

ISSN 0716-5994

VOLUMEN 8 N° 1 A2

CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL

JUNIO 1994

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL



INFOR

INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

ISSN 0716 - 5994

VOLUMEN 8 N° 1

**CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL**

JUNIO 1994

Propiedad Intelectual
Registro N° 93.797

**INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE**



CONTENIDO

Artículos

Secado Bajo Vacío y por Presecado a Escala Industrial de Eucalipto. Ruben Ananías, Onofre Rivas, Mario Novoa, Magaly Garay y H. Peter Steinhagen.....	5
Secado Artificial de Madera Tapa (<i>Laurelia philippiana</i> Looser). Miguel Peredo, Jorge Uarac	21
Caracterización y Clasificación de Madera Rolliza de las Especies <i>Nothofagus alpina</i> (Poepp et Endl) Oerstedt, <i>Nothofagus obliqua</i> (Mirbel) Oerstedt y <i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirbel) Oerstedt de la Hacienda Jauja IX Región Bernardo Avilés y Hans-Jörg Henle	41
Efectos Ambientales de Diferentes Tipos de Cortas en Bosque Nativo. El caso de las Cortas de Protección en Fajas. Luis Otero, Alvaro Contreras y Luis Barrales	87
Eficacia In Vitro e In Situ de Productos Antimancha sin Fenoles Clorados.. David Saelzer y Miguel Peredo	119
Apuntes	
Propagación Vegetativa y Silvicultura Clonal en Eucalipto. Braulio Gutierrez, Patricio Chung y Roberto Ipinza	139
Edad Óptima de Corta de un Rodal Existente Iván Chacón	177

CONTENIDO

Notas Bibliograficas

El Sector Forestal en Chile. Logros y Desafíos.....	189
Actas Simposio Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile.....	189
Evaluación Consumo de Leña en Chile.....	189
Actas Seminario Medio Ambiente, Biodiversidad y Actividades Productivas.....	190
Estadísticas Forestales.....	190
Exportaciones Forestales Chilenas.....	190
Boletines de Precios Forestales.....	190
Precios de Productos Forestales.....	190

Reglamento de Publicación

Estructura de los Trabajos.....	192
Presentación de los Trabajos.....	194
Envío de los Trabajos.....	197

SECADO BAJO VACIO Y POR PRESECADO A ESCALA INDUSTRIAL DE EUCALIPTO

Rubén A. Ananías (*)
Onofre Rivas (**)
Mario Novoa (***)
Magaly Garay (****)
H. Peter Steinhagen(*****)

RESUMEN

El secado bajo vacío con calentamiento en base de vapor sobrecalentado es una técnica que se intenta introducir en la industria maderera nacional. El presecado de madera es un método bien conocido en el país.

*En este trabajo se presentan los resultados de una experiencia exploratoria a escala industrial de secado bajo vacío, con calentamiento en base de vapor sobrecalentado, y los resultados de ensayos de presecado también a escala industrial, ambos sobre madera aserrada de 30 mm de espesor en eucalipto *Eucalyptus globulus L.**

La madera es recogida a la salida de la mesa de clasificación en un aserradero de la ciudad de Lota, VIII Región, Chile. El ensayo de secado bajo vacío es ejecutado en una planta DWT Moldrup de 40 m³ de capacidad y sistema de control automático computarizado, localizada en la ciudad de Los Angeles, VIII Región, Chile. Los 3 ensayos de presecado son desarrollados en la misma planta en que se produce la madera aserrada en un secador convencional Hildebrand HD76 de 10 m³ de capacidad y sistema de control manual. Al final de cada uno de los ensayos son medidos: la contracción, el colapso, las tensiones y los defectos del secado.

Los resultados preliminares indican que bajo vacío la madera puede secar un 25 % más rápido que con una combinación de presecado y secado final hasta 10 % de contenido de humedad, pero con aproximadamente el doble de contracción total tangencial y una contracción total radial mayor en un 60 %. La calidad del secado bajo vacío es satisfactoria. El presecado con programa variable resulta adecuado para secar eucalipto radial de 30 mm de espesor y largo comercial.

Palabras clave: Secado bajo vacío, presecado, eucalipto.

(*) Profesor Asistente, Depto. Ing. Maderas, Facultad Ingeniería, Universidad del Bío-Bío
(***) Ingeniero Ejecución Maderas. Industrias Colcura S.A.
(****) Ingeniero Civil Industrias Forestales.
(*****) Profesor Asociado. U. Idaho.

ABSTRACT

Vacuum drying with superheated steam is a wood drying method recently introduced in the Chilean wood industry. Predrying in simplified drying chambers has been well known for many years.

*This paper presents the results of an exploratory experience of vacuum drying in Chilean wood industries with superheated steam and predrying, using 30 mm thick sawn timber of *Eucalyptus globulus*.*

The sawnwood was collected at the outfeed of a grading conveyor line in the sawmill in Lota, VIII th Region, Chile. The vacuum drying was executed in a DWT Moldrup drier with a computerized automatic control system of 40 m³ capacity, located in Los Angeles, VIII th Region, Chile. The predrying was carried out in a conventional Hildebrand HD76 drier with manual control, of 10 m³ capacity. At the end of each of these experiments, the shrinkage, collapse, drying tension, deformations and checks were measured.

The preliminary results show that vacuum drying was 25 % quicker than the combination of predrying and final drying to 10 % moisture content in a kiln, but resulted in nearly twice as much total shrinkage tangentially and 60 % more radially. The general quality of the dried material under vacuum was acceptable. Predrying under a variable is adequate to dry radial eucalyptus of 30 mm thick and commercial length.

Keywords: *Vacuum drying, predrying, *Eucalyptus globulus*.*

INTRODUCCION

El secado de madera bajo vacío es bien conocido desde hace varios años. Una innovación reciente, introducida por un fabricante danés, Danish Wood Treating Co.(1987), permite establecer un programa de secado con temperaturas y humedades relativas que varían durante el proceso. Esto se consigue adoptando como medio de calentamiento vapor de agua sobrecalentado. Para cada temperatura de trabajo, la presión en el autoclave se reduce debajo de la presión de vapor saturado, a un nivel que corresponde a la humedad relativa fijada por el programa de secado. El sobrecalentamiento corresponde a la diferencia entre la temperatura de trabajo y la temperatura de saturación al nivel de la presión en el autoclave.

Entre las ventajas que se evidencian en este método de secado, Simpson (1987) indica una rápida velocidad del secado y Trübswetter y Weber (1992) muestran que puede tener un bajo consumo de energía. Además, Charrier et al. (1992)

encuentran que el color natural en la superficie de maderas valiosas estéticamente puede ser mantenido. Para Chile, esto puede ser de importancia si se desea secar especies nobles tales como las provenientes del género **Nothofagus** (coigue, roble, raulí o lenga), que tienen tendencia a cambiar de color por oxidación durante el proceso de secado convencional. Igualmente Harris y Taras (1984) observan una menor variación dimensional de la madera secada bajo vacío.

Como desventajas, Trofatter et al. (1986) indican cierta heterogeneidad en la distribución de humedad en la madera. Así como también Lee y Harris (1984) detectan pequeñas reducciones en la densidad y la resistencia en compresión de la madera secada bajo vacío.

En cambio el proceso de presecado es bien conocido por la industria maderera nacional, no obstante, no es muy utilizado.

Este método se recomienda como alternativa para acelerar el secado desde verde hasta alrededor de 25 % de humedad, lo que requiere una baja inversión y permite secar madera a costos atractivos para la industria.

En este trabajo se analiza a escala industrial la calidad del secado bajo vacío en comparación al proceso de presecado en madera aserrada radial de eucalipto de 30 mm de espesor y largo comercial.

METODOLOGIA

Secado Bajo Vacío.

Se ejecuta un ensayo de secado bajo vacío en un secador DWT Moldrup con sistema de control automático computarizado y de 40 m³ de capacidad. El secador es un autoclave de una vía que tiene un diámetro interno de 4 metros y un largo de 20,5 metros.

La madera aserrada es recogida al azar a la salida de la mesa de clasificación de un aserradero en Lota (Octava Región, Chile). Luego es trasladada a una planta industrial de Los Angeles (Octava Región, Chile).

Allí la madera es encastillada en el autoclave, formando una carga con 6 castillos de 4 lingas cada uno. Son usados 7 separadores de 25 mm de espesor por camada de madera.

Una linga compuesta por 170 piezas de 1"x4"x10' es utilizada para medir los defectos al empezar y terminar el proceso, esta linga se ubica al azar entre los castillos.

Se preparan 48 muestras de 76 cm de largo, extraídas de 48 piezas diferentes, para medir contenido de humedad inicial y final, gradiente de humedad, variación dimensional y tensiones al final del secado. Se distribuyen aleatoriamente 8 muestras en cada castillo de madera.

Se mide solo humedad inicial y final por método gravimétrico, en base a 2 probetas obtenidas de los extremos de cada muestra; se emplea norma chilena of 84 176/1. Se determina la densidad básica según norma chilena of 86 176/2. La contracción se mide en tres puntos en el centro de los cantos y en cuatro puntos en el centro de las caras; se utiliza norma chilena of 84 176/3. El colapso se mide en base a una estimación visual adaptada de la metodología propuesta por Kauman

(1966). Las tensiones de secado son medidas en base de la desviación de los dientes de probetas tipo tenedor y evaluadas según metodología propuesta por INFOR (1987). Los defectos del secado se miden según norma chilena of 74 992 y 993. La calidad del secado se estima en base a un índice ponderado de defectos propuesto por Kauman (1966).

Una falla en el sistema de retorno del condensado impide hacer uso del sistema de control automático computarizado del secador. La duración del secado es estimado por la cantidad de agua que puede extraerse del volumen de madera en proceso y el tiempo transcurrido en régimen para alcanzar la máxima cantidad de agua efectiva que registra el aparato.

Presecado y Secado al Aire

Se ejecutan tres ensayos de presecado y un ensayo de secado natural, incluyendo en todos un proceso de secado convencional final. En este caso la madera aserrada es recogida de la misma manera y en el mismo aserradero anterior (Lota, Octava Región, Chile).

Los ensayos de presecado son realizados en la misma planta, en un secador Hildebrand HD76 con sistema de control manual y de 10 m³ de capacidad, con una sola vía y 7,6 m de largo. La velocidad del aire promedio medida entre las piezas de madera es de 1,5 m/s.

Son encastilladas a mano en cada ensayo 994 piezas de 1" x 5" x 12'. Son usados 7 separadores de 25 mm por camada de madera. Se emplean 142 piezas de 1" x 5" x 12' para evaluar los defectos del secado al iniciar y terminar cada proceso. Se preparan 21 muestras para la conducción del presecado.

Además, se prepara un castillo de secado natural durante el verano de 1989 en el patio de secado de la planta industrial (Lota, Octava Región Chile).

En cada uno de estos ensayos de presecado y de secado al aire se concluye con un secado convencional final, en un secador Moore de 60 m³ de capacidad y velocidad del aire promedio de 1,2 m/s.

Las mediciones y evaluaciones de humedad, contracción, colapso, tensiones y calidad del secado son ejecutadas de la misma manera que se indica anteriormente para el ensayo de secado bajo vacío.

Los programas de secado se muestran en el Cuadro N° 1. El programa de secado bajo vacío es obtenido de Novoa y Rivas (1990), los programas de presecado se recogen de Garay (1991) y el programa de secado convencional proviene de Teuber (1990).

En el sistema de secado bajo vacío DWT Co. (1987), para una temperatura ambiente T , la presión en el autoclave p es una fracción de la presión de saturación que corresponde a la humedad relativa HR deseada. Se obtiene un efecto de programa de secado al cambiar la temperatura y la humedad relativa oportunamente.

El programa de secado bajo vacío incluye un tratamiento final para favorecer el alivio de tensiones de secado. El programa de presecado tiene condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa del mismo orden que el secado natural programa de verano. Este puede ser más rápido dada la circulación forzada del aire en las cámaras. El programa de presecado variable presenta la ventaja de mantener la temperatura del bulbo húmedo constante, lo que facilita su conducción. El secado convencional final, incluye tratamientos de acondicionamiento intermedio y acondicionamiento final a una temperatura de $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ en ambiente saturado.

Cuadro N° 1

PROGRAMAS SECADO. EUCALIPTO 30 MM.

	CH (%)	T (°C)	HR (%)	CHE (%)	p (bar)
S.V.	verde	40	90	25,0	0,066
	50	42	84	22,0	0,068
	30	48	77	15,0	0,085
	20	51	70	12,0	0,090
	15	60	59	7,0	0,116
	10	68	59	5,0	0,166
Pre 1	verde-20	30	68	12,0	
Pre 2	verde	35	81	16,0	
	50	38	62	10,5	
	40	40	57	9,5	
	30	43	42	7,0	
	25	45	37	6,5	
S.N.	verde-20	20	70	15,0	
S.C.	20	42	88	19,5	
	a.i.	60	100	26,5	
	10	62	46	6,0	
	a.f.	62	100	26,5	

Donde,

- CH : contenido humedad.
 T : temperatura ambiente.
 HR : humedad relativa
 CHE : contenido humedad equilibrio.
 p : presión en el autoclave.
 S.V. : secado bajo vacío.
 Pre 1 : presecado constante.
 Pre 2 : presecado variable.
 S.N. : secado natural.
 S.C. : secado convencional.
 a.i. : acondicionamiento intermedio.
 a.f. : acondicionamiento final.

RESULTADOS Y DISCUSION

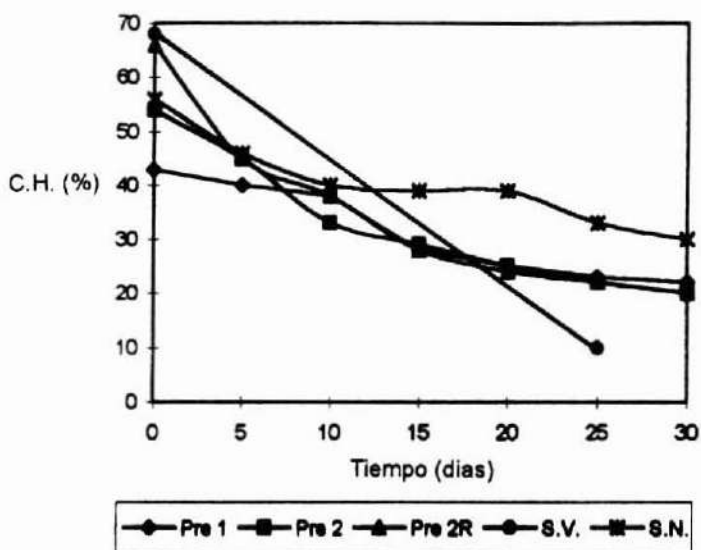


Figura N° 1. CURVAS DE SECADO.
EUCALIPTO RADIAL 30 mm

En la Figura N° 1 se observa la rápida velocidad del presecado variable que presenta el mismo orden de magnitud que el secado bajo vacío, especialmente al inicio del secado. No obstante, al considerar sólo los contenidos de humedad inicial y final en el ensayo de secado bajo vacío, las comparaciones son limitadas.

Como se menciona anteriormente, el programa de secado convencional, con el que finalizan todos los ensayos de presecado, incluye 8 horas de un acondicionamiento intermedio en ambiente saturado a 60 °C, para favorecer la recuperación del colapso, y un acondicionamiento final similar para el alivio de las tensiones de secado. No queda claramente establecido si estos tratamientos



favorecen además la velocidad del secado, debe seguir investigandose este aspecto.

Se observa en el Cuadro N° 2 una notable heterogeneidad en el contenido de humedad inicial de la madera secada bajo vacío, la cual es reducida al final. Esto pudo ser consecuencia del tratamiento de acondicionamiento final de 4 horas dado a la madera.

Cuadro N°2

DISTRIBUCION CONTENIDO HUMEDAD DURANTE SECADO.
EUCALIPTO RADIAL 30 MM.

Método	CHf (std) (%)	CHi (std) (%)
S.V.	10,1 (3,6)	68,3 (18,3)
Pre 1	21,6 (5,6)	41,5 (10,0)
Pre 1 + S.C.	11,3 (5,6)	21,6 (5,6)
Pre 2	18,0 (4,5)	54,2 (13,8)
Pre 2 + S.C.	10,1 (1,0)	18,0 (4,5)
Pre 2R	21,6 (5,6)	65,2 (20,1)
Pre 2R + S.C.	11,3 (5,6)	21,6 (5,6)
S.N.	21,8 (2,9)	56,3 (13,6)
S.N. + S.C.	13,0 (1,9)	21,8 (2,9)

CHf = Contenido humedad final, CHi=contenido humedad inicial,
std = Desviación standar.

Cuadro N° 3

CONTRACCION DEL SECADO. EUCALIPTO RADIAL 30 MM

Método	Tangencial (%)	Radial (%)
S.V.	14,5	8,2
Pre 1	10,0	4,6
Pre 1 + S.C.	11,7	5,3
Pre 2	7,9	4,0
Pre 2 + S.C.	7,8	5,2
Pre 2R	6,9	3,8
Pre 2R + S.C.	7,3	4,9
S.N.	8,1	3,3
S.N. + S.C.	11,8	5,5

En el Cuadro N° 3 se observa que la madera secada bajo vacío muestra la mayor variación dimensional, lo cual puede ser consecuencia de limitaciones del programa de secado empleado lo que induce la presencia de colapso más pronunciada en esta madera, tal como se indica en el Cuadro N° 4.

Por otra parte, las diferencias en el contenido de humedad inicial en cada uno de los procesos que se indican en el Cuadro N° 2, no parecen contribuir con el nivel del colapso observado en el ensayo de secado bajo vacío, ya que el contenido de humedad inicial en este proceso es de 68 % y la contracción tangencial y radial son casi el doble de la obtenida en los ensayos de presecado variable. El ensayo de presecado constante, que tiene un contenido de humedad inicial de 42 %, presenta una mayor contracción que los ensayos de presecado variable, que tienen más alto contenido de humedad inicial. Esto puede evidenciar cierto efecto del método de secado bajo vacío sobre el nivel del colapso mostrado en el Cuadro N° 4.

En el Cuadro N° 3 se observa que con el programa de presecado variable se obtiene la menor variación dimensional, incluso menor que en la madera secada naturalmente. La misma tendencia se observa después del secado convencional final. Las mínimas diferencias, entre la contracción al final de los ensayos de presecado en comparación a la contracción después del secado convencional, son debidas a la efectividad de los tratamientos de acondicionamiento intermedio en ambiente saturado para recuperar parte del colapso de la madera. En cambio este efecto no es notorio en la madera secada naturalmente.

Cuadro N° 4

COLAPSO DEL SECADO EN PORCENTAJE. EUCALIPTO RADIAL 30 MM.

Metodo	s/c	Leve	Medio	Intenso
S.V.	50	59	45	16
Pre 1	27	40	17	16
Pre 1 + S.C.	34	29	33	5
Pre 2	43	33	20	4
Pre 2 + S.C.	44	38	17	1
Pre 2R	72	20	8	0
Pre 2R + S.C.	71	18	10	1
S.N.	55	29	15	1
S.N. + S.C.	42	36	20	2

s/c = Sin colapso.

En el Cuadro N° 4 se observa que el colapso esta presente en todas las modalidades de secado del eucalipto, incluyendo el secado natural. En el ensayo en que se repite el programa variable se obtiene el colapso menos pronunciado, esto es del orden de un 70 % de piezas libres de colapso. Por lo anterior, durante el secado de eucalipto debe considerarse una cierta pérdida de volumen como consecuencia de su tendencia al colapso, la cual puede minimizarse con una buena práctica de secado, una adecuada selección de la madera y una mejor selección del método de secado.

Cuadro N° 5

Tensiones de secado en porcentaje. Eucalipto radial 30 mm.

Método	s/t	Leve	Medio	Intenso
S.V.	9	2	22	67
Pre 1	17	50	33	0
Pre 1 + S.C.	0	26	26	48
Pre 2	0	33	33	34
Pre 2 + S.C.	7	7	53	33
Pre 2R	20	40	0	40
Pre 2R + S.C.	12	35	41	12
S.N.	0	60	40	0
S.N. + S.C.	12	29	35	24

s/t = Sin tensión de secado.

En el Cuadro N° 5 se aprecia la intensidad de las tensiones durante el secado de eucalipto radial de 30 mm. Se observa que esta es de magnitud comparable en todos los métodos ensayados hasta una intensidad media, no obstante la proporción de madera con tensiones de secado en el secado bajo vacío es del orden de un 70 %. La magnitud de las tensiones en el secado bajo vacío se puede apreciar en la Figura N° 2. En cambio en el presecado esto no supera el 50 %. Se estima que esto puede ser mejorado introduciendo variaciones en el tratamiento de acondicionamiento final durante el secado por vacío, especialmente en la duración de este tratamiento.

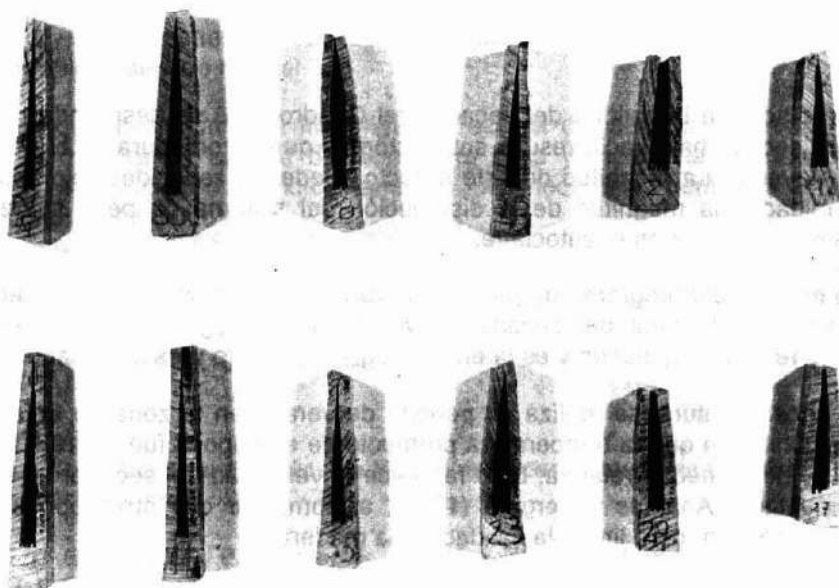


Figura Nº 2. FOTOGRAFIAS PROBETAS TIPO TENEDOR
 FINAL SECADO BAJO VACIO
 EUCALIPTO RADIAL 30 mm

Cuadro Nº 6

CALIDAD DEL SECADO. EUCALIPTO RADIAL 30 mm.

Método	Arque	Enco	Torçe	Aca	Grie	Calidad
S.V.	0,03	0,12	0,82	0,00	0,17	1,14
Pre 1	0,25	0,29	0,02	0,15	0,34	1,03
Pre 1 + S.C.	0,15	0,13	0,05	0,22	0,29	0,84
Pre 2	0,09	0,23	0,04	0,02	0,08	0,46
Pre 2 + S.C.	0,12	0,23	0,04	0,02	0,04	0,45
Pre 2R	0,06	0,29	0,01	0,04	0,12	0,52
Pre 2R + S.C.	0,04	0,28	0,01	0,01	0,07	0,41
S.N	0,16	0,21	0,06	0,05	0,31	0,79
S.N. + S.C.	0,25	0,29	0,03	0,15	0,40	1,12

donde,

arque= Arqueadura, enco = Encorvadura, torçe = Torcedura,
 aca = Acanaladura, grie = Grietas.

En relación a la calidad del secado, del Cuadro N° 6 se desprende que la madera secada bajo vacío resulta satisfactoria y que la torcedura es el defecto más relevante. La magnitud de este defecto puede ser reducida mejorando la uniformidad y la magnitud de la distribución del sistema de peso sobre los castillos de madera en el autoclave.

La madera del programa de presecado variable resulta mejor que la secada naturalmente. Al final del secado convencional el programa de presecado variable resulta muy bueno y es la encorvadura el defecto más importante.

El secado natural se realiza en periodo de verano en la zona de Lota, VIII región, Chile, en que la temperatura promedio de esa época fue de 19 °C con un 64 % de humedad relativa. Esto favorece la velocidad del secado, tal como lo demuestran Ananías y Vergara (1991), al comparar con otras épocas del inicio del secado, pero limita la calidad de la madera.

CONCLUSIONES

De acuerdo a una experiencia preliminar a escala industrial, el secado bajo vacío con calentamiento a base de vapor sobrecalentado permite secar más rápidamente, pero con mayor colapso la madera aserrada en 30 mm de espesor de eucalipto radial, desde verde a 10 % de humedad final. Se requiere de un análisis técnico-económico para averiguar si la mayor velocidad del secado justifica el mayor costo y complejidad de una instalación de secado bajo vacío.

El presecado variable, desde verde a 20 % de humedad, en combinación con un secado convencional posterior hasta 10 % de humedad final, permite secar adecuadamente madera aserrada de eucalipto radial de 30 mm de espesor. Se minimiza el tiempo de secado y se logra una muy buena calidad de la madera seca.

El secado bajo vacío presenta una mayor variación dimensional, como consecuencia de la abundancia de colapso. La pérdida de dimensiones de la

madera y las tensiones del secado en la madera presecada son de magnitud comparable al secado natural.

Se requiere continuar la investigación acerca del secado bajo vacío para tratar de mejorar la calidad de la madera seca y reducir la abundancia de colapso, introduciendo acondicionamiento intermedio y aumentando el tiempo del acondicionamiento final.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ananías, R.A.; Vergara, F., 1991. Un Modelo de Secado Natural de Eucalipto. Ciencia e Investigación Forestal 5(2):230-236

Charrier, B.; Haluk, J.P.; Janin, G., 1992. Prevention of Brown Discoloration in European Oakwood Occurring During Kiln Drying by a Vacuum Process: Colorimetric Comparative Study with a Traditional Process. Holz Roh-Werkstoff 50 (11): 433-437.

Danish Wood Treating Co., 1987. The DWT Moldrup Drying Process. Catálogo p. 10-15.

Garay, M., 1991. Presecado Industrial de Eucalipto. Proyecto Título, Depto. Ing. Maderas, Facultad Ingeniería, U. Bío-Bío, Concepción, Chile.

Harris, R.A.; Taras, M.A., 1984. Comparison of Moisture Contents Distribution, Stress Distribution, and Shrinkage of Red Oak Lumber Dried by Radio Frecuency/Vacuum Drying Process and a Conventional Kiln. Forest Prod. J. 34 (1): 44-54.

INFOR, 1987. Secado por Deshumidificación de Especies Madereras de Interés Comercial. Informe Técnico N° 100.

Kauman, W.G., 1966. Ensayos de Secado en Coigue. Informe Técnico N° 25, Instituto Forestal, Santiago, Chile.

Novoa, M.; Rivas, O., 1990. Secado por Vacío: Una Experiencia con Eucalyptus globulus. Seminario Titulación, Depto. Ing. Maderas, Facultad Ingeniería, U. Bío-Bío, Concepción, Chile.

Simpson, W.T., 1987. Vacuum Drying Northern Red Oak. Forest Prod. J. 37 (1): 35-38.

Teuber, P., 1990. Mejoramiento del Secado Industrial de Eucalipto. Proyecto Título, Depto. Ing. Maderas, Facultad Ingeniería, U. Bío-Bío, Concepción, Chile.

Trofatter, G.; Harris, R.A.; Schroeder, J.; Taras, M.A., 1986. Comparison of Moisture Contents Variation in Red Oak Lumber Dried by Radio Frequency/Vacuum Process and a Conventional Kiln. *Forest Prod. J.* 36 (5): 25-28.

Trübswetter, T.; Weber, M., 1992. Untersuchungen an Finer DWT Moldrup-Trockenanlage. *Holz Roh-Werkstoff* 50 (7/8): 286-290.

SECADO ARTIFICIAL DE MADERA DE TEPA (*Laurelia philippiana* Looser)

Miguel Peredo L. (*)
Jorge Uarac S. (**)

RESUMEN

*Se aplica un programa de secado convencional para madera aserrada de tepa (*Laurelia philippiana* Looser) de 1 x 6 - 10" x 3,60 m. Las condiciones de secado se evalúan en función de la calidad final de las piezas muestreadas.*

La madera utilizada en este estudio proviene de predios ubicados en la X Región y fue proporcionada por la empresa EMASIL S.A.

El tiempo de secado empleado es de 96 horas para disminuir el contenido de humedad de 53,47% hasta 12,93%, lo que permite calificar el programa utilizado como satisfactorio.

Los defectos que presentan mayor participación son los alabeos, seguidos de las grietas. La encorvadura es el alabeo que se presenta en mayor proporción en las piezas muestreadas, correspondiendo en su gran mayoría a piezas con corte mixto. El alabeo de segunda importancia es la acanaladura, que se presenta en el mayor número de piezas. La arqueadura y torcedura se presentan en menor proporción en las piezas muestreadas.

Los valores promedio de contracción radial y tangencial experimentados por las piezas son 3,34 y 4,70%, respectivamente.

Palabras Claves : Maderas nativas; Tepa; Secado Artificial.

(*) Ingeniero Forestal, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia

(**) Ingeniero Forestal, Forestal Puerto Montt, Miramar 1.500, Puerto Montt.

ABSTRACT

*A conventional drying program for sawnwood of Tapa, **Laurelia philippiana** Looser, cut to 1 x 6 to 10" x 3.6 m size, was elaborated. Drying conditions were evaluated according to final wood quality.*

The wood under study was provided by EMASIL S.A., a company located in the Xth region.

It took 96 hours to lower the moisture content from 53,47 % to 12,93 % which allows to consider the drying programme as satisfactory. The most frequent problems encountered after the drying process consisted in warps and cracks. Crookedness was the warp that showed the highest participation in the sample lot of sawn pieces, mainly in pieces with mixed cutting. Cupping appeared to be the warp of second importance. Bows and twists appeared in less proportion in the sample pieces.

The average tangential contraction was higher than the average radial contraction with 4,70 % and 3,34 % respectively.

Key words: *Native wood, Tapa, Kiln drying.*

INTRODUCCION

El desarrollo del Sector Forestal en los últimos años ha exigido mejores y más eficientes tecnológicas en las empresas del rubro, con el fin de obtener productos de mejor calidad y más acabados, acrecentar el prestigio de la madera chilena en el exterior y aumentar su valor agregado.

Es por esto que en el país uno de los tipos de tecnología que ha captado un creciente interés ha sido el proceso de secado de la madera, cuya importancia radica fundamentalmente en el hecho que permite lograr su estabilización dimensional, un elaborado de mejor calidad, aumentar su resistencia al deterioro por agentes bióticos, disminuir su peso y mejorar las propiedades mecánicas, entre otras razones.

En Chile se han realizado estudios de procesos de secado artificial convencional, los que en su gran mayoría se han orientado a especies exóticas, existiendo de esta manera una escasa información para las especies nativas. Esto se debe en cierta forma a que este recurso pocas veces ha sido utilizado con una visión de mejoramiento.

Entre las especies nativas con mejores proyecciones desde el punto de vista comercial se encuentra la tepa (**Laurelia philippiana** Looser), cuya utilización en la industria del sector ha sido significativa y es en la actualidad una de las especies más abundantes de los bosques nativos chilenos (CONAF, 1986).

Su utilización abarca diferentes productos, tales como madera aserrada y elaborada, batientes para puertas, tablas para pisos, forros y traslapos, etc. Por este motivo existe un gran interés dentro de las industrias del sector por contar con información respecto de sus características tecnológicas con el fin de lograr mejores calidades en el producto final a obtener, calidad en la cual el proceso de secado juega un rol trascendental.

El objetivo central del presente trabajo es evaluar y analizar los resultados obtenidos con un programa de secado convencional propuesto para la **Laurelia philippiana**.

MATERIAL Y METODO

Material

Madera

Las piezas de madera que se utilizaron en este ensayo se obtuvieron de trozas procedentes de bosques ubicados en la X Región.

Las características de esta madera son las siguientes:

- Escuadría: 1" de espesor
6" a 10" de ancho
3,6 m de largo

Equipo de Secado

Cámara de secado convencional ubicada en la Planta N° 2 de la empresa EMASIL S.A., Valdivia, cuya capacidad aproximada es de 600 pulgadas madereras.

El movimiento del aire dentro de la cámara se logra a través de un ventilador ubicado en la parte superior de la cámara, cuya fuente de poder es un motor de 4,4 kVA de potencia y 940 rpm. Este ventilador cuenta además con un partidador e inversor de marcha, lográndose con esto modificar la dirección del aire dentro de la cámara.

La temperatura se logra mediante vapor generado por una caldera alimentada con desechos de madera producidos por la misma empresa.

Método

El estudio realizado se lleva a cabo en condiciones de trabajo habituales en la empresa, lo que permite no alterar mayormente a el flujo de producción que esa planta posee. Esto contribuye a que los resultados y análisis abarquen una perspectiva lo más cercana posible a la realidad industrial.

Proceso de Secado

El programa de secado se confeccionó sobre la base del contenido de humedad de la madera, es decir en base a la pérdida de humedad que experimenta la madera en el transcurso del secado.

Preparación de la Muestra

Dentro de esta etapa se llevó a cabo la selección de las piezas necesarias para efectuar el secado a partir de la disponibilidad de madera aserrada.

La carga que posteriormente ingresaría a la cámara de secado se ordenó en seis paquetes, cuyas dimensiones individuales correspondían a un ancho aproximado de 1,4 m y una altura aproximada por paquetes de 0,8 m.

La ordenación de cada paquete se llevó a cabo utilizando separadores cepillados de 25,4 mm de espesor y de 1,4 m de largo. Cada separador se ubicó a una distancia de 0,6 m entre sí, por lo que en cada corrida se ocuparon 7 separadores.

El programa de secado se efectuó con dos repeticiones y en cada una se procedió a identificar 60 piezas, 10 en cada paquete, escogiendo una tabla testigo por paquete que permitiera realizar los controles de contenido de humedad promedio, distribución de humedad y tensiones mediante la extracción de probetas.

Tanto en estas piezas testigo (6) como en el resto de las piezas (54) se procedió a identificar el tipo de corte (floreado, cuarteado o mixto), a medir el ancho y el espesor con el fin de poder realizar el posterior cálculo de contracción (tanto en sentido tangencial, radial y volumétrico) y a identificar las posibles manchas, nudos y grietas que pudieran tener.

Como apoyo a los controles de humedad promedio realizados a través de probetas, se utilizó un xilohigrómetro que permitió llevar a cabo controles más seguidos de la humedad de la madera a medida que transcurría el proceso de secado.

El volumen de madera ingresado a la cámara para efectuar el programa de secado fue de 437,06 pulgadas (563 piezas).

Programa de Secado Tentativo

Tanto en la primera como en la segunda repetición se utilizó el mismo programa de secado convencional, el cual se confeccionó en base al contenido de humedad inicial de la madera.

Las temperaturas aplicadas en cada etapa se presentan en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1
TEMPERATURAS APLICADAS POR ETAPA

Tiempo (h)	Temperatura		Diferencia Psicrométrica (°C)
	Seca (°C)	Húmeda (°C)	
Calentamiento			
0,0	25	24	1
1,5	34	32	2
3,0	42	40	2
Vaporizado			
0,0	42	40	2
2,5	42	40	2
5,0	42	40	2
Secado			
	42	40	2
	46	44	2
	47	44	3
	50	44	6
	52	44	8
	55	47	8
	58	49	9
	60	51	9
	65	51	14

En ambas repeticiones del programa se pretende alcanzar un contenido de humedad final de 12 a 14%.

Controles Antes del Proceso de Secado

- Determinación del contenido de humedad inicial: Esta medición se realizó en probetas extraídas de las 6 piezas testigos. El contenido de humedad inicial se determinó de acuerdo con las especificaciones de la norma NCh 176/3 (1983).
- Paralelo a la extracción de las probetas se procedió a medir el contenido de humedad de las tablas testigo con xilohigrómetro.

- Marcación de puntos para determinación de contracción : Esta marcación se efectuó tanto en el sentido tangencial como radial de las tablas, es decir se midió tanto el ancho como el espesor de las piezas elegidas (60).
- Identificación y observación de defectos: Previo a la formación de los paquetes se llevó a cabo la identificación visual de defectos, tales como grietas, nudos y manchas, los que fueron marcados con un lápiz de tinta indeleble en las 60 piezas escogidas.

Controles Durante el Proceso de Secado

- Determinación del contenido de humedad promedio : Estos se llevó a cabo de acuerdo a lo descrito en el control anterior.
- Distribución de humedad : El control de la distribución de humedad se efectuó a través de la obtención de probetas estratificadas de las mismas piezas testigo (6) y se obtuvo de la misma forma que para las probetas de humedad promedio.
- Tensiones : La determinación de las tensiones que presentaba la madera a través del programa de secado, se realizó mediante la obtención de las "probetas de tenedor" las que se obtuvieron de las 6 piezas testigo (Hildebrand, 1964).

Controles Posteriores al Proceso de Secado

- Contenido de humedad final : Se determinó mediante la obtención de las probetas de humedad promedio de las piezas testigo, así como sobre la base de la determinación de la humedad utilizando el xilohigrómetro para el total de las piezas (60) elegidas en este estudio.
- Distribución de humedad : Este control se realizó de acuerdo al procedimiento descrito en control antes de proceso de secado.
- Tensiones: Su determinación se realizó de la misma forma descrita en el control antes del proceso de secado.
- Contracción : De acuerdo a los puntos marcados y medidos en la etapa anterior al proceso de secado, tanto en el plano tangencial como radial, en

esta etapa se procedió a medirlos nuevamente después de finalizado el proceso de secado. En base a esto se realizó el cálculo de la contracción según lo especificado en la Norma Chilena 176/3 (INN, 1983).

- Análisis de defectos : Este análisis se efectuó considerando los siguientes defectos : grietas, alabeos y colapso. La evaluación de las piezas en base a estos defectos, permitió establecer posteriormente la calidad del proceso de secado.

Las características que determinan estos defectos así como la forma en que fueron evaluados, se describen a continuación :

Alabeos o Deformaciones : Toda distorsión en una pieza de madera que lleve a desviaciones en su plano original. Su causa está en las diferencias existentes entre las contracciones radial, tangencial y longitudinal (Juacida, Insunza. 1986).

De acuerdo a esta definición los alabeos considerados en este trabajo son los siguientes :

Acanaladura (Cup) : Curvatura que se desarrolla en sentido transversal a las fibras.

