
5. ESPINOZA, M. (1972): Alcances sobre las condiciones de luz como factor importante en la regeneración natural del bosque tipo raulí *Nothofagus alpina* (Poep. et ENDL, KRASSER) y coigüe (*Nothofagus dombeyi* MIRB - OERST). Tesis de grado. Univ. Austral de Chile. Fac. de Ing. For. 76 pp.
6. HUSS, J. y STEPHANIE, A. (1978): Lassen sich angekommene Buchennaturverjüngungen durch frühzeitige Auflichtung, durch Düngung oder Unkrautbekämpfung rascher aus der Gefahrenzone bringen; Allg. Forst- u. Jagdztg; Bd. 149, S. 133-145.
7. MULLER - USING, B. (1973): Untersuchungen über die Verjüngung von *Nothofagus alpina* (Poep. et Endl.) Oerst. und ihrer wichtigsten Begleitbaumarten in den chilenischen Anden - und Küstenkordillere. Diss. Univ. München. 229 pp.
8. ROSENFELD, J. M. (1972): Desarrollo de la regeneración de raulí *Nothofagus alpina* y coigüe *Nothofagus dombeyi* bajo diferentes grados de luminosidad. Tesis de Grado. Univ. Austral de Chile. Fac. de Ing. For. 63 pp.
9. SCHMALTZ, J. (1964): Untersuchungen über den Einfluss von Beschattung und Konkurrenz auf junge Buchen. Diss. Univ. Göttingen. 114 pp.
10. SUNER, A. y ROHRIG, E. (1980): Die Entwicklung der Buchennaturverjüngung in Abhängigkeit von Auflichtung des Altbestandes. Hannover: Forstarchiv, Bd. 51 145-149.

LA INDUSTRIA DE IMPREGNACION EN CHILE. Marta Abalos R., Licenciada de Ingeniería Forestal y Sergio Tardones M., Ingeniero Civil, Mag. División de Estudios Económicos, Instituto Forestal. Huérfanos 554, 2º Piso. Santiago-Chile.

INTRODUCCION

En los últimos años la industria de impregnación ha cobrado gran relevancia debido al incremento importante que ha experimentado el uso de postes impregnados para plantaciones de parronales y Kiwi y al reconocimiento de la utilidad de estos productos en la construcción, pues permiten prolongar la vida útil de la madera a por lo menos 20 años, en contraposición a los 3 a 5 años de una madera no tratada.

Esto ha atraído a numerosos inversionistas, que ven en este sector un potencial "negocio". Sin embargo, muchas veces no se toman en cuenta importantes factores que en conjunto determinan la factibilidad y la mantención en el tiempo de esta actividad productiva.

El objetivo de este artículo es entregar antecedentes de la situación actual de esta industria a la luz del censo realizado por el Instituto Forestal a fines del año pasado, y analizar las perspectivas de la demanda por productos impregnados, junto con las consideraciones técnico-económicas que se deben tener en cuenta en la instalación de una planta impregnadora en nuestro país.

La técnica de proteger la madera contra el ataque de agentes biológicos destructivos y prolongar así su vida útil, se remonta a 2000 años atrás, época en la cual ya se utilizaban productos semejantes al alquitrán para impermeabilizar la madera y protegerla de los horadores marinos. En la agricultura, la base de los postes para cercos se carbonizaba previamente para impedir que sirvieran de alimento a hongos e insectos. Sin embargo, todos estos tratamientos cubrían sólo las capas superficiales de la madera, otorgándole una escasa protección.

La era moderna en la preservación de madera comenzó en la segunda mitad del siglo pasado, con la instalación en Estados Unidos de una planta que utilizaba procedimientos a presión para inyectar creosota en la madera, aplicando para ello el método Bethell o de "célula llena" recién patentado.

Este sistema se mantuvo invariable hasta que Lowry y Rueping desarrollaron, a principios de siglo, nuevos métodos denominados de "célula vacía", que permitían reducir los costos, debido al menor consumo de creosota.

El tratamiento con creosota se aplicó hasta 1940, cuando comenzaron a estar disponibles en el mercado preservantes en base a un amplio espectro de compuestos químicos y que empezaron a utilizarse en Europa y Estados Unidos para impregnar variados productos de madera.

Más tarde, la utilización de estos nuevos preservantes se fue incrementando fuertemente, debido a la crisis que afectaba al petróleo y sus derivados, entre ellos la creosota. Esto determinó que en muchas partes del mundo los tratamientos con estas nuevas sustancias fueran regulados y controlados, debido a los efectos nocivos que ellas pueden tener sobre el ambiente, el hombre y otros organismos.

Actualmente, el tratamiento químico es el procedimiento más utilizado, porque permite duplicar, triplicar o prolongar aun más la vida útil que tiene la madera en estado natural, dependiendo del tipo de madera, tipo de tratamiento, compuesto químico del preservante empleado y condiciones a las cuales está sometida la madera en servicio.

Entre los productos empleados, los preservantes en base a compuestos arsenicales en general, y de cromo, cobre y arsénico (CCA) en particular, son los más utilizados en el mundo entero.

Los métodos a presión, en cuanto a tecnología, no han cambiado respecto a los utilizados a principios de siglo y en la actualidad están ampliamente difundidos, ya que permiten una penetración más profunda, una retención más uniforme y una producción en gran escala.

SITUACION DE LA PRESERVACION EN ALGUNOS PAISES

La preservación se aplica ampliamente en países que poseen importantes recursos forestales de maderas de baja durabilidad natural, como es el caso de las coníferas y, en especial, del *Pinus radiata* D. Don.

En Australia, el consumo de madera preservada se estima en aproximadamente 800.000 m³ al año, de los cuales un 60% corresponde a madera aserrada de coníferas de ese país. Un 30% del total de madera preservada corresponde a postes de transmisión y agrícolas y el 10% restante a durmientes. El tratamiento de la madera se realiza principalmente en base a preservantes CCA y boro en el caso de la madera aserrada, CCA en postes y estacas y creosota en el caso de los durmientes.

En Nueva Zelanda, la madera preservada alcanza a 1,3 millones de m³ anuales aproximadamente. De este volumen, un 70% corresponde a madera para construcción, lo que representa un 60% de la producción total de madera aserrada de Pino Radiata del país. Un 24% corresponde a postes de transmisión y agrícolas y el 60% restante a durmientes. Del total de madera preservada, aproximadamente un 64% es tratada con métodos a presión con sales CCA.

En Portugal, el volumen de madera tratada a presión se estima aproximadamente en 80.000 m³ anuales, de los cuales un 13% corresponde a madera aserrada, un 70% a postes de transmisión y agrícolas y el 17% restante a durmientes. En este país, el preservante CCA es muy utilizado, ya que se aplica en aproximadamente un 64% del volumen de madera, seguido luego por la creosota (21%), que se utiliza principalmente en durmientes. El resto de la madera se trata con compuestos de boro y sales orgánicas.

En Estados Unidos, se estima que la producción anual de la industria de impregnación alcanza a alrededor de 10 millones de m³ al año. De ese volumen, un 30% corresponde a madera redonda (postes de transmisión, pilotes y estacas), un 30% a madera para construcción, un 35% a durmientes y el 5% restante a otros productos. El 70% de la madera para construcción es tratada con sales inorgánicas en base a compuestos arsenicales, entre los que se cuentan las sales CCA, un 20% con pentaclorofenol y el 10% restante con creosota. En la producción de postes de transmisión impregnados, se utilizan aproximadamente en un 30% del volumen soluciones de creosota, en un 60% pentaclorofenol y en el 10% restante preservantes del tipo CCA. En la impregnación de durmientes se utilizan casi exclusivamente soluciones creosotadas.

SITUACION ACTUAL DE LA IMPREGNACION EN CHILE

En nuestro país, la industria de impregnación procesa principalmente Pino Radiata, aplicando el método de vacío y presión (proceso Bethell) y utilizando cobre, cromo y arsénico como preservantes (CCA). Este proceso permite la impregnación de variados productos: postes de transmisión, rodrigones para viñas y cercos, juegos infantiles, madera para la construcción, muebles rústicos y otros.

En forma paralela se utilizan también otros métodos, como por ejemplo el de difusión, especialmente en el tratamiento de postes para cercos y postes agrícolas, que se realiza por lo general más artesanalmente, sin que existan estadísticas de producción al respecto.

Los últimos antecedentes disponibles acerca de la industria de preservación a presión, referentes a la situación en 1971, señalan que entonces existían 16 plantas impregnadoras, con una capacidad conjunta de 212.370 m³ anuales a un turno. La producción en ese mismo año alcanzó a 78.678 m³, de los cuales un 51,8% correspondió a madera elaborada y dimensionada para construcción, un 38,2% a durmientes (de ulmo y tino impregnados con creosota) y un 10% a postes y rodrigones en general.

El alto porcentaje de participación de la madera para construcción en el volumen total tratado, responde al hecho de que entonces la mayor parte de las plantas existentes estaban integradas a empresas constructoras y aserraderos.

La escasa producción de postes y rodrigones impregnados se debe a que en general los postes agrícolas se trataban con otros métodos : en baños de inmersión calientes, baños caliente-frío o por difusión en madera verde, principalmente eucalipto.

En la actualidad, los resultados del censo a la industria de impregnación, realizado entre fines de 1987 y comienzos de 1988, indican la existencia de 35 empresas que en conjunto poseen una capacidad instalada anual (a un turno) de 374.616 m³ (Cuadro 1). Esta capacidad se verá incrementada por la puesta en marcha de al menos 9 plantas durante 1988, de acuerdo con antecedentes recopilados por INFOR.

CUADRO 1
CAPACIDAD INSTALADA DE IMPREGNACION (a vacío y presión)
POR REGION 1987

Región	Número de Empresas	Número de Cilindros	Capacidad Instalada Anual a un Turno (*)	
			(m ³)	(%)
V	1	1	3.960	1,0
VI	1	1	3.960	1,0
VII	12	13	101.772	27,2
VIII	10	11	111.276	29,7
IX	4	4	35.244	9,4
X	1	2	65.736	17,6
R.M.	6	6	52.668	14,1
TOTAL	35	38	374.616	100,0

NOTA: (*) Considera 3 cargas por turno y 22 días trabajados al mes con turnos de 8 horas.