Arqueadura (Bow) : Curvatura que presenta una pieza en el sentido longitudinal de las fibras. La oposición de sus caras llega a ser cóncava o convexa.

Encorvadura (Spring) : Alabeo de los cantos en la dirección longitudinal. Es también llamada "curvatura de cantos".

Torcedura (Twist) : Alabeo helicoidal de la pieza en tomo a su eje longitudinal.

Los alabeos anteriormente mencionados se evaluaron en base a la escuadría de las piezas, cuyos valores máximos admisibles se fundamentaron en lo descrito por INN (1972) para piezas de 3,6 metros de largo.

En base al nivel de defectos es posible ordenar el grado en que se produce el alabeo según su cambio dimensional, para luego relacionarlo con el coeficiente de ponderación, lo que permite establecer tanto la intensidad como la media del defecto.

Grietas : En base a la metodología utilizada por Bravo (1977) y Muñoz (1972) y que es descrita por INN (1972). Esta establece los siguientes grados de clasificación :

Coeficiente de ponderación	Descripción
A (0,0)	Sin defecto, sin grieta
B (0,5)	Leve, hasta 4 grietas finas de 1" de longitud.
C (2,0)	Leve a intenso, hasta 4 grietas abiertas de 1" de longitud
D (2,5)	Intenso, más de 5 grietas abiertas y largas

Colapso : Este defecto se evaluó a través de la inspección visual de las piezas y se procedió luego a utilizar la siguiente pauta de evaluación aplicada también por Bravo (1977) y Ramírez (1984).

Coeficiente de Ponderación	Descripción
SC (0,0)	Sin colapso, la madera no presenta aplastamiento celular.
CL (0,5)	Colapso leve, se presenta aplastamiento celular en algunas zonas de la pieza.
CI (1,5)	Colapso intenso, la pieza está más de un 50% afectada por aplastamiento celular.

Calidad del Programa de Secado

Con respecto a la determinación de la calidad del secado para ambas repeticiones, se optó por el sistema empleado por Bravo (1977), el cual se basa en la cuantificación de defectos tales como grietas, alabeos y colapso, según

las sumas de sus medias estadísticas. Se establece una ponderación en base a la adaptación de los cuatro índices ya mencionados, los cuales tomarán valores de acuerdo a la ausencia o mayor intensidad del defecto, según se muestra en el siguiente Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2

ESCALA DE REFERENCIA PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL SECADO

Calidad de secado	Índice	Condiciones del secado
Excelente	0,0	Adecuadas
Muy buena	<0,5	
Buena	1,0	
Regular	1,5	Poco adecuadas
Menos que regular	2,0	
Defectuosa	3,0	Inadecuadas
Mala	5,0	
Muy mala	>5,0	

Fuente : Bravo, 1977

Análisis Estadístico

Se efectuó un análisis de varianza con un nivel de significación del 5% y un análisis de comparación múltiple de Bonferroni.

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

En el programa de secado establecido se puso énfasis en que la rigurosidad de las temperaturas fuera aumentando gradualmente, poniendo especial cuidado al momento en que los contenidos de humedad de la madera fueran cercanos al punto de saturación de las fibras, con el fin de minimizar los riesgos de defectos que en esta etapa se producen. Desde este punto las diferencias

psicométricas de las temperaturas seca y húmeda se hicieron mayores adquiriendo de esta manera el programa de secado una mayor rigurosidad.

Caracterización del Programa de Secado

El programa de secado fue elaborado exclusivamente en base a la pérdida de humedad que experimenta la madera en el transcurso del proceso, con el apoyo de controles sucesivos de contenido de humedad tratando de establecer un programa sin cambios demasiado rigurosos (cambios de temperaturas), que pueden afectar fuertemente la calidad final de la madera.

Al analizar la evolución del programa, se puede destacar que al final del proceso de secado, el cual tuvo una duración de 96 horas, se logró alcanzar un contenido de humedad promedio de la madera de un 13.93% (Figura N° 1).

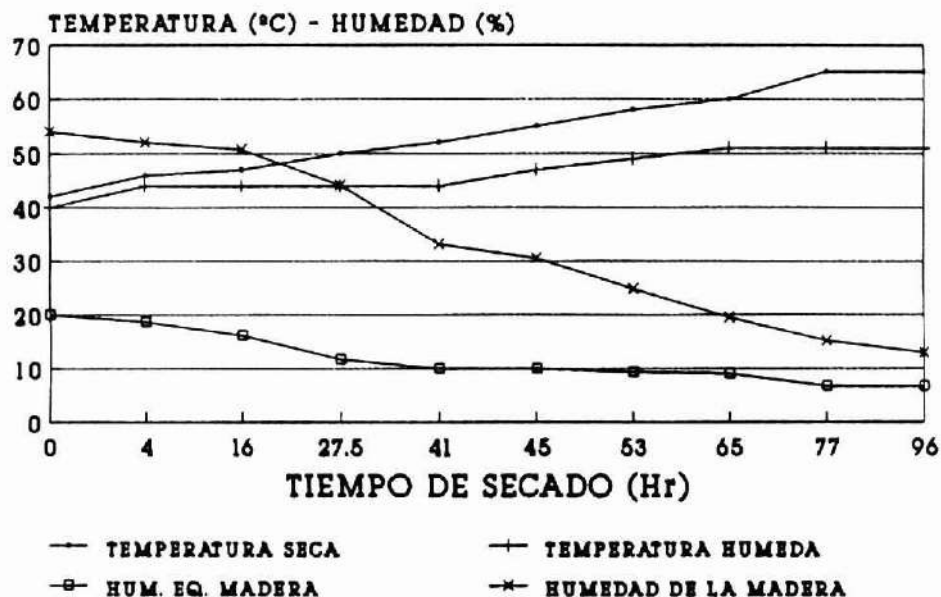


Figura N° 1. PLAN DE SECADO Y CURVA DE SECADO PARA LA ESPECIE TEPA

Mediante el análisis de varianza se buscó la existencia de diferencias significativas de los contenidos de humedad promedio entre los paquetes, según la ubicación que estos presentaban dentro de la cámara de secado. También se evaluó la posible incidencia del tipo de corte en el contenido de humedad final de las piezas muestra.

Según este análisis se concluyó que el tipo de corte no afectó el contenido de humedad final de la madera ya que la probabilidad arrojada fue de 0,624 valor que se encuentra considerablemente fuera de la zona de significación.

En cambio en la ubicación de los paquetes, se evidencia que las diferencias en los contenidos de humedad de un paquete a otro no son atribuibles a causas aleatorias, sino que por el contrario, existen razones suficientes que conducen a afirmar que la distribución de los 6 paquetes de madera dentro de la cámara de secado estaría afectando el contenido de humedad obtenido al final del tiempo de secado ($p=0,0028$).

Las diferencias en cuanto al contenido de humedad final según la ubicación de los paquetes, permite inferir que la causa radicaría en la humedad inicial o en que el flujo del aire dentro de la cámara no es homogéneo. De acuerdo a esto último y en base a las mediciones de velocidad del aire realizadas en la cámara, se puede asumir que existe una aireación que en promedio presenta diferencias, de una dirección con respecto a la otra (norte-sur), que no permitirían homogeneizar la humedad final entre los paquetes.

Contracción

Debido a la importancia que presenta la escuadría final de la madera después del secado, se procedió a medir la contracción experimentada por las piezas escogidas como muestra, las cuales fueron medidas antes de iniciar el proceso de secado y que además fueron identificadas según el tipo de corte que presentaban (floreado, cuarteado o mixto).

De acuerdo a esto último, los valores de contracción radial y tangencial promedio por paquete se refieren a piezas que presentaban corte floreado o

cuarteado y con respecto al promedio de contracción volumétrica, además de los cortes mencionados, se incluye el corte mixto en el promedio.

Cuadro N° 3

CONTRACCION PROMEDIO DE LA MADERA SOMETIDA A SECADO

N° Paquete	Contracción (%)		
	Radial	Tangencial	Volumétrica
1	2,41	4,80	7,21
2	3,80	4,66	8,46
3	3,32	3,85	7,17
4	3,32	4,24	7,56
5	3,81	4,43	8,24
6	3,64	6,19	9,83

En los valores de contracción promedio entregados en el Cuadro N° 3 se aprecia que en todos los paquetes existe un mayor porcentaje de contracción tangencial respecto a la radial, lo cual permite establecer que esta especie presenta en promedio una mayor contracción tangencial. Esto coincide con los resultados obtenidos por Inzunza (1973), aunque en su trabajo los valores de contracción tangencial encontrados fueron superiores.

En relación al tipo de corte de las piezas muestra, se encontró que aquellas de corte floreado (30) tuvieron un 8.38% de contracción volumétrica y las de corte cuarteado (14) y mixto (16) contracciones de 8,01 % y 7,91 %, respectivamente (Figura N°2).

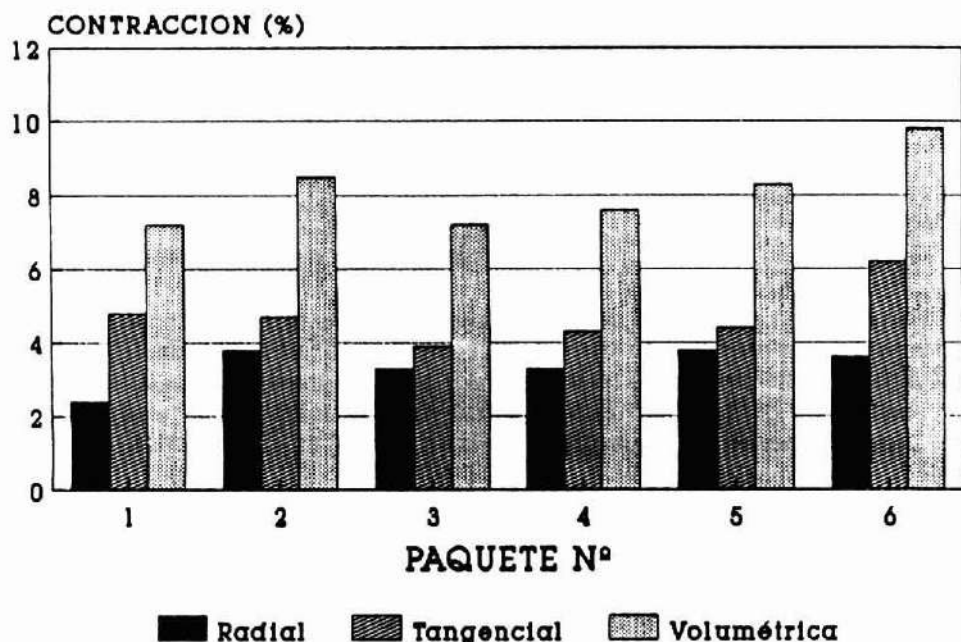


Figura Nº 2. CONTRACCION DE LA MADERA SOMETIDA A SECADO

Calidad de Secado

La determinación de la calidad del secado se llevó a cabo sobre la base de los controles realizados a las piezas muestra al final del proceso de secado, con el fin de identificar y medir los defectos que ellas presentaban y así poder concluir el nivel de calidad observado.

Colapso : No se observó presencia de colapso en la evaluación final de las piezas.

Alabeos : La deformación que se observó en un mayor número de piezas correspondió a la acanaladura, la cual se presentó en un total de 20 piezas

muestra lo que representa el 37,03 % de las piezas muestreadas para este tipo de defecto. El mayor número de piezas afectadas por este tipo de alabeo correspondió a aquellas con corte mixto (14,81 %), un 12,96 % a piezas con corte cuarteado y un 9,26% correspondió a piezas floreadas. Con respecto a esto, y debido a que por lo general la acanaladura se encuentra asociada a piezas con corte floreado, existe la posibilidad que al realizar la clasificación del tipo de corte, existan piezas que fueron consideradas con corte mixto y que realmente pudieron tener un mayor porcentaje de corte tangencial respecto al radial.

Sin embargo, la deformación que se presentó con mayor intensidad fue la encorvadura cuya media estadística fue de 0,315 y la acanaladura con 0,241. Si se considera el tipo de corte, es posible señalar que la intensidad de la encorvadura se presentó en mayor porcentaje en piezas cuarteadas (14,81 %), luego en piezas con corte mixto (3,7 %) y finalmente floreadas (1,86 %), presentándose el mayor número de piezas con encorvadura vinculadas al tipo de corte cuarteado, al igual que en las referencias presentadas de otros estudios.

Con respecto a los defectos arqueadura y torcedura, la mayor parte de las piezas no presentaron este tipo de defectos (87,03 % y 83,33 %, respectivamente) y en consecuencia sus medias estadísticas, que representan la intensidad del defecto, fueron relativamente bajas, siendo la torcedura la que menos influyó.

Grietas : de acuerdo a las observaciones realizadas al final del secado, se constató que el número de piezas afectadas por grietas fue mucho menor a las que presentaban alabeos.

Se identificó un mayor número de piezas con presencia de grietas en las caras existiendo un 22,2 % de agrietamiento leve y un 7,41 % leve - intenso. En cambio las grietas en las puntas afectaron un menor número de piezas, identificándose un 11,11 %, 3,55 % y 1,85 % de grietas con intensidades leve, leve-intenso e intenso, respectivamente.

La media estadística total corresponde a 1,305 lo que significa, al relacionarlo con la pauta establecida anteriormente, que la calidad del proceso de secado fue de regular a buena.

De acuerdo a los contenidos de humedad iniciales y finales obtenidos y al tiempo de secado empleado, es importante determinar la velocidad media de

secado mediante la fórmula usada por Kollmann (1961), Ladell (1957) y Bravo (1977).

$$V (\%h) = \frac{H_i - H_f}{h}$$

Donde :

- V = Velocidad media de secado, la cual expresa la pérdida de humedad (%) que experimenta la madera por hora de secado.
- H_i = Humedad inicial promedio (%) de la carga
- H_f = Humedad final promedio (%) de la carga
- h = Tiempo total de secado (h)

Los valores de velocidad media de secado obtenidos utilizando la fórmula presentada anteriormente, revelan que esta pérdida hasta el punto de saturación de fibras fue de 0,51 %/h y posterior a este punto la pérdida de humedad fue de 0,33 %/h.

CONCLUSIONES

El programa de secado establecido par la especie **Laurelia philippiana**, en base al contenido de humedad de la madera, tuvo un tiempo de duración de 96 horas, alcanzando un contenido de humedad final promedio de 12,93 %.

La calidad del secado, se considera de regular a buena al medir la efectividad a través de la media estadística total, el valor obtenido fue 1,305.

El defecto con mayor incidencia en la calidad del secado fue el alabeo y en segundo lugar se presentaron las grietas. Los valores obtenidos son 63,83 y 35,39 %, respectivamente.

La encorvadura tuvo un porcentaje de participación de un 24,14 %, afectando al 14,81 % de las piezas con corte mixto, seguida por el defecto acanaladura cuya participación fue de un 18,4 %, afectando a un 37,03 % del total de piezas. Las más afectadas son aquellas de corte mixto (14,81 %). Es decir, la acanaladura afectó un mayor número de piezas y la encorvadura fue el defecto más intenso.

Las grietas en las caras tuvieron mayor participación (19,85 %) respecto a las presentadas en las puntas (16,32 %).

La contracción tangencial en promedio fue mayor que la radial, así como la mayor contracción volumétrica promedio se alcanzó en piezas con corte floreado.

La presencia de grietas por lo general se vio asociada a piezas que presentaban una mancha longitudinal de color negro, lo cual indicaría que estas piezas son más propensas a este tipo de defecto y podrían implicar perjuicios en la propiedades de la madera.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bahamondez, R., 1976.** Proposición de un Programa de Secado Artificial para Madera de Coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst) de hasta 1 1/2" de Espesor Previa Aplicación y Análisis de Tres Programas Tentativos. Tesis Ing. Forestal, Facultad Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 11 p.
- Bluhm, E., Kauman, W., Melo, R., Neira, M., 1965.** El Colapso en la Madera y su Reacondicionamiento. Ensayos de Recuperación de Colapso en Madera de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) Crecido en Chile. Informe Técnico N° 22. Instituto Forestal. 21 p.
- Bravo, A., 1977.** Comportamiento de Pino Insigne (*Pinus radiata* D. Don) Bajo Dos Condiciones de Secado por Vapor Recalentado. Tesis Ing. Forestal, Facultad Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 77 p.
- Corporación Nacional Forestal, 1986.** Proyecto de Incentivos al Manejo del Bosque Nativo. Documento de Trabajo N° 79. 213 p.
- Cuevas, E., 1969.** Incidencia de los Fenómenos de Contracción y Colapso en el Secado de Algunas Maderas Comerciales en Chile. Cuarta Reunión sobre Investigación en Productos Forestales. Instituto Forestal. Santiago, Chile. pp: 145-154.
- Gutierrez, M., 1985.** Estudio de Secado Industrial en Cámara, de Madera Aserrada de Tapa. Resumen 4. Escuela de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp: 31-41.
- Hildebrand, R., 1964.** El Secado de Madera Aserrada. Comercial Sagrera S.A. Barcelona, España. 159 p.
- Instituto Nacional de Normalización Nch 993., 1972.** EOf72. Madera. Procedimientos y Criterios de Evaluación para Clasificación. Santiago, Chile. 18p.
- Instituto Nacional de Normalización. NCh 176/1 cR83., 1983.** Madera. Determinación de Humedad. Santiago, Chile. 18 p.
- Instituto Nacional de Normalización. NCh 176/3 cR83., 1983.** Madera. Determinación de Contracción Radial y Tangencial. Santiago, Chile. 9 p.

Inzunza, L., 1973. Determinación de las Contracciones de las Especies de Mayor Importancia Comercial en Chile. Universidad Austral de Chile. Instituto de Tecnología de la madera. Valdivia, Chile. 31 p.

Juacida, R. y Inzunza, L., 1986. Pautas de Control de Calidad para Madera Secada Artificialmente. Universidad Austral de Chile. Facultad Cs. Forestales. Publicación Docente N° 21. 27p.

Kauman, W., Mittak, G., 1965. Ensayos de Secado en Coigüe (*Nothofagus Dombeyi*). Informe Técnico N° 25. Instituto Forestal. Santiago, Chile. 25p.

Kollmann, F., 1961. High-Temperature Drying: Research, Application and Experience in Germany. For. Prod. Journal. 11(11): 508-515.

Muñoz, R., 1972. Ensayo con Tres Programas de Secado Artificial en Cinco Especies Nativas Latifoliadas. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 112 p.

Peredo, M. Inzunza, L., 1988. Secado de Maderas. Universidad Austral de Chile. Facultad Cs. Forestales. Centro Experimental Forestal. Unidad de Capacitación. Valdivia, Chile 75 p.

Pérez, V., 1983. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Investigación y Desarrollo Forestal. Documento de Trabajo N° 47. Santiago, Chile, 451p.

Ramírez, J., 1984. Comportamiento de Pino Oregón, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, Frente al Secado Artificial. Tesis Ing. Forestal, Facultad Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 87 p.

Rosende, R. y Castillo, H., 1973. Contracción, Colapso y Juego de las Maderas Chilenas. Instituto Forestal. Boletín Informativo N° 27. Santiago Chile, 39 p.

Salgado, S., 1974. Aplicación y Análisis de Tres Programas de Secado Artificial en Madera de Lengua, *Nothofagus dombeyi* (Kasser)). Tesis Ing. Forestal. Facultad de Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, 49 p.

Stevens, M.; Mech, A. y Pratt, G., 1954. Seasoning Wood at High Temperatures. Timber Technology and Machine Woodworking. 62(12) : 599-602.

Wright, G., 1956. The Seasoning of the Eucalyptus. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Div. of. For. Prod. 12 p.

CARACTERIZACION Y CLASIFICACION DE MADERA ROLLIZA DE LAS ESPECIES *Nothofagus alpina* (Poepp et Endl) Oerstedt, *Nothofagus obliqua* (Mirbel) Oerstedt y *Nothofagus dombeyi* (Mirbel) Oerstedt DE LA HACIENDA JAUJA IX REGIÓN

Bernardo Avilés (*)
Hans-Jörg Henle (**)

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Hacienda Jauja IX Región y es parte de un proyecto de transformación de bosques de segundo crecimiento en bosques comerciales de alta productividad.

*Los rodales investigados están formados por las especies del género **Nothofagus**; raulí, **N. alpina**; roble, **N. obliqua** y coihue, **N. dombeyi**. Bajo el supuesto que estos bosques se intervienen mediante raleo selectivo y con elección de árboles de cosecha, se analizó una muestra de 30 ejemplares. Los objetivos básicos fueron analizar estructura de calidades de madera en trozas, rendimiento, tipo, forma y frecuencia de defectos.*

*Los árboles seleccionados fueron clasificados a través de la norma HKS, *Handelsklassensortierung* del "Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten", y evaluados de acuerdo a la presencia de defectos y características indicadoras de calidad, según tamaño, forma, ubicación y frecuencia.*

La presencia de ramas es un factor decisivo para interpretar la calidad de madera rolliza. Se reconoce una secuencia cronológica de las características analizadas: rama verde, rama seca, protuberancia y bigote de chino. En este sentido sólo la rama seca bajo los 4 m de altura y con diámetro sobre 6 cm es relevante como indicador de pudrición. Las grietas, independiente de su forma y tamaño, son relevantes. Se recomienda, por lo tanto, el uso de sellantes o corchetes metálicos. En este estudio, debido a altas temperaturas en el período de volteo y trozado, se presume que esta característica se acentuó. Se recomienda restringir el volteo y trozado a los períodos de otoño e invierno. La clasificación según HKS, sin considerar grietas, fue de 7 % en volumen en clase A, 80 % en clase B y 13 % en clase C. El valor relativo en volumen de la clases de calidad

(*) Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, casilla 537, Chillán, Chile
(**) Waldbau-Institut, Universität Freiburg, Bertoldstr. 17, 79085 Freiburg i.Br. Alemania

de *N. alpina* es 6 veces mayor a los de *Fagus sylvatica*, en Europa. Este resultado da grandes expectativas económicas para esta especie en el mercado internacional. El rendimiento en madera rolliza según HKS fue de 61 %. En *N.dombeyi* este, valor, se reduce a 40 % por efecto de pudriciones.

La curvatura no constituye en las especies investigadas un factor cualitativo importante; 95 % de los trozos presenta valores menores de 2 cm/m para un valor crítico según HKS de 5 cm/m. La heterogeneidad del ancho de los anillos de crecimiento producida por falta de intervención silvícola, competencia entre árboles de diferente tamaño y pendiente del terreno, limita las posibilidades de uso de la madera para chapa. La duraminización es dependiente del diámetro y es un factor favorable desde el punto de vista estético y comercial. La norma HKS, con pequeñas modificaciones, puede ser utilizada sin restricción para los *Nothofagus* analizados.

Palabras Claves: *Nothofagus*, Clasificación, Calidades, Defectos.

SUMMARY

This study was carried out at the Jauja Farm IX Region as part of a project to transform a second growth forest into high production commercial forest.

The stands under study were formed by Raulf, *Nothofagus alpina*; Roble, *Nothofagus obliqua* and Coihue, *Nothofagus dombeyi*.

Under the assumption that these forests are treated by quality thinnings and by selecting trees to be harvested, thirty trees were analysed. The basic objectives were to analyse the quality structure of roundwood, its yield and the type, shape and frequency of defects.

The selected trees were classified by the HKS norm (Handelklassensortierung) and evaluated according to the presence of defect and quality. A chronologic sequence of the analysed characteristics is recognized: green branch, dry branch, protuberance and chinese beard. In this sense, only dry branches located under 4 m of height and with a diameter over 6 cm are relevant as indicator of rots. The cracks, regardless of size and shape, are relevant. Therefore, the use of sealers or metallic brackets are recommended. It was presumed in this study, that due to the high temperatures occurred during the harvest and log cutting period, that this characteristic was accentuated due to the effects of rots. It is recommended that harvest and log cutting should be restricted to autumn and winter.

The HKS classification, regardless of cracks, gave 7% in volume in class A, 80% in class B and 13% in class C. The relative value of volume for the quality classes of *N. alpina* is six times greater than the *Fagus sylvatica* value in Europe. This result opens big economic expectatives for this specie in the international market. The roundwood yield according to HKS was 61%. In *N. dombeyi* this value was reduced to less than 40%.

Curvature does not constitute an important qualitative factor in the investigated species; about 95 % of logs present values under 2 cm/m for a HKS critic value of 5 cm/m. The uneven width of growth rings, produced by lack of silvicultural treatment competition between trees of different sizes and land slope, limits the possibilities of using the wood for veneer. The duraminisation process is dependant on diameter, and is a favorable factor from a estetic and commercial point of view. The HKS norm, with small modifications, may be used without restrictions for the analysed *Nothofagus*.

Keywords: *Nothofagus*, Classification, Quality, Defects.

INTRODUCCION

Generalidades

Las regiones boscosas sudamericanas han adquirido gran importancia en el mundo, debido a sus posibilidades de utilización económica y sus características ecológicas únicas, en especial el bosque nativo chileno de segundo crecimiento adquiere una posición relevante en el marco regional e internacional.

En Chile y hasta la mitad de este siglo, la explotación de bosques naturales constituyó la base de la economía forestal. Sin embargo, a partir de la década de los 30 las plantaciones con especies introducidas se transformaron en el eje del desarrollo del sector. A pesar de esto, los bosques naturales mantienen su significado debido a la superficie que ocupan, al valor biológico y ecológico que contienen y al riesgo de su sustitución con otras especies no autóctonas.

A partir de la década de los 80 se acentúa el uso de la madera proveniente del bosque nativo, el cual se caracteriza por la preferencia en la producción de productos de reducido valor agregado. Además, este uso se caracteriza por un desconocimiento del recurso y de su potencial económico, sin considerar alguna técnica silvícola, traduciéndose esto en pérdidas directas de la economía nacional en el largo plazo, que significarán para la sociedad en el futuro, un alto costo de reposición del recurso.

Clasificación según Calidad

La clasificación según calidad es un aspecto esencial para la toma de decisiones silviculturales y de planificación. Esta resulta fundamental en la formación de rodales, la selección de árboles, la venta de madera rolliza y en la planificación del desarrollo económico futuro de la organización forestal.

Un problema que se presenta en la clasificación es que ésta se debe realizar en la edad media del turno requerido para la madurez del rodal, debido a que las características que se evalúan tienen modificaciones en el tiempo, que se verifican en dos dimensiones, mejoramiento de la calidad y pérdida de esta por enfermedades y daños (Amswaldt, 1950). Sin embargo, existen características que se mantienen en el tiempo y son indicadores futuras de calidad. Además, considera que aparte de las características trabajabilidad, estética, estructura, coloración y ausencia de defectos, definen en general la calidad.

Esencial, resulta la consideración de la forma y cantidad de ramas, así como los daños que a través de éstas se pueden generar. Su importancia radica, fundamentalmente, en que la cantidad de ramas es un factor que puede ser directamente influenciado por la técnica silvícola y es el indicador final de calidad (Schulz, 1961).

Es de vital importancia la clasificación de la madera, la estructura de calidad, tipo y ocurrencia de defectos y rendimientos, como una forma de definir el uso óptimo de este recurso. Experiencias sistemáticas en Chile, a este respecto, no se han realizado. Bonnemann (1975), investiga en forma exhaustiva la especie *N. dombeyi* y define algunas de las características de calidad relevante para la especie. Otros autores, en Chile, entre ellos Pérez y Cubillos (1983), se ocupan especialmente de las propiedades tecnológicas de la madera, así como de las posibilidades de uso en los distintos rubros del sector de elaboración. Las deficiencias en este aspecto significan una desvaloración del recurso y un agotamiento paulatino y sobre todo de ejemplares de buena calidad maderera. Como resultado, se observa que los bosques de la zona templada se transforman lentamente en productores de leña, sin valor agregado real, que limitan el desarrollo industrial y producen pérdidas macroeconómicas incalculables.

Utilización Potencial de la Madera

Las especies *N. alpina*, *N. obliqua* y *N. dombeyi* son reconocidas por sus buenas características en la producción de chapas, muebles, revestimiento de interiores, parkett, marcos de ventanas y puertas, en general para diferentes tipos de construcciones, así como también su uso como madera estructural (Gottwald, 1982; Infor, 1983; Loelf, 1985). Sus características estéticas, sus propiedades mecánicas, sus amplias posibilidades de uso y su facilidad de

elaboración, caracterizan a estas especies como un sustituto óptimo de especies como *Fagus sylvatica*, *Prunus avium*, *Prunus mahaleb* y *Alnus glutinosa* en Europa y parte de los Estados Unidos (Informationsdienst Holz, 1988). Dahms (1986) señala que esas características de la madera de las especies nativas mencionadas, así como el creciente interés en la región Europea, constituyen el mejor indicio para realizar esfuerzos en desarrollar y mantener los bosques naturales en la zona templada. El creciente rechazo a la compra de maderas tropicales, como resultado de un aumento de conciencia social en países industrializados, especialmente en Europa Central, abrirá y generará mercados para la madera chilena de alta calidad, no proveniente de monocultivos (Beyse, 1990).

Competitividad y Precios

Como se indicó, las especies tienen amplias posibilidades no sólo en el mercado Europeo, sino también en el Americano. La razón principal la constituyen las óptimas características tecnológicas de la madera y su alto valor estético, que hacen de ésta un sustituto de especies de alto valor económico en la industria elaboradora de madera.

El precio actual, nominal FOB, de exportación para madera aserrada de *N. alpina* se encuentra alrededor de 407 US\$/m³, el que comparado con *Pinus radiata* de 133 US\$/m³, resulta ser 3 veces mayor. Además, se observa que maderas de *N.alpina* clasificadas como E-1 alcanzaron durante 1992 un valor de 554 US\$/m³ (Infor, 1993). De estas relaciones de precio se reafirma que maderas de buena calidad tienen un alto valor comercial y que los precios de mercado son altamente competitivos para el desarrollo de una organización forestal eficiente en el manejo de este recurso.

Area de Estudio

El estudio se realizó en la Hacienda Jauja, sector los Nirres, de propiedad de Forestal Mininco S.A. La Hacienda se encuentra en el sector norte de la IX Región (38° latitud sur, 71°55' longitud oeste). El sector investigado posee los mejores renovals de *Nothofagus* de la zona centro-sur y constituye por

razones de clima y suelo un área de óptimo crecimiento para estas especies (Wadsworth, 1976). El tipo forestal corresponde a Roble-Rauli-Coihue (Donoso, 1981).

OBJETIVOS

La transformación de bosques degradados y la puesta bajo manejo silvícola de bosques de renovales, a través de un uso sostenido y regulado, plantea la necesidad de investigar la calidad de la madera, su rendimiento y la forma de evaluación. Bajo el supuesto de que estos bosques de renovales serán manejados con raleo selectivo y con selección de árboles cosecha (Avilés, 1993) se investigó para los árboles seleccionados lo siguiente:

- Defectos frecuentes y su significado,
- Aplicabilidad de la norma HKS,
- Estructura de clases de calidad que se obtienen a través de la aplicación de la norma, si se aplica en árboles que deberían formar el rodal de cosecha,
- Rendimientos a esperar, según calidad y uso de la madera,
- Parámetros a considerar en la selección de árboles,
- Investigaciones que deben ser realizadas para ampliar el conocimiento en esta área,
- Posibilidades que existen, de acuerdo a la calidad de la madera, para plantearse una producción en términos de madera de alto valor comercial.

MATERIAL Y METODO

Selección de los Árboles a Investigar

La selección de árboles a investigar se realizó de acuerdo a los criterios de calidad de copa, calidad de fuste y distribución espacial. En general, de un colectivo de 76 árboles cosecha se seleccionaron 30 árboles de prueba, los cuales representan una muestra objetiva de la población investigada en relación a la calidad promedio, a la distribución diamétrica de mayor frecuencia y a la composición de especies presentes en los rodales. Un criterio importante para la selección lo constituyó el valor comercial actual y futuro. En relación a las especies investigadas participaron *N. alpina* en 66 %, *N. obliqua* en 20 % y *N.dombeyi* en 14 %. Esta selección de especies se realizó en forma proporcional a su presencia y consideró también la probabilidad de selección de los árboles cosecha. La calidad de fuste fue un factor relevante, ya que a partir de éste se evaluaría la estructura de calidades y el rendimiento en madera rolliza.

Mediciones en los Fustes

En los árboles investigados se realizaron las siguientes mediciones:

Generales:

- Edad
- Altura total
- Longitud y altura inicial de copa

- Longitud y disposición de la copa verde y seca
- Diámetro a la altura del pecho (1,3 m)
- Altura y diámetro de tocón
- Espesor de corteza en el tocón y extremo superior DLU 5 cm
- Diámetro del duramen y disposición (% del diámetro de tocón).

Calidad:

- Grietas
- Curvaturas del fuste (tipo, largo y dirección)
- Crecimiento en espiral
- Presencia, abundancia y estado sanitario de ramas
- Heridas en la corteza y cicatrización de ramas
- Desplazamiento del duramen (excentricidad)
- Tipo de construcción de los anillos de crecimiento
- Regularidad de la coloración (albura y duramen)

Estado Sanitario:

- Presencia de pudriciones y daño por hongos
- Presencia de galerías interiores y daño por insectos
- Presencia de canchales y origen
- Daño por insolación (tamaño y descripción)
- Presencia y daño por epifitas

Las características distintivas de calidad fueron medidas en diámetro, longitud y altura del fuste en el que se encuentran. Ante la presencia de curvaturas de fuste se midió el tipo de curvatura y la altura de flecha en cm/m. Definiéndose esta última como: medición en centímetros de la desviación del eje longitudinal recto que contiene dos puntos extremos y la tangente paralela a este punto de inflexión, expresada en cm/m. La desviación debe ser medida en el lugar en que esta alcanza su punto máximo. A través del valor se llega a caracterizar el grado de curvatura (Monbächer, 1988).

Los árboles se trozaron en el bosque y después fueron transportados y almacenados para evitar daños de grietas (partiduras) producidas por cambio de temperatura y pérdida de humedad. El trozado de los fustes se realizó con el criterio de obtener la mayor dimensión posible de asignar a un tipo de calidad, eso significó que no se fijaron dimensiones mínimas o máximas.

Norma de Clasificación de Madera Utilizada

Debido a que en Chile no se utilizan normas para clasificar madera en trozas de especies de *Nothofagus* que digan relación con la calidad, a excepción de aquellas que consideran la dimensión con un predeterminado objetivo de producción, se consideró para la evaluación de calidad de trozas la norma HKS (Handelsklassensortierung; norma válida en el marco de la comunidad económica europea) extrapolada de la especie ***Fagus sylvatica***.

En el Cuadro N° 1 se indican las características principales consideradas por esta norma de clasificación. En ella se combinan elementos de tipo valorativo y mensurables.

En relación al significado de la clasificación y las posibilidades de uso de la madera, cabe señalar que, en general y dependiendo de la especie que se analice, se reconocen los siguientes usos posibles:

- Clase A: Debobinado, foliado y madera aserrada calidad I,
- Clase B: Madera aserrada buena calidad, estructural,
- Clase C: Madera industrial de uso variado,
- Clase D: Otros usos, según estado sanitario.

Cuadro N°1

CRITERIOS DE CLASIFICACION DE MADERA ROLLIZA SEGUN LA NORMA HKS PARA LA
ESPECIE *Fagus sylvatica*

Clase	Características
A	Madera sana con características y propiedades propias de la especie, sin defectos o con defectos insignificantes, bigotes de chino planos, sin agallas y con un diámetro mínimo de 30 cm. En general, se permiten características que no influyen en su utilización. Además, crecimiento en espiral (hasta 3 cm/ml), curvatura (hasta 2 cm/ml), desplazamiento del duramen (hasta 10% del centro), grietas poco profundas en <1/3 del largo.
B	Madera de calidad normal para la especie con un diámetro mínimo de 20 cm. Se incluyen trozas secas con uno o más de los siguientes defectos: curvatura (hasta 5 cm/ml), crecimiento en espiral (hasta 8 cm/ml), levemente cónico, nudos sanos hasta 2 unidades/ml y < 4 cm d, 1 unidad/ml y 4-8 cm d, nudos con necrosis 1 unidad/ml y 4 cm d, 0,5 unidades/ml y 4-8 cm d, excentricidad del duramen (hasta 20% del centro) Pudriciones centrales (hasta 15% del diámetro), irregularidades en la forma de la troza que deben compensarse con otras características distintivas de calidad, en especial bigote de chino y agallas permitidas con poca frecuencia de aparición.
C	Madera que debido a su calidad general no puede ser clasificada en las clases A y B, pero sin embargo, puede ser utilizada para otros fines. Se reconocen los siguientes déficits: densidad de nudos basales sanos sin límite, nudos basales con necrosis 1 unidad / ml y 4-8 cm d, 0,25 unidades /ml sobre 8 cm d, marcada conicidad, crecimiento en espiral, pudriciones de hasta 30% del diámetro, daños de sol hasta 30% del diámetro. Existencia de posibilidades de aserreado.
D	Madera que por la presencia de defectos no puede ser clasificada en las clases A, B y C, pero que puede ser clasificada en caso que contenga un volumen aprovechable para fines industriales superior al 40%. En esta clase no existen otras restricciones.
Restricción de diámetros límite: (1) La clase A permite una relación de diámetros máximo y mínimo de 1:1,2 (2) La clase B permite una relación de diámetros de 1:1,5	

Procesamiento de Datos y Tipo de Información

En cada uno de los árboles muestreados se evaluó el volumen y el rendimiento.

Estimación de Volumen

El volumen total de un árbol, que se compone de fuste, ramas sobre 5 cm de diámetro y volumen de madera de copa, se calculó a través de la fórmula de Smalian aplicada por secciones de un metro, excepto el volumen fustal, que se estimó con la fórmula de Newton.

Estimación de rendimiento

El concepto rendimiento se interpretó como la relación porcentual entre la cantidad de madera fustal (DLU 5 cm) y el volumen total de trozas conseguidas a través de la clasificación y corte. Todos los valores fueron calculados sin considerar la corteza. Para la especie *N. alpina* se calculó, además, el rendimiento de acuerdo a la distribución diamétrica de las trozas. Estas se individualizaron de acuerdo a su procedencia. Una clasificación adicional fue definida como: troza inferior, troza intermedia, troza superior.

Composición de las Clases de Calidad y Características Distintivas

Las trozas se clasificaron de acuerdo a la norma HKS. Para controlar la información utilizada para la clasificación, se verificó cuales características y daños influyen en mayor proporción para asignar una clase de calidad. Para ello se realizó un análisis de frecuencia de la aparición de defectos y posteriormente se evaluaron los criterios en forma independiente.

RESULTADOS

El capítulo de resultados se compone de tres partes. La primera presenta y analiza el material investigado. Posteriormente se presentan en forma resumida los criterios de calidad que se fundamentan en las características de la corteza y que tienen gran valor para la selección de los árboles cosecha. Finalmente, en la tercera parte, se presentan y analizan los resultados de rendimiento, de clasificación e influencia de los defectos en la clasificación de la madera.

Descripción del Material Investigado

La edad promedio de los árboles investigados de las especies **N. alpina** y **N. obliqua** alcanza a 60 años \pm 10 %. Los árboles pertenecientes a la especie **N. dombeyi** fueron en promedio 10 años mayor. Sólo un 20 % de los árboles estaban libres de defectos, que se relacionan con la presencia de ramas secas o verdes. El límite inferior de la zona de ramas secas se encontró a una altura promedio de 11 m en el caso de **N. alpina** y **N. dombeyi**, en cambio en el caso de **N. obliqua** a una altura de 12 m. Los árboles investigados tenían una altura libre de ramas que se encontraba sobre los 10 m. **N. alpina** presentó un largo de copa de 8 m y el comienzo de ésta a 18 m. **N. obliqua** y **N. dombeyi** presentaron largos de copa variables y menores de 8 m, mientras que el inicio de copa se encontró en una altura de 20 m.

En la Cuadro N° 2 se presenta información general respecto del material investigado para las tres especies.

Cuadro N°2

NUMERO TOTAL DE ARBOLES Y TROZAS INVESTIGADAS POR ESPECIE, VOLUMEN Y RELACION PORCENTUAL

		Especies			
Cantidad	Medida	N. alpina	N. obliqua	N.dombeyi	Total
- Árboles/ ¹	N°	20	6	4	30
- Trozas / ²	N°	51	13	7	71
Volumen					
- Total	m ³	29 (67%)	8 (19%)	6 (14%)	43
- Trozas	m ³	15 (68%)	4 (18%)	3 (14%)	22
/ ¹ Diámetro medio = 34,1 ± 8,5 cm; / ² Largo medio = 4,38 ± 0,66 m.					

En el Cuadro N° 2 se observa que la proporción del número de árboles y trozas por especie se proyecta proporcional al volumen total y de trozas. La especie *N. alpina* mantiene porcentualmente una posición preponderante en el material investigado.

La distribución de frecuencia, de las clases de diámetro medio de trozas, muestra dos puntos máximos (Figura N° 1). El primer valor se encuentra entre 20 y 34 cm, mientras que el segundo entre 36 y 48 cm, este último con un valor medio de 42 cm. El valor promedio de todos los diámetros medios del material investigado alcanza a 34,1 cm. En el trozado se consideraron diámetros mínimos de 20 cm debido a que diámetros inferiores se encuentran limitados por la clasificación de HKS y, además, presentan rendimientos que en el proceso de conversión mecánica, que también se deseaba investigar, no tenían relevancia. La formación de dos curvas de distribución se origina debido a una segregación del material proveniente de la troza inferior, central y superior de un árbol, así como también de las variaciones producidas por los diferentes tamaños de árboles, que tuvo como objetivo cubrir la dispersión diamétrica de los rodales.

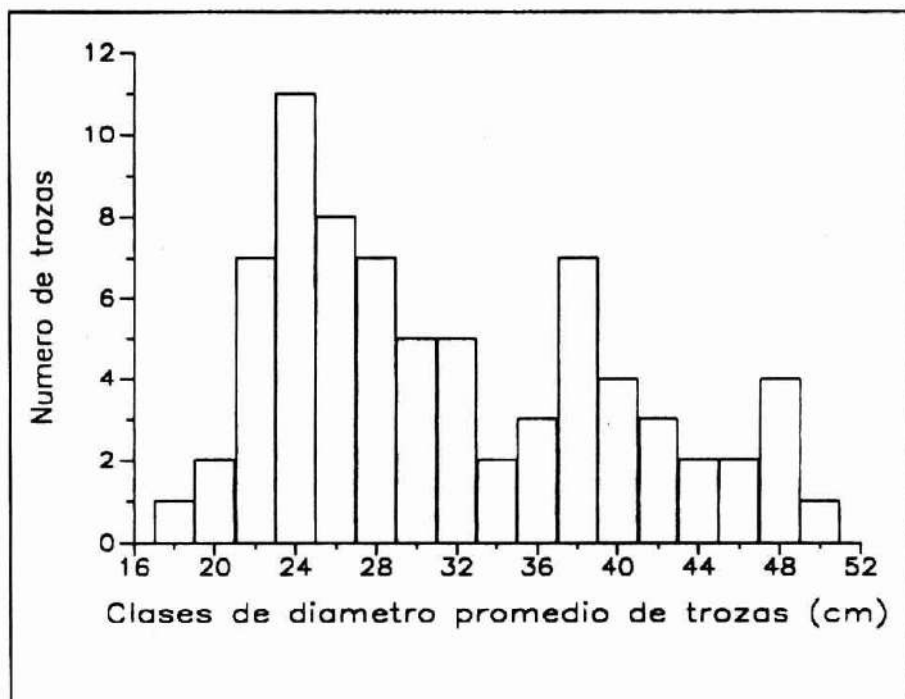


Figura N° 1.: DISTRIBUCION DE CLASES DE FRECUENCIA DE DIAMETRO DE TROZAS.

Volumen Total y Rendimiento del Trozado

En el Cuadro N° 3 se presenta el volumen promedio, del árbol medio investigado. Para la estimación se consideró el volumen de ramas, especialmente de la copa, el cual representa menos del 18 % del volumen total de un árbol con una variabilidad entre individuos que sobrepasa el 100 % y con diferencias que no son significativas ($p = 0,05$) entre las especies *N. alpina* y *N. obliqua*. Los valores de volumen de copas para *N. dombeyi* se encuentran sobre los valores de las otras especies. La variabilidad detectada se debe fundamentalmente a la arquitectura de la copa de las especies, así como

también de la posición individual del árbol en relación a sus competidores directos. El análisis tuvo como objetivo la utilización del volumen de copa para algún fin productivo.

El máximo volumen de copa y ramas determinado alcanzó $0,308 \pm 0,378 \text{ m}^3$ scc, con un valor máximo de $1,476 \text{ m}^3$ scc. El rango inferior de la variación es cero, debido a que sobre el 50 % de los árboles no tenían un volumen de copa y ramas utilizable (DLU = 5 cm).

El volumen total de trozas alcanzó en promedio a 61 % del volumen fustal del árbol promedio con corteza. Las mediciones indicaron que la corteza representa aproximadamente un 8 % del volumen total. Este valor se mostró dependiente del DAP y del factor de forma del árbol, que fue variable y sobre 0,55.

Debido a la relación directa entre volumen de trozas y DAP del árbol es de esperar que el incremento de éste genere un aumento proporcional del volumen de trozas, si no se producen pérdidas por ataque fungoso o por insectos. Una proyección del diámetro promedio de un rodal, compuesto de árboles cosecha de aproximadamente 60 cm, debiera originar rendimientos en volumen de trozas cercano al 68 %.

La segregación de las trozas según su ubicación en el árbol entregó la siguiente estructura. La troza inferior contiene 31 % del volumen, la troza central 23 % y la troza superior 7 %, hasta un diámetro límite de utilización prescrito de 20 cm.

Cuadro N°3

VOLUMENES PROMEDIO DEL ARBOL MEDIO INVESTIGADO

Volumen (m ³ scc)	Estimadores estadísticos			
	\bar{x}_i	ds	S \bar{x}_i	Rango
- Total \bar{I}^1	1,414	0,830	0,152	0,523 - 3,477
- Fustal	1,105	0,585	0,107	0,446 - 2,833
- Trozas \bar{P}^2	0,673	0,388	0,071	0,221 - 1,507
- Troza inferior	0,343	0,198	0,039	0,119 - 0,802
- Troza central	0,249	0,145	0,026	0,000 - 0,640
- Troza superior	0,083	0,120	0,022	0,000 - 0,436

\bar{I}^1 = (DLU = 5 cm). Incluidas ramas con $d > 5$ cm con corteza.
 \bar{P}^2 = Clasificación según HKS; Largo troza min-max= 2,63 - 6,19 m.

Descripción de las Características Distintivas de Calidad y Estructura de las Clases para Madera en Trozas

A continuación se presenta una caracterización de la madera en trozas así como de la estructura de calidades. Se resumen características distintivas de calidad de la corteza, importantes para la clasificación de acuerdo a los defectos y daños evaluados y otras características, tales como: curvatura, duraminización, grietas de diferentes formas, ubicación y profundidad, pudriciones y excentricidad.

Características de la Corteza

Como características de la corteza se reconocen aquellas que son causadas por el proceso de cicatrización de ramas, así como también heridas causadas por insectos, hongos, epifitas y otros agentes bióticos y abióticos, tales como: - grietas en la corteza por insolación o bajas temperaturas.

Las características de mayor importancia son en secuencia cronológica: rama verde, rama seca, herida del fuste provocada por desprendimiento de ramas secas, protuberancia como consecuencia de la cicatrización y bigote de chino, como señal terminal del proceso de cicatrización resultado del crecimiento en diámetro. Epicormios son importantes y se producen, por lo general, como resultado de la aplicación de métodos de raleo inadecuadas o en árboles de crecimiento solitario. En esta investigación fue posible observar este tipo de característica en árboles en fuerte competencia y en árboles dañados. En el material analizado fue posible identificar con mayor frecuencia ramas secas, protuberancias y bigotes de chino (Fotos N°s 1, 2, 3 y 4, Anexo N° 1).

Ramas secas

En general, se identificaron las ramas secas considerando su distribución, posición en el fuste y diámetro.

En el Cuadro N° 4 se muestra el análisis realizado. Se observa que para *N. alpina*, sobre el 40 % de las ramas secas tiene un diámetro superior a 4 cm. Para *N. obliqua* y *N. dombeyi* los valores encontrados se encuentran bajo este valor.

Cuadro N°4

PORCENTAJE, TAMAÑO PROMEDIO Y UBICACION DE RAMAS SECAS EN LOS y ARBOLES INVESTIGADOS

Característica	Especies		
	N. alpina	N. obliqua	N. dombeyi
	Distribución (%)		
Diámetro de rama (cm)			
- < 4 cm	56	79	67
- > 4 cm	44	21	33
Tamaño promedio ($\bar{x} \pm \text{ds}$) (cm)	3,8 ± 2,0	3,0 ± 3,0	4,0 ± 2,9
Ubicación en el fuste (m)	7,9	5,9	10,8

($\bar{x} \pm \text{ds}$): valor promedio ± desviación estándar

N. alpina y *N. dombeyi* presentaron un diámetro promedio de ramas secas de 4,0 cm, mientras que *N. obliqua* 3,0 cm. Esta característica es relevante ya que limita en forma considerable los usos de la madera y da oportunidad a daños posteriores por insectos y hongos. Esa limitante se debe a que el proceso de cicatrización evaluado en tiempo es directamente proporcional al diámetro de la rama y su ángulo de inserción.

En relación a la posición de las ramas en el fuste se encontró, sólo en *N. obliqua*, que esta característica es relevante. Para el resto de las especies analizadas estas se encuentran sobre los 8,0 m de altura. En general, parece

razonable aspirar a obtener en el mediano plazo una troza limpia de 6 m, especialmente, debido a que en esa zona se concentra sobre el 70 % de valor comercial de un árbol.

Protuberancias

Las protuberancias se aprecian como levantamientos en la zona de ramas, por efecto de la cicatrización. Si bien en esta característica es importante el tamaño, también se debe considerar el estado sanitario. Se aprecia que ramas con sobrecrecimientos grandes encubren zonas de pudrición, que disminuyen notablemente el rendimiento. En el Cuadro N° 5 se presentan la distribución, el tamaño promedio y la ubicación en el fuste de la primera protuberancia.

Cuadro N°5

DISTRIBUCION, TAMAÑO PROMEDIO Y UBICACION DE
LA PRIMERA PROTUBERANCIA EN EL FUSTE

Característica	Especies		
	N. alpina	N. obliqua	N. dombeyi
	Distribución (%)		
Diámetro de rama (cm)			
- < 3 cm	38	42	31
- > 3 cm	62	58	69
Tamaño promedio (\bar{x} ; $\pm ds$) (cm)	4,1 \pm 2,5	3,7 \pm 1,7	4,1 \pm 2,8
Ubicación en el fuste (m)	1,4	3,2	1,4

(\bar{x} ; $\pm ds$): valor promedio \pm desviación estándar

En las especies investigadas se encontró que cerca de 2/3 de las protuberancias eran mayores a 3 cm. El tamaño promedio para *N. alpina* y *N. dombeyi* fue de 4 cm y en el caso de *N. obliqua* inferior a éste. Las protuberancias, ya en proceso avanzado de cicatrización de la rama, se encontraron en *N. alpina* y *N. dombeyi*, en promedio, a una altura fustal de 1,4 m.

Bigote de chino

La presencia de bigote de chino entrega información sobre el diámetro de rama existente y su grado de inclinación, o ángulo de inserción en el fuste. Esta característica fue solo posible de encontrar en la especie *N. alpina*. En *N. obliqua* no es posible reconocer esta característica, por lo cual se supone que la especie tiene ramas de menor ángulo de inserción que *N. alpina* o bien que el proceso de cicatrización ocurrió algunas décadas atrás, lo cual significaría que *N. obliqua* presenta en términos generales, una mejor y más rápida poda natural. En el caso de *N. dombeyi* el análisis de la presencia de esta característica es difícil, debido a la reducida cantidad de material investigado y las dificultades en el reconocimiento de las características de la corteza indicadoras de calidad.

En el Cuadro N° 6 se presentan en forma resumida los resultados para la especie *N. alpina*.

Cuadro N°6

DISTRIBUCION, TAMAÑO PROMEDIO Y UBICACION DEL PRIMER BIGOTE DE CHINO
EN EL FUSTE, EN LA ESPECIE *N. ALPINA*

Distribución (%)	Tamaño promedio (cm) (x, ±ds)	Ubicación en altura (1. bigote de chino)
diámetro:		
< 6 cm 34	8,6 ± 4,8	
> 6 cm 66	4,5 ± 2,9	4,55 m

Como se mencionó, la característica bigote de chino ocurre en forma frecuente en *N. alpina*. Cerca de 2/3 de los trozas muestran esta característica mayor de 6 cm. El primer bigote de chino ocurre en una altura de 4,55 m, lo cual indica una troza libre de defecto, hasta esa altura. En promedio se observó una frecuencia de 1,4 bigotes de chino por metro lineal. La abundancia de bigotes de chino indica además la abundancia de ramas en estados juveniles de esta especie, que tal vez creció en algún período prolongado, libre de competencia.

Características Distintivas de Calidad

Curvatura

En el Cuadro N° 7 se presenta un resumen de la cantidad, tipos y formas de curvaturas resultado de las mediciones. Estas indican que el 75 % de las trozas de *N. dombeyi* y todas las trozas de *N. alpina* y *N. obliqua* presentan algún tipo de curvatura. Ninguna de las tres especies presenta curvaturas superiores a 5 cm/m. Además, se encontraron curvaturas que giran solamente en una dirección. Fustes con doble o triple curvatura en diferentes alturas prácticamente no se encuentran en los árboles investigados. En general, se señala que para las tres especies se encontraron curvaturas leves y que de acuerdo a la clasificación HKS no revisten importancia, desde un punto de vista de la calidad. El 5 % de *N. alpina* y *N. obliqua* presenta curvaturas sobre 2 cm/m, en el caso de *N. dombeyi* no se constataron. Respecto del inicio de la curvatura se encontró en *N. obliqua* que ésta comienza principalmente en la base del árbol (troza inferior). En el caso de *N. alpina* a la altura de 2 m (troza inferior) y en *N. dombeyi* a la altura de 3 m (troza inferior). Las trozas central y superior en la práctica no presentan valores de curvatura significativos para la clasificación.

Cuadro N°7

CANTIDAD Y TIPO DE CURVATURA ENCONTRADA EN LOS ARBOLES INVESTIGADOS

Caracterización	Especies		
	<i>N. alpina</i>	<i>N. obliqua</i>	<i>N. dombeyi</i>
Arboles con curvatura (%)	95	100	75
Curvatura promedio (cm/m)	0,7	0,8	1,1
Cantidad de Curvados (%)		6	
Curvatura > 2 cm/m	5	-	-
Curvatura > 5 cm/m	-	-	-
Tipo de Curvatura (%)			
Una dirección	95	100	100
Mas de una dirección	5	-	-

Duraminización

En todos los árboles se encontró una variable diferente de duraminización, tanto en su forma, distribución, intensidad y tamaño. El porcentaje promedio de duraminización, en relación al diámetro de tocón, alcanzó en *N. alpina* a 66 %, en *N. dombeyi* a 55 % y en *N. obliqua* a 45 %. Presencia y tamaño de duramen en las especies investigadas mostraron ser dependientes del DAP. En la zona de diámetros a la altura del pecho entre 15 y 30 cm, el 50 % de los árboles tenían algún grado de duraminización, mientras que en la zona sobre 30 cm todos los árboles tenían duramen.

El significado del grado de duraminización en relación al precio de la madera de *Nothofagus* y en especial de *N. alpina*, no ha sido extensamente investigado (Dessauer, 1972). Debido a las propiedades tecnológicas de la madera de esta especie, las cuales se encuentran cercanas a aquellas de la especie *Prunus avium*, y considerando la gran cantidad de usos potenciales en la industria de la madera, resulta evidente que la duraminización considerada en la forma estética debe actuar como un factor de valorización comercial de la madera proveniente del bosque nativo chileno.

Grietas

En el Cuadro N° 8 se presenta el porcentaje de grietas de todos los árboles trozados. Estas se describen según tipo y largo. El 75 % de los árboles de *N. alpina* muestra una forma de grieta, *N. obliqua* presenta grietas en un 83 % de los casos, mientras que *N. dombeyi* sólo en 50 %.

Las grietas centrales o medulares, en la zona del duramen, tuvieron la mayor frecuencia de aparición en todas las especies. Otros tipos de grietas tuvieron algún significado sólo para las especies individuales. Se pudo comprobar que *N. alpina* presenta grieta fibrilar, *N. obliqua* longitudinal y *N. dombeyi* anular. La mayor longitud de grieta medular la presentó *N. alpina*.

Cuadro N°8

PORCENTAJE DE ARBOLES CON GRIETAS Y CARACTERIZACION SEGUN TIPO Y LARGO

Característica	Especies		
	N.alpina	N.obliqua	N.dombeyi
Arboles con grietas (%)	75	83	50
Tipo de grieta (%)			
- Medular	86	89	82
- Fibrilar	14	-	-
- Longitudinal	-	11	-
- Anular	-	-	18
Long. promedio grieta medular (cm) (x, ±ds)	12,0 ± 2,0	8,6 ± 2,5	8,0 ± 1,6

Se debe agregar, que los resultados presentados sólo tienen un carácter orientador, debido a que se supone que algunos de los tipos de grietas encontrados están en relación a la época en que se realizó el volteo y trozado de los árboles. Se determinó también, según experiencias posteriores, que la presencia de grietas disminuye notablemente si el volteo y trozado se realizan en otoño e invierno o bien si después del volteo los árboles se dejan en el bosques algunas semanas y después se procede al trozado (Csapek, 1992).

Putridiones

El 80 % de los árboles pertenecientes a la especie *N. dombeyi* presentó algún tipo de pudrición. En un 70 % de los casos se trata de árboles sobremaduros, que con seguridad pertenecen a generaciones anteriores, con algún grado de defecto. En las especies *N. alpina* y *N. obliqua* se encontró que sólo un 15 % de los árboles tenía presencia de pudriciones. En relación a la posición de la pudrición se encontró que en *N. dombeyi* un 38 % de los casos tenía pudrición central (médula). Las trozas de las especies *N. alpina* y *N. obliqua* presentaron sólo 4 % de pudrición. Las especies de hongos no fueron identificadas.

Excentricidad

En general se observó que todos las trozas investigadas, independiente de la especie, presentaban algún grado de excentricidad. Esta observación fue verificada a través de mediciones del desplazamiento de la médula respecto del centro. Un 40 % del material investigado presentó un 10 % de desplazamiento respecto al centro. Esta situación se origina a causa de la posición de los árboles respecto de la pendiente y grado de competencia entre árboles de diferente tamaño.

La irregularidad en el ancho de anillos, que se produce debido a la excentricidad, alcanza un significado económico de relevancia, cuando la madera quiere ser utilizada para la producción de chapa. Esto se fundamenta por el hecho que la regularidad de los anillos de crecimiento se considera como un factor de clasificación, calidad y precio para este tipo de producto (Fieder, 1981).

En Europa central, la experiencia indica que el valor de la madera para chapas se reduce significativamente cuando se producen variaciones en la regularidad y ancho de los anillos de crecimiento. De igual forma un excesivo crecimiento anual cierra las posibilidades de utilización para ese fin. Sin embargo, desde el punto de vista técnico-maderero así como económico se reconoce que la regularidad en el ancho de los anillos de crecimiento juega un papel más preponderante que su ancho.

Análisis de la Forma de los Anillos de Crecimiento

Una forma de caracterizar el tipo de forma de crecimiento, en relación a la homogeneidad del ancho de anillos, es a través de la uniformidad que éstos presenten en la sección transversal. Este criterio se apoya en la relación entre el ancho máximo y mínimo de anillos, así se distinguen:

- Anillo de ancho regular $< 1,5$
- Anillo levemente irregular $> 1,5$ y $< 2,0$

- Anillo irregular > 2,0

En el Cuadro N° 9 se presenta la distribución porcentual de los anillos de crecimiento, evaluados según su regularidad o irregularidad, para la tres especies investigadas.

Cuadro N°9

**CLASIFICACION DE ANILLOS DE CRECIMIENTO SEGUN SU REGULARIDAD
Y ANCHO PROMEDIO SEGUN ESPECIE**

Forma de anillos	Especies		
	N. alpina	N. obliqua	N.dombeyi
Distribución (%)			
- Regular	60	50	25
- Levemente irregular	25	33	50
- Irregular	15	17	25
Ancho promedio (cm)	0,31	0,29	0,27

En el Cuadro N° 9 se observa que 2/3 de los árboles de **N. alpina** presentan una construcción regular en sus anillos de crecimiento. **N. obliqua** presenta esta característica en 1/2 y **N. dombeyi** en un 1/4 de los árboles. El ancho promedio de los anillos de crecimiento para el conjunto de las tres especies alcanzó cerca de 0,3 cm. El coeficiente de variación promedio para esta estimación alcanzó 50 %. La mayor variación pudo constatarse en aquellas especies con una amplia distribución diámetrica y elevada variación entre el tamaño de los individuos analizados.

Curvatura y Grieta como Características de Calidad y su Efecto en la Clasificación de Madera en Trozas

En el Cuadro N° 10 se presenta la clasificación realizada en conformidad a los criterios establecidos por la norma HKS, para el material proveniente de las tres especies analizadas. Se observa que una pequeña proporción de las trozas de **N. alpina** es posible de clasificar en la clase de calidad A. En esta clase no se encuentran trozas **N. obliqua** y **N. dombeyi**. En la clase de calidad B se

encontró en todas las especies alrededor de 66 % del volumen y cerca de 33 % en la clase C.

En la evaluación se consideraron todos los tipos de grietas, descritos con anterioridad, y la clase de calidad D no se incluyó, por considerarse irrelevante.

En el caso que no se consideren las grietas como criterio de calidad para la clasificación, no se observa ningún cambio en la clase A, mientras que en las especies **N. alpina** y **N. obliqua** se produce un aumento porcentual en volumen en la clase B. Este cambio no produce ningún mejoramiento en términos absolutos en la especie **N. dombeyi**.

Cuadro N°10

**ESTRUCTURA DE CALIDAD DE TROZAS SEGUN LA NORMA DE CLASIFICACION HKS,
PARA LAS TRES ESPECIES DE NOTHOFAGUS ANALIZADAS**

Criterio	Especies								
	N.alpina			N.obliqua			N.dombeyi		
	Clase de calidad (en % del Volumen)								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
- Con grietas	7	66	27	-	73	27	-	76	24
- Sin grietas	7	80	13	-	96	4	-	76	24

En el Cuadro N° 11 se analiza la composición de la estructura de calidades según la norma HKS para la especie **N. alpina**, considerando una estratificación de las clases de diámetro de los árboles investigados y manteniendo el criterio de presencia de grietas.

Cuadro N°11

DISTRIBUCION DE LAS CLASES DE CALIDAD EN PORCENTAJE DEL VOLUMEN PARA LA ESPECIE N. ALPINA SEGUN LA NORMA HKS (CON Y SIN CONSIDERACION DE GRIETAS COMO CRITERIO)

Clase de diámetro (cm)	Clases de calidad (en % del volumen)		
	Clase A	Clase B	Clase C
Con grietas			
20-30	-	50	50
30-40	-	73	27
> 40	18	71	11
Sin grietas			
20-30	-	80	20
30-40	-	90	10
> 40	18	71	11

En el Cuadro N° 11 se observa claramente la diferencia de calidad entre las clases de diámetro, especialmente entre las clases B y C. Así, se verifica que la clase A solo es posible de encontrar en las clases de diámetro mayor de 40 cm y que es independiente de la presencia de grietas. En esta clase diamétrica se encuentra 20 % de la clase A, 70 % de la clase B y 10 % de la clase C. En el rango diamétrico 20-30 cm se observa que se producen diferencias del orden del 30 % con y sin consideración de grietas. En el caso concreto de no considerar las grietas como criterio de calidad se concentra el volumen clasificado en la clase B, seguido de una disminución proporcional de la clase C.

DISCUSION

Resumen de Resultados Significativos de la Investigación

El rendimiento alcanzado entre volumen fustal y madera en trozas alcanzó 61 %, para un rango diamétrico de 20-55 cm y largos entre 2,6 y 6,2 m, que correspondió a la dimensión promedio del material analizado.

Ramas y curvaturas de fuste, independiente de su forma y tipo, se muestran como las características más relevantes y de mayor frecuencia. Daños por enfermedad y grietas en la corteza por insolación o congelación son parte de los defectos pero no constituyen un factor para desclasificar madera de trozas, cuando se trabaja con el supuesto que los árboles analizados corresponden a árboles cosecha (Fotos N°s 5 y 6, Anexo N° 1).

Presencia de insectos y pudriciones juegan un papel importante, especialmente en las especies *N. obliqua* y *N. dombeyi*.

La clasificación según la norma HKS para la especie *Fagus sylvatica* puede ser aplicada en las especies de *Nothofagus* sin restricciones importantes. Algunas modificaciones deben ser hechas en el sentido de simplificar la clasificación, eliminar daños que no son relevantes para los *Nothofagus* y aumentar su aplicabilidad. Un estudio sistemático sería importante, una vez que los rodales hayan sido intervenidos.

La clasificación según HKS entregó una pequeña proporción de volumen en la clase A, cerca de 66 % en la clase B y menos de 30 % en la clase C. Una repetición de la clasificación sin considerar grietas, independiente de tipo y forma, mejora el porcentaje de volumen que clasifica en clase B. En la misma proporción disminuye la clase C y la clase A permanece sin alteración.

En relación a la presencia de ramas y su estado sanitario, se desprende que las tres especies poseen una poda natural eficiente. En orden decreciente se consideran: *N. obliqua*, *N. alpina*, *N. dombeyi*. Esta observación corresponde a una situación sin intervención silvícola, la cual depende de las condiciones ecológicas locales, que en general varían de un árbol a otro. Bajo condiciones de intervención esta situación debería ser otra. Sin embargo, se considera que si no se trata de raleos extremadamente fuertes, esta característica debería mantenerse, al menos, en términos relativos.

Pudriciones son un factor de calidad importante para la especie *N. dombeyi*. Se comprobó que todos los individuos investigados presentaban pudriciones, independiente del diámetro y la intensidad del daño. En el caso de las otras especies, la pudrición tanto central como de ramas tienen un carácter secundario.

La curvatura promedio para *N. alpina* tuvo un valor de 0,7 cm/m, para *N. obliqua* 0,8 cm/m y para *N. dombeyi* 1,1 cm/m.

Según las prescripciones de la norma HKS se acepta en la clase A una curvatura de hasta 2 cm/m, en la clase B de hasta 5 cm/m. De esto se desprende que la característica, para la clasificación de trozas y no así para la utilización de estos, no constituye un factor de vital importancia.

Estructura de Clases de Calidad

En el momento de la clasificación se presentó el problema de la abundancia de grietas, el cual resulta ser interesante como un criterio de alta eficiencia para la clasificación. Este problema se originó debido a las temperaturas de la época de volteo y trozado (período estival, 30 °C en promedio), con lo cual se generaron algunas grietas adicionales al proceso normal, a pesar de haber tomado las medidas necesarias respecto del transporte y almacenamiento. Debido a esa razón se optó por realizar dos evaluaciones paralelas, es decir, con grietas y sin grietas. A través de esta medida se logró un mejoramiento de la clase B en aproximadamente 20 % y una disminución proporcional en la clase C. Ese resultado debe considerarse como un máximo óptimo, ya que a pesar de un volteo en invierno, se estima que siempre se producirán grietas de algún tipo.

Este resultado es significativo en el sentido que si se logra disminuir la presencia de grietas en las trozas, modificando la época de volteo o desplazando temporalmente el trozado, es posible mejorar la clasificación. Esto además, contribuirá a un mejoramiento directo en la relación de precio de la madera.

Como alternativas se presenta la posibilidad de aplicar lacas sellantes para evitar grietas. También en forma alternativa esta el uso de pequeños corchetes metálicos en forma de "S" (S-Hacken) que se adhieren en los extremos y con ello se reducen las grietas y disminuyen notoriamente las pérdidas por desclasificación.

Como se comentó, medidas de esta naturaleza mejoran la clasificación. Esta resulta significativa en el caso de *N. alpina*, ya que aquí existe la posibilidad de mejorar el porcentaje de volumen de la clase A, hasta 20 % y en clase B hasta 70 %, para árboles con DAP sobre 40 cm. Los valores indicados adquieren significado, si se considera que un bosque manejado como máximo deberá tener 100-150 árboles por hectárea y diámetros promedio entre 55-75 cm (Avilés, 1993).

Se debe partir del supuesto de la existencia de un mercado regulado, en donde la calidad juega un papel importante y decisivo, así como también un factor determinante del precio. La diferencia entre las clases A y B puede llegar a significar hasta un 200 % de sobreprecio. Esto se produce debido a que las posibilidades de utilización, por ejemplo chapa y madera aserrada, presentan grandes diferencias en utilidades generadas respecto del producto.

El resultado económico del año 1982 del Servicio forestal estatal del Estado de Bayern, Alemania, indica que la cantidad de madera clase A para dimensiones sobre 60 cm de diámetro alcanzó al 1 % en la especie *Fagus sylvatica* (Burschel y Huss, 1987). La suma de las clases A y B, indicó que sólo se producen 33 % en volumen de esas calidades. Este resultado, comparado con la calidad promedio que presenta en Chile la especie *N. alpina* resulta ser bastante positivo para esta última, sin considerar que intervenciones sucesivas del bosque en Chile tenderán a un mejoramiento de tipo cualitativo de la madera.

Duraminización

En general se observó que un 100 % de los árboles presentaba duramen. Esta característica es especialmente importante en el caso de *N. alpina* y *N. obliqua*. Además, de las características de durabilidad atribuidas a este proceso, aparece aquí como un punto de vital importancia la estética de la madera de esas dos especies. La gradación de color rosado pálido a rojo intenso representa para esta madera un punto a favor y relevante desde el punto de vista de la comercialización. La tendencia es que maderas de color tengan amplias posibilidades de uso en la industria de muebles y confección de artículos de oficina. Además, por razones de tipo estético están en ventaja en relación al precio respecto a otras maderas (Informationsdienst Holz, 1988; Gottwald, 1982).

Excentricidad y Ancho de Anillos de Crecimiento

En todos los árboles analizados se encontró algún grado de excentricidad. En términos de los valores medidos existe un desplazamiento promedio lineal

respecto del centro de aproximadamente 10 %. Esta característica no es relevante ni definitiva en el caso que el objetivo de producción sea la madera aserrada. Por el contrario, es considerada como un criterio de gran valor en el caso de la producción de chapas de madera (Schulz, 1959). Como se observó en los resultados la excentricidad, individualmente, no es un factor determinante, sino más bien el efecto que esta produce sobre los anillos de crecimiento.

En general es importante que los anillos de crecimiento sean homogéneos para la producción de una buena chapa. En muchos casos la regularidad, en la forma, es más apreciada que el ancho mismo de los anillos, los cuales tradicionalmente fueron considerados como limitantes para la producción y decisivos para la fijación del precio. Evoluciones del mercado internacional, reducción en la cantidad de madera de calidad, así como mejoramiento tecnológico en el proceso de elaboración, han invertido esta situación. Se debe tener presente que la estética es fundamental para determinados productos. Investigaciones realizadas en *Quercus spp.* ratifican las afirmaciones, que también tienen validez para las especies de *Nothofagus*, las cuales tienen un incalculable potencial en la producción de chapas de calidad (Fleder, 1981; Kenk, 1984; Polge, 1984; Spiecker, 1984). Se cree que técnicas silvícolas que tiendan a disminuir la competencia entre árboles, así como a disminuir y homogeneizar la estructura de rodal, en términos de tamaño de árboles adyacentes, contribuirá positivamente a disminuir la frecuencia de irregularidades en ancho de anillos, mejorando con ello las posibilidades de comercialización. Menos tangible resulta la eliminación total de este problema, debido a que el mismo se asocia en un porcentaje alto de los casos analizados, con la pendiente del terreno y la exposición.

Evaluación de la Muestra

La muestra analizada se constituyó con 30 árboles, considerados a partir de sus características fenológicas, como árboles de cosecha. Esto significa, árboles que permanecen a partir de su selección en forma definitiva en el rodal y que deberán ser cosechados. Se considera para esta afirmación el hecho de que no hay cambios significativos en las relaciones de competencia, es decir, un árbol dominante después del raleo, y a partir de ese punto mantiene su ventaja respecto del resto y la intervención silvícola debe favorecerle.

Como se explicó, la distribución del número de especies se hizo en forma proporcional a la presencia de cada una de ellas en el rodal. De tal forma, que aquellas de mayor frecuencia relativa tienen mayores posibilidades de selección en el rodal final. Esta situación, positiva en ese sentido, restringe el análisis desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, considerando los valores promedios obtenidos se considera que esto no es determinante dado el carácter de preliminar de la investigación.

Otros criterios analizados son dependientes de las condiciones ecológicas del rodal, su grado de degradación y la posición relativa de cada individuo en relación a sus competidores más cercanos, los cuales modifican la calidad del crecimiento y la forma del fuste, así como la frecuencia de defectos.

Comparación de Resultados con Otras Investigaciones

Bonnemann (1975) investigó la especie *N. dombeyi* en relación a las características técnicas de la madera, las posibilidades de utilización, características distintivas de calidad y defectos. El autor estableció una secuencia de defectos y daños que se evalúan en términos de su frecuencia de la siguiente forma:

- Grietas,
- Pudriciones,
- Ramosidad,
- Galerías de insecto,
- Distribución y forma del ataque fungoso.

En el estudio no es clara la época en que se realizó la evaluación y, tal vez, debido a esa razón se le da importancia a las grietas más que a daños bióticos, comparativamente con el estudio aquí presentado. Sin embargo, queda claro que junto a las ramas, como generadores de defectos, las galerías de insecto y hongos juegan en esta especie un papel preponderante. Los resultados de este autor coinciden con los resultados obtenidos en esta investigación.

Bonnemann (1975) destaca en su análisis que " la participación del insecto *Cheloderus childreni* Gray, como destructor de la madera de *N. dombeyi* es significativa. Se observa, en general, que los daños abarcan los sectores de la albura, especialmente en individuos jóvenes de renovales. El daño producido en el cuerpo de la madera origina protuberancias de diferente tamaño en la zona en que se encuentran las aberturas del insecto o galerías del mismo (ataque primario). Posteriormente se origina el ataque secundario, especialmente a través de bacterias-hongos, generando una coloración diferente en cada caso. Aquí es posible observar una leve modificación de la substancia madera. Este conjunto de sucesos puede desvalorizar el árbol y sus productos hasta transformarlo en madera industrial de mediana calidad (40 % pudrición). Este problema no solo explica la situación en el área investigada sino que al parecer es una situación generalizada ".

Para las otras especies investigadas no se encontró presencia de galerías de insecto. Al parecer la frecuencia con que ocurre este tipo de daño biótico depende de la susceptibilidad de la especie. No se excluye la posibilidad que estos daños estén asociados a factores de tipo biológico, a través, de la alteración del comportamiento de diferentes insectos u otros organismos, debido a una modificación del nicho ecológico y tal vez de una reducción de la madera muerta u otros organismos huéspedes.

Los resultados de esta investigación son avalados por Schulz (1959), el que también reconoce la presencia de ramas como el criterio más importante para la clasificación y sobre el estado sanitario y la forma del fuste. Este enfatiza también el color de la madera, como un componente importante en la fijación del valor de la madera rolliza y su posterior utilización.

En forma indirecta se pudo observar, en el desarrollo de esta investigación, que existe una relación entre la densidad de los rodales, situación sin manejo, y las características del daño encontrado. Se observa que el tamaño de ramas, especialmente el diámetro, se ve influenciado por el espacio de crecimiento del individuo al igual que el DAP. Aparentemente el diámetro de las ramas aumenta proporcionalmente al espacio de crecimiento para después estabilizarse. Similar comportamiento tiene el largo de las ramas. Esta situación es fácil de analizar comparativamente si se observan árboles solitarios con otros que crecen con diferentes densidades. En relación a la cantidad de ramas y la situación de densidad no se observan tendencias, posible influencia de tipo genético. Las curvaturas y dobles flechas aumentan su frecuencia en rodales de reducida densidad, que al parecer, durante un período largo se encontraron sin competencia. Es posible observar que árboles que crecen sin o reducida

competencia suelen tener con mayor frecuencia daños de insectos. Por el contrario, árboles que se encuentran en grupos o que crecen en rodales densos presentan en general una mayor cantidad de daños por presencia de hongos, sin que se observe la intervención anterior de insectos. De esto se deduce que existe una gran cantidad de elementos que están influyendo en alguna medida a definir la calidad de la madera y que prácticamente todos esos elementos se pueden mejorar y dirigir desde el punto de vista de las técnicas silvícolas (Burschel y Huss, 1987).