La producción que alcanzaron en 1987 las 35 plantas en funcionamiento fue de 106.317 m³, lo que representa un 28,4% de la capacidad instalada existente. De este volumen un 33,3% correspondió a madera elaborada y dimensionada para la construcción y un 66,7% a postes y rodrigones. En este último rubro, sólo un 11% corresponde a postes de una longitud superior a 6 m, que se utilizan en tendidos eléctricos y telefónicos (Cuadro 2).

CUADRO 2
PRODUCCION TOTAL DE MADERA IMPREGNADA POR REGION 1987. (m³)

Región	Número de Empresas	Postes y Rodrigones	Madera Dimens. y Elaboradora	TOTAL (m ³)
V	1	2.200	-	2.200
VI	1	7.297	-	7.297
VII	12	45.763	2.186	47.949
VIII	10	562	14.749	15.311
IX	4	-	11.121	11.121
X	1	450	1.200	1.650
R.M.	6	14.630	6.159	20.789
TOTAL	35	70.902	35.415	106.317

En la clasificación de las empresas por su capacidad instalada (Cuadro 3) se puede observar que las grandes aportan un 25% de la producción, las medianas un 45% y las pequeñas un 30%.

Desde el punto de vista de la utilización, las empresas medianas, son las que poseen un mayor factor de aprovechamiento de su capacidad, puesto que por las dimensiones del cilindro pueden impregnar una amplia gama de productos, desde madera para construcción y rodrigones hasta postes de grandes dimensiones (11,5 m de longitud).

Dentro de estas cifras, llama la atención el hecho de que el volumen producido de madera impregnada para construcción sea inferior en un 13% al registrado en 1971, en contraposición al incremento de un 110% en postes y rodrigones. Esto se debe a que el rápido desarrollo de los parronales y plantaciones de kiwi y el reconocimiento de la utilidad de los productos impregnados, han abierto una brecha para que entren a este sector nuevos inversionistas, orientados exclusivamente a la impregnación de estos productos destinados a la agricultura.

Este proceso se ha materializado en la instalación de nuevas plantas, en su mayoría con equipos de fabricación nacional y por el traspaso de la mayor parte de las plantas existentes hasta 1980, en empresas constructoras y aserraderos, debido a la disolución de las antiguas empresas o al remate de sus activos.

Como resultado de lo anterior, actualmente un 70% del volumen de madera impregnada para la construcción se destina a empresas constructoras integradas a plantas impregnadoras, y

CUADRO 3
PRODUCCION DE MADERA IMPREGNADA SEGUN CAPACIDAD INSTALADA
(1 Turno)

Tipo Empresa	Capacidad (*) Instalada Anual m ³	Nº Empresas por Estrato	Dimensiones Cilindro (**) (m)	Producción Total (m ³)
Grande	> 15.000	10	1,8 x 16,0	26.666
Mediana	5.000 - 15.000	13	1,2 x 12,0	47.726
Pequeña	< 5.000	11	1,2 x 7,0	31.925
TOTAL		35		106.317

NOTA: (*) Considera 3 cargas por turno y 22 días trabajados al mes en un turno de 8 horas.

(**) Corresponde a las dimensiones más comunes observadas en el estrato.

que utilizan el sistema prefabricado. El 30% restante del volumen corresponde a servicios de impregnación solicitados para el sistema de construcción permanente.

En base al destino de la producción, las industrias de impregnación se pueden dividir en dos segmentos:

1. Empresas orientadas netamente a la producción de postes y rodrigones impregnados (centrales, cabezales y esquineros), que se concentran entre las Regiones V y VII incluyendo la Región Metropolitana. Esta ubicación es producto del desarrollo que han alcanzado en los últimos años los parronales y plantaciones de Kiwi y más recientemente los frutales que utilizan el método "espalderas", todos los cuales se concentran en la Zona Central. Estas plantas constan de una infraestructura básica compuesta en general por una autoclave, un patio de acopio y una oficina de venta. El operador de la planta, salvo escasas excepciones, no posee capacitación formal en impregnación. Las plantas de este tipo se pueden clasificar como medianas, en las cuales la producción representa un 48% de su capacidad. El bajo aprovechamiento se debe principalmente a la escasez de capital de trabajo, que impide a las plantas formar stock en el verano, secar la madera y afrontar así la demanda que se produce en el resto del año, cuando las condiciones climáticas dificultan la compra de madera seca. Además, inciden también factores técnicos involucrados en el proceso de impregnación mismo.
2. Empresas orientadas a la producción de madera dimensionada y elaborada destinada a la construcción. Se localizan entre las Regiones VII y X, constituyendo una excepción la planta "Impregma", en esta última Región y perteneciente a "EMASIL". Esta planta, una de las mayores de Sudamérica, impregnaba anteriormente durmientes de FFCC, pero en la actualidad ofrece el servicio de impregnación de madera para todo tipo de usos. En este caso, las plantas se encuentran integradas al aserradero o a la empresa constructora, razón por la cual su infraestructura por lo general es más completa: cuentan con equipos más sofisticados, que permiten un control de procesos más preciso, patios techados y personal técnico especializado, aun cuando muchas veces el operador de la planta tampoco posee una capacitación formal en impregnación. En este segmento, la capacidad ociosa es aun mayor (86,8%), debido a que, por un lado, las plantas integradas a empresas constructoras producen únicamente para satisfacer sus necesidades y, por otro lado, los grandes aserraderos que poseen plantas de impregnación se encuentran orientados al mercado externo, de modo que sólo producen cuando tienen pedidos. Ambos tipos de empresas ofrecen además el servicio de impregnación de madera elaborada y dimensionada, como también de postes y rodrigones.

MERCADO POTENCIAL PARA LA MADERA PRESERVADA A PRESION

El mercado potencial de la madera impregnada está determinado por la demanda de productos forestales que requieren de este tratamiento, ya sea por condiciones de uso que lo hacen económicamente conveniente o por disposiciones legales vigentes. Estos productos son :

1. Madera dimensionada y elaborada para la construcción
2. Postes de transmisión
3. Postes de cerco y agrícolas
4. Durmientes
5. Madera para muelles, minas y otros usos

Madera para la Construcción

Las maderas clasificadas en el grupo 5(*) (no durables), entre las que se cuentan el Pino Radiata, el Alamo, la Tapa y el Olivillo, se deben impregnar cuando se utilizan en estructuras de viviendas (ver Tabla 1). Esta exigencia técnica otorga a este mercado importantes perspectivas para la industria de impregnación.

En 1986 se otorgaron permisos de edificación, sólo en el gran Santiago, por una superficie total de 1.186.584 m². De esta cifra, 305.475 m² correspondieron a proyectos contratados a través de propuestas públicas del SERVIU, Intendencias o Municipalidades, las que se pueden tipificar como viviendas sociales con un valor de hasta 200 UF. Otros 389.326 m² correspondieron a vivienda financiadas a través de subsidios del sistema tradicional, con un valor de 200 a 400 UF. La superficie restante, 491.783 m², incluye proyectos financiados por el sistema SAF (Sistema de Ahorro y Financiamiento) para viviendas de hasta 2.000 UF, viviendas de mercado de nivel superior y todos los permisos otorgados para construir individualmente, cualquiera sea la superficie de la construcción. (En todos estos casos, la participación de las edificaciones con más de dos pisos fue muy pequeña).

En este tipo de construcciones, la madera de Pino Radiata se utiliza en elementos de la techumbre (vigas, tijerales, costaneras y aleros), en marcos de puertas (interiores), en la estructura de tabiques y cielos y en elementos de terminación como escalera, cierres, guardapolvos, etc.

De acuerdo con las cifras anteriores y con los estándares de consumo de madera por vivienda tipo (Tabla 3), y suponiendo que todos los elementos de la techumbre y estructuras de cielo y tabiques deben impregnarse, el consumo de madera impregnada en 1986 para la construcción sólo en el gran Santiago totalizaría 70.442 m³. Sin embargo, en ese año el consumo de madera impregnada para la construcción en todo el país fue sólo de 25.633 m³ y en 1987 de 35.415 m³.

Es claro entonces que este rubro representa un mercado potencial muy grande. Su desarrollo se verá reforzado por el cumplimiento de las disposiciones legales vigentes, así como también la paulatina toma de conciencia, por parte de los usuarios, del beneficio que significa la mayor vida útil de la madera.

(*): Esta nueva clasificación corresponde al proyecto de norma NCH 789/1, cR 87, que se encuentra en consulta pública.

TABLA 1

CLASIFICACION DE MADERAS SEGUN USO Y RIESGO ESPERADO DE SERVICIO

Grupo	Descripción	Ejemplos
1	Madera sobre el nivel del suelo, en interiores y en ambiente ventilado	Elementos estructurales (cerchas, vigas y soleras superiores); cielos, revestimientos interiores, pisos inferiores, aleros y tapacanes.
2	Maderas en contacto con el suelo, en exteriores y en ambientes mal ventilados.	Pies derechos, soleras inferiores, envigado de piso, revestimientos y pisos de baños y cocinas, pisos de terrazas, revestimientos y elementos exteriores.
3	Maderas enterradas o hincadas en el terreno, maderas empotradas, maderas para minas.	Postes de transmisión y para cercos, rodrigones para viñas, poyos, envigado de minas, durmientes, tabla-estacas, empalizadas.
4	Madera expuesta a la acción de aguas dulces.	Obras fluviales y lacustres, embarcaciones, muelles, defensas fluviales, acueductos, embalses, compuertas.
5	Madera expuesta a la acción de aguas marinas.	Obras de protección contra el mar, pilotes, muelles, embarcaciones, viveros marinos.
6	Madera para torres de enfriamiento	Torres de enfriamiento.