CONCLUSIONES Y NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

Conclusiones

Teniendo como base los resultados de esta investigación preliminar, es posible deducir algunas líneas generales que serán de utilidad para otras investigaciones, así como para contribuir al conocimiento en la clasificación y utilización de la madera proveniente de renovales de **Nothofagus**. Se cree que este tipo de estudios tiene un papel indicador en relación al manejo mismo de los renovales (técnica silvícola y modelo económico de desarrollo de la organización forestal), ya que la base de ello lo constituye un raleo selectivo, cuya variante es la selección de árboles cosecha y la producción y comercialización de madera de buena calidad (Avilés, 1993).

- En la selección de los árboles que deberán formar el rodal final o de cosecha se debe poner especial énfasis en la presencia de ramas.
- En el grupo de tipos de ramas estudiadas, aquellas que muestran señales de comienzo de pudrición son las de mayor importancia. Estas se encuentran por lo general como ramas secas sobre los 2/3 de la altura del árbol y con diámetros sobre 6 cm.
- Para mantener un alto rendimiento, entre madera de fuste y madera en trozas, deben considerarse para la selección los diferentes tipos de curvaturas que ocurren con frecuencia en **Nothofagus**. Sin embargo, en el caso de una técnica de aserío de acuerdo al desarrollo tecnológico actual,

y que en especies nativas todavía no se aplica, este tipo de defecto tiene una importancia restringida.

- En el caso específico de *N. dombeyi* debe considerarse la presencia de pudriciones, éstas desvalorizan la madera y restringen su uso. En general se observa pudrición en todos los árboles pero especialmente en aquellos de la primera generación. Su reconocimiento en la práctica es muy sencillo ya que se trata, en general, de árboles con diámetro sobre 90 cm, reducida cantidad de ejemplares por hectárea y que se encuentran en terrenos bajos con abundante humedad. El reconocimiento en el árbol, se puede realizar a través de la presencia de protuberancias que presentan aberturas y que están definidas por el diámetro de la rama.
- Si es posible, se recomienda evitar el volteo en el período de verano. La época de invierno parece ser más adecuada. Sin embargo, la aparición de grietas es normal, por lo cual el uso de sellantes o S-metálicas que se incrustan en la madera y mantienen la unión, son muy adecuadas y permiten mantener el valor de trozas sobre 60 cm de diámetro. Otra alternativa viable para impedir rasgado y grietas es separar las etapas de volteo y trozado en aproximadamente una semana.
- Junto con la clasificación se debe realizar el trozado. Este se debe realizar no en el sentido de obtener una determinada dimensión, como es habitual en Chile, sino más bien en términos de lograr el mejor aprovechamiento en cada clase. De otra forma cada troza si es posible deberá corresponder a una clase, lográndose el mayor rendimiento monetario.
- La experiencia indica que la aplicación de la norma HKS es satisfactoria y se puede aplicar con éxito en las especies investigadas. Para ello se hacen necesarias algunas modificaciones, ya que existen criterios particulares o defectos que son característicos para determinadas especies y que para *Nothofagus* no son relevantes (crecimiento en espiral, curvaturas y otras).

Necesidades de Investigación

A continuación se plantean algunas de las necesidades prioritarias en relación a la calidad, defectos y daños, y clasificación:

- Ampliar y sistematizar el estudio de calidad en términos de una base de datos a nivel regional y para cada especie o conjunto de ellas.
- Aclarar el problema de daño por insectos en *N. dombeyi*. Interesante resultaría conocer la distribución y el origen de este daño. Para ello se hace necesario investigar que factores del medio ambiente condicionan y favorecen el ataque.
- Investigar la posibilidad de promover un mercado para maderas de **Nothofagus** que tengan calidades similares a las exigidas en los mercados internacionales. Así como también analizar a nivel regional el interés por maderas de calidad y, si es posible, a través de esta demanda crear una diferencial de precios que permitan en el corto plazo una segregación, tanto de productos como precios.
- Investigar en Chile en que medida es posible modificar los métodos de comercialización e intentar un sistema de remate de madera en trozas directamente en el bosque, resultando indudablemente beneficiado el productor. Con ello se elimina de alguna manera el exceso de intermediarios en la comercialización, que no agregan un valor adicional al producto, y de esa forma generar un sistema sano de (clientismo) entre productor e industria elaboradora.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Profesor Dr. Jürgen Huss, Director del Instituto de Silvicultura de la Universidad de Freiburg, por su labor en la dirección de esta y otras investigaciones relacionadas con los renovales de **Nothofagus** en Chile.

Se agradece el apoyo financiero del "Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD)" y de Forestal Mininco S.A., que puso a disposición los bosques de renovales de la Hacienda Jauja.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Avilés, B., (1993): Untersuchungen zur waldbaulichen Behandlung und Bewirtschaftung von Renovalessbeständen in Mittelchile. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität Freiburg 174 pp

Arnswaldt, H.J.v.,(1962): Wertkontrolle und Betriebswirtschaft. FA. 161 pp

Beyse, R., (1990): Die Forst- und Holzwirtschaft in Chile. Forst-und Holz (45):15-17

Bonnemann, A., (1975): Die Holzart Coigue (**Nothofagus dombeyi**) (Mirb. Oerst) Dissertation. Universität Göttingen. 178 pp.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, (1969): Handelsklassensortierung. Cit. HKS.

Burschel, P. y J. Huss, (1987): Grundriss des Waldbaus: Ein Leit-faden für Studium und Praxis. Pareys Studentexte 49. pp

Csapek, G., (1991): Zur Durchforstung von Nothofagusekundärwäldern in Mittelchile. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität Freiburg. 75pp

- Dessauer, V.G.,** (1972): Desarrollo Cronológico de las Proporciones de Albura y Duramen en Rauli (*Nothofagus alpina*) (Poepp et Endl.) Oerst. Tesis, Universidad Austral de Chile. 60 pp.
- Donoso, C.,** (1981): Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Investigación y Desarrollo Forestal:FO:DP/CHI/76/003. Santiago de Chile. Documento de Trabajo N° 38. 70 pp.
- Dahms, K.G.,** (1986): Chile Könnte Mehr Holz Liefern. Holz Zentralblatt. 112:795-799.
- Fleder, N.,** (1981): Furniereichenwirtschaft heute. Holz-Zentral-blatt 98:1509-1511.
- Gottwald, H.,** (1982): Lenga. Holz als Roh- und Werkstoff
40:19-27.
- Informationsdienst Holz,** (1988): Coigue und Andere Nothofagusarten, Merkblattreihe Holzarten. Hamburg/Düsseldorf:Verein Deutscher Holzeinfuhrhäuser. Blatt N° 85.
- INFOR,** (1983): Propiedades Mecánicas y Densidad de Especies Chilenas. Instituto Forestal. Santiago de Chile. 487 pp.
- INFOR** (1993): Estadísticas Forestales (1992). Boletín Técnico N° 30. Santiago de Chile. 110 pp.
- Kenk, G.,** (1984): Werteichenproduktion und ihre Verbesserung in Baden-Württemberg. Allgemeine Forstzeitschrift 39:428-429.
- Pérez, V. y Cubillos, G.,** (1984): Características Físico-mecánicas de Canelo, Cipres de las Guaitecas, Coigue de Chiloé y Roble del Maule. Investigación y Desarrollo Forestal. Fo:DP/CHI/76/003. Documento de Trabajo N° 52. Santiago de Chile. 58 pp.
- Polge, H.,** (1984): Werteichenproduktion in Frankreich. Allgemeine Forstzeitschrift 39:430-434.
- Löf,** (1985): *Nothofagus obliqua*. Merkblatt über fremländischen Baumarten. Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung, Nordrhein-Westfalen. 66 pp.
- Monbächer, R.,** (1988): Holz Lexikon. Leinfelden-Echterdingen:DRW-Verlag Band 2. 640 pp.

Schulz, H., (1959): Güteklassen des Stammholzes und ihre Abgrenzung gegeneinander. Holz-Zentralblatt 85:753-757.

Schulz, H., (1961): Die Beurteilung der Qualitätsentwicklung junger Bäume. Forstarchiv 32:89-99.

Spiecker, G., (1983): 100 jähriger Endbestand aus 5x2 m Planzverband. Allgemeine Forstzeitschrift 4:910-911.

Wadsworth, R.K., (1976): Aspectos Ecológicos y Crecimiento del Raulí y sus Asociados en Bosques de Segundo Crecimiento en las Provincias de Bio-Bio, Malleco y Cautín, Chile. Boletín Técnico N°. 37. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago de Chile, 47 pp.

ANEXO N°1: FOTOGRAFIAS



Foto N° 1. RAMA Y BIGOTE DE CHINO



Foto Nº 2. RAMA SECA EN PROCESO DE CICATRIZACIÓN



Foto N° 3. BIGOTE DE CHINO, POSTERIOR A LA CICATRIZACION



Foto Nº 4. PROTUBERANCIAS



Foto N° 5. CANCROS EN EL FUSTE

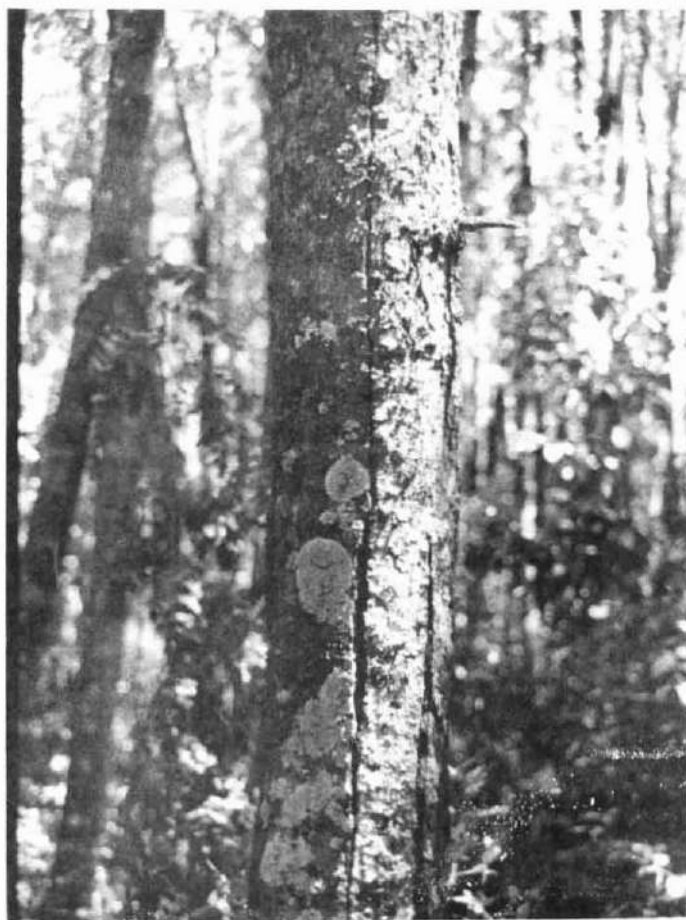


Foto N° 6. DAÑO POR INSOLACION

EFFECTOS AMBIENTALES DE DIFERENTES TIPOS DE CORTAS EN BOSQUE NATIVO. EL CASO DE LAS CORTAS DE PROTECCION EN FAJAS

Luis Otero D. (*)
Alvaro Contreras J. (**)
Luis Barrales M. (***)

RESUMEN

Esta investigación tiene por objetivo evaluar los efectos ambientales de las cortas de protección en fajas, siendo parte de una investigación más amplia sobre los efectos ambientales de los diferentes tipos de corta que se aplican al bosque nativo.

Las mediciones corresponden a variables microclimáticas tales como: luz difusa, temperatura del aire, temperatura del suelo, humedad relativa y capacidad evaporativa del aire. Las mediciones se realizaron en bosques del tipo forestal Coihue-Raulí-Tepa, en el predio Pilmaiquén en la Comuna de Panguipulli (Valdivia).

Las intervenciones realizadas consisten en la corta en fajas que se disponen en curvas de nivel y son de anchos variables, correspondientes a múltiplos de la altura del dosel dominante (30, 60 y 90 m). Las fajas cortadas se alternan con franjas de bosque de protección de 40 m de ancho. El estudio se basa en la comparación de un faja intervenida con el bosque intocado de la faja de protección. Para ello se utilizan funciones matemáticas que permiten evaluar y predecir el efecto de este tipo intervenciones.

Las conclusiones del estudio revelan que existe un efecto de protección lateral del bosque hacia la faja intervenida, que permite mantener en cierta medida las condiciones ambientales del bosque original. Estas condiciones ambientales varían de acuerdo a los diferentes anchos de las fajas. Las cortas equivalentes a 1 y 2 veces la altura del dosel (30 y 60 m en el caso estudiado), parecen ofrecer las mejores condiciones desde el punto de vista ambiental.

(*) Ingeniero Forestal Mg. Instituto Forestal Sede Valdivia.

(**) Ingeniero Forestal. Instituto Forestal Sede Valdivia.

(***) Técnico Forestal. Instituto Forestal Sede Valdivia.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the environment effects caused by strip protection cuts done as part of a larger study concerned with the environmental effects of the different cutting practices applied to native forests.

Measurement of microclimatic variables such as diffuse light, air temperature, soil temperature and air evaporative capacity were undertaken. The measurements were taken in forests of the type Coihue-Rauli-Tepa, at the Pilmaiquén farm located in the Panguipulli Comune (Valdivia)

The treatments consisted in strip cuttings which were oriented according to level curves and had variable width equivalent to multiple times the height of the dominant crown (30.60 and 90 m). The strips cut down alternate with strips of protection forests of 40 m width. The study consisted in comparing the treated strip with the untouched forest of the protection strip. To do this, mathematical functions were used that make it possible to evaluate and predict the effect of this kind of interventions

The study concludes that there is a lateral protective effect of the forest towards the strip being cut, that allows to maintain in a certain proportion the environmental conditions observed in the original forest. These environmental conditions vary according to the different width given to the strips. Cuts equivalent to 1 or 2 times the height of the crown (30 to 60 m in the case studied), seem to offer the best conditions from an environmental point of view

INTRODUCCION

Los diferentes tipos de cortas o métodos aplicables al bosque nativo definidos en la legislación forestal (Decreto Ley 701) han sido poco evaluados desde la perspectiva ambiental, en el sentido de saber qué efectos provocan estas intervenciones a nivel del microclima, suelo, flora y fauna del bosque.

En el país los estudios ambientales del bosque normalmente están enfocados como estudios ecológicos, no vinculados a intervenciones silvícolas. Entre los estudios y publicaciones de carácter ambiental más relacionados a los problemas silvícolas, destacan los realizados por los siguientes autores: Donoso (1990); Huber et al (1984), Huber y Oyarzun (1989); Marchant (1984); Grosse (1988); Inostroza (1986); Espinoza (1972) y Amz, Delmastro y Schlatter (1969).

El sistema de cortas en fajas ha sido evaluado en sus aspectos silvícolas, en el tipo forestal siempreverde de la Cordillera de los Andes, por la Universidad Austral de Chile (Donoso, 1989). Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la regeneración natural de especies colonizadoras y semitolerantes obtiene sus mejores resultados, en cuanto a crecimiento y densidad, bajo este sistema comparado con el método de selección, tala rasa y cortas de protección uniforme.

Experiencias realizadas en países como Perú y Costa Rica (Ocaña-Vidal, 1992; Dykstra y Heinrich, 1992), plantean que el método en fajas presenta importantes ventajas ecológicas, genera condiciones adecuadas para la regeneración del bosque y tiene efectos positivos de significación en los rendimientos y reducción de costos.

En relación a los costos de cosecha, estimaciones preliminares, realizadas por los autores, muestran que con tractor forestal la corta en fajas presenta costos de maderero un 35% menor que con el método de protección uniforme. Donoso (1989) también concluye que el método de cortas en fajas presenta menores costos operacionales que otros sistemas de cosecha, ya que presenta todas las ventajas de una tala rasa.

Según Hawley y Smith (1972) otra ventaja silvícola que presenta este sistema es la generación de condiciones ambientales más diversas, de acuerdo a la distancia al borde del bosque protector. Esto permite el desarrollo de especies de distinto nivel de tolerancia a la sombra. Desde otro punto de vista, los daños a la regeneración son mínimos al momento de la cosecha del bosque de protección, ya que se pueden extraer los árboles a través de las fajas no taladas. Otros autores como Troup (1952), citado por Hawley y Smith, han demostrado las ventajas de las cortas en franjas para resolver diversos problemas silvícolas.

Las nuevas tendencias en la silvicultura, apoyadas sobre bases ecológicas, coinciden con las ventajas de la corta a tala rasa en pequeñas superficies, ya que permiten aumentar la diversidad del paisaje en el espacio y en el tiempo (Kimmins, 1993; citado por Bellefleur).

La combinación de áreas en etapas sucesionales diferentes, es decir de etapas tempranas representadas por el área cortada y etapas tardías representadas por el bosque adulto de la faja de protección, permite mantener e incluso incrementar la biodiversidad de las zonas intervenidas (Probst y Crow, 1991).

Ecólogos canadienses como Bellefleur (1994) recomiendan talas rasas en pequeñas superficies, en círculos o en fajas, ya que favorecen la regeneración de especies de sucesión secundaria y protegen adecuadamente el suelo.

El principal objetivo de este trabajo es establecer los efectos que provocan en el medio ambiente, específicamente en el microclima, las cortas finales bajo el método de Protección en Fajas o Cortas en Fajas.

Un estudio similar al que se presenta en este trabajo, fue desarrollado en un bosque sometido al método de Cortas de Protección Uniforme, con una cobertura residual del 30% (Otero et al., 1994). En dicha investigación se concluye que los principales impactos se producen en los siguientes factores: luz difusa (+441%), temperatura de suelo (+236%), temperatura del aire (+59%), humedad relativa del aire (-37%) y capacidad evaporativa del aire (+0,91%).

Desde el punto de vista silvícola, los resultados también aportan antecedentes sobre las condiciones a las que tendrá que adaptarse fisiológicamente la regeneración natural o bien la plantación, luego de la corta.

Los factores que determinan el crecimiento de los bosques y plantaciones presentan umbrales fisiológicos favorables o desfavorables para el desarrollo de diferentes especies.

Algunas investigaciones han revelado que ciertas coníferas tienen un crecimiento significativamente mayor cuando las temperaturas del suelo superan los 10 °C y con temperaturas menores a 5 °C las raíces presentan resistencia al flujo del agua (Kaufmann, 1977). Según este mismo autor, en suelos con temperaturas de 15 °C, las raíces y brotes presentan crecimientos óptimos en coníferas como el pino radiata.

En el caso del aire, temperaturas extremas de menos 2 °C durante dos noches seguidas provocan daños a la regeneración de ciertas coníferas, durante la primera temporada de crecimiento (Coates, Enmingham y Radosevich, 1991). Temperaturas óptimas para la fotosíntesis han sido establecidas por Pollard y Logan (1977) para piceas, a nivel de 19 °C y con intensidades lumínicas de 22 mil lux. Según Weares y Clements (citado por Donoso, 1990) las temperaturas más favorables para especies de climas templados se encuentran entre 16 y 32 °C. Desde el punto de vista de la germinación de las semillas el óptimo fluctúa entre 15 y 30 °C (Baker, citado por Donoso, 1990).

Otros estudios que vinculan la sobrevivencia de plantas con valores de luminosidad, plantean que los *Nothofagus*, al igual que algunos *Fagus*, presentan alta sobrevivencia con luminosidades del orden de 40 a 50% de la existente a campo abierto (Grosse, 1988). En relación a este mismo factor, Ronco (1970) establece rangos de luminosidad de 40 mil a 50 mil lux como óptimos para la fotosíntesis de especies tolerantes (*Picea*) y sobre 100 mil lux, establece que se producen problemas de mortalidad en plantaciones. Donoso (1990) establece que el consumo de CO₂ para la fotosíntesis se incrementa hasta un límite óptimo de 30 a 50 mil lux para la mayoría de las plantas.

MATERIAL Y METODO

Enfoque Metodológico.

El enfoque metodológico del proyecto está basado en la utilización de áreas testigo y su comparación con las zonas intervenidas, mediante la instalación de estaciones de medición en transectos perpendiculares a las fajas, método utilizado comúnmente para este tipo de estudios (Nuñez y Sander, 1981; Marchant, 1984).

Con la información obtenida se construyen funciones matemáticas para cada factor analizado y para cada tipo de faja intervenida.

Area de Estudio.

El área de estudio se encuentra ubicada al NE de la ciudad de Panguipulli, Décima Región. Las coordenadas geográficas son: 72° 50' LS y 40° 00' LW. La altitud es de 870 a 1050 msnm.

Geomorfología y Topografía.

El ensayo se estableció en una ladera de exposición norte. Las pendientes predominantes para cada una de las fajas son las siguientes: de 30% para la faja de 30 m, 38% para la faja de 60 m y 31% para la faja de 90 m de ancho.

Clima.

La zona se caracteriza por su clima de montaña y presenta una elevada precipitación media anual, de aproximadamente 4400 mm, con un mínimo de 180 mm en el mes de enero y de 669 mm en el mes de junio. Una parte de estas precipitaciones cae en forma de nieve, durante los meses de otoño e invierno.

La temperatura media anual es de 11,3 °C, en verano sube hasta 16 °C y en invierno el promedio baja a 6,5 °C. La humedad relativa media anual es de 79%, durante el verano baja al 76% y en invierno es de 85%. En general las temperaturas medias máximas están comprendidas entre los 9 y 21 °C, dependiendo de la altura¹.

Suelos.

Los suelos del área corresponden a Trumaos, desarrollados sobre arenas y escoria volcánica de diversa granulometría. Estos suelos presentan alto contenido de materia orgánica en el horizonte superficial (20% aproximadamente), una textura generalmente franco arenosa, un alto poder fijador de fosfatos, una alta permeabilidad e infiltración y una baja densidad aparente, menor de 0,8 g/cm³ (Peralta y Oyanedel, 1980).

¹ Antecedentes de ENDESA de su estación de Puerto Fui, ubicada a 18 Km de distancia y una altitud de 596 msnm.

Vegetación.

La zona en que se desarrolla el trabajo, corresponde a un bosque del tipo forestal Coihue-Raulí-Tepa de altura, en el cual la tepa a sido reemplazada por lenga, con una presencia mayoritaria de coihue. Se trata en términos generales de un bosque en estado maduro, con escasa regeneración y que ha sido sometido a floreo, particularmente del raulí.

Los árboles más viejos de estos bosques tienen edades que fluctúan entre 200 y 500 años, pero naturalmente se encuentra toda la gama de edades (Donoso, 1981).

En la Figura N° 1 se puede ver el perfil vertical del bosque y su distribución horizontal.

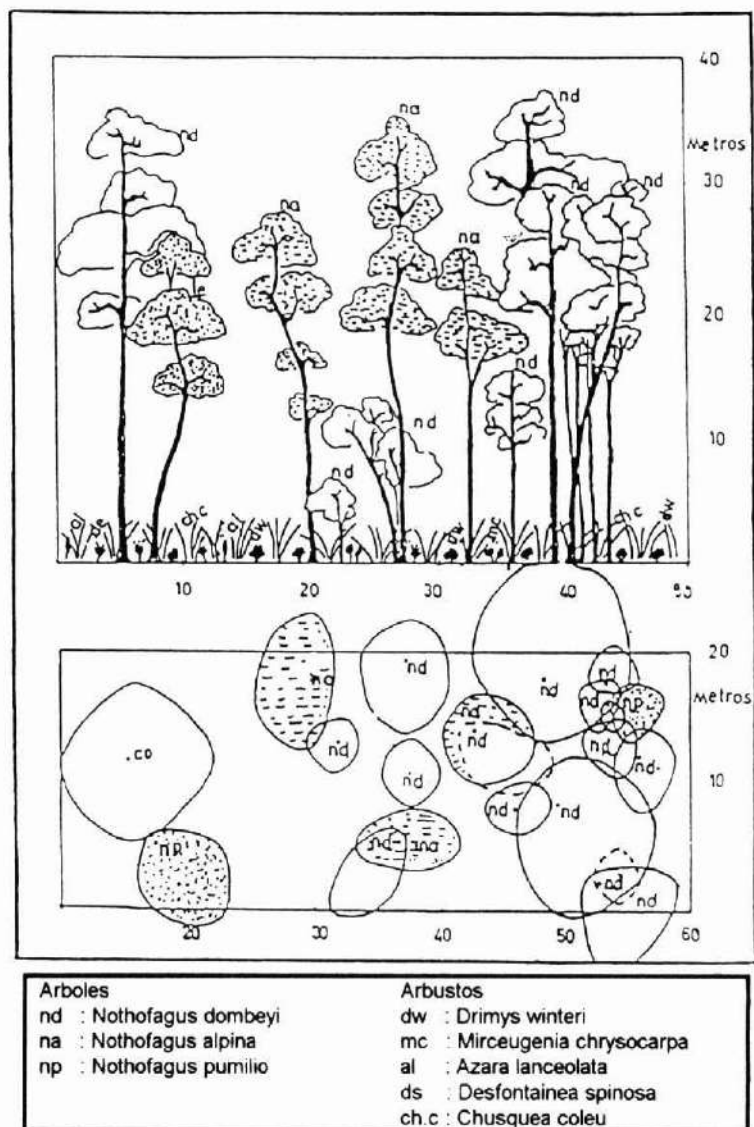


Figura N° 1 PERFIL VERTICAL Y DISTRIBUCION-HORIZONTAL
 BOSQUE COIHUE-RAULI-LENGA

En el Cuadro N° 1 se aprecian los parámetros del bosque intervenido.

Cuadro N° 1

PARAMETROS DE RODAL DEL BOSQUE

Especie	DAP		Area Basal (M ² /ha)	Regeneración (N°/ha)	Cobertura (%)
	(N°/ha)	(cm)			
Coihue	170	55,3	59,1	278	-
Raull	30	58,0	8,0		-
Lenga	10	56,0	2,5		-
Total	210		69,6		56,4

DAP : promedio.

Periodo del Estudio.

La investigación se llevó a cabo entre enero y marzo de 1994, en días despejados sin nubosidad.

Diseño del Estudio.

Para la obtención de la información en terreno se establecieron en cada faja intervenida de 30, 60 y 90 metros, estaciones de medición ambiental, en un transecto perpendicular a la faja. Las estaciones de medición se establecieron cada 15 m a partir del borde del bosque de protección, además de la estación establecida al interior de este bosque.

El número de estaciones de medición fue de 4 para la faja de 30 m, 6 en la faja de 60 m y 8 para la faja de 90 m, incluidas las estaciones testigos localizadas en el bosque de protección.

Método de Cortas de Protección en Fajas.

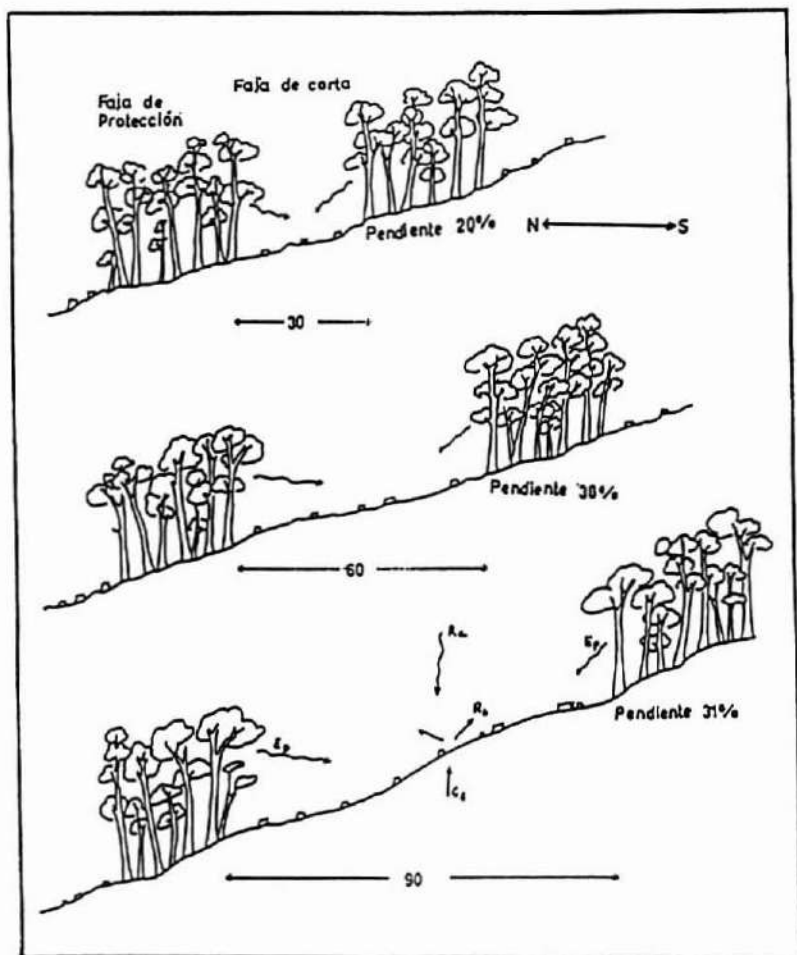
El método de protección en fajas consiste en alternar franjas de bosque con franjas de corta, en las cuales se extrae la totalidad del dosel. Estas fajas se realizan en curvas de nivel y sus anchos corresponden a múltiplos de la altura promedio del dosel (h), que en este caso fueron 1h (30 m), 2h (60 m) y 3h (90 m). El largo de las fajas es variable y depende de las condiciones topográficas, estando limitado por el bosque de protección que corresponde a las quebradas. En este estudio el largo de las fajas fue de aproximadamente 150 m para los tres anchos de faja (Figura N° 2).

El ancho de la faja de bosque de protección fue constante y correspondió a 40 m, que es la altura máxima que alcanzan los árboles de mayor desarrollo. A orilla de los caminos se dejaron 20 m de bosque, con el objeto de proteger los taludes y conservar el paisaje del lugar.

El volumen de estos bosques fluctúa bastante. En los bosques estudiados el volumen medido en trozos fue de 672,5 m³/ha, del cual aproximadamente un 27% corresponde a coihue aserrable, un 10% a madera debobinable de la misma especie, un 13% a raulí calidad aserrable y un 50% a madera pulpable, principalmente de coihue.

El objetivo silvícola de la intervención es regenerar un bosque nuevo dominado por raulí, por medio de plantación. Este bosque será complementado con regeneración natural de semillas provenientes de la faja de protección de especies como coihue, mañío, tepa y lenga, constituyéndose un bosque mixto, similar al bosque original.

**EFFECTOS AMBIENTALES DE DIFERENTES
TIPOS DE CORTA EN BOSQUE NATIVO.
EL CASO DE LAS CORTAS DE PROTECCION EN FAJAS.**



- E_p : Efectos protección (radiación desde el bosque, evapotranspiración, sombra)
 C_s : Calor del suelo
 R_a : Radiación atmosférica
 R_s : Radiación suelo
 E_t : Evapotranspiración

Figura N° 2. CORTAS DE PROTECCION EN FAJAS DE 30, 60 Y 90 M

Variables Analizadas e Instrumentos de Medición.

Las variables microclimáticas consideradas son las siguientes:

- Luz. El indicador escogido es luz difusa, debido a que sus mediciones varían menos que las de luz directa. Para la medición de este parámetro se empleó un luxímetro, ubicado a 1,5 m del suelo y una sombrilla.
- Temperaturas del Aire. Las temperaturas del momento, máximas y mínimas, fueron medidas con un termómetro de temperaturas extremas. Los termómetros se protegieron del sol directo, en aquellas horas que este incidía sobre el instrumento.
- Temperatura del Suelo. Estos valores se obtuvieron con termómetros de suelo enterrados a 10 cm de profundidad.
- Capacidad Evaporativa del Aire. Esta se midió con evaporímetros de Piche, colocados a una altura de 1,5 m y protegidos del sol.
- Humedad Relativa del Aire. Se registró con un higrómetro compacto portátil, equipado con termómetros de bulbo seco y húmedo.

Estas variables se analizaron en las tres fajas realizadas, con la excepción de la temperatura del suelo, la que solo se midió en fajas de 60 m y 90 m.

Procesamiento y Análisis de la Información.

Los datos se procesaron mediante el programa Statgraphics versión 4.1, con el cual se realizaron regresiones lineales simples. Para cada regresión se obtuvieron sus parámetros y el coeficiente de regresión de Pearson y se graficaron las funciones, con sus respectivas bandas de confianza, a niveles de $p=0,05$ y $p=0,01$.

La pendiente de la recta dada por cada regresión, parámetro "b", se consideró como la intensidad del impacto y el parámetro "a" como el nivel del

impacto. La pendiente representa los cambios o el diferencial entre el área intervenida y el bosque no alterado.

El parámetro "a", es el nivel en que se sitúa la recta y está relacionado con las condiciones ambientales estacionales, es decir con los promedios diarios de luminosidad, temperatura, humedad relativa, etc.

RESULTADOS

Luz Difusa.

La intervención a través de cortas en fajas genera, como es de esperar, un impacto fuerte en términos de mayores intensidades de luz difusa. Sin embargo debido al efecto de sombra del bosque de protección, el mayor impacto se observa en las fajas de 60 y 90 m, siendo significativamente menor la cantidad de luz difusa en la faja de 30 m (Figuras N°s 3, 4, 5 y 6). La pendiente de la regresión, o intensidad del impacto, para la faja de 30 m es de 1,56 y para las fajas 60 y 90 m fue de 3,62 y 3,9, respectivamente (Cuadro N° 2).

Los resultados indican que entre las fajas de mayor tamaño (60 y 90 m) las diferencias en cuanto a la luz difusa son pocas y tienden a disminuir a mayor intensidad de luz. Con intensidades bajas las tres rectas tienden a juntarse, sin embargo mantienen niveles de luz mayor que el bosque original, el cual se oscurece antes por efectos de la cobertura.

El mayor nivel de luz existente en la faja de 60 m está dado por el parámetro "a" de la regresión, que presenta un nivel de 2.212 lux y es probable que se deba a las diferencias de pendiente, ya que esta faja presenta una pendiente mayor que la de 90 m. Esta es la única regresión que presenta un situación de mayor efecto en una faja con respecto a otra de ancho mayor.

Cuadro N° 2

ESTADIGRAFOS DE LAS REGRESIONES

Variable	Faja	a	b	r	n
Luz	30 m	1.170,6	1,560	0,75	105
	60 m	2.212,0	3,620	0,51	105
	90 m	1.452,0	3,900	0,72	147
T. Aire	30 m	2,800	1,070	0,86	105
	60 m	-1,170	1,260	0,58	75
	90 m	-5,670	1,430	0,81	147
T. Suelo	60 m	-8,890	2,100	0,62	96
	90 m	-5,840	2,070	0,57	86
HR	30 m	0,311	0,954	0,94	84
	60 m	-3,970	1,000	0,90	105
	90 m	-9,850	1,056	0,86	147
CEA	30 m	1,068	0,838	0,61	90
	60 m	0,840	1,020	0,53	90
	90 m	0,470	1,477	0,56	126

a: intercepto

b: pendiente

r: coeficiente de correlación

n: número de datos

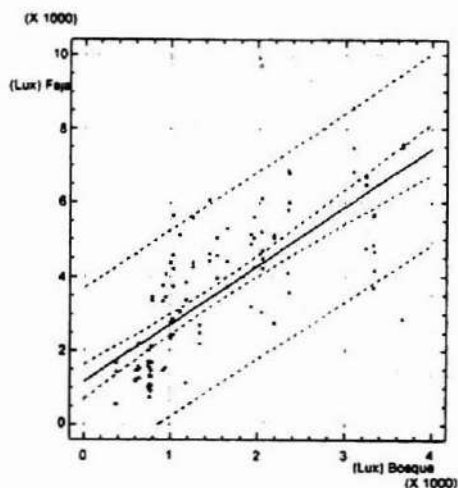


Figura N° 3. EFECTOS DE LA CORTA EN LA FAJA SOBRE LA LUZ DIFUSA.
FAJA DE 30 METROS

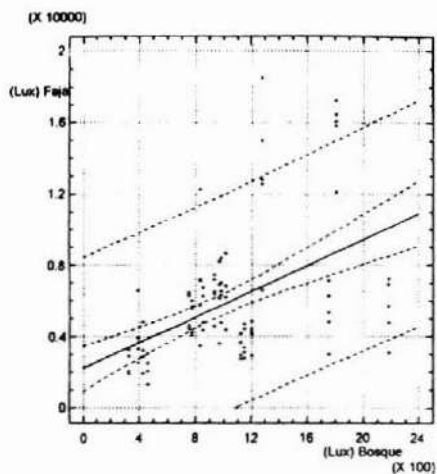


Figura N° 4. EFECTOS DE LA CORTA EN LA FAJA SOBRE LA LUZ DIFUSA.
FAJA DE 60 METROS

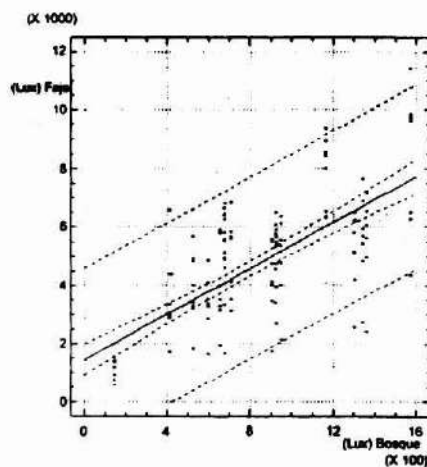


Figura N° 5. EFECTOS DE LA CORTA EN LA FAJA SOBRE LA LUZ DIFUSA.
FAJA DE 90 METROS

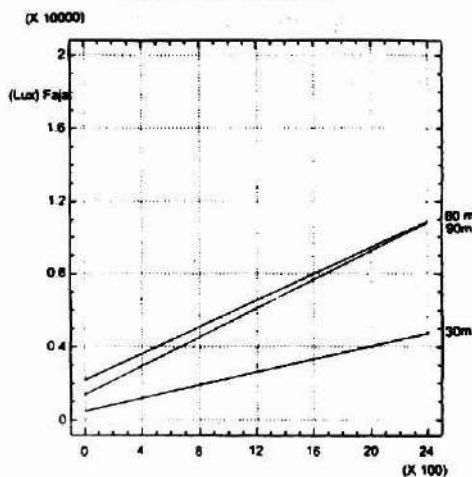


Figura N° 6. COMPARACION DE REGRESIONES
FAJA DE 30 METROS, 60 METROS Y 90 METROS

Temperatura del Aire.

Como resultado directo de la mayor intensidad de luz provocada por la corta, se genera un aumento de las temperaturas del aire en las fajas, con respecto al bosque original. Este efecto tiende a disminuir a menor ancho de faja, debido al efecto de la sombra y de la evapotranspiración del bosque de protección.

De acuerdo a las pendientes de las curvas, la faja de 30 m presenta un impacto de una intensidad de 1,07, por lo que presenta condiciones bastante parecidas al bosque original. La faja de 60 m tiene un impacto de 1,26 y la de 90 m de 1,43 (Cuadro N° 2).

De acuerdo a las funciones establecidas, a partir de los 24 °C la faja de 60 m presenta temperaturas más altas que la de 30 m. Por otra parte, la faja de 90 m muestra, de acuerdo a la regresión, mayores temperaturas que la de 60 m a partir de los 30 °C (Figuras N° 7, 8, 9 y 10).

El valor negativo del intercepto "a" para las regresiones de 60 y 90 m refleja la mayor amplitud térmica o las temperaturas más extremas existente en estas fajas, ya que por ejemplo, para temperaturas inferiores a 14 °C la faja de 90 m presenta valores menores que el bosque, lo mismo ocurre con la de 60 m cuando la temperatura del aire baja de 5 °C.

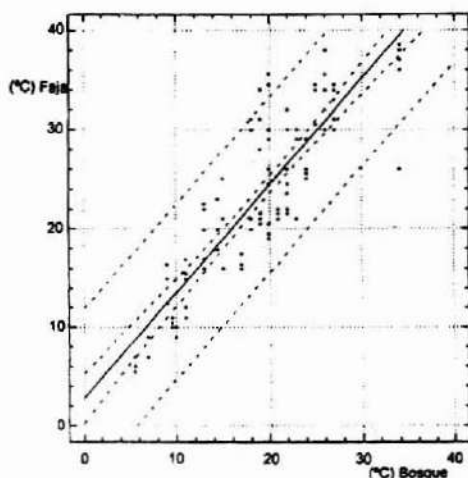


Figura N° 7. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA TEMPERATURA DEL AIRE
FAJA DE 30 METROS.

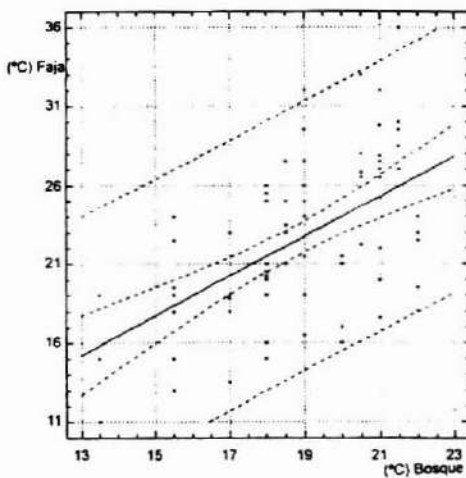


Figura N° 8. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA TEMPERATURA DEL AIRE
FAJA DE 60 METROS.

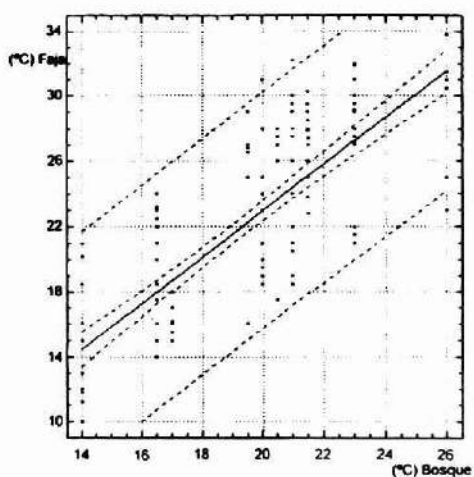


Figura N° 9. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA TEMPERATURA DEL AIRE
FAJA DE 90 METROS.

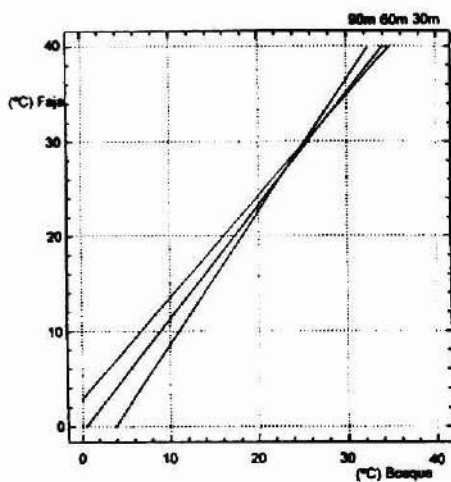


Figura N° 10. COMPARACION DE REGRESIONES
FAJA DE 30, 60 Y 90 METROS.

Temperatura del Suelo.

La mayor radiación y temperatura del aire generada por la intervención, aumenta la temperatura del suelo en todas las fajas con respecto al bosque original.

Del análisis de las fajas de 60 y 90 m, se concluye que el efecto de la corta con respecto a esta variable es el más intenso luego del cambio producido a nivel de la luz difusa. La pendiente o tasa de cambio de las temperaturas con respecto al bosque es de aproximadamente 2,1 para ambas fajas (Cuadro N° 2). Sin embargo, las curvas se sitúan en niveles diferentes, la faja de 90 está aproximadamente 2,7 grados más arriba.

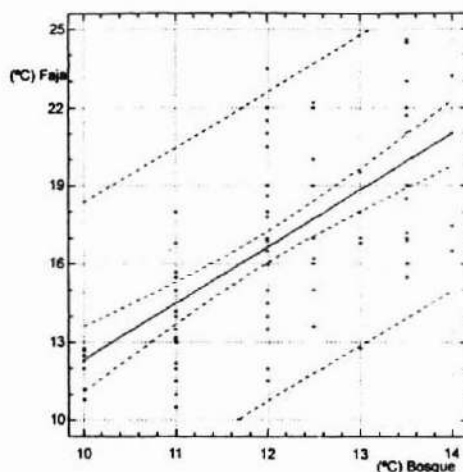


Figura N° 11. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA TEMPERATURA DEL SUELO
FAJA DE 30 METROS.

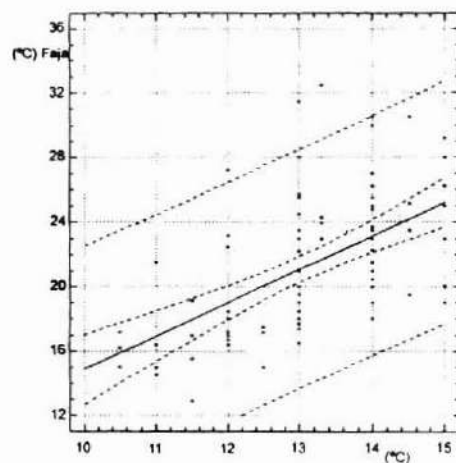


Figura Nº 12. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA TEMPERATURA DEL SUELO
FAJA DE 60 METROS.

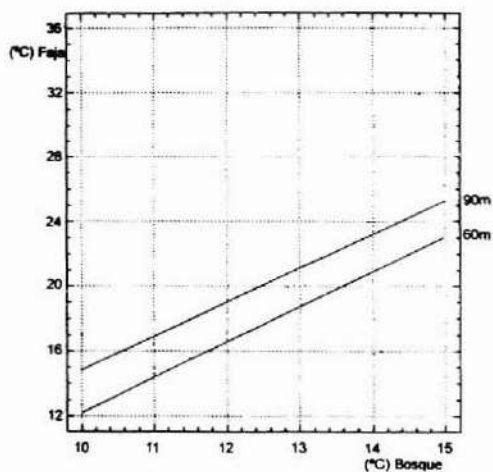


Figura Nº 13. COMPARACION DE REGRESIONES
FAJA DE 60 METROS Y 90 METROS.

Humedad Relativa del Aire.

El impacto de las fajas sobre la humedad relativa del aire, es relativamente bajo con respecto al bosque original, debido probablemente al efecto de la faja de protección, la cual mantiene un cierto nivel de humedad en el aire originado en la evapotranspiración del bosque.

Las curvas para cada una de las fajas analizadas muestran diferencias en sus pendientes. Para la faja de 30 m es de 0,954 y para las de 60 y 90 m es de 1 y 1,056, respectivamente, en consecuencia la intensidad del impacto es muy similar para los diferentes anchos de fajas (Cuadro N° 2).

Las diferencias entre las fajas de 30 m y 60 m tienden a anularse a mayor humedad relativa en los bosques, es así como con humedades sobre el 72%, prácticamente estas dos fajas presentan las mismas condiciones (Figuras N° 14, 15, 16 y 17).

El valor negativo del parámetro "a" en las fajas de 60 y 90 m es teórico y solo representa las mayores diferencias existentes entre las fajas en condiciones de baja humedad relativa.

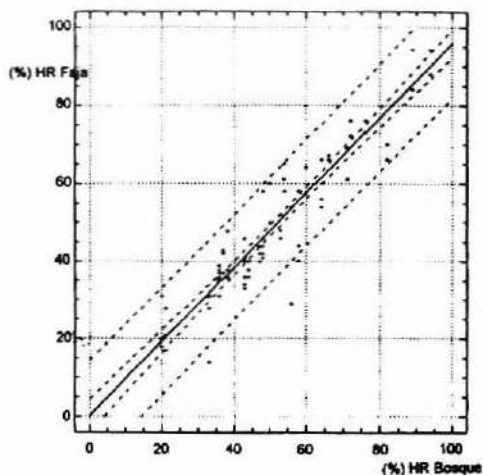


Figura N° 14. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE
FAJA DE 30 METROS.

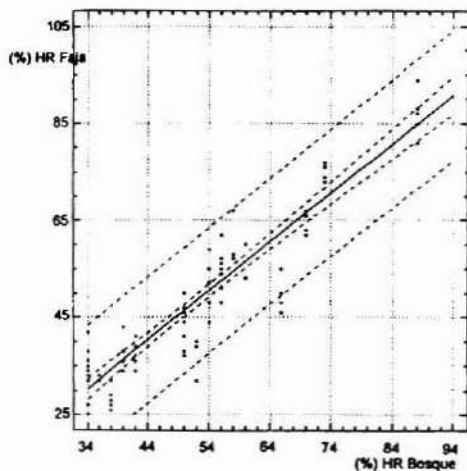


Figura N° 15. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE
FAJA DE 60 METROS.

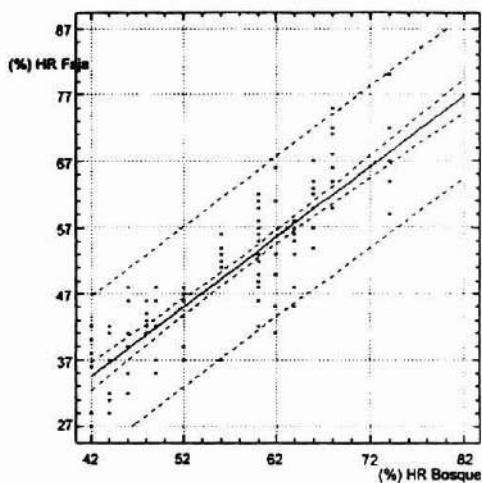


Figura N° 16. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE
FAJA DE 90 METROS

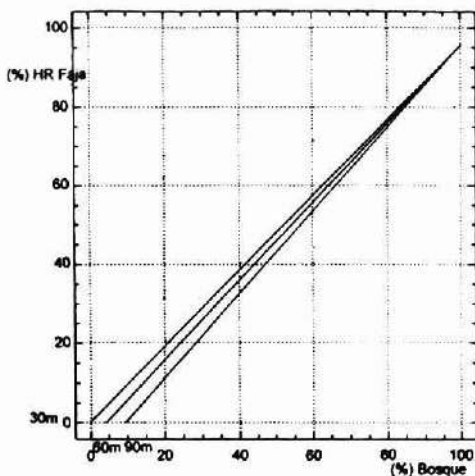


Figura N° 17. COMPARACION DE REGRESIONES
FAJA DE 30, 60 Y 90 METROS.

Capacidad Evaporativa del Aire.

El aumento de la temperatura en las fajas, así como la mayor circulación del aire, inciden en el incremento de la capacidad evaporativa del aire con respecto al bosque.

El impacto de las cortas sobre esta variable es relativamente bajo, las curvas presentan pendientes de 0,838 para la faja de 30 m; 1,02 para la faja de 60 m y 1,477 para la faja de 90 m (Cuadro N° 2).

En los Figuras N° 18, 19, 20 y 21 se muestra el impacto de la intervención en este factor. Se aprecia que las fajas de 30 y 60 m presentan entre si menor diferencia que con la faja de 90 m.

La pendiente de 0,838 de la curva de la faja de 30 m indica que el impacto es menor cuando la capacidad evaporativa sube y las diferencias entre el bosque y el área cosechada tienden a anularse. El valor del parámetro "a" refleja el nivel inicial del impacto (1,068).

Bajo niveles de evaporación de 0,8 ml las relaciones entre las fajas se invierten y la mayor evaporación la presentan las fajas de menor ancho, esto se debe probablemente al aumento de la humedad relativa del aire en las tardes y en las mañanas, humedad que afecta a las fajas más anchas.

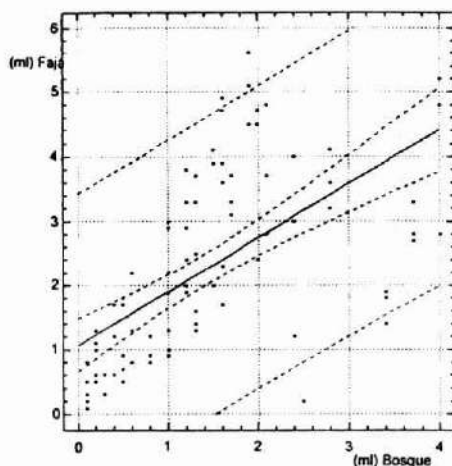


Figura N° 18. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA CAPACIDAD EVAPORATIVA DEL AIRE
FAJA DE 30 METROS.

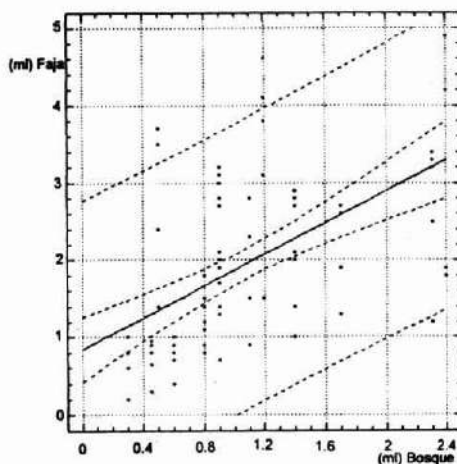


Figura N° 19. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA CAPACIDAD EVAPORATIVA DEL AIRE
FAJA DE 60 METROS.

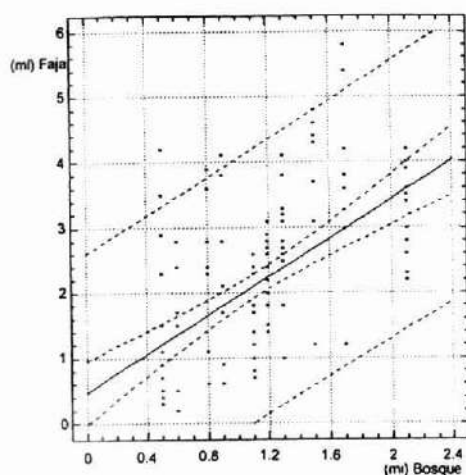


Figura N° 20. EFECTOS DE LA CORTA SOBRE LA CAPACIDAD EVAPORATIVA DEL AIRE
FAJA DE 90 METROS.

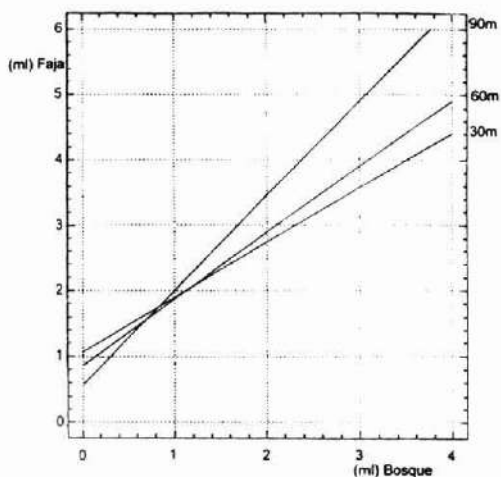


Figura N° 21. COMPARACION DE REGRESIONES
FAJA DE 30 METROS, 60 METROS Y 90 METROS.

DISCUSION

El método de cortas analizado genera un efecto de protección lateral del bosque hacia la faja intervenida, que permite mantener en cierta medida las condiciones ambientales del bosque original. Estas condiciones ambientales varían de acuerdo a los diferentes anchos de las fajas.

Al aumentar el ancho de la faja de corta los factores que cambian con mayor intensidad son la luz y temperatura del suelo y, en menor medida, la temperatura del aire, capacidad evaporativa y humedad relativa del aire.

Los cambios producidos con respecto a la luz difusa en la faja de 30 m, corresponden a 1,6 veces los existentes en el bosque y son bastante menores que los experimentados por las fajas de 60 y 90 m, cuyas variaciones son de 3,6 y 3,9 veces, respectivamente.

En relación a las temperaturas del suelo las fajas de 60 y 90 m presentan intensidades de impacto similares, en ambas intervenciones el incremento de las temperaturas equivale a 2,1 veces la existente en el bosque. Sin embargo, los niveles de temperatura de la faja de 90 m son 3 grados superiores que aquellas de la de 60 m.

Los impactos en las temperaturas del aire revelan cambios más significativos entre las intervenciones de 30 y 60 m, que entre esta última y la faja de 90 m. En la de 30 m la temperatura del aire incrementa 1,1 veces la del bosque, en la faja de 60 m aumenta 1,3 veces y en la de 90 m 1,4 veces.

La intensidad del impacto en la capacidad evaporativa del aire es bajo para las fajas de 30 y 60 m, las que varían en 0,83 y 1,02, respectivamente, en relación al bosque. Para la faja de 90 m la intensidad del impacto es de 1,5 veces la existente en el bosque.

La humedad relativa es el factor menos alterado con la intervención, sin embargo, para humedades relativas bajas, las fajas tienden a diferenciarse disminuyendo la humedad en forma más marcada en las fajas de 90 y 60 m. La intensidad del impacto en la faja de 30 m corresponde a 0,95 veces el del bosque, para las fajas de 60 y 90 m la variación es 1 y 1,05, respectivamente,

por lo que prácticamente no cambian. Por lo tanto el impacto está dado por el nivel inicial de -9,8% de humedad relativa para la faja de 90 m, de -3,9% para la de 60 m y de 0,3% para la 30 m.

Las regresiones lineales descritas son muy significativas y permiten predecir las variaciones microambientales que se producirán con la intervención silvícola durante el período de verano.

Los menores coeficientes de correlación encontrados fueron los correspondientes a la temperatura de suelos y a la capacidad evaporativa del aire. Por otra parte, en la faja de 60 m se presentan en general menores niveles de correlación en sus variables.

Dados los efectos observados, serían recomendables anchos de corta equivalentes a 30 m ó 60 m (1 y 2 veces la altura del dosel) para los bosques y condiciones analizadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las cortas en fajas con anchos equivalentes a 3 veces la altura del dosel (90 m), equivalen en términos de la intensidad del impacto (Otero et al,1994), a una corta de protección uniforme con una cobertura del 30%.

RECONOCIMIENTOS

Para esta investigación se ha contado con la valiosa colaboración de la empresa BOMASA S.A. de Panguipulli, que ha dado las facilidades para la realización de las cortas en bosques de su propiedad, mostrando un permanente interés por la innovación y búsqueda de alternativas de manejo para el bosque nativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arnz J., Delmastro R. y Schlatter, J., 1969.** Influencia de un Rodal de Pinus Radiata sobre Algunos Factores Ecológicos en Comparación al Campo Abierto. Tesis. UACH. Valdivia.
- Bellefeur, Pierre., 1994.** Las Bases Ecológicas del Desarrollo Forestal Sustentable. Seminario Medio Ambiente, Biodiversidad y Actividades Productivas. Instituto Forestal. Santiago 14-15 de Junio.
- Coates K., Emmingham and Radosevich., 1991.** Conifer-seedling Success and Microclimate at Different Levels of Herb and Shrubcover a Rhododendron-Vaccinium-Menziesia Community of South Central British Columbia. Can. Journal Forestry 21: 858-866.
- Donoso, C., 1981.** Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Publicación FAO. Chile.
- Donoso, C., 1989.** Regeneración y Crecimiento en el Tipo Forestal Siempreverde Costero y Andino Tras Distintos Tratamiento. Silviculturales. Rev. Bosque Vol 10 N°1 y N°2. Valdivia.
- Donoso, C., 1990.** Ecología Forestal. El Bosque y su Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. UACH. Editorial Universitaria. Santiago.
- Dykstra, D. y Heinrich, R., 1992.** Sostenimiento de los Bosque Tropicales Mediante Sistemas de Explotación Ecológicamente Adecuados. Unasylva 169. Vol 43.
- Espinosa, M., 1972.** Efecto Importante Sobre la Regeneración del Raulí. Tesis. Facultad Ciencias Forestales. UACH. Valdivia.
- Grosse, A., 1988.** Desarrollo de Raulí en Vivero Bajo Distintos Niveles de Luminosidad y Espaciamento. Ciencia e Investigación Forestal. INFOR.
- Hawley, R.C., Smith, D.M., 1972.** Silvicultura Práctica. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.

Huber, A., Schlatter J. y Oyarzun C., 1984 Aporte en Elementos Nutritivos por la Hojarasca de Bosque Adulto de *Pinus Radiata*. *Bosque* 7(2)59-64.

Huber, A. Y Oyarzun C., 1989. Producción de Hojarasca y sus Relaciones con Factores Meteorológicos en un Bosque de *Pinus radiata*. *Rev. Bosque* (5)1 : 1-11.

Inostroza F., 1986. Estudio Micrometeorológico en un Bosque de Pino Radiata. Tesis. Facultad Ciencias Forestales. UACH. Valdivia.

Kaufmann, M. R., 1977. Soil Temperature and Drought Effects on Growth of Monterrey Pine. *For. Sci.* 23:317-324.

Kittrege, Joseph., 1973. *Forest Influences*. Dover Publication, Inc. New York. 394 Pg.

Marchant, H., 1984. Estudio Micrometeorológico en un Bosque Siempre Verde Intervenido con Distintos Métodos de Repoblación. Tesis. Facultad Ciencias Forestales. UACH. Valdivia.

Nuñez, M, Sander, D., 1981. Frost Protection in a High Altitude Shelterwood. Department of Geography. University of Tasmania.

Ocaña-Vidal, J., 1992 Ordenación de Bosques Naturales Mediante Franjas Protectoras. *Unasylya* 169, Vol 43

Otero, L. Donoso, P. y Barrales, L., 1994. Efectos Ambientales de las Cortas de Protección en Bosque Nativo. Seminario Medio Ambiente, Biodiversidad y Actividades Productivas. Instituto Forestal. Santiago 14-15 de Junio de 1994.

Pollard, D. F. W. and Logan, K. T., 1977. The Effects of Light

Intensity, Photoperiod, Soil Moisture Potencial, and Temperature on Bud Morphogenesis in *Picea* Species. *Can. J.For. Res.* 7:415-421.

Ronco, F., 1970 Influence of Light Intensity on Survival of

Planted Engelmann Spruce. *For. Sci.* 16:331-339.

Peralta, M. y Oyanedel, E., 1980. Regeneración en Bosque Nativo de

Raúl. Facultad Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago.

Probst, J. and Crow, T., 1991. Integrating Biological Diversity and Resource Management. *Journal of Forestry* 89(2).

EFICACIA IN VITRO E IN SITU DE PRODUCTOS ANTIMANCHA SIN FENOLES CLORADOS.

David Saelzer C. (*)
Miguel Peredo L. (**)

RESUMEN

El estudio de productos que puedan reemplazar al PCP-Na en la prevención de la mancha azul del pino requiere de métodos de laboratorio que permitan encontrar la dosis mínima efectiva (d.m.e.) de un preservante, in vitro, y así obtener el rango de concentraciones que debe ser empleado en ensayos in situ. De modo que, es importante saber si la d.m.e. obtenida en una prueba de laboratorio se acerca a los resultados de terreno. En este trabajo se prueba la eficacia de dos preservantes antimancha alternativos al PCP-Na en la prevención del ataque de Ceratocystis pilifera (Fries) C. Moreau, sobre madera de Pino Pinus radiata D. Don), según las especificaciones de la norma ASTM D 4445-84. Se compara los resultados, con los que se obtiene de un ensayo montado en la cancha de secado de un aserradero. BUSAN 1009 y SINESTO B son efectivos en laboratorio al 2.0% y 5.0%, respectivamente. En terreno, la d.m.e. de ambos preservantes no supera estos valores.

Palabras claves : Pinus radiata, Preservación y Baño antimancha

(*) Ingeniero Forestal. Casilla 68-D, Valdivia.

(**) Ingeniero Forestal. Dr. Ciencias Forestales. Instituto de Tecnología de Productos Forestales. U.A.CH. Casilla 853, Valdivia.

ABSTRACT

The study of products that can replace PCP-Na in the prevention of blue stain requires the use of laboratory methods to determine the effective minimal dosis (e.m.d.) of a preservative, *in vitro*, so as to calculate the concentration range that can be used on trials *in situ*. It is important therefore to know whether the e.m.d. obtained in laboratory are similar to the results obtained in the field. This research proves the effectiveness of two alternative products, which do not present clored fenols, in preventing the attack of *Ceratocystis pilifera* (Fries) C. Moreau, over pine wood (*Pinus radiata* D. Don), according with specifications of norm ASTM D 4445-84. Result are compared with those obtained in a trial established in a storeyard of a sawmill. BUSAN 1009 and SINESTO 6 are effective in laboratory at 2.0 % and 5.0 % respectively. In the field, the e.m.d. of both preservatives do not surpass these values.

Keywords: *Pinus radiata*, Preservation and anti sapstrain dip.

INTRODUCCION

Debido a la importancia de la madera aserrada de pino insigne (***Pinus radiata*** D. Don) en la industria nacional del aserrío y la prohibición del uso de pentaclorofenato de sodio (PCN-Na) en muchos países que importan esta madera (David, 1991; C.E.E., 1991), se han realizado numerosos estudios destinados a evaluar la eficacia de productos antimancha que puedan sustituir al PCP-Na en la prevención del azulado del pino (Hanke, 1991; Quiroz, 1991; Peña, 1988). En este tipo de estudios se requiere de métodos fidedignos, para probar los diferentes preservantes, que sean representativos de las condiciones naturales en que los hongos manchadores se desarrollan y que a la vez puedan implementarse en laboratorio en forma más o menos simple, sin tardar demasiado en obtener los resultados (Schulz, 1951).

Luego de obtener la dosis mínima efectiva (d.m.e.) de un producto en laboratorio, se debe repetir el ensayo de eficacia en terreno, ya que las condiciones reales en que la madera debe ser protegida de la mancha azul-almacenaje en aserradero, puerto de embarque y transporte marítimo - son sensiblemente diferentes a las condiciones de laboratorio (Williams, 1991a). La obtención de resultados en un ensayo preliminar de terreno tarda cerca de 90 días de manera que, si las concentraciones ensayadas en terreno - a partir de los datos obtenidos en laboratorio - no corresponden al rango en que se encuentra la d.m.e., se puede perder varios meses de experimentación.

El objetivo de este trabajo es determinar la d.m.e. *in vitro* de dos preservantes antimancha alternativos al PCP-Na, y comparar los resultados, con los obtenidos mediante una prueba de eficacia *in situ*.

MATERIAL Y METODO

Material

Se utilizó madera fresca de albura de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don), sin manchas ni defectos que puedan alterar los resultados. Para el ensayo de laboratorio se dimensionaron probetas de corte tangencial, de 70 x 20 x 7 mm (ASTM, 1984). En el ensayo montado en terreno se ocupó probetas de 2,5 m de largo x 100 a 150 mm de ancho x 25,4 mm de espesor.

En la prueba de eficacia de laboratorio se utilizó *Ceratocystis pilifera* (Fries) C. Moreau como agente manchador. En el ensayo de terreno la madera se dejó en un lugar que aseguraba su contaminación con hongos manchadores. En las dos pruebas se trató la madera con los preservantes BUSAN 1009 y SINESTO B. Las concentraciones aplicadas se presentan en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1

CONCENTRACIONES DE BUSAN 1009 Y SINESTO B
APLICADAS EN LOS TRES ENSAYOS (% p/p)

Producto	Ensayo	Concentración						
Busan 1009	Laboratorio	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	-	-
	Terreno	-	-	1,5	2,0	-	3,0	4,0
Sinesto B	Laboratorio	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0		
	Terreno	-	4,5	5,0	-	6,0	8,0	

(-) concentraciones no ensayadas

En la prueba de eficacia *in vitro* se utilizó además PCP-Na al 2% como producto patrón.

Método

El ensayo de laboratorio se realizó siguiendo las especificaciones de la norma ASTM D 4445-84 (ASTM, 1984). Para cada concentración de los preservantes analizados, se utilizó 10 repeticiones, lo mismo para el producto patrón y para el testigo, lo que hace un total de 120 probetas.

Las probetas se trataron con el producto a la concentración correspondiente (p/p), mediante inmersión por 15 segundos en la solución preservante contenida en un vaso de precipitado. Las probetas testigo fueron bañadas en agua destilada para mantener el mismo grado de humedad en la madera.

Después del baño se dejó estilar las probetas por 10 segundos, y luego se introdujo de a dos probetas en cada placa petri, provista de tres láminas de papel filtro bajo una placa de aluminio (3 mm espesor). Todo el material preparado fue esterilizado a 121°C y 1 Kg/cm² de presión durante 15 minutos para lograr el crecimiento exclusivo del hongo de prueba.

Después de 24 horas, las probetas fueron inoculadas en la cara superior con 2 ml de una solución de micelio y esporas del hongo de prueba. Se agregó agua destilada hasta cubrir los papeles filtro con una delgada película de agua, y así mantener una humedad ambiental adecuada para el desarrollo del hongo. Con este mismo propósito, se envolvió cada 5 o 6 placas en una bolsa de polietileno.

Por último, las probetas se dejaron por cuatro semanas en una estufa climatizada a 25°C aproximadamente, donde se les continuó aplicando agua esterilizada de acuerdo a la necesidad de cada placa petri. Se realizaron cuatro mediciones - cada una semana - de las superficies con crecimiento de micelio sobre las probetas. En la última medición, se registró además la superficie con presencia de mancha azul. Las mediciones se hicieron con la ayuda de una malla cuadrículada que dividía la superficie de las probetas en 20 partes iguales.

En los ensayos de terreno se utilizaron 30 probetas por cada concentración, más 60 probetas testigo, lo que suma 300 repeticiones. Las probetas de madera fresca recién aserrada fueron bañadas durante 15 segundos en las soluciones preservantes antimancha y luego se dejaron escurrir sobre el recipiente que contenía la solución. La preparación de cada concentración se hizo al finalizar la aplicación de la concentración inmediatamente superior, añadiendo el agua

necesaria para diluirla. En el cálculo consideró la absorción de 64 lts. de solución por cada 100 pulgadas de madera tratada.

La madera fue almacenada durante 90 días, entre el 17.12.92 y el 17.02.93, mediante dos sistemas de encastillado: con y sin separador, en el Patio del Aserradero Vista Alegre Ltda. en Valdivia. La evaluación de la superficie manchada se hizo mediante inspección ocular de la cara y trascara de las probetas. La superficie e intensidad de mancha se clasificó en rangos de 0%, 1-10%, 11-25%, 26-50% y >50%. Se realizaron tres mediciones separadas por 30 días.

En la Figura N° 1, se muestra el diseño experimental utilizado en el ensayo de terreno. La parte superior (A), representa un bloque, donde cada una de las 30 probetas está identificada con una letra y un número. Las líneas horizontales indican la presencia de separadores entre las probetas. En la segunda parte de la figura (B) se explica la disposición de la madera encastillada. Los dos primeros castillos constan de cuatro bloques, como el anteriormente descrito. Cada uno de estos bloques está compuesto de 30 probetas tratadas con un producto a una concentración determinada. El tercer castillo tiene sólo dos bloques, ambos con madera sin tratar.

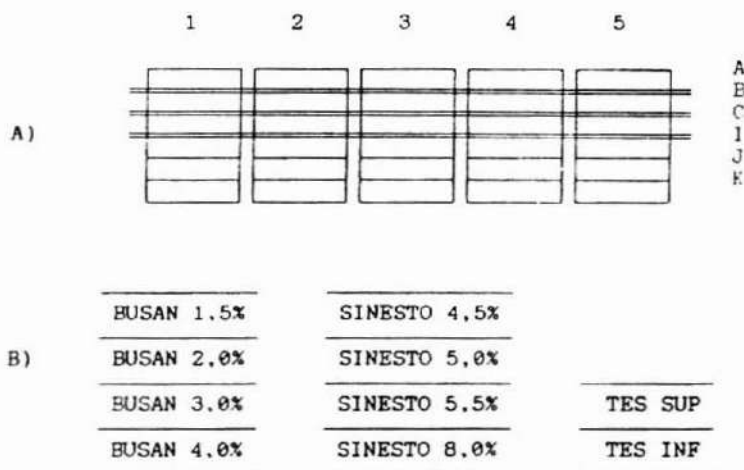


Figura N° 1. DISEÑO DE LOS CASTILLOS DEL ENSAYO EN TERRENO (TES, SUP Y TES INF: TESTIGO, BLOQUE SUPERIOR E INFERIOR)

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se comparó la efectividad de los preservantes antimancha según la d.m.e. Para esto, se aceptó como máximo un promedio de 5% de la superficie total manchada. Bajo este límite, una concentración cualquiera se consideró efectiva en el tratamiento contra el azulado del pino.

Además se comparó la tendencia en el comportamiento de la curva : superficie promedio manchada v/s concentración aplicada, con el fin de comprobar si la efectividad, como variable dependiente de la concentración, se comporta de la misma forma en terreno que en laboratorio.

RESULTADOS

En el Cuadro N° 2 se presentan en forma resumida los resultados obtenidos al finalizar los ensayos montados en laboratorio y en terreno. En este último los resultados aparecen divididos según el tipo de encastillado : con separador y sin separador.

Ensayo de Laboratorio

Las probetas tratadas con BUSAN 1009 al 05% presentaron desarrollo de micelio desde la primera semana de ensayo. La superficie promedio afectada en cada medición fue : 2%, 18%, 23% y 26%. Las probetas tratadas al 1% y 1,5% sólo representaron mancha, mientras que las concentraciones 2% y 2,5 fueron efectivas en un 100% (Cuadro N° 3).

Cuadro N° 2

**SUPERFICIE PROMEDIO DE MADERA MANCHADA, TRATADA CON
BUSAN 1009 Y SINESTO B A DISTINTAS CONCENTRACIONES (%)**

Tratamiento	Método		
	Laboratorio	Terreno	
		Con separador*	Sin separador
BUSAN 0,5%	58,0	-	-
BUSAN 1,0%	20,0	-	-
BUSAN 1,5%	18,5	3,0	17,9
BUSAN 2,0%	0,0	0,0	4,7
BUSAN 2,5%	0,0	-	-
BUSAN 3,0%	-	0,0	0,5
BUSAN 4,0%	-	0,0	0,9
SINESTO 4,0%	20,1	-	-
SINESTO 4,5%	22,5	11,9	4,6
SINESTO 5,0%	0,0	1,5	3,1
SINESTO 5,5%	0,0	-	-
SINESTO 6,0%	0,0	0,7	1,7
SINESTO 8,0%	-	0,0	0,0
PCF-Na	0,0	-	-
Testigo	100,0	28,9	74,1

(-) Concentraciones no ensayadas

Cuadro N° 3

**SUPERFICIE ATACADA EN LA CUARTA MEDICION EN PROBETAS
TRATADAS CON BUSAN 1009 (%)**

CC	Repeticiones										MED
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,5%	95	0	85	0	0	100	100	0	100	100	58,0
1,0%	0	0	100	0	0	100	0	0	0	0	20,0
1,5%	35	50	0	0	0	100	0	0	0	0	18,5
2,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2,5%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0

Ninguna de las concentraciones aplicadas de SINESTO B permitió al hongo desarrollar micelio sobre probetas, sin embargo, varias repeticiones tratadas con el preservante al 4% y 4,5% resultaron manchadas (Cuadro N°4).

Las probetas tratadas con PCP-Na al 2,0% no registraron crecimiento de micelio ni presencia de mancha azul. En cambio, todas las probetas testigo presentaron crecimiento de micelio en un 100% desde la segunda medición.

Cuadro N° 4

**SUPERFICIE ATACADA EN LA CUARTA MEDICION EN PROBETAS
TRATADAS CON BUSAN 1009(%)**

CC	Repeticiones										MED
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4,0%	0	0	1	0	0	0	50	100	100	100	20,1
4,5%	0	0	0	40	10	0	0	0	80	95	22,5
5%-6%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0

Ensayo en terreno

El producto BUSAN 1009 fue efectivo en todas las concentraciones aplicadas, excepto en la madera tratada al 1,5%, encastillada sin separador, cuya superficie se manchó en más de un 5%, desde la primera medición. En los demás casos, la madera no se manchó o se manchó en un porcentaje promedio muy cercano a cero, y las probetas presentaron casi en su totalidad una superficie manchada menor al 10% (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5

FRECUENCIA Y PROMEDIO DE SUPERFICIE MANCHADA EN MADERA
TRATADA A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE BUSAN 1009.(%)

CC%	Superficie		0%	1-10%	11-25%	26-50%	>50%	Media
1,5	C/S	Cara	60	40	0	0	0	2,0
		Tras	73	27	0	0	0	1,3
	S/S		30	20	20	25	5	17,9
2,0	C/S	Cara	100	0	0	0	0	0,0
		Tras	100	0	0	0	0	0,0
	S/S		20	75	5	0	0	4,7
3,0	C/S	Cara	100	0	0	0	0	0,0
		Tras	100	0	0	0	0	0,0
	S/S		90	10	0	0	0	0,5
4,0	C/S	Cara	100	0	0	0	0	0,0
		Tras	100	0	0	0	0	0,0
	S/S		95	0	5	0	0	0,9

C/S : con separadores

S/S : sin separadores

CC% : concentración

El cálculo del promedio de superficie atacada, en los Cuadros N°5 y N°6, se hizo en base a la ponderación de cada marca de clase por la frecuencia de probetas respectiva.