NOTA: Las indicaciones de los preservantes posibles de utilizar y las situaciones exigidas en cada caso se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2
PRESERVANTES POSIBLES DE USAR SEGUN USO

		Kg Preservante/m ³		Madera Tratada		Kg Oxidos/m ³ Madera Tratada
Grupo		A - 1 Creosota	A - 3 Mezcla Creosota Petróleo	B - 11 Penta - clorofenol	B - 21 Naftenato de Cobre	Preservantes CCA
1	NR		NR	NR	NR	3,5
2		120	120	120	120	4,8
3	MP MR	120 160	120 160	120 160	120 160	7,2 (6,5 para caso de rodrigones y estacas) 9,6
4	MP MR	190 270	130 160	190 270	190 270	9,6 12,0
5	MP MR	240 320	NR NR	NR NR	NR NR	13,5 16,0
6	MP MR	NR NR	NR NR	NR NR	NR NR	13,5 NR

NOTA: El volumen que se considerará será el volumen total para chapas y tableros y el volumen efectivamente tratado para madera aserrada y redonda.

MP - Madera permeable

MR - Madera refractaria o resistente a la penetración de los preservantes.

NR - No recomendable

TABLA 3
ESTANDARES DE CONSUMO DE MADERA POR VIVIENDA TIPO

Categoría	Superficie Construida	Característica	Consumo de Madera m ³ /m ² construido		
			Total (*)	Techumbre	Cielo y Tabiques
1. Viviendas sociales Valor: 200 UF	39 m ² en 2 pisos	<ul style="list-style-type: none"> - Albañilería - Vigas, pilares, cadenas y losa en entepiso de hormigón armado - Radier afinado - Tabiques con estructura en madera y revestimiento de Volcanita y Permant 	0,04	0,0105	0,009
2. Viviendas del subsidio tradicional. Valor : 200 - 400 UF	42,5 m ² en un piso	<ul style="list-style-type: none"> - Albañilería - Vigas, pilares y cadenas de hormigón armado - Radier - Tabiques con estructura de madera 	0,071	0,023	0,034
3. Viviendas del Sistema SAF. Valor hasta 2.200 UF	82 m ² en 1 piso	<ul style="list-style-type: none"> - Albañilería reforzada 	0,087	0,042	0,044

NOTA: (*) Incluye madera utilizada en moldajes y de manera transitoria.

FUENTE : Encuesta realizada por INFOR a diversas empresas constructoras.

Postes de Transmisión

Los principales consumidores de este producto son empresas de generación y/o distribución eléctrica, así como también Compañías de Teléfonos.

Actualmente, el uso de postes de madera está restringido a líneas de transmisión económicas, líneas de baja tensión y empalmes, estimándose que el consumo anual en los últimos años ha sido de aproximadamente 30.000 unidades. De estos postes, un 10% son de Pino Radiata impregnado, un 30% de Alerce y el resto de concreto.

El consumo de postes de madera se puede incrementar en gran magnitud si se considera que los postes de pino impregnado de 7 y 8 m de longitud son un 20% más económicos que los postes de concreto. Sobre estas dimensiones, el costo del poste de pino impregnado es similar al de concreto, debido a que es mucho más difícil conseguir materia prima de esta longitud. Sin embargo, el crecimiento de la demanda por postes de madera en el mercado interno se presenta muy incierto, debido a que muchas de las principales empresas demandantes han tenido experiencias negativas en el uso del pino impregnado y prefieren utilizar postes de hormigón armado, a pesar de sus desventajas en la manipulación (mayor peso y fragilidad) y costo, por su comprobada durabilidad, que en forma normal alcanza a 40 años.

Por otro lado, el poste mismo no representa más de un 30% del costo total de la instalación de una línea de postes, por lo tanto la diferencia en costo del poste de pino debería ser sustancial, para que el costo anual equivalente sea inferior al de la alternativa de hormigón.

En el mercado externo, las perspectivas de demanda por postes de pino impregnado son más promisorias, por cuanto el producto podría competir favorablemente en algunos mercados. Sin embargo, esta oportunidad solo podrá ser aprovechada por las grandes empresas, debido a la magnitud del volumen requerido.

Postes Agrícolas

El mercado de postes y rodrigones para plantaciones de Kiwi y parronales de uva de mesa es el de mayor importancia para las empresas de impregnación de la zona central. Estimaciones basadas en información de CIREN-CORFO indican que a 1987 existen en el país alrededor de 3.000 ha. de Kiwi y unas 36.000 ha de uva de mesa, en la mayoría de las cuales se han utilizado postes y polines impregnados.

De acuerdo con el Departamento de Economía Agraria de la Universidad Católica, se estima que en 1992 habrá unas 20.000 ha de Kiwi, cifra en la cual las plantaciones se estabilizarían. Esta superficie, sumada al crecimiento, aunque a tasas menores que las actuales, de las plantaciones de parronales y de otros frutales (por ejemplo, peras) con el método de "espalderas", sugieren como perfectamente posible lograr una tasa de plantación anual promedio de 5.000 ha, cifra que representa un consumo aproximado de 47.000 m³ de madera impregnada, entre polines y postes, sin considerar el volumen de reposición anual.

Si se compara esta cifra con la producción de rodrigones de 1987, aproximadamente de 63.000 m³, se puede concluir que el mercado en este rubro puede ser satisfecho y podrá ser satisfecho por el número actual de plantas, las que debieran competir en calidad y volumen para la colocación de sus productos.

Durmientes

Los durmientes representan otro importante mercado para la industria de impregnación, a pesar de que en estos momentos no se dispone de proyecciones de consumo y los resultados del censo indican que estos productos no se están impregnando.

Antecedentes de 1971 indican que la impregnación de durmientes alcanzaba entonces a los 30.000 m³ anuales, lo que equivale a 300.000 durmientes (trocha ancha). Para estos durmientes se utilizaban especies nativas (Ulmo y Tineo), impregnadas con creosota en la planta de "Impregma" de Valdivia.

En la actualidad, Ferrocarriles del Estado utiliza en parte durmientes obtenidos de ramales en desuso. Las experiencias de Ferrocarriles del Norte, en el uso de durmientes impregnados y laminados fabricados por INFOR, han demostrado su factibilidad técnico-económica. En consecuencia, este mercado presenta interesantes perspectivas para el Pino Radiata impregnado, sobre todo si se piensa que las maderas nativas que se utilizan actualmente son cada vez más escasas y de mayor precio.

Madera para Muelles y otros Usos

Todos aquellos usos en que la madera se ve expuesta al ataque de agentes destructivos constituyen un potencial mercado para la madera impregnada. Entre ellos se pueden citar: construcciones, puentes, muelles, pilotes para muelles, y muebles rústicos, minas, etc.

Aunque a veces el costo de la impregnación es alto, el uso de madera impregnada en estos productos se justifica ampliamente, debido a la mayor durabilidad lograda, que permite disminuir el costo anual equivalente. Más aún, el uso de material impregnado resulta imprescindible cuando la reposición de los elementos de madera es imposible o cuando una durabilidad menor representa un riesgo para la vida humana.

Se estima que el costo de la madera impregnada usada en muelles y, en general, en inmersión bajo el mar, es un 70% más alto que el del mismo material sin tratar, por el alto nivel de preservante requerido. Sin embargo, la vida útil promedio se triplica.

Otro uso al que se puede destinar la madera impregnada son las estructuras laminadas, que presentan interesantes perspectivas. Un caso específico son las crucetas de Pino Radiata impregnado laminado, en las cuales el costo del preservante significa sólo un 18% más del costo total.

Los diversos productos de madera que se utilizan en las minas constituyen también una buena posibilidad de uso para el Pino Radiata impregnado. Ellos incluyen durmientes, medias cañas, pilotes, canaletas de descarga, aplicaciones en el tendido de líneas, etc. Sin embargo, actualmente el Pino Radiata no se emplea, ya que se prefieren maderas de otras especies.

CONSIDERACIONES TECNICO-ECONOMICAS PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA DE IMPREGNACION

En general, las plantas de impregnación no requieren una alta tecnología. Sin embargo, es preciso controlar una serie de factores que en conjunto permiten obtener un producto de calidad, que pueda competir con los ya presentes en el mercado y satisfacer las necesidades de los usuarios, aventajando a otros productos impregnados con tratamientos alternativos, como por ejemplo los postes sulfatados, y a otros materiales sustitutos de la madera, como es el caso de los postes de hormigón.

Uno de los principales factores que se debe manejar y que muchas veces no se toma en cuenta adecuadamente es el abastecimiento necesario para satisfacer los planes de producción. A fin de asegurar un abastecimiento adecuado, se deben tener presentes tres aspectos:

- a) Ubicación de la planta: La planta debe estar suficientemente cerca del recurso forestal, como también del lugar donde se encuentra su principal mercado, debido a la alta incidencia que tiene el transporte en los costos finales. A modo de ejemplo, puede señalarse que en promedio, el 40% del costo de un poste agrícola sin impregnar, puesto en planta, corresponde a flete.
- b) Disponibilidad de madera: Si el objetivo de la planta es la producción de postes y rodrgones, será necesario asegurarse un suministro de materia prima en forma permanente. Sin embargo, este factor no es sencillo de controlar, ya que la presencia de bosques en la zona elegida no siempre indica que la materia prima sea fácil de obtener. Por ejemplo, la madera proveniente de los raleos se utiliza tanto en la industria de la pulpa como en la fabricación de postes agrícolas. Por lo tanto, el destino de esta madera dependerá del precio, del tipo y oportunidad de pago y de la posibilidad de futuros contratos. El abastecimiento de la materia prima para los postes de transmisión es más difícil, ya que se requieren árboles seleccionados que cumplan con las exigencias en cuanto a dimensiones (diámetro y largo), rectitud, distancia entre nudos, etc., los cuales por lo general se destinan a la industria de aserrío.
- c) Stočk de madera: Cualquiera sea el producto final de la impregnación, es necesario que el proceso se realice con madera que tenga un contenido de humedad inferior al 30%. Esta exigencia indudablemente origina un costo más elevado, ya sea por concepto de adquisición de materia prima más seca, o por la mantención de un volumen de madera almacenada a la

espera de que alcance la humedad requerida, lo que representa un capital inmovilizado, con el costo consiguiente.