En la madera tratada con SINESTO B al 4,5% encastillada con separadores, se manchó sobre el 5% de la superficie desde la primera semana. En todos los demás casos el producto fue efectivo en la prevención de la mancha azul, durante los tres meses de ensayo (Cuadro N°6).

Cuadro N°6

**FRECUENCIA Y PROMEDIO DE SUPERFICIE MANCHADA EN MADERA
TRATADA A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE SINESTO B (%)**

CC%	Superficie		0%	1-10%	11-25%	26-50%	>50%	Media
4,5	C/S	Cara	27	27	13	20	13	21,3
		Tras	87	13	0	0	0	0,7
	S/S		75	15	0	10	5	4,6
5,0	C/S	Cara	86	7	7	0	0	1,5
		Tras	93	7	0	0	0	0,3
	S/S		65	25	10	0	0	3,1
6,0	C/S	Cara	93	7	0	0	0	0,3
		Tras	93	7	0	0	0	0,3
	S/S		80	15	5	0	0	1,7
8,0	C/S	Cara	100	0	0	0	0	0,0
		Tras	100	0	0	0	0	0,0
	S/S		100	0	0	0	0	0,0

C/S : con separadores

S/S : sin separadores

CC% : concentración

La totalidad de las probetas testigo presentaron desarrollo de mancha azul, la mayoría desde la primera medición (Cuadro N°7). En la madera encastillada sin separador, asociada al azulado se registró abundante crecimiento de micelio, que cubría cerca de 100% de la superficie de las probetas, con un aspecto muy similar al que se desarrolló sobre las probetas en los ensayos de laboratorio.

Cuadro N° 7

FRECUENCIA Y PROMEDIO DE SUPERFICIE MANCHADA EN MADERA SIN TRATAMIENTO (%)

Superficie		0%	1-10%	11-25%	26-50%	>50%	Media
C/S	Cara	0	7	30	30	33	42,1
	Tras	0	60	33	3	3	12,8
S/S		0	0	0	3	97	74,1

C/S : con separadores

S/S : sin separadores

CC% : concentración

Dosis mínima efectiva

Como se muestra en el Cuadro N° 8, en ninguno de los casos la d.m.e. de BUSAN 1009 y SINESTO B resultó ser superior en terreno que en laboratorio.

Cuadro N° 8

DOSIS MINIMA EFECTIVA in vitro E in situ DE LOS PRODUCTOS BUSAN 1009 U SINESTO B

Producto	In vitro	In situ	
		con sep.	sin sep.
BUSAN 1009	2,0%	1,5%(*)	2,0%
SINESTO B	5,0%	5,0%	4,5%(*)

(*) d.m.e. puede ser menor que esa cifra

Para BUSAN 1009 encastillado sin separador y SINESTO B con separador la d.m.e., usando como límite un 5% de superficie promedio manchada, fue la misma registrada en laboratorio según la norma ASTM D 445-84. En los otros dos casos sólo se puede inferir que la d.m.e. de estos productos aplicados en

terreno, fue igual o menor que la d.m.e. obtenida *in vitro*, ya que no fueron ensayadas concentraciones menores.

Curva efectividad v/s concentración

Las Figuras N°2 y N° 3 muestran la tendencia en el comportamiento de la superficie manchada influida por las concentraciones a que se aplica cada producto. Como se puede ver, la curva que correlaciona la concentración con la superficie manchada, en la prueba *in vitro*, cruza las demás curvas, que corresponden a la tendencia en el comportamiento del azulado observado en el ensayo *in situ*.

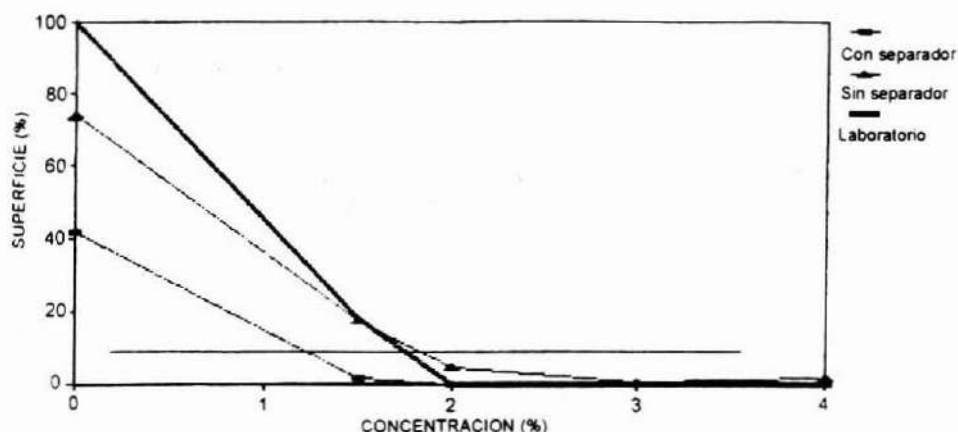


Figura N° 2. TENDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE MANCHADA SEGUN LA CONCENTRACION DE BUSAN 1009

Se puede comprobar entonces, que la influencia de la concentración aplicada sobre los hongos causantes del azulado de la madera, es mayor en las condiciones que proporciona la prueba de eficacia en laboratorio.

De acuerdo a esto, para predecir la eficacia en la prevención de mancha azul en terreno, la prueba in vitro sub-estima el efecto del producto en un rango de concentraciones bajas y lo sobreestima en un rango superior a la dosis mínima efectiva.

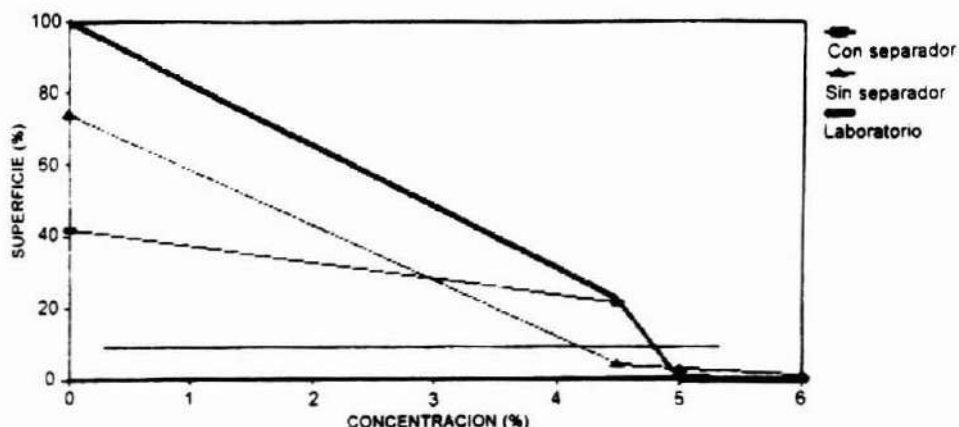


Figura N° 3. TENDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE MANCHADA SEGUN LA CONCENTRACION DE SINESTO B

Debido a este comportamiento en las curvas que relacionan la superficie manchada y la concentración aplicada, la comparación de la d.m.e. observada en terreno y en laboratorio, sólo se puede hacer en base a la superficie promedio manchada que se acepte como límite: en este caso, 5% de la superficie total, como indica la línea horizontal en las Figuras N°2 y N°3.

DISCUSION

Sustrato y ambiente de cultivo

La estufa empleada, cuya temperatura oscilaba entre los 28,5 y 21, y las bolsas de polietileno no se ajustan integralmente a las especificaciones de la norma descrita. Sin embargo, la temperatura y humedad dentro de las placas petri permitieron un abundante desarrollo de micelio sobre las probetas testigo, por lo que se estima que éstas condiciones no afectaron significativamente este ensayo.

Las variaciones en el grado de ataque entre las probetas de una misma concentración se registró también en un ensayo paralelo según el **método de los discos**, en el que se utiliza madera seca impregnada en una solución de Agar al 1%, lo que garantiza la homogeneidad del sustrato (Peredo, 1980). Esto se podría explicar por la relación, no siempre clara, entre concentración aplicada y preservante retenido, datos que contrastan con la baja desviación estándar calculada para la absorción y retención de preservantes evaluada en el estudio de Peña (1988).

Como las características del baño antimancha fueron las mismas para todas las probetas tratadas, se podría suponer que, como el tamaño y corte de las probetas permiten que éstas tengan la superficie total de una cara con madera temprana o tardía, la absorción y retención de las soluciones preservantes no fue homogénea. Esto se podría solucionar utilizando probetas de corte radial, que incluyen madera temprana y tardía en una misma cara, o elaborando probetas de corte transversal, de tablas o ramas, como las que utilizó originalmente Schulz (1951) en el método de los discos.

Epoca de ensayo

La fecha en que se realizó la prueba de eficacia en terreno corresponde a la época de menos lluvia y mayor calor en la ciudad de Valdivia. Los cuatro días siguientes a la instalación del ensayo fueron muy cálidos y con fuerte irradiación solar. Esto debió disminuir el contenido de humedad de la madera en forma considerable, desfavoreciendo el desarrollo de los hongos manchadores a través de todo el ensayo.

La época de ensayo puede introducir otros factores de variación, como la concentración de inóculo en el ambiente y su composición, y el contenido de nutrientes disponibles para los hongos manchadores en la maera. Keirle (1977) observó que la época de mayor susceptibilidad de las trozas de pino insigne al ataque de hongos manchadores y pudridores es en primavera y verano, y sugiere que esto se relaciona con la variación estacional del contenido de nitrógeno en la maera de albura.

Diseño experimental

El diseño del encastillado, donde las concentraciones menores fueron apiladas sobre las mayores, eliminó el riesgo de que una posible lixiviación de los productos aumentara la concentración del preservante en la maera ubicada abajo. Sin embargo, este diseño plantea dos interrogantes. :

Las concentraciones menores pudieron tener una mayor lixiviación por estar ubicadas en la parte superior del castillo, expuestas al efecto directo de la lluvia. Esto explicaría el quiebre de la curva que relaciona la superficie manchada con la concentración de SINESTO B, cuando este producto se aplica al 4,5% en manera apilada con separador (Figura N°3). Se pudo observar que las probetas tratadas a esta concentración fueron atacadas con mayor intensidad, en la medida en que se encontraban más cerca de la superficie superior del castillo.

En el bloque superior de la madera sin tratamiento (Figura N° 1), el ataque de hongos manchadores en las probetas encastilladas con separador es considerablemente mayor, al compararlo con el bloque inferior. Esto se debe, seguramente, a la diferencia de temperatura, humedad y radiación solar que existe al acercarse o distanciarse del suelo.

Estos dos posibles sesgos en los resultados pudieron ser evitados, apilando la madera tratada con cada concentración en castillos independientes.

Hongos manchadores

La utilización de *Ceratocystis pilifera* como hongo de prueba en el ensayo de laboratorio, se basa en su descripción como principal agente causante de mancha azul en madera de pino en el país (Aguilar, 1985). Sin embargo se sabe que cada año siguen llegando nuevos hongos, debido las importaciones de productos, turismo, etc. (Osorio, 1993)^(*). Estos, y los demás hongos manchadores que se conoce en Chile, junto a innumerables microorganismos, crean un complejo sistema de interacción: entre ellos, con la madera tratada, y con el producto aplicado, llegando incluso a reducir el nivel de efectividad de un fungicida aplicado (Peredo, 1993)^(**), dada la capacidad de algunas bacterias de causar su propia biodetoxificación (Williams, 1991a).

De esta manera se podría explicar, que la influencia de la concentración del fungicida no fuera tan determinante en el azulado de la madera en condiciones naturales, como lo fue en la prueba de eficacia en laboratorio.

De esta manera se podría explicar, que la influencia de la concentración del fungicida no fuera tan determinante en el azulado de la madera en condiciones naturales, como lo fue en la prueba de eficacia en laboratorio.

Se puede suponer que, aparte de la influencia de la época de ensayo, el tiempo de almacenamiento de las trozas en el bosque y en el aserradero hacen variar el tipo y cantidad de agentes manchadores y organismos asociados, que influyen en la agresividad del ataque y sobre la eficacia del preservante, dado

(*) Dr. Moisés Osorio, U.A.Ch. Comunicación personal.

(**) Dr. Hernán Peredo, U.A.Ch. Comunicación personal.

que los trozos traídos del bosque contienen altos niveles de desarrollo fungoso, que si no causan daño directo al rollizo, son una importante fuente de inóculo (Williams, 1991b)

Todas estas consideraciones, hacen recomendable completar una comparación de eficacia entre pruebas *in vitro* e *in situ* con ensayos realizados en otras épocas del año.

Resultados obtenidos

Como se ha señalado, la pendiente de la curva de superficie manchada es menos pronunciada en terreno que en laboratorio. Por ésto, la comparación de la dosis mínima efectiva, tiene un factor de variación : la superficie manchada que se tolera. Si por ejemplo, este límite de tolerancia baja muy cerca de cero, la d.m.e. en terreno puede elevarse cerca de un punto en este ensayo.

Otro criterio que podría haber cambiado los resultados de la comparación *in vitro* e *in situ* es la duración de cada uno de los ensayos realizados, ya que el desarrollo de la mancha azul en el tiempo puede ser distinto en laboratorio que en terreno. Se podría esperar que la efectividad de los preservantes permanezca por menor tiempo en terreno, debido a los efectos del clima y los microorganismos. Pero, por otro lado, las óptimas condiciones de cultivo en laboratorio, donde el hongo crece además sin competencia, podrían permitir un ataque más intenso.

CONCLUSIONES

Los productos BUSAN 1009 y SINESTO B fueron efectivos al 2,0% y al 5,0% de concentración respectivamente, en la prevención del ataque de *Ceratocystis pilifera* (Fries) C. Moreau sobre madera de *Pinus radiata* D. Don, según las especificaciones de la norma ASTM D 4445-84.

En la prueba de eficacia realizada en terreno, la d.m.e. de estos productos nunca fue mayor que en el ensayo montado en laboratorio. En la madera

tratada con BUSAN 1009, encastillada sin separador y con SINESTO B, encastillada con separador, la d.m.e. resultó ser la misma. En los demás casos, la fue menor.

La eficacia de los productos antimancha utilizados en terreno fue mayor en las concentraciones bajas y menor en las concentraciones altas, al compararla con los resultados obtenidos en laboratorio. Sin embargo, dentro del contexto explicado al comienzo de este trabajo, se puede concluir a partir de su desarrollo experimental, que existe una clara asociación entre la eficacia de los dos productos analizados en laboratorio y en terreno.

La madera encastillada sin separador fue atacada con mucha mayor intensidad que la madera apilada con separadores, especialmente en las probetas testigo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASTM., 1984. Standard method for testing fungicides for controlling sapstain and mold on unseasoned lumber (laboratory method). Annual Book of ASTM Standards. Vol 1101: 705-710.

C.E.E., 1991. Norma del Consejo del 21 de Marzo de 1991. 9ª modificación de la norma 76/769/CEE. (91/173/CEE).

David, R., 1991. La posición del pentaclorofenato de sodio en el contexto europeo. In : Conceptualización de los eventuales productos antimancha en madera aserrada. Hickson Quimetal Latino América Ltda. Santiago, Chile. Marzo de 1991.

Hanke, T., 1991. Cinco años de investigación en Chile en la identificación de productos alternativos al pentaclorofenato de sodio en tratamientos de madera. In : Conceptualización de los eventuales productos antimancha en madera aserrada. Hickson Quimetal Latino América Ltda. Santiago, Chile. Marzo de 1991.

Keirle, R., 1977. Effect of storage in different seasons on sapstain and decay of *Pinus radiata* D. Don. in N.S.W. Aust. For., 1978. 41 (1) : 29-36.

Peña, R., 1988. Determinación de la eficacia de productos antimancha sin fenoles clorados en su formulación. Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 35 p.

Peredo, M., 1980. Determinación de la eficacia de algunos preservantes antimancha. Publicación Técnica N°5. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 14 p.

Quiroz, I., 1991. Control biológico *in vitro* de hongos biodeterioradores de la madera de *Pinus radiata* D. Don presentes en Chile. Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile. 29 p.

Schulz, G., 1951. Ein mykologisches Verfahren zur Bewertung vorbeugender Schutzmittel gegen das Verblauen von Kiefernholz. *Angew. Bot* 26 : 42-54.

Williams, G., 1991a. La biodegradación de la madera aserrada por la acción de microorganismos. In : Conceptualización de los eventuales productos antimancha en madera aserrada. Hickson Quimetal Latino América Ltda. Santiago, Chile. Marzo de 1991.

Williams, G., 1991b. El desarrollo de compuestos antimancha alternativos y factores que afectan su grado de efectividad. In : Conceptualización de los eventuales productos antimancha en madera aserrada. Hickson Quimetal Latino América Ltda. Santiago, Chile. Marzo de 1991.

PROPAGACION VEGETATIVA Y SILVICULTURA CLONAL EN EUCALIPTO. Braulio Gutiérrez C. y Patricio Chung G., Ingenieros Forestales (e). División Silvicultura INFOR; Roberto Ipinza C., Dr. Ing. de Montes. Coop. Mejoramiento Genético UACH - CONAF - INFOR - Empresas.

RESUMEN

Se entregan antecedentes relacionados con las potencialidades del uso de la propagación vegetativa y la silvicultura clonal en eucaliptos, discutiendo las ventajas y desventajas asociadas a esta forma de propagación.

Se presenta también un esquema de razonamiento para facilitar la toma de decisión al enfrentar la selección de alternativas de propagación, así como también, una detallada descripción de un programa de producción de plantas a través de enraizamiento de estacas y algunas reflexiones de interés relacionadas con la silvicultura clonal.

Se concluye que la propagación vegetativa no representa una alternativa excluyente para la propagación sexual, sino que un complemento en la explotación de los mejores genotipos dentro de un programa continuo de selección y mejoramiento genético.

Palabras clave: *Eucalyptus, Producción, Mejoramiento genético, Propagación vegetativa, Silvicultura clonal.*

ABSTRACT

Antecedents are presented in relation to the potencialities of using vegetative propagation and clonal silviculture with Eucalipts, discussing the advantages and disadvantages associated to this form of propagation.

Also presented is a reasoning squeme that can facilitate decission making when selecting between propagation alternatives, and also a detailed description of the plant production programme through rooting of stakes, and also some reflections of interest concerned with clonal silviculture.

It is possible to conclude that vegetative propagation is not an excluding alternative to sexual propagation but a complement to exploit the best genotypes within a continuous programme of selection and genetic improvement.

Key words: *Eucalyptus, production, genetic improvement, vegetative propagation clonal silviculture.*

Para lograr la mejor estrategia de mejoramiento es conveniente considerar a lo menos dos rasgos que están directamente ligados con la calidad y rendimiento del proceso productivo de la celulosa y el papel. Ellos son la densidad de la madera y su peso seco.

Hills y Brown (1978) indican que la densidad básica (peso seco de la madera por unidad de volumen, g/cm^3) es uno de los aspectos más importantes en la producción de la pulpa y papel.

En la Figura N° 1 se muestra la relación entre la densidad de la madera y las propiedades del papel.

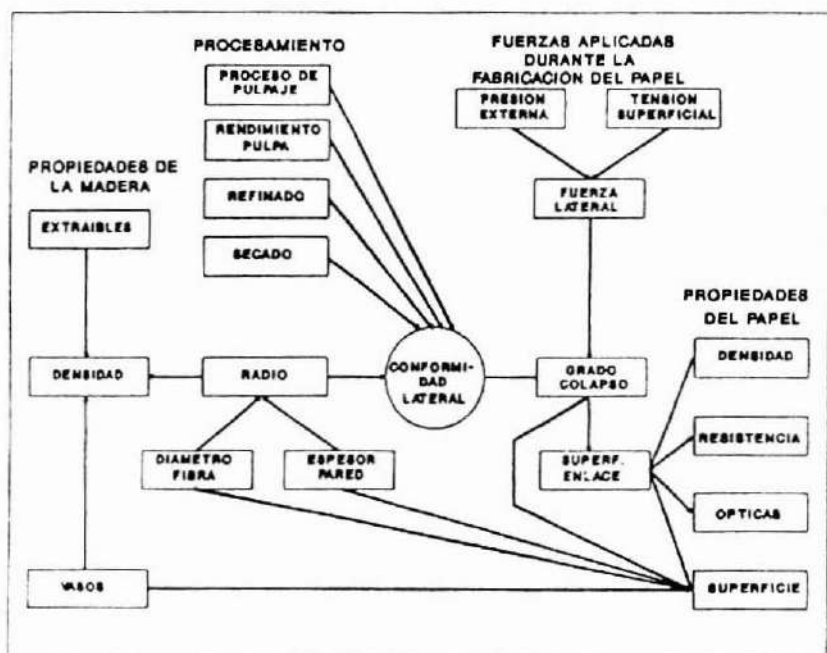


Figura N° 1. ESQUEMA DE RELACIONES ENTRE DENSIDAD DE LA MADERA Y PROPIEDADES DEL PAPEL

Esta característica presenta una importante variabilidad de acuerdo a las procedencias, familias e individuos. También depende de la tecnología silvicultural y de las características del sitio. Paz y Melo (1980), determinaron que en Chile la densidad básica de *E. globulus* fluctúa entre 0,47 a 0,58 g/cm³, variando fuertemente en función de la latitud.

El peso seco es un buen estimador de la producción de pulpa, si se asume que el contenido de celulosa es razonablemente constante para un rango de producción de pulpa por hectárea. Cuando una plantación es talada y la madera entra a la cancha de acopio para ser procesada para pulpa, el criterio de manejo no toma en cuenta el peso seco por hectárea y por año de plantación, pero es vital este conocimiento para saber la cantidad de fibra por unidad de volumen de madera. La capacidad de los digestores es usualmente un factor limitante en la producción y en la eficiencia de los costos de fabricación de pulpa, por lo tanto, es muy importante saber la cantidad de fibras de celulosa por unidad de volumen de madera. La eficiencia de los digestores invariablemente dependerá de la densidad de la madera y del contenido de celulosa (Borralho, Cotterill y Kanowski, 1991).

Los mismos autores indican para *E. globulus ssp globulus* en Portugal, algunas estimaciones de sus parámetros genéticos que se pueden considerar como valores orientadores. La heredabilidad en sentido estricto (varia de 0 a 1) para la densidad es de $0,65 \pm 0,12$ y para el peso seco $0,21 \pm 0,11$. La correlación entre ambas características es $0,17 \pm 0,20$.

Estos valores reflejan que la densidad de la madera es transmitida de padres a hijos, es decir que este carácter es heredable. En cambio el valor para el peso seco es bajo, luego, no es del todo heredable. Además la correlación entre ambos rasgos aunque positiva es baja.

En términos de estrategia de mejoramiento, significa que la reproducción sexual constituye una vía válida para obtener un mejoramiento genético de la densidad de la madera. Pero, lamentablemente este procedimiento no conduce necesariamente a una homogeneización de la madera, aspecto muy anhelado en la producción de la celulosa. En este sentido surge la reproducción vegetativa como la única opción que permite homogeneizar la calidad de la madera de los árboles de una plantación.

En cambio el peso seco manifiesta una baja heredabilidad en sentido estricto, lo que implica que la varianza no aditiva es más importante. Luego, para asegurar una transmisión fiel de este carácter se debe recurrir a una estrategia basada en la reproducción vegetativa.

Esto sugiere que en el futuro se podrían cruzar progenitores con una alta densidad y progenitores con un alto peso seco para de esta forma obtener progenies que integren ambos rasgos. Nuevamente a través de la propagación clonal de estos individuos se podrá optimizar las ganancias genéticas de estas características.

Debido a la importancia que tienen estos aspectos en la industria forestal, se sugiere la tecnología a seguir para optimizar el rendimiento pulpable en el corto plazo.

SILVICULTURA CLONAL

La silvicultura clonal es la utilización masiva de genotipos sobresalientes, a través de plantas obtenidas por enraizamiento de esquejes (estaquillas, estacas) o de plantas obtenidas mediante técnicas de "cultivo in vitro", por medio de cultivo de órganos o de callos o bien mediante plantas derivadas de embriones encapsulados.

El punto de partida es una selección masal basada en el fenotipo, que sirve de estimación del genotipo, lo que conduce a la necesidad de llevarla a cabo en árboles de edades avanzadas, que al menos hayan alcanzado la mitad de su rotación. Aquí surgen algunos inconvenientes debido al estado de madurez de los árboles que proveen los propágulos. Este fenómeno denominado envejecimiento, implica una ausencia o, en su caso, presencia muy reducida (generalmente inhibida por los tejidos circundantes) de células con capacidad organogénica.

La forestación clonal aplicada a algunas especies permitirá reducir la superficie forestal dedicada a la producción o, en su caso, aumentar la producción dedicando la misma superficie en dependencia de la ganancia genética conseguida. Incluso se ha llegado a predecir la desaparición de los huertos semilleros en su concepción actual, que se verían reemplazados por

"huertos de mejoramiento" de tamaño más reducido, en que cada clon seleccionado estaría representado solamente por dos o tres rametos.

Las exigencias de suministro de material vegetal se alcanzarían con la instalación de huertos especiales, tipo "setos", en los cuales las plantas donantes de los propágulos o plantas madres se rejuvenecen mediante podas continuas y sistemáticas. Los clones empleados se multiplicarían en las repoblaciones cultivando plantas jóvenes provenientes de estaquillas cultivadas en vivero o a través del cultivo *in vitro*. Estas opciones, en opinión de Libby (1983), entrañan una mayor economía y evitan las dificultades inherentes a encontrar grandes superficies adecuadas para la instalación de huertos semilleros clásicos.

El distinto origen y conformación del material obtenido, siempre procedente de clones seleccionados y de comportamiento previamente ensayado, está exigiendo una reestructuración de los viveros actuales, como un invernadero climatizado, con envases especiales y sistema de repicado y de fertilización que configuren buenos sistemas radicales.

Los tratamientos silvícolas de las plantaciones clonales serán más efectivos, al ofrecer los clones una mayor posibilidad de predecir su comportamiento. Los tratamientos podrán acoplarse mejor en el tiempo y ser más específicos para los grupos de clones manejados, pero, al mismo tiempo, la elección del sitio más adecuado para cada grupo exigirá una mayor atención en la caracterización de los lugares de plantación.

A continuación se enumeran los caracteres más relevantes que implica, en opinión de Libby (1983; 1985), una silvicultura clonal, en comparación con las opciones tradicionales:

- Producción en masa de genotipos.
- Obtención de una ganancia mayor, al disponer de una proporción también mayor de la ganancia genética no aditiva y de la variación debida a efectos maternos, es decir, los derivados de la dotación génica de cloroplastos y mitocondrias. También en cierto grado, de la variación debida a genes aditivos y a la capacidad de combinación general, no enteramente recogida en las pruebas de progenie y en el proceso de eliminación de los clones inadecuados en los huertos semilleros.
- Captación mediante la selección de gran parte (50%) de la variación genética aditiva que segrega en las familias de fratrias.

- Eliminación de los efectos negativos de la endogamia en las plantaciones de producción.
- Identificación de clones con gran capacidad de adaptación o, al revés, con gran capacidad de interacción con el ambiente.
- Obtención de clones adaptados a situaciones atípicas.
- Identificación de clones capaces de romper correlaciones negativas entre pares de caracteres deseables y utilización de los mismos.
- Selección de clones con mínima capacidad de floración y fructificación, de modo que los fotosintatos producidos se dirijan a la producción de madera, evitando su parcial uso en la producción de órganos reproductores.
- Control de la diversidad genética en las plantaciones de producción.
- Posibilidad de mejoramiento y uso de mayor número de especies, pudiendo llegarse al establecimiento de mezclas de clones de especies que típicamente no lo hacen.
- Posibilidad de combinar alta producción con seguridad y una gestión efectiva.
- La selección clonal no se convierte en una alternativa a un mejoramiento sexual continuo, sino en un puente entre éste y la producción, que se repite en cada nueva generación (Roulund, 1981). Esto se ilustra en la Figura N° 2.

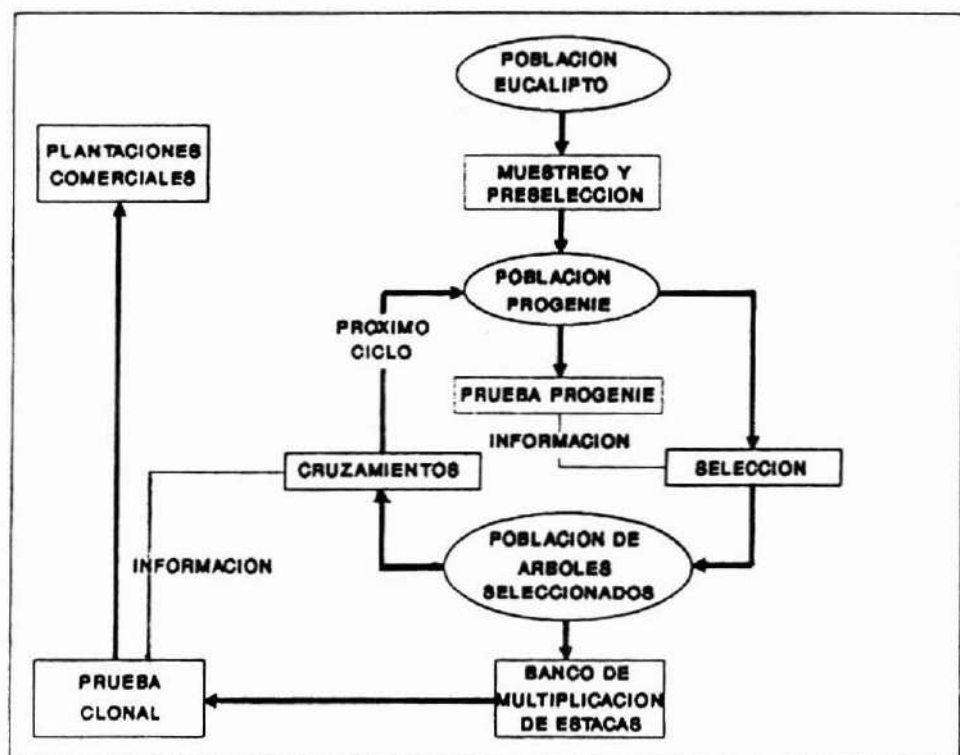


Figura N° 2. DIAGRAMA DE FLUJO MOSTRANDO EL CICLO DE SELECCION Y PROPAGACION ASOCIADO A UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO QUE CONTEMPLA EN UNA DE SUS FASES A LA PROPAGACION VEGETATIVA

LA PROPAGACION VEGETATIVA EN LA PRODUCCION DE EUCALIPTOS

Todos los métodos de propagación vegetativa, incluido el de micropropagación, han sido probados en eucaliptos, pero el más difundido es el enraizamiento de estacas. La amplia preferencia manifestada a nivel mundial por este método obedece a varias razones, entre las que se cuentan la gran cantidad de descendientes que se puede obtener de un árbol individual, evitando los problemas de incompatibilidad de los injertos, y los costos más bajos en comparación con otros.

La técnica de arraigamiento de estacas se usa en varios países, especialmente para aumentar la producción de pulpa. Los resultados más notables se han conseguido en el Congo y Brasil, donde se han instalado extensas plantaciones clonales a nivel comercial, de muy alta productividad. En Aracruz, Brasil, usando esta técnica se han propagado clones que han permitido establecer plantaciones uniformes, con excelente poda natural, contenidos de celulosa superiores al 50% e incrementos medios anuales por sobre los 70 m³/ha/año, características que en conjunto han significado un aumento en el rendimiento de los bosques del orden del 112% (García, 1984, Zobel et al, 1983).

Actualmente, en el mundo se producen millones de plantas por el sistema de estaquillado, principalmente especies subtropicales, como **E. grandis**, y una proporción menor, aunque creciente, de especies de zonas templadas, como **E. globulus**. La técnica de propagación vegetativa se está desarrollando muy velozmente y ya ha sido adoptada por empresas tan importante como la APPM en Australia, CELBI en Portugal y ENCE en España, las cuales ya exhiben programas operativos con **E. globulus**.

Ventajas

La plantación industrial con especies forestales propagadas vegetativamente ha sido una práctica común en especies fáciles de arraigar

tales como **Populus**, **Platanus**, **Salix** y otras. Últimamente, varias especies de **Eucalyptus** se han unido a este grupo, después de que se han depurado algunas técnicas para producir masivamente plantas a través de enraizamiento de estacas (Shimizu, 1988b).

Esta forma de propagación permite capturar y transferir al nuevo árbol todo el potencial genético del progenitor, adicionalmente posibilita la pronta utilización de las características genéticas del árbol seleccionado, pues no se requiere esperar a la producción de semillas para obtener los propágulos para establecer una plantación.

La utilidad de la propagación vegetativa en el desarrollo de material genético mejorado se puede expresar en 2 áreas diferentes. En investigación, reduce la variabilidad genética al permitir disponer de material homogéneo para ensayos y experimentos, lo que hace disminuir la variación residual en las pruebas estadísticas; permite disponer las plantas en un área centralizada, como laboratorio o invernadero para estudios intensivos; también preservar genotipos y combinaciones de genes en bancos clonales o arboretos para propósitos científicos y para posibles usos posteriores en programas operacionales. Por otra parte, en el área operacional o productiva propiamente tal, permite el desarrollo de huertos semilleros o bancos clonales para producción de semillas o propágulos a gran escala, así como el uso directo del material vegetativo en el establecimiento de plantaciones comerciales.

La principal ventaja asociada a la utilización de la propagación vegetativa se encuentra en el campo del Mejoramiento Genético, debido a que permite transferir aquellas características que por su baja heredabilidad no se traspasan eficientemente a la descendencia por vía sexual, mientras no se utilicen técnicas especiales como polinizaciones controladas o huertos biclonales (Zobel y Talbert, 1984; Zobel et al, 1983). Por esta razón, resulta particularmente interesante su utilización para lograr ganancias genéticas en características con un alto componente de variación genética no aditiva, como: crecimiento, peso seco, contenido de celulosa y producción de pulpa. Es también especialmente útil para reproducir híbridos de difícil propagación o cuyas progenies resultan muy variadas.

Desventajas

Desventajas a Nivel de Individuos

A pesar de sus múltiples ventajas, la propagación vegetativa exhibe también algunos inconvenientes. El principal lo constituye la dificultad para propagar árboles fisiológicamente maduros. En este sentido, cuando los posibles árboles padres poseen la edad suficiente como para poder ser seleccionados de acuerdo a la característica a mejorar o perpetuar, normalmente ya ha perdido su capacidad de enraizamiento (Chaperon, 1979; 1983; Hartney, 1980), lo que resulta un obstáculo cuando lo que se busca es propagar árboles con genotipos probadamente superiores (Zobel y Talbert, 1984) y obliga a aplicar técnicas de rejuvenecimiento, que demandan un gasto adicional de tiempo y recursos, antes de iniciar la producción y enraizamiento de los propágulos.

Los problemas derivados de aplicar métodos de propagación vegetativa a árboles adultos han sido resumidos por Franclet (1983) de la siguiente manera :

- Calidad heterogénea, en cuanto a regeneración y vigor vegetativo de las estacas tomadas de la copa.
- Reducción de la homogeneidad y capacidad regenerativa de los órganos, lo mismo que reducción en la capacidad para recuperar el vigor vegetativo, aún cuando las estacas se tomen de la zona más adecuada y la técnica de propagación sea la más compleja.
- Transmisión y memorización de la heterogeneidad en las sucesivas generaciones de estacas enraizadas.

La idea que las estacas, por ser genéticamente idénticas al árbol padre, deberían crecer en la misma forma, puede inducir a error. Efectivamente las estacas son idénticas al árbol padre en el sentido que poseen el mismo genotipo, pero obviamente algunos genes son más efectivos que otros, o deben ser activados o desactivados por el medio ambiente, edad y posición dentro de la planta madre o por tratamientos externos. Esto a su vez afectará la

fisiología del árbol y como resultado, los propágulos a veces no crecerán con el mismo patrón o no tendrán la misma forma que el árbol original.

Este fenómeno, conocido como variación dentro del clon, influye directamente en la ganancia genética lograda. Frecuentemente se manifiesta como diferentes comportamientos, dependiendo de características fisiológicas o morfológicas de la fuente de propágulos al momento de realizar la reproducción clonal (efectos "C"), o también a través de la variación por competencia, según la cual los clones no sólo se comportarían de acuerdo a su genotipo y medio ambiente físico, si no que también de acuerdo a los genotipos de aquellos individuos con los cuales competirán por agua, nutriente, luz y espacio (Shimizu, 1988b).

Los efectos "C" comprenden tanto a la ciclófisis o variación dentro del clon debido a la edad de la planta madre, fenómeno muy relacionado con la maduración del meristema apical de ésta, como a la topófisis, o efecto de la localización de la estaca en el árbol madre, fenómeno responsable de que algunas veces los propágulos enraizados mantengan por algún tiempo un hábito de crecimiento igual al del órgano que ellos constituían en el ortet.

Ambos incluyen variación no sólo en el crecimiento sino que también provocan cambios fisiológicos y morfológicos menos perceptibles, los que en su totalidad pueden ser aminorados en la medida que se utilice material más juvenil o se proceda al rejuvenecimiento del ortet antes de su reproducción asexual. (Zobel y Talbert, 1984).

La variación dentro del clon aumenta con la edad del ortet del que proviene y en la medida que se acentúa la diferenciación entre órganos, tejidos y células en el rameto. Esta variación aumenta en cada una de las características individuales y particularmente para la velocidad de enraizamiento de cada estaca. A diferencia de las características genéticas, la variación dentro del clon esta fuertemente influenciada por el medio ambiente y por el estado nutricional de los rametos (Franclet, 1979).

Existen evidencias de inferioridad en el comportamiento de las estacas enraizadas respecto a las plantas de semillas, aspecto sobre el cual hay controversia, lo que acentúa la importancia de desarrollar experimentos que la aclaren definitivamente (Lindgren, 1977). Se ha señalado que en ocasiones los rametos obtenidos mediante enraizamiento de estacas han desarrollado un sistema radicular desbalanceado y superficial, que los hace susceptibles a caídas por el viento. Si el clon de mayor rendimiento resulta ser susceptible al

viento y ha sido plantado en un área amplia como una población monoclonal, las pérdidas debidas a este factor podrían ser desastrosas.

El sistema radicular poco profundo de los eucaliptos producidos por enraizamiento de estacas constituirá un problema grave en regiones con precipitación estacional, o un muy marcado período seco, pues los individuos estarán más expuestos a la sequía, especialmente en suelos arenosos, donde la capacidad de retención de agua es muy baja.

Desventajas a Nivel de Población

La estructura genética de una población influye en su productividad, estabilidad y resistencia a enfermedades. Al usar propagación vegetativa se altera esta estructura con los consiguientes beneficios y riesgos que ello implica.

En teoría, una población genéticamente heterogénea produce más biomasa y otorga una mayor estabilidad a la productividad dentro de un rango de condiciones ambientales. Por el hecho de existir árboles genéticamente distintos, ocupando nichos ecológicos ligeramente diferentes, se produce una utilización más eficiente del espacio ecológico por parte de la población, la que además tendrá una mejor capacidad de respuesta y adaptación frente a cambios producidos en el medio ambiente (Lindgren, 1977). Por el contrario, una población genéticamente homogénea no puede superar bien los cambios en las condiciones ambientales.

La utilización masiva de propágulos vegetativos para establecer extensas poblaciones clonales está sujeta a muchas críticas, especialmente en el caso de plantaciones monoclonales que presentan las ventajas y riesgos de un sistema de monocultivo. Un rodal altamente productivo se puede obtener propagando vegetativamente al clon de mayor rendimiento, debido a la falta de otra variación genética que afecte esta característica. Sin embargo, por la misma razón éste será altamente vulnerable a pérdidas masivas debido a insectos, enfermedades u otros cambios adversos en el medio ambiente (Shimizu, 1988a; 1988b). Esta situación es especialmente grave en los cultivos forestales, donde el largo período de rotación aumenta la potencialidad de las pérdidas.

A pesar de lo anterior, es posible encontrar clones con genotipos que resistan cambios sin afectar su productividad, manteniendo una buena producción en un rango de condiciones ambientales más amplio, pero esta situación se lograría sólo después de intensos y costosos ensayos en sitios distintos (Lindgren, 1977).

Por otra parte, el rápido crecimiento de los árboles hace que se manifiesten tempranamente fenómenos de competencia, lo que puede hacer necesario establecer las plantaciones con un mayor distanciamiento. También existe controversia respecto al número de clones usados en las plantaciones. Como ejemplo en Aracruz, Brasil, se ha decidido usar 15 clones en cada plantación, los que se disponen en forma de bloques monoclonales de 10 a 20 hectáreas cada uno. A pesar de la controversia aún vigente, esta decisión se ha tomado con la mejor información disponible en cuanto a criterios biológicos y operacionales, existiendo además la posibilidad de establecer plantaciones multiclonales con bloques mixtos (Zobel et al, 1984).

Criterios para Seleccionar la Estrategia de Propagación

De las ventajas y desventajas asociadas a la propagación vegetativa, se desprende que esta no constituye un sustituto para la propagación por semillas, sino que por el contrario, es un complemento en la explotación de los mejores genotipos.

La ganancia genética obtenida al capturar la variación genética total en operaciones clonales, es la mayor posible para un clon dado, pues no existe otra variación genética que pueda ser explorada. Aún así, la búsqueda de materia prima de mejor calidad y de mayor rendimiento debe continuar de modo de adaptarla a los cambios que se generen en las exigencias del mercado, o en el medio ambiente en que los árboles serán establecidos. Esta variación sólo se puede obtener a través de la recombinación genética asociada a la reproducción sexual. Por lo mismo, esta técnica debe seguir utilizándose y, combinada con programas de selección y evaluación de los cruzamientos individuales, generará las recombinaciones genéticas de interés que posteriormente podrán ser propagadas por la vía vegetativa.

Es un error tomar la decisión de invertir en silvicultura clonal en base a los beneficios potenciales de un clon determinado, pues los riesgos de pérdidas por factores ambientales serán también de gran envergadura.

Al tener una población con mayor diversidad genética, esta estará mejor protegida contra los cambios adversos del medio ambiente, si bien el valor medio de aquellas características de valor económico, como consecuencia de la variación, será menor. Por esta razón, la decisión de invertir en silvicultura clonal no deberá realizarse antes de efectuar un análisis cuidadoso de los beneficios potenciales esperados y de los riesgos involucrados.

En términos teóricos, el comportamiento de un árbol o una familia (Y) está determinado por cuatro fuentes de variación, las que se expresan en la siguiente ecuación:

$$Y = Ga + Gna + E + EG$$

Donde;

Ga = Varianza genética aditiva.

Gna = Varianza genética no aditiva.

E = Varianza del medio ambiente.

EG = Varianza de la interacción genotipo ambiente.

La varianza genética aditiva es aquella porción de la varianza genética que los padres transmiten a su descendencia, en forma análoga, la varianza genética no aditiva corresponde a aquella porción que no se traspa a la siguiente generación.

Una medida de la transmisibilidad de una determinada característica es la heredabilidad. Este parámetro genético, que varía entre cero y uno, corresponde a la relación entre la varianza genética y la varianza fenotípica total y puede ser expresado en sentido restringido (h^2) o en sentido amplio (H^2).

$$h^2 = Ga / (Ga + Gna + E + EG)$$

$$H^2 = (Ga + Gna) / (Ga + Gna + E + EG)$$

Dado que en propagación sexual la ganancia genética para una determinada característica dependerá de la proporción de la variación que es efectivamente transmitida a la descendencia, el componente fundamental es la

varianza genética aditiva. En esta situación, si se conoce con anterioridad que el carácter que se pretende mejorar posee una gran proporción de varianza aditiva, la propagación por vía sexual puede ser la estrategia adecuada. Por el contrario, si la mayor proporción de la varianza genética la constituye el componente no aditivo, entonces la mejor estrategia deberá considerar el uso directo de los genotipos seleccionados, a través de propagación vegetativa.

En forma similar, la varianza genética total normalmente se compone de varianza aditiva y no aditiva en proporciones variables, por lo que las estimaciones de heredabilidad mostrarán que H^2 es siempre igual o mayor que h^2 , y dados los mismos diferenciales de selección, las estimaciones de ganancia genética lograda a través de propagación vegetativa serán casi siempre superiores a aquellas logradas con el uso de su descendencia por medio de semillas.

Dentro de estos planteamientos, se puede afirmar que mientras exista varianza genética aditiva, los cruzamientos entre padres superiores tienden a producir una descendencia superior y que las ganancias genéticas serán mayores en la medida que los árboles progenitores sean genéticamente sobresalientes. Sin embargo, esta ganancia esperada no siempre se obtiene con los eucaliptos y tampoco con la mayoría de las especies forestales, pues normalmente un monto importante de la varianza es de carácter no aditivo.

Desde el punto de vista económico, no se debe olvidar que existen grandes diferencias en la capacidad de arraigamiento de los clones de una especie y puede ocurrir que los individuos de mayor rendimiento no permitan ser propagados en la forma más eficiente (beneficio menor que el máximo). Por tal motivo, el costo de las plantas obtenidas por enraizamiento de estacas varía ampliamente y es por lo general significativamente mayor que el costo de las plantas de semilla. Como ejemplo, Shimizu (1988b) señala que en operaciones de producción de plantas a gran escala en Brasil, el costo de aquellas obtenidas por enraizamiento de estacas es de 5 a 10 veces mayor que el de plantas normales producidas en bolsas o tubetes, respectivamente.

En resumen, la decisión de usar en el corto plazo las opciones vegetativa o sexual para la producción de plantas, dependerá en última instancia de una evaluación económica. Esta evaluación deberá considerar las ganancias genéticas esperadas asociadas a cada alternativa, su valoración económica y su relación con las inversiones en infraestructura y costos de operación necesarias en cada caso. Sólo después de efectuado este análisis y en función de la relación costo beneficio, se podrá determinar cual alternativa de propagación utilizar.

En el largo plazo es poco probable que una opción prime sobre otra, pareciendo más lógico que ambas se complementen. Así, utilizando la propagación sexual se podrán obtener nuevas recombinaciones genéticas y, por medio de la propagación clonal, reproducir aquellas de mayor interés.

DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE ESTAQUILLADO

Selección del Ortet

Una vez adoptada la propagación clonal como estrategia de reproducción, se deberá enfrentar como primera actividad la evaluación y selección de los árboles padres (Figura N° 3).

La selección normalmente se efectúa en base a la expresión fenotípica de los individuos y considera al menos los siguientes caracteres:

- Desarrollo en volumen
- Densidad básica de la madera
- Morfología
- Resistencia a plagas y enfermedades

Posteriormente se les evalúa la capacidad para rebrotar de tocón, la calidad de los brotes producidos y la aptitud de enraizamiento de sus estaquillas (Cañas, 1990; Celbi, 1982).

En esta etapa la selección suele ser muy intensa y normalmente sólo el 2% de los árboles plus seleccionados cumplirá adecuadamente todas las restricciones impuestas para llegar hasta la etapa de propagación masiva (Celbi, 1982).

De acuerdo con Potts y Potts (1986), el período de tiempo transcurrido desde la selección de los árboles plus hasta su utilización en plantaciones industriales de clones probados, es de al menos 5 años.

Mobilización

Esta etapa equivale a la primera propagación del ortet seleccionado en la fase anterior y tiene por objeto obtener las copias vegetativas iniciales que aseguren la transferencia del clon al área de producción de estacas (Chaperón, 1983).

El ortet fue seleccionado en una etapa de desarrollo en que ya ha manifestado sus características fenotípicas (madurez) y, como consecuencia de las dificultades existentes en el enraizamiento de material adulto, se debe recurrir a alguna técnica especial para proceder a la movilización. Al respecto existen dos opciones posibles, una de carácter destructivo, que implica el volteo del árbol, denominado técnica de la retoñación o técnica Congo - Brasil, y otra que hace uso de la injertación.

Vía Retoñación

Esta es una técnica de carácter destructivo, pero que presenta la ventaja de simplificar la siguiente fase del proceso o prepropagación.

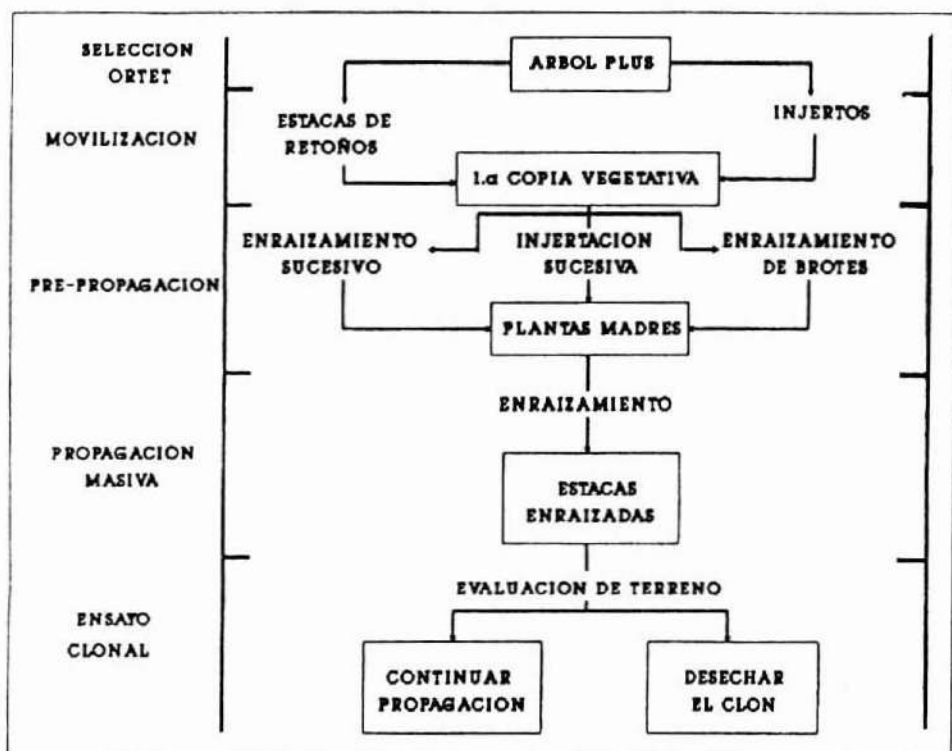


Figura N° 3. SECUENCIA DE PASOS CONTEMPLADOS EN UN PROGRAMA DE ESTAQUILLADO

Consiste en cortar los árboles plus a fines de invierno o comienzos de primavera, dejando un tocón de 15 cm de altura. A longitudes de 40-80 cm son cortados los brotes para obtener de sus tercios inferiores 2 o 3 estacas de 10 a 15 cm de largo y con 2 pares de hojas.

Normalmente se seleccionan los brotes con buena pigmentación clorofílica y preferentemente sin ramificación axilar, observando la precaución de dejar prevalecer un retoño sobre el tocón de modo que su desarrollo equilibre a la planta y evite el agotamiento de la cepa por las sucesivas extracciones de brotes. La estaquilla confeccionada con retoños se somete a un proceso

de enraizamiento como, por ejemplo, el propuesto por Ipinza y Gutiérrez (1992), el que se resume en la Figura N° 4.

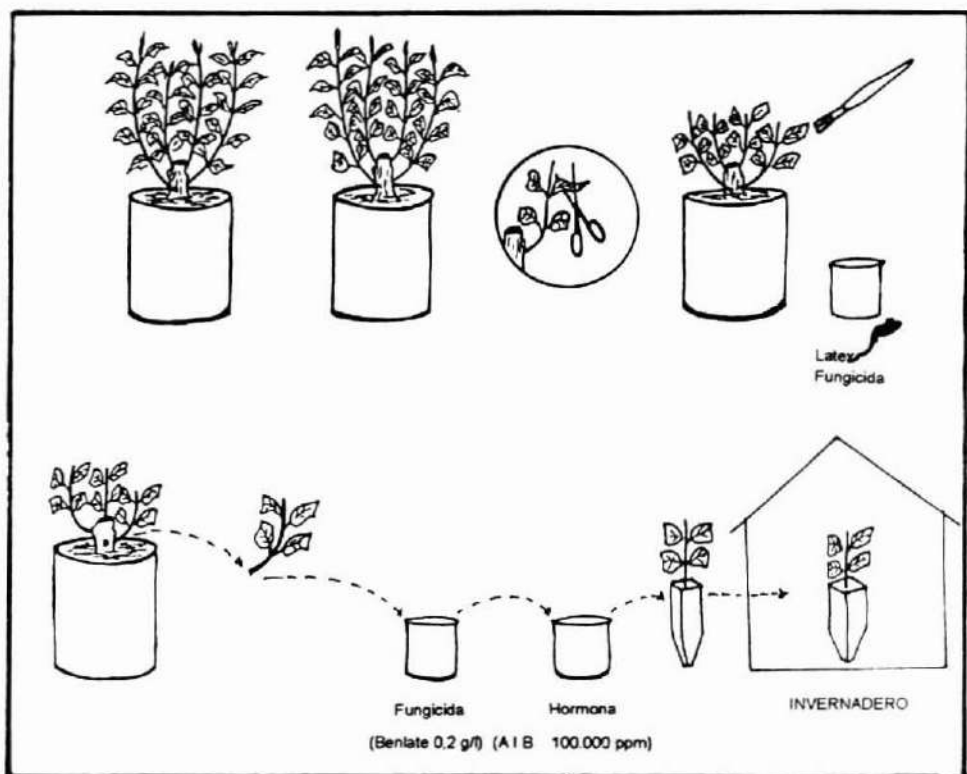


Figura N° 4. ESQUEMA DE LA METODOLOGIA EMPLEADA PARA LA CONFECCION DE ESTACAS

Vía Injerto

Esta alternativa presenta la ventaja de conservar al ortet, pero como contrapartida demanda una manipulación más intensa y especializada para cumplir con la movilización.

Existen diversas alternativas de injertación, obteniéndose buenos resultados con la técnica de hendidura. Ello requiere efectuar una hendidura en el extremo superior del patrón, e introducir en esa hendidura una púa biselada.

Los patrones se producen en invernadero y son cortados a una altura en que la sección de su tallo equivale a la de la púa a utilizar. Por su parte, las púas se extraen del ortet en invierno, desde las zonas en que se manifieste crecimiento activo.

Las plantas injertadas se mantienen en invernadero hasta que se verifique la unión púa patrón (aproximadamente 15 días) y se produzca crecimiento en los brotes de la púa (aproximadamente 30 días).

Pre-propagación

El objetivo de esta etapa es manipular las primeras copias del ortet seleccionado, obtenidas en la fase de movilización. Pretende obtener nuevas réplicas vegetativas de mayor juvenilidad, más reactivas y preparadas para la fase siguiente o de propagación masiva (Chaperon, 1983). En resumen, en esta fase se producen las plantas madres que se utilizarán en la propagación a gran escala del árbol seleccionado. Es también en esta fase donde se elimina, momentáneamente, del proceso de producción masiva a todos aquellos clones difíciles de enraizar o que presentan porcentajes de enraizamientos menores a un mínimo previamente determinado, usualmente el 70%. De acuerdo con Potts y Potts (1986) los clones de este tipo totalizan del orden del 50% de los ortets movilizados. Esta eliminación no es definitiva, pues debido a las características favorables de estos árboles no se aconseja desecharlos, resultando más adecuado estudiar con mayor detalle un protocolo que permita su enraizamiento en forma más eficiente.

Esta etapa del proceso presenta diferentes características, dependiendo de si el clon se movilizó a través de injertos o mediante el volteo del árbol.

Pre-propagación después de Movilización por Volteo

El enraizamiento de los retoños de tocón permite obtener copias juveniles idénticas al ortet. Estas copias normalmente presentan una buena capacidad de enraizamiento, por lo mismo, el enraizamiento de estacas obtenidas a partir de las primeras copias vegetativas generará excelentes plantas madres para las sucesivas propagaciones que demande la multiplicación masiva del árbol selecto.

Este tipo de propagación entrega los mejores resultados, debido a que los porcentajes de enraizamientos mejoran de generación en generación, como consecuencia del rejuvenecimiento progresivo que se produce con los enraizamientos sucesivos, y se mejoran aún más en la medida en que se seleccione en cada generación a la planta madre de mejor calidad.

Pre-propagación después de Movilización por Injerto

En esta situación el árbol selecto está representado por algunas copias injertadas, en las cuales la púa ha experimentado cierto rejuvenecimiento. Este rejuvenecimiento es de escasa magnitud y muy fugaz, por esta razón los brotes desarrollados en el injerto no constituyen buen material para confeccionar estacas enraizables y se hace necesario iniciar el rejuvenecimiento del clon.

El rejuvenecimiento puede efectuarse a través de injertos sucesivos o por inducción de rebrote.

Injertos Sucesivos

Aplicando injertos en forma sucesiva se logra una ganancia en la recuperación de las características juveniles, por cada vez que se injerta (Chaperon, 1979; Franclet, 1983).

Este procedimiento en general es poco apropiado, pues requiere mucho tiempo y una manipulación intensiva y costosa del material vegetal.

El método consiste en obtener un brote desde la púa de una planta injertada, antes que esta reasuma sus características adultas, y practicar con ella un nuevo injerto. Este nuevo injerto exhibirá un efecto de rejuvenecimiento más duradero que el anterior, seguido de una nueva reversión al estado adulto.

Al repetir esta operación en forma sucesiva se obtendrán grados de rejuvenecimiento progresivos, de modo que en la 4° a 5° repetición se habrá conseguido un nivel de rejuvenecimiento compatible con el requerido para producir estacas enraizables a partir de los brotes de la planta injertada.

En *E. camaldulensis* después de un tercer injerto sucesivo, a intervalos de 2 - 3 meses, los clones de más de 80 años recuperan las características juveniles, pudiendo ser posteriormente propagados por estacas (Franclet, 1983).

Inducción de Brotes

Este método, al igual que el anterior, no produce un completo rejuvenecimiento del clon y, aunque posibilita el enraizamiento, este es dificultoso y las estacas enraizadas pueden no exhibir un crecimiento satisfactorio.

El procedimiento para originar las plantas madres consiste, en este caso, en cortar la planta injertada a 15 cm sobre el punto de unión púa - patrón, con el objeto de inducir en ella nuevos brotes. El corte se efectúa a comienzos de primavera, después que el injerto ha estado creciendo por 1 ó 2 años. El

proceso termina con el enraizamiento de los nuevos brotes iniciados sobre la púa.

Propagación Masiva

En esta etapa se reproduce a gran escala al árbol seleccionado, de modo de disponer de las copias suficientes como para establecer las plantaciones industriales y disponer los ensayos clonales.

La técnica utilizada es la llamada propagación "en cascada" o de propagaciones sucesivas por estacas. Ella consiste en reproducir a través de enraizamiento a los árboles madres producidos en la fase de pre-propagación y, posteriormente, utilizar estas estacas enraizadas como madres de una nueva generación, repitiendo el proceso en forma reiterativa.

En esta etapa es importante no propagar a las plantas agotadas por excesivas cosechas de material, así como también ir eliminando de inmediato a aquellas que entregan estacas de pobre enraizamiento, con el objeto de evitar la inclusión de líneas con mala capacidad rizogénica en el clon.

Las plantas madres se pueden manejar en un área especialmente acondicionada para este fin, o se les puede mantener dentro del invernadero bajo las mismas condiciones usadas para el enraizamiento (Chaperon, 1983).

La cosecha de brotes desde las plantas madres se puede realizar cortando las plantas a pocos centímetros sobre el suelo, de modo de obtener rebrotes que se podan para permitir el desarrollo equilibrado de sólo 4 de ellos por planta, o alternativamente, extrayendo los brotes desde arriba de su primer par de hojas, de modo de inducir a ese nivel la formación de 2 nuevos brotes, e ir conformando con la planta madre un seto donante de estacas.

La rotación para la cosecha de estacas desde la planta madre debe ser la más corta posible, extrayendo los brotes tan pronto alcanzan un nivel de desarrollo compatible con la propagación por estacas. Este tiempo es muy variable. Chaperon (1983) sostiene que 2 meses después de haber puesto la estaca a enraizar, ya está disponible para coleccionar de ella material para una nueva estaca. Heth et al. (1986) afirman que se requieren cerca de 6 meses de crecimiento y podas para desarrollar tallos vigorosos y comenzar la producción de brotes uniformes para generar nuevas estacas. Por su parte, Cauvin (1982)

determina que el tiempo óptimo es de 2 a 3 meses, para producir estacas que enraicen bien.

La metodología empleada para confeccionar las estacas e inducir las al enraizamiento presenta algunas variaciones, aunque las consideraciones principales ya están establecidas y se encuentran ampliamente comentadas en la bibliografía, existiendo una detallada descripción en Ipinza y Gutiérrez (1992).

Ensayos Clonales

La última fase en la descripción de este proceso la constituye el establecimiento de los ensayos clonales, de los cuales se pueden desprender algunas consideraciones para las posteriores plantaciones clonales comerciales.

El ensayo consiste en probar la superioridad de los genotipos seleccionados, mediante su establecimiento a nivel experimental en una variada gama de sitios, los cuales deben ser representativos de las condiciones en que se pretende utilizar masivamente a esos clones.

La prueba clonal se realiza mediante un diseño estadístico, en que además de los clones se considera un testigo con plantas provenientes de semilla de uso comercial.

REFLEXIONES SOBRE LAS PLANTACIONES CLONALES

La aplicación de una silvicultura clonal intensiva y extensiva implica hacer un cuidadoso análisis de los beneficios y riesgos potenciales involucrados. El realizar una selección de los árboles superiores para su posterior propagación implica una reducción de la base genética, que lleva por consiguiente a una disminución de la capacidad de respuesta frente a cambios del medio, así como también a una menor adaptabilidad ante las futuras exigencias del mercado de productos forestales. Otro fenómeno que además ha cobrado

importancia en este tipo de plantaciones, tanto en Chile como en otros países, es la posibilidad de ataques de plagas y enfermedades, tanto de organismos exóticos como nativos.

En principio, el uso de las plantaciones clonales tiene como objetivo la formación de poblaciones de alta productividad, mejorar la calidad de la madera y de sus productos, mejorar la uniformidad de los bosques, multiplicar híbridos interespecíficos altamente productivos, mejorar el rendimiento de las plantaciones en áreas con limitaciones específicas, multiplicar individuos resistentes a enfermedades y plagas y aumentar los porcentajes de retoñación de tocones, tanto para obtener material utilizable en estaquillado como para el manejo de los bosques en monte bajo (De Assis, 1986).

Aspectos Fitosanitarios

El éxito alcanzado por los eucaliptos fuera de su distribución natural actual, se debe en parte a la ausencia en los lugares de plantación, de una amplia gama de enfermedades y plagas, las que abundan en su hábitat natural. Por otra parte, el riesgo derivado de la eventual aparición de algunas plagas se va acrecentando debido a la ausencia de los agentes de control biológico y natural que existen en las poblaciones nativas, que normalmente no se presentan en los lugares donde los eucaliptos son introducidos.

Esta situación merece especial atención en el caso de las plantaciones clonales, las cuales al poseer una estrecha o escasa variabilidad genética pueden ser fácilmente diezmadas por los agentes dañinos.

De lo anterior se desprende la necesidad e importancia de reunir una mayor variabilidad en las plantaciones clonales, así como también el adoptar estrategias de silvicultura clonal que tiendan a minimizar los efectos negativos, tanto de los factores bióticos como abióticos.

En Nueva Zelanda *E. globulus* presenta una extrema susceptibilidad al insecto *Paropsis charybdis* (Coleoptera: Chrysomelidae), el cual ha retardado la incorporación al sector productivo neozelandés tanto de *E. globulus* como de *E. nitens*.

Métodos de Control Genético

Las plantaciones monoclonales de eucalipto (conformadas por un solo clon) exhiben una menor susceptibilidad a plagas y enfermedades cuando se usan clones de corta rotación. El daño provocado por los agentes bióticos depende del tamaño de la población sobre la que actúan. Resulta apropiado utilizar pequeñas plantaciones constituidas por un clon, recomendándose un mosaico de parcelas monoclonales, más que una mezcla individual de clones.

Si un clon individual es atacado, este puede ser fácilmente reconocido en el mosaico, eliminado y reemplazado. Este método de manejo es más caro, pues la identificación de los clones se debe mantener dentro de la plantación, aunque por otra parte, la ganancia que se obtiene a través de una mejor utilización del sitio con los clones menos susceptibles, es mayor.

En los programas de mejoramiento genético más avanzados, se pueden disponer clones específicos sobre los sitios más apropiados. Si hay una significativa variación de micrositos, se puede optar por una mezcla clonal, la cual podría ser más efectiva.

Una plantación multiclonal tiene una mayor diversidad genética que una monoclonal, lo que implica estar mejor protegidos en contra de los cambios adversos del ambiente, pero como contrapartida, el valor medio de sus características de interés económico es menor.

Dentro de cualquier programa de producción clonal se debe mantener una variabilidad tal que permita coordinar las distintas condiciones ambientales con las características específicas de cada clon. Por esta razón es necesario tener un gran número de clones en un banco clonal, incluso cuando sólo se considere un número pequeño de estos en un programa de producción. Como algunos clones son eliminados de estos programas, otros deben ser incorporados. Eventualmente, estas nuevas adiciones llegarán de generaciones de producción avanzadas, por lo tanto, se deben establecer reglas para controlar el número de clones y de rametos por clon que aseguren la diversidad genética apropiada (Rauter, 1983).

Martin (1987) en Aracruz, establece que en varios clones e híbridos existen grandes diferencias con respecto a la sensibilidad a plagas y enfermedades.

Debido a esto, es conveniente ordenar todos los clones desde los más sensibles hasta los menos vulnerables para su selección. En algunos casos las plantaciones jóvenes son más vulnerables a los ataques, siendo en su fase adulta menos susceptibles.

La sensibilidad de un clon al ataque de patógenos es difícil de medir cuando este se presenta en pequeñas superficies dispersas, siendo las pruebas de terreno indispensables pero difíciles de realizar e interpretar. La disposición geográfica de los clones es muy importante sobre el grado de ataque. Hoy existen tecnologías, como la selección precoz, que pueden conseguir buenas estimaciones en invernadero. Estas estimaciones serán más precisas en la medida en que exista una buena correlación juvenil-adulto del genotipo a estudiar.

El número apropiado de clones a usar dependerá de la especie, la longitud de la rotación, las características del sitio, la pureza genética y la variación y amplitud de adaptabilidad dentro del clon (Zobel, 1992).

Métodos de Control Químico

Este sistema de control se puede desarrollar, pero implica un costo adicional que será solventable sólo en la medida que el análisis financiero del proyecto lo permita y exista un adecuado conocimiento respecto de esta forma de control. Es conveniente realizar exhaustivas vigilancias periódicas, las que debe efectuarlas un equipo especializado en problemas fitosanitarios. Los tratamientos deben realizarse sistemáticamente para los clones sensibles y de gran valor (Martin, 1987).

Este método es vulnerable en el sentido de que no elimina del todo al agente patógeno, solo disminuye su población, pudiendo volver a atacar cuando se restablece su nivel poblacional o disminuye el poder residual del compuesto químico. Por otro lado, el patógeno puede conseguir adaptarse a mayores dosis del agente químico y desarrollar mecanismos de protección o cepas resistentes a este método de control.

Determinación del Material Superior

Antes de empezar un programa a gran escala, se debe asegurar que el material mantendrá su superioridad desde su establecimiento hasta su cosecha.

Muchos de los éxitos o fracasos en este campo se deben principalmente al estado de madurez de los tejidos utilizados en la propagación vegetativa. El dominio de las técnicas de rejuvenecimiento permitirá incorporar efectivamente a este material en los programas de silvicultura clonal.

La evaluación precoz del material propagado implica un gran riesgo en aquellos individuos seleccionados que no mantienen la superioridad al final de la rotación. Para minimizar los riesgos de esta evaluación y selección tempranas, se sugiere usar poblaciones adaptadas, mantener una alta variación genética combinada con una selección recurrente, seleccionar bajo condiciones de campo típicas y reducir el espacio de plantación (Kleinschmit y Schmidt, 1977).

Con el conocimiento presente de las tecnologías de enraizamiento, el problema de la poca aptitud rizogénica de algunos genotipos de **E. globulus** puede ser superado en la medida que exista un esfuerzo de investigación. La única forma de hacer la madera más uniforme es a través de la propagación clonal (Zobel, 1988).

Los esperanzadores resultados derivables de la multiplicación vegetativa y del rejuvenecimiento de **E. globulus**, posibilitan el acceso a un cultivo clonal muy intensivo a partir de los individuos de mayor rendimiento.

Una práctica muy habitual en el uso de árboles superiores es la selección de individuos plus o líderes y emplearlos para las plantaciones masivas. El comportamiento de estos individuos es una respuesta al efecto combinado de las características genéticas de los árboles, de la calidad del medio ambiente y de la interacción entre estos. Por lo tanto, no necesariamente los individuos propagados tendrán el mismo comportamiento (Shimizu, 1988).

Beneficios versus Costos

Generalmente, todos los métodos de reproducción clonal incrementan los costos de producción de plantas en más de 3 veces en relación a las plantas producidas por semilla. Esto implica que los proyectos clonales exhiben una tasa interna de retorno baja, razón por la cual, actualmente en Chile los métodos de estaquillado de **E. globulus** no permiten una aplicación a gran escala. A juicio de los autores, esta situación amerita una revisión mundial de los métodos de enraizamiento y valorizar en el análisis económico una unidad de investigación, que permita alcanzar en los clones selectos un porcentaje adecuado de enraizamiento.

En CELBI, Portugal, la ganancia total de peso seco después de dos generaciones de selección en **E. globulus** es de 60%. En el caso particular de esta especie, la maximización de las ganancias genéticas del peso seco aparece alrededor de los 10 años, que es el común denominador en cuanto al período de rotación que alcanzan estas plantaciones (Borralho, Cotterill y Kanowski, 1991).

Los costos de un proyecto clonal están estrechamente ligados a la tecnología silvicultural. Los árboles forestales responden espectacularmente al mejoramiento del sitio y, en especial **E. globulus**, que con tratamientos culturales como preparación del suelo, drenaje, irrigación y fertilización alcanza rendimientos muy interesantes. El alto costo en que se incurre en el establecimiento de este cultivo, se compensa con los altos retornos, más aún si se emplean árboles genéticamente mejorados.

En la Figura N° 5 se presentan algunos valores representativos de la zona de Aracruz, Brasil, los cuales muestran claramente las ventajas en cuanto a volumen, productividad y densidad de la madera, en los bosques mejorados (Martin, 1987).

La mecanización de todas las faenas involucrados en los procesos clonales permitirá a los programas a gran escala reducir substancialmente los costos, haciéndolos más convenientes.

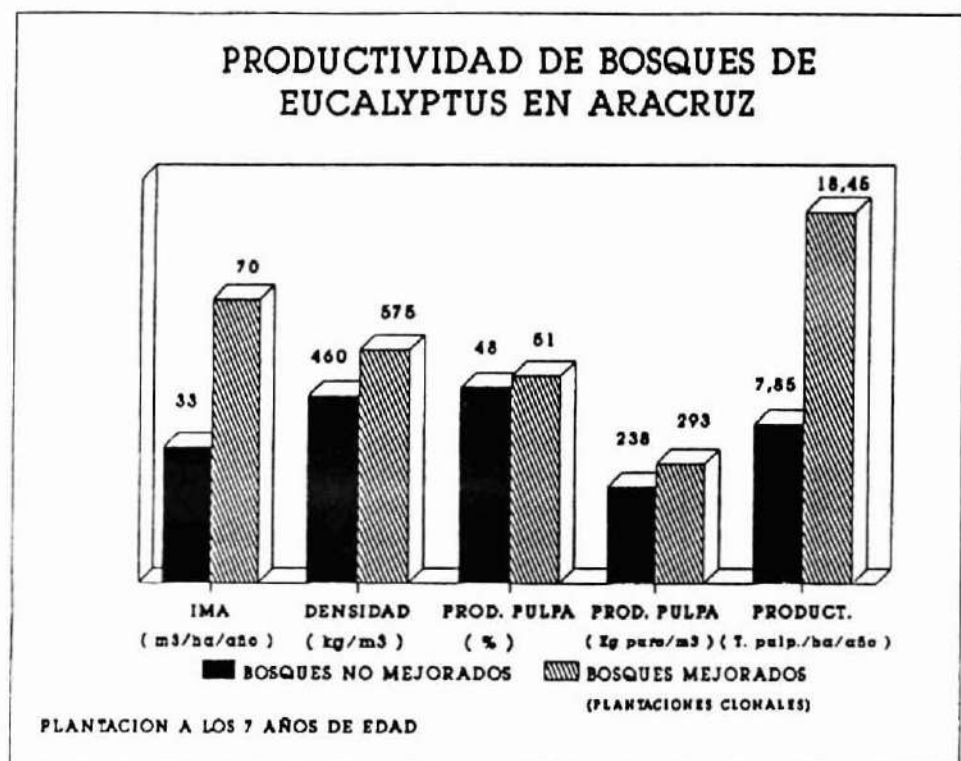


Figura N° 5. EFECTOS DE LA SILVICULTURA CLONAL SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL BOSQUE

Diversidad versus Monocultivo

Existe consenso entre los diversos autores respecto de que el monocultivo lleva a una estrechez de la base genética, que no permite una gran habilidad en la capacidad de adaptación de los árboles frente a cambios ambientales y a ataques de enfermedades y plagas. La gran duda que aún persiste es cuantos clones se deberían usar para contrarrestar estos cambios que ocurren en el ambiente.

La primera consideración para confeccionar un programa operacional de implementación de plantaciones clonales es determinar el número de clones que la conformarán. El objetivo es plantar sólo los mejores clones mientras aún mantengan bastante variabilidad para limitar los riesgos de pérdidas a un nivel aceptable. La respuesta a la pregunta del párrafo anterior dependerá de la edad de rotación, la intensidad de manejo del bosque, la variabilidad genética de las especies y clones involucrados, los probables riesgos y los niveles aceptables de pérdidas (Zobel y Talbert, 1984).

Se ha determinado que las plantaciones con mezclas de clones son más eficientes que aquellas conformadas por descendientes de un solo ortet. Kleinschmit (1977) menciona el uso de 100 a 500 clones entremezclados pie a pie. En cambio otros autores, entre ellos Zobel y Talbert (1984) y Libby (1983), plantean el uso de mosaicos de clones puros de 10 a 20 hectáreas cada uno.

Los argumentos que fundamentan la utilización de plantaciones en mosaico de bloques monoclonales se resumen en los siguientes puntos (Zobel y Talbert, 1984):

- Cada clon tendrá una curva de crecimiento y patrones de desarrollo diferentes. Algunos clones serán fuertemente suprimidos, por competencia con otros clones, y no serán capaces de desarrollarse en mezclas. Habrán diferencias en tamaño y calidad de los árboles, reduciendo la gran ventaja de la propagación vegetativa, que es la uniformidad.
- Las operaciones de plantación y de viverización serán más simples cuando se realiza la plantación en bloques clonales (mosaico).
- La uniformidad de la madera entre árboles es máxima dentro del bloque, existiendo la posibilidad de destinar la madera de los distintos bloques a objetivos específicos de producción, tales como contrachapado, madera aserrada o calidades especiales de papel.
- Si existen problemas en el rendimiento o comportamiento de un clon dado, el bloque puede ser eliminado y reemplazado de modo de no afectar la productividad de la plantación. En una mezcla individual de clones esta operación no se puede efectuar eficientemente, pero incluso si se pudiese, los árboles faltantes no podrían ser reemplazados y el resultado sería un bosque con menores existencias volumétricas.

Competencia

El establecimiento de plantaciones clonales de **Eucalyptus globulus** podría manifestar efectos negativos sobre el balance de nutrientes en el suelo, pues por tratarse de árboles idénticos y con altas tasas de crecimiento, sus demandas nutritivas importarán un agotamiento más marcado de ciertos minerales esenciales.

Los miembros genéticamente idénticos de un mismo clon tienen demandas similares sobre su medio ambiente en un tiempo similar. Así, la competencia entre tales plantas genéticamente idénticas será más severa que la competencia entre plantas genéticamente disímiles. Cuando se ha acumulado información suficiente, los clones que poseen demandas complementarias sobre su medio pueden ser dispuestos como vecinos y así maximizar la productividad de tales plantaciones. Los experimentos para identificar tales secuencias son difíciles y costosos, por lo que es poco probable que tal maximización se pueda obtener en el corto plazo.