En el caso de la madera aserrada, por lo general se trabaja a pedido. De lo contrario, se requeriría un stock considerable de madera dimensionada y elaborada de distintas dimensiones, debido a que no existe una estandarización de la madera utilizada para la construcción. La inversión inicial es otro de los aspectos importantes que se debe considerar. Contrariamente a lo que se piensa, la adquisición de la maquinaria (autoclave, estanque, bombas, carros e instrumentos de control) representa no más de un tercio de la inversión total. Así se concluye como resultado del estudio de prefactibilidad realizado, que considera el caso de una planta ubicada en la VII Región, adyacente a la carretera, cuyo objetivo principal es la producción de postes y rodrgones y que ofrece además el servicio de impregnación de madera dimensionada y elaborada. Su producción anual es de aproximadamente 8.000 m³ de madera impregnada y para ello utiliza una autoclave de 1,2 x 12 m, con capacidad anual de 5.400 m³ (a un turno).

Por otra parte, poco más de un tercio de la inversión corresponde al capital de trabajo, que incluye la materia prima y los preservantes necesarios para, por lo menos, un mes de trabajo, arriendo del terreno, sueldos, salarios y otros gastos. El porcentaje restante corresponde a las instalaciones, obras civiles y otras maquinarias. Todos estos costos representan una inversión inicial cercana a los \$ 18 millones (de diciembre de 1987).

Dentro del capital de trabajo, la madera es el componente más significativo, de modo que si se quiere incrementar el stock, para evitar problemas de abastecimiento y secado, el porcentaje correspondiente a este costo se eleva considerablemente.

Otro ítem importante lo constituye el preservante, que tiene un alto costo de adquisición en nuestro país. Por lo demás, la importación directa de estos compuestos obliga a las empresas a mantener una considerable cantidad de reserva, lo que también contribuye a aumentar la inversión necesaria.

La estructura de costos para el caso específico analizado (Tabla 4) que considera la inversión en madera y preservante, gastos de operación, que comprende: sueldos, salarios, seguros y cuentas varias; y los gastos financieros, que corresponden a los incurridos por concepto de mantención de stock de materia prima y preservante, así como también a los correspondientes a la inversión en maquinarias e instalaciones, considerando una tasa de interés del 8% real anual y una depreciación real a 10 años. Demuestra que en los productos con menor valor agregado, como los postes y polines, la participación de la madera en los costos es similar a la del preservante. A medida que se impregnan productos más elaborados, aumenta la importancia relativa de la madera en los costos, alcanzando un 80,5% del total en el caso de la madera para construcción. Los gastos de operación, si bien en términos absolutos son similares, pierden importancia al encarecerse el costo de las materias primas.

TABLA 4
ESTRUCTURAS DE COSTOS DE LA INDUSTRIA DE IMPREGNACION
(%)

Ítem	Rodrigones	Postes	Madera para Construcción
Madera	42,5	44,0	80,5
Preservante	44,0	44,0	12,0
Gastos de Operación	10,5	9,5	5,5
Gastos Financieros	3,0	2,5	2,0

Finalmente, junto con el abastecimiento de materia prima y la instalación de la planta, se deben considerar los factores técnicos involucrados en el proceso de impregnación, entre ellos: la manipulación de la madera fuera y dentro del cilindro de impregnación, el tipo de descortezado que se aplicará (manual o mecánico), las técnicas de impregnación empleadas y los controles del proceso. También son aspectos fundamentales la calidad del preservante utilizado, la mantención de los equipos e instrumentos y la preparación técnica del operador de la planta.

Todos ellos determinan en mayor o menor grado la eficiencia y eficacia del proceso productivo.

En la mayoría de las plantas impregnadoras del país, estos aspectos no son considerados adecuadamente, según se comprobó a través del censo realizado por INFOR. Los principales problemas detectados pueden resumirse en: tiempos considerables dedicados a la carga y descarga de madera y mala disposición de ella en el patio, lo que aumenta las distancias de transporte; falta de control de la humedad requerida para impregnar y de las etapas del proceso mismo; carencia de patios techados para resguardar los productos impregnados; inadecuada mantención de equipos e instrumentos y, por último, falta de capacitación técnica del operador de la planta.

Parte de estas limitantes puede superarse notablemente introduciendo algunas modificaciones. Por ejemplo, para disminuir los tiempos de carga y descarga se pueden utilizar líneas de carros con desvíos, a fin de realizar estas operaciones en forma simultánea, o agregar un huinche para sacar los carros más rápidamente.

Así también, la eficiencia del proceso se puede mejorar mediante la utilización de madera con un contenido de humedad inferior al 30%, descortezado mecánico (el cual produce un rompimiento de las fibras que favorece la penetración de la solución preservante), solución a un nivel de concentración adecuado, control del tiempo de vacío inicial y de la presión ejercida sobre la madera para introducir el preservante.

Por último, el establecimiento y aplicación de un control de calidad en base a normas nacionales permitiría ofrecer al consumidor un producto capaz de satisfacer las exigencias técnicas necesarias y cumpliría además el objetivo de difundir las ventajas del producto impregnado, contribuyendo a aumentar su demanda en el mercado interno.

CONCLUSIONES

Los antecedentes disponibles señalan que la industria de impregnación presenta actualmente un bajo aprovechamiento de su capacidad instalada, debido a dificultades que limitan tanto su eficiencia como sus colocaciones en los mercados interno y externo.

En el mercado interno, la principal restricción de las empresas dedicadas exclusivamente a la impregnación es la falta de capital de trabajo para mantener los stocks de madera y preservantes. Existen además problemas técnicos que afectan la producción; entre ellos, el más importante es la falta de capacitación de los operarios que operan las plantas.

Entre las dificultades que limitan la colocación de productos impregnados en el país, se cuenta el hecho de que únicamente la demanda por postes y rodrigones es estable, aunque estacional, ya que la preservación de madera para construcción sólo se solicita de manera ocasional.

En el mercado externo, no ha sido posible satisfacer completamente los pedidos de postes, uno de los productos con mayores perspectivas, debido a que los volúmenes requeridos

son muy considerables y han existido además dificultades para obtener materia prima de las dimensiones necesarias.

A pesar de estas limitantes, la industria nacional de impregnación tiene un claro potencial de desarrollo. Entre sus mercados se destaca el sector de la construcción, que deberá incrementar su demanda por madera impregnada en la medida que se aumente la utilización de Pino Radiata, ya que esta especie requiere ser tratada cuando se emplea en contacto con el suelo, en exteriores, en ambientes húmedos o en presencia de agentes destructivos.

Otro mercado potencialmente importante es el de los durmientes, sobre todo si se considera la factibilidad de la utilización de Pino Radiata impregnado y laminado. También tienen perspectivas los postes y rodrgones para plantaciones de kiwi y parronales; si bien no se espera que las tasas de plantación aumenten, ellas son ya suficientes para absorber toda la producción actual de estos elementos de madera.

Los mercados de exportación constituyen también un destino potencial. Aunque actualmente la madera que se exporta impregnada representa un porcentaje mínimo y corresponde a ventas ocasionales, este mercado es interesante y técnicamente factible, ya que aserraderos nacionales han logrado cumplir con las exigentes normas de impregnación neozelandesas en exportaciones al Pacífico Sur.

El desarrollo de todos estos mercados requiere que se mejoren algunos aspectos, en especial la comercialización. En este ámbito existen dos grandes líneas a través de las cuales esta industria puede orientar sus esfuerzos para dinamizar el mercado de la madera impregnada:

- En el mercado interno, se precisa un esfuerzo coordinado tendiente a difundir las ventajas de los productos impregnados y el hecho de que ellos satisfacen las normas vigentes.
- En el mercado externo de postes impregnados, es recomendable la creación de consorcios que agrupen a las empresas productoras, de modo que puedan proveer en conjunto los grandes volúmenes requeridos normalmente para satisfacer estos pedidos, cumpliendo con las exigencias de plazos y calidades.

Finalmente, es necesario corregir la opinión, muy difundida, de que la impregnación encarece en alto grado el costo del producto final. La óptica correcta debe considerar que, si bien el producto se encarece, el mayor costo se ve ampliamente compensado por la mayor duración del elemento impregnado. Por ejemplo, un central no impregnado cuesta hoy en promedio unos \$ 60 en la VII Región y uno impregnado unos \$ 165 (ambos sin IVA), pero mientras el primero dura sólo 5 años y origina los costos de reposición consiguientes, el segundo tiene una vida útil de unos 25 años, similar a la del parronal.

En el caso de una vivienda con estructura de madera, si consideramos que la obra gruesa representa entre un 30% y un 40% del costo total, se advierte claramente que el aumento del costo originado por el uso de madera impregnada no tendrá mayor incidencia en el costo final, pero sí redundará en una mayor vida útil de la estructura de la vivienda.

La incorporación de nuevas plantas a esta industria se ve positiva en la medida que promuevan una mayor difusión del uso de productos impregnados, especialmente en el sector construcción, que es un rubro que aún no está desarrollado y que presenta las mejores perspectivas. Lo anterior va aparejado con la necesidad de una estandarización en las dimensiones de la madera utilizada en la construcción y que requiere ser impregnada, así como también de una mayor toma de conciencia por parte de los usuarios finales, de las bondades de la utilización de estos productos en sus viviendas.

ALGUNOS EFECTOS DE UNA POTENCIAL RESTRICCIÓN A LAS EXPORTACIONES DE TROZOS. Sergio Tardones M., Ingeniero Civil, Mag. División Estudios Económicos, Instituto Forestal. Huérfanos 554, Piso 2. Santiago-Chile.

INTRODUCCION

Las exportaciones forestales se enmarcan dentro de la estrategia de desarrollo puesta en marcha a partir de 1974, la cual centra el crecimiento económico del país en la actividad exportadora. La forma escogida busca acercarse a una estrategia de "primer óptimo", que implica el diseño de "políticas generales" en los ámbitos arancelario, aduanero, cambiario, tributario, laboral, de transporte, etc., que no contengan sesgos clara y definitivamente antiexportadores y que tengan la flexibilidad necesaria para que los rubros de exportación puedan desarrollarse con la agilidad y eficiencia que requieren.

Una breve descripción de las políticas puestas en marcha con el fin de dar énfasis al sector exportador fue presentada en la Conferencia Internacional de Experiencias en Exportación por el Ministro de Hacienda, Sr. Hernán Büchi, quien las dividió en:

1) Políticas para disminuir o eliminar el sesgo antiexportador

- a) La reforma arancelaria aduanera
- b) La política cambiaria
- c) Devolución de impuestos
 - Decreto de Hacienda 409
 - Decreto de Hacienda 224
 - D.L. 825
 - D.L. 1226
 - Zonas Francas

2) Modernizaciones que promueven las exportaciones

- a) La legislación laboral
- b) Puertos
- c) Transporte
- d) Mercado de Capitales
- e) PROCHILE
- f) Clima propicio para el exportador

Este marco general de fomento a las exportaciones tuvo una aplicación directa al interior del sector forestal, que se tradujo a partir de 1975, en las siguientes medidas:

- Se dispuso amplia libertad para exportar productos, cualquiera fuese su estado y proceso de elaboración (anteriormente estaba prohibido exportar rollizos).
- Se eliminó la certificación de calidad obligatoria, lo que hizo posible exportar al mismo tiempo productos de calidades diversas y distintas de las consideradas en las normas chilenas oficiales.
- Se eliminaron los contingentes de exportación que se fijaban año a año para determinados productos forestales.
- Se dejó sin efecto la fijación de precios mínimos.
- Se simplificaron los trámites de exportación.

La respuesta del sector forestal es ampliamente conocida, revelando las estadísticas el notorio impulso que registraron las exportaciones del sector como consecuencia de las nuevas medidas.

A partir de 1976 se incorporaron a las exportaciones forestales los trozos para aserrar, un producto de escaso valor agregado, cuyas ventas al exterior estaban prohibidas hasta 1975 (Cuadros 1 y 2).

CUADRO 1

COMERCIO EXTERIOR MADERA ASERRADA Y TROZOS. 1970 - 1987.

Años	Madera Aserrada			Madera en Trozos	
	Producción(*)	Exportación(*)	Retorno	Exportación(*)	Retorno
1970	976,4	150,3	8,6	0	0
1971	1.046,8	171,1	7,0	0	0
1972	1.113,6	63,4	3,3	0	0
1973	932,3	67,4	4,2	0	0
1974	1.398,5	132,6	12,3	0	0
1975	960,0	256,5	23,8	6,2	0,6
1976	1.223,3	412,5	26,6	17,0	0,8
1977	1.336,0	684,4	43,2	147,6	4,3
1978	1.415,0	795,1	51,1	679,2	20,6
1979	2.195,6	1.081,2	92,6	965,7	31,2
1980	2.249,4	1.295,4	148,9	1.052,4	56,9
1981	1.731,9	864,7	95,7	361,0	17,7
1982	1.172,4	618,7	63,5	892,0	36,9
1983	1.606,2	754,9	65,8	1.026,3	34,0
1984	2.001,5	885,8	74,1	905,6	26,9
1985	2.190,6	706,0	54,5	1.213,4	40,1
1986	2.025,9	866,4	69,7	1.163,7	38,9
1987		1.019,9	93,5	1.836,5	67,4

NOTA: Retorno en millones de dólares de cada año; (*) en miles de m³.

FUENTE: INFOR

CUADRO 2

**EXPORTACIONES DE TROZOS DE CONIFERAS
ASERRABLES Y PARA CHAPAS
(Miles de Metros Cúbicos)**

Países	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Canadá	668	377	513	862	623	795	1.050	908	1.158	2.035	3.178	2.414
U.S.A	11.450	11.819	14.329	13.500	14.942	17.070	14.084	16.768	14.111	15.360	15.263	16.906
Finlandia	57	64	269	565	234	435	691	742	342	353	441	514
Suecia	308	195	184	229	209	201	172	197	124	158	155	159
Noruega	42	14	39	66	56	229	313	191	186	176	188	188
Checoslov.	376	390	332	488	791	987	884	545	791	333	341	464
URSS	9.296	8.412	9.095	9.361	9.402	7.730	6.514	6.198	6.183	7.738	7.670	7.743
N. Zelandia	1.302	534	958	1.027	936	1.236	970	529	479	507	451	360
Chile			3	147	675	954	1.004	359	888	1.023	901	1.271
Sub Total	23.499	21.805	25.722	26.245	27.868	29.637	25.682	20.437	24.262	27.323	28.588	30.019
Mundial	26.238	23.898	28.411	28.657	29.837	31.817	27.914	22.549	26.383	29.453	30.927	32.685

FUENTE: FAO

En el Cuadro 2 se aprecia que una proporción mayoritaria del volumen de trozos de coníferas comercializado en el mundo, se concentra en un número relativamente pequeño de países exportadores, entre los cuales se incluye Chile en la actualidad. En este grupo se encuentran los principales exportadores mundiales de productos forestales, tanto por sus volúmenes como por el tipo de productos que venden. Se trata de países productores de todo tipo de bienes forestales y, a excepción de Chile, con mercados internos ampliamente desarrollados en el rubro forestal, entre los cuales se destacan por sus exportaciones de trozos de coníferas Estados Unidos, Unión Soviética y Canadá.

OBJETIVO

Las exportaciones de trozos han sido siempre muy cuestionadas en el país y el hecho de que se continúen realizando da origen a una permanente discusión. En este marco, el objetivo del presente trabajo es dar a conocer los principales elementos de juicio que deben tomarse en cuenta para analizar el problema.

En el análisis de la conveniencia o inconveniencia de las exportaciones de trozos, es preciso tener presente desde un comienzo que el criterio prevaeciente debe ser el de la maximización del valor actual de las plantaciones, considerado desde un punto de vista social. No debe olvidarse la activa participación que ha tenido el Estado en la creación de una gran masa boscosa, a través del subsidio forestal. Este criterio implica considerar aspectos como el empleo, la inversión y la balanza de pagos, pero con la salvedad de considerar la economía como un todo y no analizar el sector forestal en forma aislada.

El enfoque adecuado consiste entonces en determinar qué medidas se deben tomar ante la necesidad de maximizar el retorno del potencial forestal incrementando la variedad y la calidad de las exportaciones del sector. Esto ya transforma a una restricción de las exportaciones de trozos en una medida como cualquier otra que se podría tomar.

PREGUNTAS CLAVES PARA ABORDAR EL PROBLEMA

Los principales argumentos a favor de una restricción de las exportaciones de trozos radican en la necesidad de incrementar el valor agregado de nuestras exportaciones de productos forestales, con la sucesión de efectos que esto tendría sobre el empleo, la tecnología y la inversión en nuevas plantas de aserrío o procesamiento. Dicha medida originaría además una supuesta disminución del precio de la madera en pie, con el beneficio consiguiente para su utilización en el mercado interno, lo que redundaría en el crecimiento de otras exportaciones que utilizan como materia prima la madera de Pino Radiata y que, como consecuencia de la disminución de su precio, verían aumentar su competitividad. Este mismo tipo de argumento podría utilizarse para justificar una restricción de las exportaciones de otras materias primas.

Se hace necesario revisar si la secuencia de efectos positivos mencionados tiene factibilidad de ocurrencia. De ser así, tendríamos enumerados los beneficios de esta medida, que sin duda implicaría también como contrapartida algunos costos. Como primer paso, para ordenar la discusión, es conveniente formular algunas preguntas:

- 1.- ¿Qué cantidad de madera que anteriormente era exportada como trozos sería exportada con un mayor grado de elaboración, en sus diversas formas: aserrada, elaborada, como tableros, etc?

- 2.- ¿Cómo responderían los inversionistas ante esta disponibilidad de materia prima a un menor precio? ¿Se producirían y en qué tiempo las inversiones necesarias para incrementar la capacidad y procesar lo que anteriormente se exportaba como trozos?
- 3.- Si efectivamente se procesaran mayores volúmenes de trozos, ¿se exportaría el volumen de madera procesada equivalente o se incrementaría la colocación en el mercado interno? ¿A qué costos?
- 4.- Si se produjera este incremento en la capacidad de procesamiento, ¿cómo responderían los mercados internacionales? ¿Sería posible colocar estos volúmenes adicionales de madera de Pino Radiata más elaborada?
- 5.- ¿Cómo afectaría esta restricción a los programas de manejo de los bosques que realizan los particulares para obtener trozos de alta calidad de madera libre de defectos?
- 6.- ¿Hasta qué punto las restricciones a las exportaciones de trozos no facilitarían la formación de monopsonios, ya sea en los mercados de madera para pulpa o en los mercados de madera para aserrar, con los efectos redistributivos consiguientes?

Para responder algunas de estas preguntas es necesario un análisis más profundo que el que entregan estas notas, pero la revisión de las cifras de producción y exportaciones de trozos de madera aserrada y tableros sugiere respuestas inmediatas para otras. De hecho, en términos de unidades equivalentes como m³ ssc, las exportaciones de madera aserrada han sido sistemáticamente superiores a las de trozos. Por otro lado, al iniciarse en 1975 las exportaciones de trozos, las exportaciones de madera aserrada, dentro del contexto general de apertura de la economía al comercio exterior, continuaron creciendo (Ver Cuadro 1).

En este punto es necesario resaltar que los bosques que en esa fecha se comenzaron a explotar y exportar, así como los que aún se están exportando, fueron plantados con anterioridad a la dictación del D.L. 701.

Sin embargo, es claro que sin un esquema de apertura al comercio internacional, el incremento de las exportaciones no habría sido el que las cifras muestran de manera irrefutable.

ALGUNAS RESPUESTAS

Posibles efectos sobre el Mercado Interno

Una de las razones esgrimidas en favor de una restricción, es que ella produciría una mayor disponibilidad de trozos en el mercado interno, lo que otorgaría ventajas para exportar productos con mayor nivel de proceso. Sin embargo, esta disponibilidad está asociada al precio que se debe pagar por el trozo.

El costo equivalente de un trozo de exportación en el mercado interno corresponde al precio FOB menos, en promedio, un 25%, que incluye el transporte a puerto y los costos de embarque. Si a ello agregamos que, de acuerdo con los patrones mundiales, la madera chilena ya está entre las más baratas en los puertos de destino (CIF), se comprende que una restricción originaría una baja artificial en los precios de la madera en pie. De este modo, disminuiría aún más el precio de una madera que ya es barata según los estándares internacionales, debido al rápido crecimiento que presenta el Pino Radiata, lo que permite realizar plantaciones económicamente convenientes en lugares de acceso relativamente fácil y permanente, además de cercanos a puertos.

Por otra parte debe tenerse presente que en cualquier proceso para incorporar mayor valor agregado a la madera, ella pasa a ser un componente más dentro de los costos, y en algunos casos no el más importante, de modo que una baja en el precio de esta materia prima no redundará necesariamente en una disminución significativa de los costos de producción del producto con valor agregado.

Dentro de esta misma óptica, de que una restricción de las exportaciones de trozos tendría como consecuencia un aumento de la exportación de productos con mayor valor agregado, existen otros aspectos que cuestionan esa opinión.

El primero es que, aun cuando se produjera un incremento en las exportaciones de productos con mayor valor agregado, es posible que existan otros mecanismos más adecuados para lograr el mismo objetivo. De hecho, en la evolución, de las exportaciones de la industria de muebles de madera, el reintegro del 10% a las exportaciones no tradicionales (aquellas que no alcanzaron un máximo de US\$ 7,5 millones, que se elevó posteriormente a US\$ 12,5 millones) de acuerdo con el D.L. 18.480 del 01 de Julio de 1985, cumplió un papel muy importante.

En segundo lugar, existe la opinión, más difundida de lo que se cree, en el sentido de que las exportaciones de productos con mayor valor agregado tienen mayor valor "per se". En una economía libre, los agentes económicos se mueven de acuerdo con la rentabilidad privada y es misión del Estado hacer prevalecer la rentabilidad social como criterio de decisión en el caso de existir discrepancias. En este sentido, no es el criterio de mayor valor agregado el que debe primar, sino el de la rentabilidad.

Como es obvio, al determinar la rentabilidad se deben considerar los encadenamientos "hacia adelante" y "hacia atrás" con sus efectos sobre la inversión, la tecnología, el empleo y la balanza de pagos, entre los más importantes. Un caso claro es el del empleo. En el supuesto de que hubiera una alta elasticidad de las inversiones en plantas procesadoras frente a una restricción a las exportaciones de sus materias primas, no se puede asegurar que los empleos así generados sean los más convenientes desde el punto de vista de la economía como un todo. Es perfectamente posible que se haya desplazado mano de obra desde otro sector exportador, el frutícola por ejemplo, el cual no cuenta con este tipo de "protección" y vería, en consecuencia, afectada su competitividad, debido a una menor disponibilidad relativa de mano de obra. Este análisis es totalmente factible en regiones como la VII y el Norte de la VIII, donde existen importantes plantaciones forestales y una creciente industria frutícola.

Efectos sobre la inversión

En cuanto a las inversiones en plantas procesadoras, en un plano absolutamente empírico se advierte que las inversiones en plantas de aserrío y secado continuaron creciendo con posterioridad a la liberación de las exportaciones de trozos. Algunas de las más importantes se presentan en la Tabla 1.

Al momento de instalarse en el país, la mayoría de estas plantas poseían tecnología de primer nivel. Se dio incluso el caso, ampliamente comentado, de que al salir empresarios chilenos a recorrer diversas empresas proveedoras internacionales, se enteraban de que el aserradero vendido se estaba instalando en Chile. Estas inversiones, en alguna medida, fueron motivadas por la maduración de los bosques ya existentes, los que habrían llegado a su edad de corta.

Varias de las empresas propietarias de plantas de aserrío mencionadas en la Tabla 1 se encuentran a sus vez entre los principales exportadores de trozos, ya sea directamente o por medio de compañías filiales. Estos aserraderos presentan altos índices de ocupación y en la actualidad es ampliamente conocido que algunos de ellos se encuentran abocados a planes de expansión, con inversiones en plantas de secado y de elaboración, a fin de entregar productos con mayor valor agregado. De este modo responden a exigencias de sus estrategias de desarrollo, consecuencia de sus mercados de exportación, y buscan neutralizar la variabilidad de los precios y volúmenes transados internacionalmente que presentan los "commodities", como es el caso de los trozos.

Frente a la pregunta de cómo reaccionarían los inversionistas ante potenciales restricciones a la exportación de trozos, se advierte entonces que en la actualidad, con amplia libertad para exportar todo tipo de productos forestales, las principales empresas del país, así como importantes empresas extranjeras, están respondiendo con un incremento en sus capacidades para la producción de productos de mayor valor agregado (como molduras, madera elaborada y madera estructural), pero sin dejar de lado las exportaciones de trozos, que presentan un buen mercado y se incluyen dentro de los productos que a las empresas les resulta más rentable exportar.

El incremento de las inversiones también se produce en el área de la celulosa, usuaria de los trozos pulpables y de las astillas o chips, productos que también han comenzado a exportarse. Sin embargo, a pesar de que el precio interno de la madera pulpable ha aumentado como consecuencia de la exportación, las dos principales compañías de celulosa han anunciado importantes inversiones en su sector.

TABLA 1
INVERSIONES FORESTALES RECIENTES

AÑO	MONTO (US\$ MILLONES)	EMPRESA	TIPO DE INVERSION
1977-1978	14,2	INFORSA	Aserradero en Nacimiento e instalaciones.
1978	8	CHOLGUAN	Ampliación de plantas de tableros
1979	4	Forestal Copihue	Aserradero e instalaciones
	2,5	ASEVAL	Aserradero
	3,0	MADELPA	Planta productora de papel
1980	15	MASISA	Ampliación capacidad fábrica de tableros.
	9,5	Forestal Carampangue	Aserradero en Arauco
	7,5	Cementos Bio-Bío Div. Maderas	Aserradero Lomas Coloradas
1982	55	INFORSA	Segunda máquina papelera
	8	Forestal Colcura	Aserradero
	24	MAPAL	Fábrica de tableros de madera aglomerada.
	5,3	Empresas Cholguán	Planta elaboradora de maderas (cajas, molduras, perfiles, diversos).
1984	2,5	ASAVI	Aserradero en San Vicente
1985	3,0	CMPC	Aserradero de Mulchén
	3,5	Aserradero Central	Ampliación de aserradero con unidad elaboradora, planta de secado y de impregnación.
1986	33	Cholguán y Carter Holt Harvey	Creación de planta de Tableros MDF
	37	CELCO Arauco	Ampliación de la planta de celulosa
	61,5	Fletcher Challenger	Compra 50% de planta de papel Bío-Bío y 30.000 ha bosque.
	3,0	Colcura	Planta de astillas en Colcura VIII Región.
	40,6	CMPC	Optimización de planta Laja
1987	53	CELCO Arauco	Ampliación y modernización de planta de Celulosa Arauco.
	4,5	Papeles Industriales	Planta de productos tissue y papeles monolúcidos.
	4,0	Owens	Planta de Astillas en Coronel
	61,5	Fletcher Challenger	Compra 50% restante de Papeles y Bosques Bio-Bío.

Efecto redistributivo y propiedad del recurso

Un elemento que no se debe dejar de tomar en cuenta al considerar los efectos redistributivos y la eficiencia económica de una medida como una restricción a las exportaciones, es el esquema de propiedad del recurso.

En nuestro país, prácticamente el total de las plantaciones están en manos del sector privado, con la característica adicional de que el 60% del recurso es propiedad de las principales empresas de celulosa y papel y de los mayores aserraderos.

Esta diferencia es fundamental al analizar los efectos redistributivos, pues los principales perjudicados serían obviamente el 40% de los pequeños y medianos inversionistas, quienes no tienen la posibilidad de procesar la madera, ya sea por factores de capacidad empresarial, financiamiento u otros, y quienes quedarían expuestos a la acción de potenciales poderes monopsonicos. La alta incidencia de los costos de transporte en el sector forestal facilita la formación de poderes compradores locales, por lo que muchas plantaciones pueden pasar a ser tributarias del aserradero o de la planta de celulosa más cercana, en las condiciones que estos compradores fijen. De hecho, el precio relevante para la determinación del valor de la madera en pie dejaría de ser el de exportación. Además, ello tendería a desincentivar a los programas de manejo del bosque por parte de esos pequeños propietarios, que verían alterados negativamente sus flujos de caja esperados. Este hecho tendría además un efecto adverso sobre la calidad del recurso forestal resultante.

Por otro lado, si volvemos a considerar que el 60% del recurso se encuentra en manos de las principales empresas, es lógico pensar que ellas expandirán las exportaciones con mayor valor agregado, postergando las de trozos, en la medida que el criterio de maximización del valor actual de la empresa así lo aconseje, en una consideración de rentabilidad en el largo plazo.

CONCLUSIONES

Teniendo como base el supuesto de que el objetivo final sea incrementar el valor presente del recurso forestal y de que una manera de lograrlo sea aumentar las exportaciones de productos con mayor valor agregado, las restricciones a las exportaciones de trozos se visualizan como una medida potencial más, entre otras posibles. Sin embargo, es claro que esta medida no es la más eficiente, por cuanto los fines que ella persigue pueden obtenerse sin incurrir en costos, como el efecto redistributivo regresivo sobre los pequeños y medianos propietarios forestales; más aún, cuando otro de los supuestos objetivos de esta medida, como es el incremento de las inversiones en el sector forestal, se está cumpliendo satisfactoriamente sin que tal medida se haya aplicado, y cuando las exportaciones de productos con mayor valor agregado crecen favorecidos por las ventajas comparativas que representa el rápido crecimiento del Pino Radiata en nuestro país.

Finalmente, y aunque parezca evidente, es necesario recalcar que una restricción de las exportaciones de productos con menor valor agregado no necesariamente origina un aumento de las exportaciones de productos con mayor valor agregado.

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. En esta oportunidad se entregan antecedentes de 7 publicaciones de interés disponibles para consulta o adquisición en las oficinas de INFOR en Santiago (Huérfanos 554) y en Concepción (Barros Arana 121).

1.- LA INDUSTRIA DIMENSIONADORA Y ELABORADORA DE MADERAS EN 1986. Informe Técnico 111. División de Estudios Económicos, Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1988. 86 págs.

Debido a la magnitud del volumen que procesa la industria dimensionadora y elaboradora de maderas, conocida comúnmente como "Barracas", ésta representa el principal canal de comercialización de la madera en el mercado interno.

Consciente de su importancia económica en el sector forestal, la CORFO solicitó a su filial, el Instituto Forestal, la realización de un censo nacional que permitió medir los principales parámetros que inciden en el quehacer de esta industria, cuyos resultados tan solo fue posible completar en el segundo semestre de 1987.

El Informe Técnico 111, titulado "La Industria Dimensionadora y Elaboradora de Maderas en 1986", contiene un completo análisis desarrollado por la División de Estudios Económicos del Instituto Forestal, a partir de los antecedentes obtenidos del censo aludido.

El documento contiene información de producción, capacidad instalada, destino de la producción, abastecimiento, ocupación y características tecnológicas de las plantas censadas. Adicionalmente, el documento contiene diversas opiniones emitidas por los empresarios visitados, quienes se refirieron a la estimación de los costos de reposición de maquinarias e instalaciones y el monto de las inversiones efectuadas a 1986.

Entre las conclusiones generales del censo, el documento enfatiza en primer lugar, en que esta industria no ha efectuado una modernización tecnológica generalizada, tendiente a proveer al mercado interno de madera de calidad para cubrir satisfactoriamente las principales necesidades.

En relación a los antecedentes estadísticos, la publicación destaca el hecho de que en 1986 se produjo el mayor nivel de producción, alcanzando 1.1 millones de metros cúbicos, producido en un total de 600 plantas industriales, dando ocupación permanente a 8.089 personas. Llama la atención también que en esta industria se está produciendo cada vez mayor volumen de madera de Pino Radiata, cuya importancia relativa alcanzó al 79,3%.

Valor del Ejemplar: \$ 1.500.-

2.- EXPORTACIONES FORESTALES CHILENAS (ENERO - DICIEMBRE 1987) Boletín Estadístico 5. División de Estudios Económicos, Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1988. 146 págs.

Durante 1987, las variables económicas mundiales relacionadas con el comercio internacional de productos forestales, tuvieron un impacto positivo en el sector forestal chileno, por cuanto entre enero y diciembre logró colocar productos por un valor total de US\$ 577,3 millones. Este valor supera en un 30,2% al retorno alcanzado en el año 1986 y es un 18,9% superior al total exportado en 1980,

año que hasta la fecha era considerado record histórico.

Toda la información del Comercio Exterior Forestal chileno es recopilada, procesada y analizada por la División de Estudios Económicos del Instituto Forestal. lo cual es posible gracias a un convenio vigente con la Corporación Nacional Forestal. De esta manera, INFOR-CONAF editan mensualmente un completo informe referido a productos de exportación, sus exportadores, sus mercados, sus precios y otras materias relacionadas, los que se consolidan en un documento estadístico que acumula la información anual.

Este documento, junto con efectuar un análisis de la evolución experimentada por las exportaciones por tipos de productos, mercado y exportadores, analiza y entrega información detallada referida a:

1. Análisis por producto: revisa para celulosa blanqueada, celulosa cruda y celulosa semiblanqueada, la evolución experimentada por el valor exportado, volumen, precio promedio y mercados más activos. Así mismo, efectúa un análisis similar para madera aserrada de Pino Radiata y otras especies, madera en trozos, papel periódico y otros productos.
2. Detalle de las exportaciones forestales ordenadas por exportador.
3. Detalle de embarques en volumen y retorno, para todos los mercados de destino.
4. Detalle mensual por producto de las exportaciones forestales.
5. Detalle de los productos embarcados por exportador.
6. Directorio de las empresas y/o personas naturales que exportaron en 1987, con su respectiva dirección.

Valor del Ejemplar: \$ 3.000.-

3.- PRECIOS DE PRODUCTOS FORESTALES CHILENOS, Boletín Estadístico 4. División de Estudios Económicos, Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1988. 47 págs.

Con el objeto de proporcionar a los agentes económicos interesados en la evolución del

sector forestal, series de precios para productos del mercado forestal interno y de exportación, correspondientes al período 1954 - 1987, la Corporación de Fomento de la Producción a través de su filial, el Instituto Forestal, ha editado el Boletín Estadístico 4, titulado "Precios de Productos Forestales Chilenos".

El documento, en sus 47 páginas entrega series de precios que permiten configurar un panorama claro del aumento que experimentaron algunos precios de productos forestales, especialmente la madera aserrada de Pino Radiata en el mercado interno, la que llegó, en el caso de la VIII región, hasta un 61% en diciembre de 1987 respecto de igual mes de 1986.

Por su parte, el documento destaca el importante aumento de los retornos por concepto de exportación, que atribuye al mejoramiento generalizado de los precios de los productos exportados. Entre los productos que registraron los más altos incrementos de precio durante 1987, se destacan las pulpas, que fluctuaron entre un 42% y un 50%, los papeles y cartones, que se incrementaron entre un 23 y 25%, la madera aserrada de Pino Radiata, que registró un incremento del 14% en diciembre de 1987.

La información contenida en este documento se ordena por tipo de mercado, nacional o interno y de exportación o externo. Para el mercado interno se entregan series de precios para madera en pie de Pino Radiata, para la VIII Región (y provincias); para madera pulpable de Pino Radiata, puesta en 4 plantas diferentes; para trozos de Pino Radiata para aserraderos, en la VIII Región. Así también entrega precios de madera aserrada, madera dimensionadora y madera elaborada.

Respecto de los precios de productos forestales de exportación, el Boletín Estadístico 4 entrega precios de madera pulpable, astillas, madera aserrada, madera elaborada, tableros, pulpa y rosa mosqueta.

Valor del Ejemplar: \$ 1.200.-

4.- ESTADOS UNIDOS: MERCADO PARA ELABORADOS Y MANUFACTURADOS DE PINO RADIATA. Cuaderno de Mercado 7. Gerencia Técnica, Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1987. 100 págs.

El mercado de los Estados Unidos ofrece un gran potencial para los productores chilenos, no sólo en términos de volúmenes y precios, sino que además como productos de tecnologías muy avanzadas para la transformación mecánica de la madera, aspecto especialmente válido para la producción de elaborados en madera.

Por lo tanto, es doblemente interesante efectuar estudios de este mercado, orientados a conocer en forma específica aquellas categorías de productos que tienen mayor atractivo comercial para los exportadores chilenos y describir sus principales características y las áreas geográficas con mayor potencial.

Por esta razón la Corporación de Fomento de la Producción, por intermedio de su Gerencia de Desarrollo, contrató al Instituto Forestal un estudio, de cuyo informe final damos cuenta en esta oportunidad.

El Cuaderno de Mercado 7 es el resultado de un estudio realizado con un equipo multidisciplinario, integrado por profesionales del Instituto Forestal, de la Universidad Católica y de Universidad de Connecticut, que proporciona antecedentes generales del potencial que el mercado de USA representa para los productos manufacturados y elaborados de Pino Radiata chileno. Este estudio corresponde al primero de una serie que sobre el mercado norteamericano desarrollará CORFO e INFOR, a objeto de abordar analíticamente los segmentos del mercado que representan un mayor atractivo para los elaborados de madera chilena.

Valor del Ejemplar: \$ 1.350.-

5.- CRUCETAS LAMINADAS DE PINO INSIGNE. Informe Técnico 95. División de Industrias Forestales, Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1982. 34 págs.

En nuestro país, las crucetas empleadas en los tendidos eléctricos se han hecho con ulmo o roble, maderas que se han comportado bastante bien en su función estructural. Sin embargo, estas especies son difíciles de secar, aspecto especialmente importante por el hecho de que las crucetas por sus características de uso, deben ser de grandes escuadras (3,3" x 4,5").

Por las razones expuestas y ante la creciente demanda (alrededor de 11.000 unidades 1 año en la Región Metropolitana), el Instituto Forestal desarrolló diversos ensayos con crucetas de Pino Radiata (o P. Insigne) laminado con adhesivos a base de resorcinol - formaldehído e impregnadas con creosota, fabricado en forma experimental. Los resultados de las experiencias realizadas en países desarrollados, tales como Estados Unidos y Sudáfrica, con coníferas laminadas y encoladas, indican que es una buena alternativa para fabricar este elemento de transmisión.

Para el estudio se ensayó un total de 34 crucetas de 2,0 m y 16 de 2,4 m, con las que se probó la capacidad del producto para resistir cargas verticales estáticas, para simular cargas en el plano horizontal, perpendicular al eje de las crucetas; para determinar el efecto de las cargas paralelas al eje de las crucetas, y para determinar el comportamiento del producto a través de ensayos de envejecimiento acelerado de laboratorio.

De los resultados del estudio, se concluye que las crucetas de Pino Radiata laminado resisten las solicitaciones a las cuales son sometidos estos elementos, por lo cual se recomienda su uso.

A modo de anexo, este interesante informe entrega un estudio de costos de fabricación de crucetas laminadas. Del estudio se desprende que la materia prima madera tiene una inci-

dencia de un 25,1% en el costo total, el adhesivo 35,4%, la mano de obra un 26,7% y los gastos generales de fabricación, un 12,8%.

Valor del Ejemplar: \$ 600.-

6.- VIGAS RECTAS DE MADERA LAMINADA. Tablas de Diseño. Informe Técnico 98. División de Industrias Forestales, Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1985. 100 págs.

Pese a que la tecnología para producir madera laminada está desarrollada, este producto es muy poco conocido en Chile, pese a los esfuerzos demostrativos desarrollados por INFOR.

Sin embargo lo anterior, algunas empresas ya fabrican elementos laminados, destinados con mayor frecuencia para ser empleados como viga recta para viviendas unifamiliares y galpones.

Con el objeto de que se amplíe el uso de la madera laminada, especialmente entre los profesionales de la construcción, el Instituto Forestal editó el Informe Técnico que da cuenta esta nota, y que entrega tablas para poder dimensionar diferentes diseños de vigas, estimar costos y compararlos con otros materiales.

El informe deja en claro que naturalmente el diseño definitivo o la verificación de las dimensiones debe efectuarlas un profesional calificado.

Las tablas están construidas a partir de vigas producidas con Pino Radiata, laminadas horizontalmente, simplemente apoyadas, soportando cargas uniformemente repartidas, con madera con un 16% de humedad. Así se entregan tablas que proporcionan valores para las propiedades geométricas de vigas con anchos desde 4,5 cm a 11 cm.

El informe entrega además numerosas tablas para dimensionar las vigas, considerando carga y espaciamiento, para anchos de vigas de 4,5 a 11,0 cm y luces de 3 hasta 9 m.

Valor del Ejemplar: \$ 1.200.-

7.- CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE *Eucalyptus fatigata*, *Eucalyptus nitens* y *Pinus muricata*, CRECIDOS EN CHILE. Informe Técnico 97. División de Industrias Forestales, Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1983. 77 págs.

El estudio proporciona los resultados obtenidos en ensayos efectuados para determinar las propiedades resistentes de las 3 especies señaladas, que el Instituto Forestal ha introducido en plantaciones experimentales a partir de 1960.

Los datos proporcionados fueron obtenidos de piezas sometidas a ensayos en estado verde y seco al aire. Siguiendo las prescripciones establecidas en las normas chilenas del I.N.N., se entregan valores para la flexión estática, flexión dinámica, compresión paralela, compresión normal, cizalle, clivaje, tracción, dureza y extracción de clavos. Además de lo anterior, se entregan valores para las propiedades físicas y asociados, tales como contenido de humedad, densidad aparente, densidad básica y densidad anhidra.

Con el objeto de lograr una adecuada interpretación de los datos obtenidos en los ensayos, el documento efectúa una clasificación de las especies ensayadas según sus propiedades mecánicas, siguiendo el método propuesto por el Centro Tecnológico del Bosque Tropical de Francia. En términos generales se concluye que el *Eucalyptus fatigata* es una madera liviana, semidura, con mediana resistencia a la flexión estática, y mediana resistencia al clivaje. El *Eucalyptus nitens* es una madera más bien liviana, semidura y mediana resistencia a la flexión estática. El *Pinus muricata* es considerada igualmente liviana, semidura a dura, poco resistente a la flexión dinámica y de pequeña resistencia al clivaje.

Valor del Ejemplar: \$ 1.000.-

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 que deseen difundir sus experiencias sobre Silvicultura, Manejo Forestal, Industria Maderera, Economía Forestal y Madera en la Construcción.

Todas las colaboraciones serán revisadas por un selecto grupo de profesionales quienes actuarán para estos fines como editores asociados de la publicación. Previo a ello, la publicación cuenta con la asesoría permanente de un Consejo Editor, facultado para aceptar, rechazar o solicitar modificaciones a los autores.

“La publicación aceptará colaboraciones sólo en dos idiomas: Español e Inglés. El texto de los artículos deberá redactarse en un lenguaje universal, que pueda ser comprendido no sólo por profesionales, en atención a que la publicación tiene por objetivo traspasar conocimiento y experiencia al sector forestal en general. Los artículos o trabajos, que transgredan esta disposición, serán devueltos a sus autores, para efectuar las modificaciones que solicite el Consejo Editorial de la publicación.

“La publicación consta de 3 secciones:

a) *Artículos*: trabajos que contribuyan a ampliar el conocimiento científico y/o tecnológico, como resultado de una investigación o serie de experiencias, que se hayan efectuado siguiendo el método científico.

b) *Apuntes*: Comentarios y/o análisis sobre un tema en particular que presente un enfoque metodológico novedoso, o que corresponda a un avance de investigación en ejecución o dé cuenta de la realización de reuniones técnicas que permita especializar el conocimiento sobre el bosque y sus productos.

c) *Bibliografía*: Comentario sobre el contenido de libros, documentos o artículos, chilenos o extranjeros, de cuyo conocimiento puedan derivarse avances científicos y/o tecnológicos para el país.

Todos los artículos publicados darán derecho al autor a recibir 20 reproducciones del mismo, para su empleo y distribución. Cantidades adicionales se deberán solicitar junto a la aprobación del texto, debiéndose considerar el importe respectivo por ello.

ESTRUCTURA Y PRESENTACION DE LAS COLABORACIONES

a) *Artículos*: Todos los trabajos presentados a esta sección deberán contener: Resumen (en español e inglés), Introducción, Material y Método, Resultado y Discusión, Referencias Bibliográficas. Eventualmente podrá incluirse un capítulo de agradecimientos, el que se incluirá antes de las Referencias Bibliográficas.

El título deberá ser representativo del efectivo contenido del artículo, construido con el mínimo de palabras, evitando el empleo de verbos, y abreviaciones.

El Resumen deberá contener el objetivo del trabajo, el material o metodología (en término genérico) empleada y los resultados fundamentales. Su extensión máxima será de 1 carilla o el equivalente a 20 líneas. Al final de cada resumen, el autor deberá entregar a lo menos 3 “palabras claves”, para lograr una adecuada clasificación bibliográfica de su contenido, para lo cual se empleará el Vocabulario Forestal Unitérmino de INFOR. El Abstract, corresponderá a la traducción al inglés del resumen ya definido.

En la Introducción se incluirá la revisión bibliográfica efectuada, orientada a definir el estado actual del conocimiento sobre el tema, la importancia que implica su divulgación y la

compatibilización de los principales resultados con su objetivo. Aquí no podrá incluirse cuadros ni figuras.

Los puntos relativos a material y método, deberán desarrollarse cuidando entregar información precisa y completa, que permita una visión clara de la metodología y materiales empleados en la investigación o estudios que diera origen al trabajo presentado. Cuando la metodología no es original, deberá citarse con claridad su procedencia. Todas las citas taxonómicas deberán entregarse con el nombre científico subrayado (entre paréntesis) luego de citar el nombre vernáculo de la especie. Sólo se aceptarán cuadros y figuras que no repitan informaciones y se excluirán aquellas que registren antecedentes que hayan sido suficientemente desarrollados en el texto. Las abreviaturas, magnitudes y unidades corresponderán a las aceptadas por organismos científicos, preferentemente las del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se utilizará el sistema métrico decimal, para la expresión de unidades de medida, volumen y similares.

En la sección Resultados deberán aparecer todos los obtenidos, sin duplicar tablas ni figuras. Respecto de la discusión, corresponderá analizar aquí la relación entre el estado actual del problema planteado en la introducción y los resultados. No se incluirán nuevos resultados.

Las Referencias Bibliográficas se harán de acuerdo a las normas del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) de OEA, adaptadas al sistema "autor-año".

b) *Apuntes*: Los trabajos presentados a esta sección se estructurarán siguiendo el siguiente esquema:

- primero, descripción breve del método, fenómeno, avance o hecho que da cuenta, dando a conocer todos los elementos ambientales, circunstanciales o técnicos, en el que se presente.
- luego, comentario sobre la trascendencia que representa para la actividad forestal chilena y para el desarrollo de la Ciencia Forestal.
- finalmente, análisis u opiniones respecto de su evolución o desarrollo futuro, así como también, el desafío que representa para los profesionales vinculados a la ciencia forestal y maderera.

El título no podrá exceder de siete palabras, deberá ser representativo de lo que se informa. Se aceptará redacción personal. El nombre del autor, así como su título o grado profesional e institución o empresa que trabaje, se incluirá luego del título del trabajo.

c) *Bibliografía*: Los análisis de artículos, libros, documentos técnicos a incluir en esta sección, se estructurarán cuidando explicar el objetivo de la publicación, análisis de la metodología empleada, comentario de sus resultados desde el punto de vista de su trascendencia para la ciencia forestal y maderera y breve reseña de la estructura, cuando se trate de un comentario de un libro o documento técnico.

El título de esta colaboración será el mismo de la publicación que analiza, seguido del nombre del o los autores, nombre de la editorial o revista o institución editora, año de publicación, extensión.

Al final del comentario, que será redactado en forma objetiva, se podrá incluir el nombre de autor o redactor, su especialidad y grado profesional e institución o empresa a la que pertenece.

PRESENTACION DEL ESCRITO

Para el caso exclusivo de ARTICULOS, todo el trabajo deberá escribirse en papel tamaño carta con 20 líneas por página, presentando en la primera página el título del trabajo, el nombre

completo del autor, su título profesional, grado académico, el nombre y dirección de la institución o empresa a la que pertenece, y fecha de remisión del mismo.

En la segunda página se incluirá el resumen en español con una extensión no superior a 20 líneas acompañado de 3 palabras claves para su clasificación, debiéndose emplear para ello el Vocabulario Forestal Unitérmino de INFOR. En la tercera página se entregará el resumen en inglés. En la cuarta página se desarrollará la Introducción, y así sucesivamente, en páginas nuevas, se iniciará cada sección del trabajo (Material y Método, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Referencias Bibliográficas).

La extensión de los artículos será de 35 carillas tamaño carta como máximo y de 10 carillas como mínimo.

Los escritos correspondientes a Apuntes y Bibliografía se entregarán indicando en una primera página el título (más referencias bibliográficas para el segundo de los casos), el nombre del autor, su título profesional y grado académico, nombre de la institución o empresa a la que pertenece. A partir de la segunda página se desarrollará el texto del comentario.

Su extensión no podrá exceder las 15 carillas y tendrá como mínimo una extensión de 3 carillas en total.

Todos los cuadros, figuras, fotos o similares se enumerarán correlativamente a lo largo del trabajo. Todas las lecturas o notas explicativas, se entregarán en páginas separadas, cuya extensión no supere las 10 líneas, evitando duplicar información con el texto.

Los cuadros, gráficos y figuras, así como las fotos, respetarán la fuente de origen de la información que contiene o la autoría que representan, debiendo citarla al final de cada uno, o de la nota explicativa. Cada cuadro, gráfico o figura, se entregará en original más una fotocopia, en páginas separadas del texto mismo.

La posición ideal de cuadros, tablas, figuras y fotos la indicará el autor al margen del escrito, a la altura del texto donde sea sugerido, razón por la cual se dejará un margen de 5 cms. en cada página del texto.

Las fotos y figuras llevarán al reverso el número correlativo que corresponda, hecho con lápiz grafito, debiendo citarla al final de cada uno, o de la nota explicativa.

Sólo se reproducirán fotos en blanco y negro, siempre que reúnan buenas características de contraste, brillo y nitidez y sus dimensiones no sean inferior a 12 x 18 cms.

RECEPCION DE COLABORACION

Deberán enviarse en original y dos copias al Editor de la publicación, a Huérfanos N° 554, Piso 3°, Santiago, Chile.