Esta competencia acentuada puede hacer necesario que las plantaciones se establezcan con un distanciamiento inicial mayor al convencional, o alternativamente adelantar el momento de aplicar la primera intervención silvícola, de esta forma se superarían los inconvenientes derivados de la competencia más acentuada que se observa en las plantaciones clonales.

Concluyendo, el impacto de la propagación vegetativa en el futuro de la silvicultura es indiscutible. La clave radica en cuando y como se logrará la masificación de esta forma de reproducción hasta hacerla compatible con el establecimiento de plantaciones clonales, pues existe un período variable de tiempo entre el desarrollo de una técnica y su uso a escala operacional. Por el momento, las técnicas de enraizamiento actualmente disponibles sólo esperan el desarrollo de metodologías que permitan obtener material juvenil en términos económicos. Así, el desarrollo de un método simple para inducir juvenilidad significará un enorme y rápido vuelco hacia los métodos vegetativos de propagación, de modo que el diferencial de costo entre estacas enraizadas y plantas de semilla disminuirá acentuadamente, como ya ha sucedido en algunos programas de producción de eucaliptos, hasta que las estacas enraizadas se produzcan a un costo similar al de las plantas de semilla.

Por otra parte, los problemas biológicos ligados a la silvicultura clonal serán resueltos probablemente muy pronto, debido al enorme énfasis que actualmente adquiere la biotecnología y los métodos de propagación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Borralho, N.M.; Cotterill, P.P. y Kanowski, P.J., 1991.** Genetic Parameters and Gains Expected from Selection for Dry Weight in *Eucalyptus globulus ssp globulus* in Portugal. *Forest Science*. 38(1): 80 - 94.
- Cañas, I., 1991.** Selección Individual y Multiplicación Clonal del *Eucalyptus globulus* Labill. Jornadas Técnicas Forestales "Materiales Forestales de Reproducción en España". Huelva, España. 8 y 9 de Febrero, 1990.
- Cauvin, B., 1982.** Réjuvénalisation - Multiplication d'ortets séniles *Eucalyptus*. *Annales AFOCEL*. Pp 74 - 105.
- Celbi, 1982.** Propagacao Vegetativa do *Eucalyptus globulus* Labill. Enraizamiento de Estacas. Celulosa Beira Industrial. Dpto. Florestal. Figueira da Faz, Portugal. 7 p.
- Chaperon, H., 1979.** Maturation et Bouturage des Arbres Forestiers. *AFOCEL. Etudes et Recherches* 12 (6): 19 - 31.
- Chaperon, H., 1983.** Clonal Propagation of Eucalypt by Cutting in France. En: *Proceeding of a Workshop on Eucalyptus in California*. Sacramento, California. June, 14 - 16, 1983. Pp 108 - 114.
- Clarke, F. y Slee, M., 1984.** Prospects for Clonal Forestry with Radiata Pine. *Aust. For.* 47(4):266-271.
- De Assis, F., 1986.** Melhoramento Genético de Eucalipto. *Inf. Agropec.* Belo Horizonte. 12(141):36-46.
- FAO., 1979.** *Eucalypts for Planting*. Rome. *Fao Forestry Series* N° 11. 677 p.
- Franclet, A., 1979.** Rejeunissement des Arbres Adultes en Vue de Leur Propagation Vegetative. *AFOCEL. Etudes et Recherches* 12 (6): 1 - 18.

Franclet, A., 1983. Rejuvenation: Theory and Practical Experiences in Clonal Silviculture. En: Proceeding of the 19^o Meeting of the Canadian Tree Improvement Association. Part 2: Symposium on Clonal Forestry. Its Impact on the Improvement and Our Future Forest. Toronto, Ontario. August, 22 - 26, 1983. Pp 96 - 134

García, L., 1984. The New Eucalypt Forest. Lectures Given by the 1984 Marcus Wallemberg Prize Winners at the Symposium in Falun Sweden on September 14, 1984. 13 p.

Hartney, V., 1980. Vegetative Propagation of Eucalypts. Aust. For. Res. 10 (3): 191 - 211.

Heth, D.; Fanger-Vexler, L. y Reuveni, O., 1986. Mass Production of Cutting of *Eucalyptus camaldulensis*. Commonwealth Forestry Review 65 (3): 215 - 225.

Hillis, W. y Brown, A., 1978. Eucalypts for Wood Production. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia. 434 p.

Infante, P.; Ipinza, R. y Prado, J., 1991. Bases para la Mejora Genética de las Especies del Género *Eucalyptus* en Chile. Ciencia e Investigación Forestal 5(1): 96 - 150.

INFOR-CORFO., 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Santiago, Chile. Gerencia de Desarrollo Corfo, A.F. 86/32. 167 p.

Ipinza, R. y Gutierrez, B., 1992. Resultados Preliminares de un Ensayo de Enraizamiento de Estaquillas de *Eucalyptus globulus ssp. globulus*. Ciencia e Investigación Forestal 6(1) Junio 1992. Instituto Forestal.

Kleinschmit, J. y Schmidt., 1977. Experiences with *Picea abies* Cuttings Propagation in Germany and Problems Connected with Large Scale Application. Silvae Genetica 26:197 - 203.

Lindgren, D., 1977. Possible Advantages and Risks Connected with Vegetative Propagation for Reforestation. En: Symposium, Vegetative Propagation of Forest Tree. Physiology and Practices. Uppsala, Sweden. February, 16 - 17, 1977. pp. 9-16.

Martin, B., 1987. Amelioration genetique des *Eucalyptus* Tropicaux. Contribution Majeure a la Foresterie Clonale. Tesis para Optar al Título de Doctor en Ciencias de la Universidad de París. Universite de Paris Sud Centre D'orsay. París Francia. 218 p.

Potts, B. and Potts, W., 1986. Eucalypt Breeding in France. Aust. For. 49 (4): 210 - 218.

Rauter, R.M., 1983. Current Status of Macropropagation. Proceedings of the 19^o Meeting of the Canadian Tree Improvement Association. Part 2: Symposium on Forestry: Its Impact on the Improvement and our Future Forests. pp 58 - 74.

Schimizu, J., 1988 a. Vegetative Propagation for Tree Improvement and Operational Plantings. En: Actas del Simposio de Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. Viña del Mar, Chile. 9 - 10 de Junio, 1988. 10 p.

Schimizu, J., 1988 b. La Propagación Vegetativa en el Mejoramiento de Plantaciones Industriales. Ciencia e Investigación Forestal 2 (2): 27 - 33.

Zobel, B., 1988. Eucalyptus in the Forest Industry. Tappi Journal. pp. 42 - 46.

Zobel, B., 1992. Vegetative Propagation in Production Forestry. Journal of Forestry. 90(4): 29-33.

Zobel, B.; Ikemori, I. y Campinhos, E., 1983. Vegetative Propagation in *Eucalyptus*. En: Proceedings of the 19^o Meeting of the Canadian Tree Improvement Association. Part 2: Symposium on Clonal Forestry; its Impact on the Improvement and our Futures Forest. Toronto, Ontario. August, 22 - 26, 1983. Pp 136 - 144.

Zobel, B. y Talbert, N., 1984. Applied Forest Tree Improvement. Ed. John Wiley & sons. New York, USA. 505 p.

EDAD OPTIMA DE CORTA DE UN RODAL EXISTENTE. Iván Chacón Contreras, Ingeniero Forestal, Profesor Escuela de Ingeniería Forestal, U. de Talca. Casilla 721. Talca, Chile.

RESUMEN

*Se presenta un análisis sobre la edad óptima de cosecha de un rodal de *Pinus radiata*, denominado existente, que está creciendo en un sitio sobre el cual se implantará con posterioridad otro rodal, denominado definitivo, cuyo manejo corresponde a un esquema de mayor intensidad.*

La conclusión principal del trabajo es que la edad óptima de cosecha del rodal existente es más corta cuando se incluye el efecto de los ingresos netos futuros que proporcionará el rodal definitivo.

ABSTRACT

*The optimum harvesting age of an existing *Pinus radiata* stand is presented and compared with an intensively managed future stand that will be planted on the same site*

When the net incomes of the intensively managed future stand are considered, the optimum harvesting age of the existing stand should be shorter.

INTRODUCCION

Habitualmente se transan predios que sustentan plantaciones de edades que no alcanzan todavía su madurez para la cosecha. En muchos de estos casos, los objetivos de manejo del comprador del predio son distintos de los objetivos bajo los cuales se estaba manejando la plantación por parte de su anterior dueño, lo que enfrenta al nuevo propietario a decidir cuando es económicamente óptimo cortar el rodal existente para reemplazarlo por un rodal nuevo, que será el rodal definitivo implantado sobre el sitio.

Para los efectos de este artículo, se denomina existente a un rodal que crece en un sitio sobre el cual se desea implantar otro bosque de características diferentes, al que se denomina rodal definitivo y que se establecerá en forma permanente en sucesivas rotaciones.

Una de las situaciones más comunes, precisamente similar a la que se desarrolla en este trabajo, es que el rodal existente haya estado sometido a un esquema de manejo poco intensivo, e incluso no es raro encontrar que este rodal carezca completamente de manejo, así que la proyección del bosque queda restringida a productos de menor valor, tales como materia prima para las plantas de pulpa y papel o madera aserrada de baja calidad, aceptable solamente en el mercado nacional. El nuevo propietario (el caso sería igualmente válido si se tratara del mismo dueño), por su parte, pretende obtener de su patrimonio el máximo aprovechamiento, mediante la implantación de un bosque manejado más intensamente, con la finalidad de obtener productos de mayor valor. Cuando la edad del rodal existente ya no permite aplicarle los tratamientos necesarios para alcanzar objetivos de manejo similares a los del rodal definitivo, entonces la única alternativa es cortar aquél e implantar sobre el sitio uno nuevo con las características apropiadas a los objetivos buscados.

El objetivo principal de este trabajo es analizar cuantitativamente el efecto que tiene sobre la edad de corta de un rodal existente, el hecho de planificar la implantación en el mismo sitio, con posterioridad a la corta, de un rodal definitivo de características de manejo distintas, en este caso más intensivo. Adicionalmente, se determina como afectan la oportunidad con que se toma la

decisión de cosechar y la ejecución de una intervención de precosecha, sobre la edad de corta del rodal existente.

METODOLOGIA

El caso se analiza en forma cuantitativa mediante el procedimiento de seleccionar dos esquemas de manejo estándar, proporcionados por el Manual No. 14 del Instituto Forestal (INFOR, 1985).

El rodal existente se ejemplifica mediante un bosque de pino radiata de 10 años de edad, sin manejo, correspondiente a un sitio de clase II (24 m según García), de la VII Región.

El rodal definitivo, por su parte, se planifica con un raleo a desecho a la edad de 7 años, conjuntamente con una poda a esta misma edad, y un raleo comercial a los 12 años.

La edad de corta del rodal definitivo se optimiza mediante el criterio de maximizar el valor económico del suelo, VES, denominado también valor potencial, y la corta del rodal existente se determina mediante la maximización del valor actual neto, VAN, indicador considerado adecuado para el caso de una sola rotación, que es la situación que enfrenta el rodal existente.

Los antecedentes de costos y beneficios de formación y aprovechamiento de los rodales son estimados, aunque utilizando estándares aceptables. Se considera innecesario, para los efectos perseguidos por este trabajo, aumentar la precisión de estos valores.

El método del trabajo es calcular primero el valor económico del suelo del rodal definitivo y luego calcular la edad óptima de corta del rodal existente, maximizando el valor actual neto, incorporando en el cálculo el beneficio aportado por el valor económico del suelo del rodal definitivo. El efecto de considerar el valor económico del suelo sobre la edad de corta del rodal existente se obtiene por comparación con la fecha de la corta que tendría dicho rodal si no se considera el rodal definitivo.

Finalmente, se analiza si cambia la edad de corta antes calculada, tanto si se retrasa el momento en que se toma dicha decisión como si se aplica una precosecha al rodal.

RESULTADOS

El Cuadro N° 1 contiene la proyección del rodal existente entre los 10 y 22 años, incluyendo el volumen en m³ para dos índices de utilización; el valor del vuelo; los costos e ingresos marginales; y la tasa de incremento de los ingresos netos en porcentaje, denominada *p* en la tabla. Esta última columna se calcula restando el costo anual del valor del vuelo de cada año y calculando el porcentaje de incremento respecto del año anterior. Esta tasa indica que la edad de corta de este rodal se alcanzaría a los 20 años, que es el momento en que la tasa de incremento de los ingresos netos se sitúa por debajo del costo de oportunidad del capital que, como se sabe, es el momento en que se produce el máximo valor actual neto. En este caso, corresponde a la edad de corta del rodal existente sin considerar el efecto del rodal definitivo.

Los antecedentes para los cálculos de la tabla son:

Precio de la madera en pie (IU=20 cm)	: 8 000 \$/m ³ .
Precio de la madera en pie (IU=10 cm)	: 4 000 \$/m ³ .
Gastos anuales (administración y otros)	: 15 000 \$/ha.
Costo de oportunidad del capital	: 10%.

Cuadro N° 1

PROYECCION DEL RODAL EXISTENTE

Edad (años)	Volumen (m ³ /ha)		Valor suelo (\$/ha)	Costo marginal (\$/ha)	Ingreso marginal (\$/ha)	p (%)
	IU=20	IU=10				
10	0	69	276.000	27.600	-	-
11	0	98	392.000	39.200	101.000	36,6
12	3	127	532.000	53.200	125.000	31,9
13	16	148	720.000	72.000	173.000	32,5
14	30	165	900.000	90.000	165.000	22,9
15	46	181	1.092.000	109.200	177.000	19,7
16	65	196	1.304.000	130.400	197.000	18,0
17	92	199	1.532.000	153.200	213.000	16,3
18	113	210	1.744.000	174.400	197.000	12,9
19	136	219	1.964.000	196.400	205.000	11,8
20	159	225	2.172.000	217.200	193.000	9,8
21	184	230	2.392.000	239.200	205.000	9,4
22	211	233	2.620.000	262.000	213.000	8,9

IU : Índice de utilización (cm)

En seguida se muestra la proyección del rodal definitivo en el Cuadro N° 2. Para este rodal el precio de la madera en pie para un IU = 20 cm sube a 12 000 \$/m³, ya que tiene al menos la primera troza libre de nudos y mayor diámetro. El precio del m³ en pie para un índice de utilización de 10 cm, por su parte, es el mismo que el del rodal existente, ya que se trata del mismo producto. También se mantienen iguales los gastos anuales (administración y otros), así como el costo de oportunidad del capital del propietario. El costo de formación está conformado por un costo de plantación de 80 000 \$/ha, un costo de la poda y raleo a desecho a los 7 años de 25 000 \$/ha y un beneficio neto por concepto del raleo comercial practicado a los 12 años, de 111 000 \$/ha. Esta cifra se incluye como una sustracción de los costos de formación a la edad respectiva, para facilitar los cálculos, ya que esta forma de planteamiento numérico no afecta a la determinación del valor económico del suelo.

La columna correspondiente al valor económico del suelo (VES) se presenta en la tabla solamente para los años alrededor de la edad óptima de cosecha.

El cuadro muestra que el rodal definitivo que se implantará en este sitio tendrá una edad de rotación de 19 años, con un valor económico del suelo de 520 179 \$/ha, señalado mediante un asterisco.

Cuadro N° 2

VALOR ECONOMICO DEL SUELO DEL RODAL DEFINITIVO

Edad (años)	Volumen		Valor suelo (\$/ha)	Costo formación (\$/ha)	VES (\$/ha)
	IU=20	IU=10			
10	29	79	664.000	479.836	
11	73	66	1.140.000	542.819	
12	89	83			
12	89	47	1.256.000	501.101	
13	115	50	1.580.000	566.211	
14	139	56	1.892.000	637.833	
15	165	61	2.224.000	716.616	
16	194	63	2.580.000	803.277	
17	226	64	2.968.000	898.605	510.398
18	259	63	2.360.000	1.003.466	516.793
19	295	60	3.780.000	1.118.812	520.179*
20	331	56	4.196.000	1.245.693	515.113
21	370	49	4.636.000	1.385.263	507.908
22	409	42	5.076.000	1.538.789	495.389

IU : Índice de utilización (cm)

Para comprender enteramente la naturaleza de la decisión respecto de la corta del rodal existente es necesario tener en cuenta el exacto significado del VES del rodal definitivo: éste es el valor actualizado de la serie de beneficios netos que se obtendrá por las infinitas rotaciones del bosque y como tal es un valor que se encuentra ubicado en el momento cero o momento de inicio de dicha serie infinita de rotaciones, en otras palabras, en el momento en que se efectúe la primera plantación del rodal definitivo. De este modo, cada año que se retrase la corta del rodal existente, es un año de retraso del inicio de la serie de rotaciones del rodal definitivo, así que en la decisión de cortar el rodal existente intervienen, no sólo el beneficio futuro por la cosecha de este rodal y los costos futuros de administración del mismo, sino que además debe considerarse como beneficio el VES del rodal definitivo.

Nótese que el VES del rodal definitivo no es realmente un ingreso de caja, sino que es la equivalencia financiera correspondiente al valor actualizado de todos los ingresos netos futuros de las sucesivas rotaciones del rodal definitivo. Al retrasar la implantación de dicho rodal se ocasiona una postergación del inicio de la serie infinita de rotaciones del rodal siguiente.

A continuación se presenta el Cuadro N°3, donde se calcula el momento en que debe cortarse el rodal existente. Esta tabla se construye a partir de un momento cero que corresponde a la fecha en que este rodal tiene 10 años, según este ejemplo, momento en que se toma la decisión. La tabla contiene 11 años de proyección (desde 0 hasta 10), con las actualizaciones del valor de la cosecha futura del rodal y de los gastos acumulados futuros de administración, los que aparecen con signo negativo por tratarse de costos. Se incluye también el monto del VES del rodal definitivo, 520 179 \$/ha, actualizado al momento cero desde cada fecha en que correspondería dar inicio a la serie infinita de rotaciones. La última columna de la tabla es la suma de las columnas anteriores, a la que se prefiere no llamar valor actual neto para evitar confusiones, pero que en realidad es exactamente eso: el valor actual de los beneficios netos de cortar el rodal existente e implantar un rodal definitivo, con el esquema de manejo acorde con los objetivos del nuevo propietario del suelo. La idea básica del tratamiento de los beneficios del rodal definitivo fue desarrollada por CLUTTER et al (1983).

En el cuadro se aprecia que el rodal pre-existente deberá cortarse en 7 años más a contar del momento cero, esto es a los 17 años de edad en el caso que se ilustra aquí, donde se encuentra el máximo valor actualizado, ascendente a 965 066 \$/ha. Así se asegura que la decisión de cortar este rodal, para luego implantar el rodal definitivo sobre ese sitio, tenga el mayor beneficio económico para el propietario.

Cuadro N° 3

DETERMINACION DE LA CORTA DEL RODAL EXISTENTE

Año	Valor del vuelo actualizado (rodal existente) (\$/ha)	Gastos admin. acumulados (rodal existente) (\$/ha)	VES actualizado rodal definitivo (\$/ha)	Suma (\$/ha)
0	276.000	- 15.000	520.179	781.179
1	356.364	- 28.000	472.890	800.618
2	439.669	- 41.033	429.900	828.536
3	540.947	- 52.303	390.818	879.462
4	614.712	- 62.548	355.289	907.453
5	678.046	- 71.862	322.990	929.174
6	736.074	- 80.329	293.627	949.372
7	786.158	- 88.026	266.934	965.066
8	813.589	- 95.024	242.677	961.232
9	832.928	- 101.385	220.607	952.150
10	837.400	- 107.169	200.552	930.783

Nótese que el momento de corta del rodal así determinado deberá ocurrir 3 años antes que la edad óptima calculada mediante el VAN, en el Cuadro N°1. Estos tres años de diferencia constituyen el efecto del rodal futuro sobre la edad de corta del rodal existente.

No debe olvidarse que el resultado numérico de este caso no tiene carácter de principio general, ya que la fecha de corta es estrictamente dependiente de las condiciones en que se encuentre el rodal existente al momento de tomar la decisión, sobre todo en cuanto a la edad del mismo, cuestión clave para tener en cuenta la factibilidad técnica y económica de efectuar al bosque los tratamientos silviculturales necesarios para reorientar el manejo hacia los objetivos de largo plazo del propietario. Sin embargo, la metodología para aproximarse a la toma de la decisión será siempre del mismo tipo y, al menos en este caso, si se tomara diferentes momentos de la edad del rodal pre-existente la fecha de corta no sufre mucha variación.

Para mostrar esto último, supóngase ahora que este mismo caso debe resolverse cuando la edad del rodal existente es de 15 años. La siguiente Tabla N° 4 contiene una proyección del mismo rodal existente, solo que ahora tiene 15 años de edad al momento de decidir su corta. Por eso, en el cuadro

solo cambia la columna que proyecta los rendimientos monetarios futuros, pero permanecen iguales las columnas de actualización de los gastos de administración y del valor económico del suelo del rodal definitivo, ya que la posición del momento cero arbitrario no afecta al cálculo de tales valores.

Cuadro N° 4

EDAD DE CORTA DEL RODAL EXISTENTE A PARTIR DE LOS 16 AÑOS

Año	Valor suelo actualizado rodal existente (\$/ha)	Gastos adm. acum. rodal existente (\$/ha)	VES actualizado rodal definitivo (\$/ha)	Suma (\$/ha)
0	1.092.000	- 15.000	520.179	1.597.179
1	1.185.455	- 28.636	472.890	1.629.709
2	1.266.166	- 41.033	429.900	1.654.983*
3	1.310.293	- 52.303	390.818	1.648.808
4	1.341.438	- 62.548	355.289	1.634.179
5	1.348.641	- 71.862	322.990	1.599.769

La edad de corta recomendable se sitúa en dos años más, es decir cuando el rodal tenga 17 años de edad, la misma edad resultante cuando la decisión se toma a los 10 años. El lector puede hacer cálculos para otras edades y observará que en este caso la decisión de cortar a esa edad es constante, pero no se puede garantizar que en otros casos el momento de corta sea siempre el mismo, aunque cambie el momento en que se tome la decisión.

Hasta ahora la decisión de cortar el rodal existente se ha tomado permaneciendo invariable el esquema sin intervenciones silviculturales ni extracciones por una cosecha intermedia. Es interesante observar que una corta de pre-cosecha puede hacer variar la decisión ya estudiada, puesto que una intervención de corta en el rodal modifica el desarrollo de éste con posterioridad a la corta, además de modificar el calendario de flujos netos del proyecto, por proporcionar ingresos anticipadamente. Este efecto se muestra en la siguiente sección.

Efecto de una precosecha sobre el rodal existente.

Se entiende como pre-cosecha a una entresaca intensa practicada en una edad avanzada del rodal, pero que ocurre antes de la fecha predeterminada para la corta final. En este caso se interviene el rodal a la edad de 14 años, extrayendo 54 m³ del IU = 10, arrojando un beneficio neto de 216.000 \$/ha.

Se desarrolla a continuación el Cuadro N° 5., que contiene la proyección de los valores del vuelo futuros del rodal, el respectivo valor actual de estos valores y de los gastos de administración y del VES del rodal definitivo, de la forma ya conocida, agregándose una columna que consigna los valores actualizados del beneficio de la pre-cosecha efectuada al rodal en el año 14.

Cuadro N° 5

EFFECTO DE UNA PRE-COSECHA SOBRE EL RODAL EXISTENTE

Años	(1) (\$/ha)	(2) (\$/ha)	(3) (\$/ha)	(4) (\$/ha)	(5) (\$/ha)	(6) (\$/ha)
4	684.000	467.181	147.531	- 62.548	355.289	907.453
5	968.000	661.157	147.531	- 71.862	322.990	1.059.816
6	1.184.000	668.337	147.531	- 80.329	293.627	1.029.166
7	1.424.000	730.737	147.531	- 88.026	266.934	1.057.176
8	1.672.000	780.000	147.531	- 95.024	242.677	1.075.184
9	1.936.000	821.053	147.531	- 101.385	220.607	1.087.806
10	2.208.000	851.280	147.531	- 107.169	200.552	1.095.748
11	2.496.000	874.833	147.531	- 112.426	182.320	1.092.258
12	2.784.000	887.068	147.531	- 117.205	165.745	1.083.139

(1): Valor del vuelo del rodal existente.

(2): Valor actualizado del vuelo del rodal existente.

(3): Valor actualizado de los beneficios de la precosecha del rodal existente.

(4): Valor actualizado acumulado de los gastos anuales del rodal existente.

(5): Valor económico del suelo actualizado del rodal definitivo.

(6): Suma de las columnas (2) a la (5), correspondiente al valor actual neto de todos los beneficios futuros del rodal existente más el rodal definitivo.

El cuadro se muestra solamente desde la edad de 14 años hacia adelante, después del raleo, que es donde se producen cambios respecto del cuadro original para el cálculo de la corta del rodal existente. El valor actual del beneficio de la pre-cosecha de este rodal, la cifra \$ 147.531, resulta de capitalizar la precosecha hasta un año cualquiera y luego actualizar el valor resultante. El monto se mantiene constante porque los \$ 216 000 capitalizan al 10 % desde el año 14 hacia adelante y luego se descuenta hasta el momento cero a la misma tasa.

Este mismo hecho de permanecer constante el valor actualizado del beneficio de la pre-cosecha, además de que la serie de valores que adopta el vuelo también cambia, por el efecto de la intensa extracción practicada en el año 14, hace que la nueva fecha óptima para cortar el rodal existente sea en 10 años más, es decir a los 20 años de edad, y no a los 17 como quedó determinado para el caso anterior (sin pre-cosecha). En otras palabras, la pre-cosecha tiene un doble efecto sobre el rodal: cambia la tasa de incremento del valor del vuelo residual, por una parte, y también cambia la tasa de crecimiento de la parte extraída, la que ahora crece a una tasa constante de 10 % anual, que es el costo de oportunidad del capital del dueño del bosque. Es interesante observar, finalmente, que al nuevo propietario del bosque le resulta más conveniente efectuar una pre-cosecha a este rodal, lo que se explica tanto por la obtención de beneficios más anticipadamente que en el caso anterior (sin precosecha), como porque después del fuerte raleo del bosque éste cambia a futuro la composición de los diámetros y por tanto su valor. Efectivamente, el valor actualizado de los beneficios netos en el último caso (con precosecha), alcanza a \$1.095.748, mientras que en la situación anterior dicho beneficio neto asciende solo a 965.066 \$/ha.

Este último ejercicio permite mostrar que el propietario de un bosque tiene muchas posibilidades frente a la decisión de qué hacer con el rodal. Tales posibilidades abarcan todas las intervenciones que es posible practicar en un bosque, de diferente tipo (podas y raleos), a distintas edades y con diferente intensidad, lo que arroja un número casi infinito de variantes, al menos en teoría. Para hacer esto basta con disponer de un simulador de intervenciones silvícolas y bastante tiempo para probar múltiples opciones. Por fortuna, en la realidad esta cantidad interminable de posibilidades es restringida, por razones de índole más bien prácticas, y no va más allá de uno o dos raleos. Por otra parte, dado que los resultados que arroja un simulador de crecimiento corresponden a promedios de sitios a veces bastante extensos, vale la pena

probar solo opciones que arrojen diferencias significativas entre sí, debido a que el error normal que contienen los resultados de una proyección del rendimiento del bosque hace que las diferencias entre alternativas, muy parecidas en teoría, en la práctica no sean tan distintas.

CONCLUSIONES

La principal conclusión de este estudio es que la fecha de corta de un rodal cambia cuando se planifica implantar sobre el sitio un nuevo rodal de características de manejo distintas, en relación con la situación en que no se tiene previsto cambiar el esquema de manejo del rodal existente.

En este caso, en que el rodal definitivo se manejará más intensamente que el rodal existente, la edad de cosecha óptima de éste último se acorta.

La razón de este acortamiento de la edad de cosecha del rodal existente reside en que la postergación de la implantación del rodal definitivo posterga la obtención de ingresos futuros más elevados.

La fecha en que se toma la decisión a futuro de cuando se cortará el rodal existente no tiene efecto significativo sobre la edad de cosecha determinada, pudiendo postergarse el análisis algunos años sin modificar el momento óptimo de la cosecha.

Un cambio drástico en la densidad del rodal existente (como una pre-cosecha) puede modificar significativamente su edad de corta.

BIBLIOGRAFIA CITADA

Clutter et al., 1983. "Timber Management: A Quantitative Approach". John Wiley and sons, USA.

INFOR, 1985. "Manual N° 14. Compendio de Tablas Auxiliares para el Manejo de Plantaciones de Pino Insigne". Instituto Forestal, Chile.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

El Instituto Forestal edita regularmente diversas publicaciones técnicas referidas a Estadísticas Básicas, Estudios de Mercado, Estudios Sectoriales, Precios de Productos Forestales, Silvicultura del Bosque Nativo y de Plantaciones, Construcción en Madera, Especies Forestales Exóticas, entre otros temas. Se entregan a continuación antecedentes de algunas publicaciones recientes y de interés, disponibles para consulta o adquisición en las oficinas de INFOR en Santiago (Huérfanos 554) y en Concepción (Barros Arana 121).

1. EL SECTOR FORESTAL EN CHILE. Logros y Desafíos.

Publicación preparada por la División Estudios Económicos del Instituto Forestal. Informe Técnico N° 129. Segunda Edición. Libro de 166 páginas con fotografías en colores. En ocho capítulos se aborda un completo análisis del Sector Forestal, con cifras a junio de 1992, revisándose aspectos tales como: Conceptualización Sectorial y Evaluación, Panorama General, Suelos y Recursos Forestales, Utilización del Bosque y la Industria Forestal, Mercado de Productos Forestales, Institucionalidad y Legislación Forestal, Oportunidades de Negocios Forestales, Desarrollo y Medio Ambiente.

2. ACTAS SIMPOSIO LOS EUCALIPTOS EN EL DESARROLLO FORESTAL DE CHILE.

Pucón, Chile, 24 al 26 de Noviembre de 1993. Libro de 633 páginas en el que se editan 37 trabajos presentados al Simposio,

ordenados en cinco grandes temas: Mejoramiento Genético, Establecimiento y Manejo de Plantaciones, Plagas y Enfermedades, Forestación en Sitios con Limitaciones Especiales y Utilización. Se incluyen presentaciones de expertos invitados de Australia, Brasil, Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Sudáfrica.

3. EVALUACION CONSUMO DE LEÑA EN CHILE.

Publicación preparada por la División Estudios Económicos del Instituto Forestal. Informe Técnico N° 130. Se cuantifica y caracteriza el consumo de leña a nivel nacional, tanto en el ámbito residencial como en el industrial y de servicios, se estiman las demandas que este consumo ejerce sobre los bosques y se desarrollan modelos para proyectar las demandas al corto y mediano plazo.

4. ACTAS SEMINARIO MEDIO AMBIENTE, BIODIVERSIDAD Y ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.

Santiago, Chile, 14 y 15 de Junio de 1994. Libro de 356 páginas en el que se incluyen 16 trabajos y tres conferencias presentadas en el Seminario. Las conferencias corresponden a expertos invitados de España y Canadá. Los trabajos y conferencias se ordenan según seis temas centrales: Biodiversidad y Sustentabilidad, Conceptos Básicos; Biodiversidad, Efectos Sobre la Fauna y el Suelo; Biodiversidad, Efectos Sobre el Bosque; Política Ambiental y Utilización de Recursos Naturales; Planificación Ambiental y Utilización de Recursos Naturales; y Análisis Ambiental de Actividades Productivas.

5. ESTADISTICAS FORESTALES

1993. Publicación preparada por la División Estudios Económicos del Instituto Forestal. Boletín Estadístico N° 35. Se da una completa cuantificación del Sector Forestal en cifras del año 1993, ordenada en los siguientes temas: Indicadores Macroeconómicos, Recurso Forestal, Consumo y Producción, Comercio Exterior, Precios de Productos Forestales, Transporte, Disponibilidad Futura de Madera de Pino Radiata, Ocupación Forestal, e Índices.

6. EXPORTACIONES FORESTALES

CHILENAS 1993. Publicación preparada por la División Estudios Económicos del Instituto Forestal. Boletín Estadístico N° 33. Se entregan completas series estadísticas sobre productos, mercados y exportadores,

incluyéndose los volúmenes y el valor de los diferentes productos forestales que Chile envía al exterior y, finalmente, un detallado registro en el que se individualizan exportadores, productos y volumen despachado en el año.

7. BOLETINES DE PRECIOS FORESTALES.

Boletines N° 41, 42 y 43. Informes bimestrales para el primer semestre de 1994, con precios de productos Forestales: Silvícolas, Madera en Trozas, Polines y Postes, Maderas Tratadas, Maderas Aserradas, Maderas Dimensionadas y Elaboradas, Tableros y Chapas; y de Insumos Forestales: Energéticos y Lubricantes, Insumos para Manejo y Explotación de Bosques, Insumos para la Producción de Madera Aserrada y para Elaboración y Productos Químicos. Se incorpora también información sobre Tarifas de Fletes.

8. PRECIOS DE PRODUCTOS FORESTALES 1993.

Boletín Estadístico N° 34. Se entrega una completa revisión de precios de productos forestales del año 1993, efectuándose en la primera parte un análisis general con índices de precios para los principales productos y una descripción de los precios del período para mercado interno y externo. En la segunda parte se entregan series estadísticas para los precios de los mercados interno y externo por producto.

REGLAMENTO DE PUBLICACION

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL, es una publicación técnica seriada del Instituto Forestal de Chile, que publica trabajos originales e inéditos, o avances de investigación de sus profesionales y de aquellos profesionales del Sector Forestal que deseen difundir sus experiencias en el área de la silvicultura, el manejo forestal, la industria de la madera, problemas ambientales y otros temas relacionados con la actividad y desarrollo del Sector.

La publicación cuenta con un consejo editor que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores. Se cuenta además con un selecto grupo de profesionales de diversas especialidades, que actúan como editores asociados para la calificación especializada de estos. Para los efectos de esta calificación se mantiene en reserva tanto el nombre del autor como el de los editores asociados.

La publicación cuenta de tres secciones:

-Artículos: Trabajos que contribuyan a ampliar el conocimiento científico o tecnológico como, resultado de investigaciones que hayan seguido un método científico.

-Apuntes: Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigaciones, informen sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de interés dentro del Sector Forestal.

-Notas Bibliográficas: Informan sobre publicaciones recientes, en el país o en el exterior, comentando su contenido e interés para el Sector, en términos de desarrollo científico y tecnológico o como información básica para la planificación y toma de decisiones.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

-Artículos:

Todos los trabajos presentados para esta sección deberán contener: Resumen, Abstract, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. Si es necesario se podrán incluir adicionalmente Apéndices y Anexos.

El título deberá ser representativo del efectivo contenido del artículo y se deberá construir con el mínimo posible de palabras.

En el Resumen se hará una breve descripción de los objetivos del trabajo, de la metodología utilizada y de los principales resultados y conclusiones. La extensión máxima del Resumen será de una carilla y, al final de este punto, se incluirán al menos tres palabras claves que faciliten la clasificación bibliográfica del contenido de la publicación. El Abstract será evidentemente la versión en inglés del Resumen.

En la introducción se describirá el estado actual del conocimiento sobre el tema, con el debido respaldo de la bibliografía revisada, y se discutirá la importancia que tiene lograr y divulgar avances al respecto. En este punto no se incluirán cuadros ni figuras.

En el punto Objetivos se plantearán brevemente los fines generales del trabajo o la línea de investigación y se enunciarán los objetivos específicos del trabajo presentado.

En Material y Método se explicará cuidadosamente como se desarrolló el trabajo. En forma precisa y completa se dará una visión clara de la metodología aplicada y los materiales empleados en las investigaciones y estudios que han dado origen al trabajo presentado. Cuando la metodología no es original se deberán citar con claridad las fuentes de información. Se podrán incluir cuadros y figuras, pero se deberá cuidar que la información que se entrega por esta vía no sea repetitiva con aquella incluida en el texto.

El punto Resultados estará reservado para todos los resultados obtenidos, estadísticamente respaldados. No se deberán duplicar cuadros ni figuras y los comentarios que se incluyan en este punto serán sólo los indispensables para la fácil comprensión de la información presentada.

En Discusión y Conclusiones se analizarán los resultados obtenidos, sus limitaciones y su trascendencia, se relacionarán con la información bibliográfica previamente reunida y se podrán plantear necesidades de trabajos futuros que aumenten el conocimiento sobre el tema. Las Conclusiones rescatarán lo más valioso o consistente de los resultados y aquellos aspectos más débiles, que requieran de mayor trabajo o investigación.

Reconocimientos es un punto optativo, destinado, cuando sea necesario, a los créditos correspondientes a instituciones, colaboradores, fuentes de financiamiento, etc. Es obvio que se trata de un punto de muy reducida extensión. En las Referencias se identificarán todas las fuentes de información del trabajo. Sólo se incluirán aquellas citadas en el documento.

Los Apéndices y Anexos se deben incluir solo si su contenido es considerado indispensable para la cabal comprensión e interpretación del trabajo o si se considera que la información adicional que presentan es un real aporte. Se deberá recordar que los Apéndices incluyen información o trabajo original del autor, en tanto que los Anexos están constituidos por información complementaria elaborada por terceros.

-Apuntes

Los trabajos para esta sección tendrán en principio la misma estructura que los Artículos, pero en este caso de acuerdo al tema, el grado de avance de las investigaciones o actividades y, en general, de la información disponible en cada caso, se podrán obviar los puntos que no correspondan y adoptar una estructura más simple.

-Notas Bibliográficas

En las Notas Bibliográficas se identificará detalladamente la publicación, se explicarán sus objetivos y la metodología empleada y se comentarán los principales resultados en función de su importancia o trascendencia para el Sector. El título de la nota bibliográfica será el de la publicación que se comenta e irá seguido del nombre del o los autores y la identificación de la institución y el editor. Se anotará asimismo el año de publicación y su extensión.

Al final de la nota se podrá incluir el nombre del autor de esta, su título y especialidad y la institución a la que pertenece.

PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

La publicación aceptará colaboraciones sólo en español, redactadas en lenguaje universal, que pueda ser entendido no sólo por los especialistas, ya que el objetivo es transferir conocimientos al Sector Forestal en general. No se aceptará redacción en primera persona.

El formato de los trabajos debe ser tamaño carta a espacio simple y doble espacio entre párrafos. La letra deberá ser tipo Courier paso 10. Al inicio de cada párrafo se dará una tabulación de tres espacios (sangría). No se numerarán páginas.

La extensión máxima de los trabajos será de 35 carillas para los Artículos, de 20 carillas para los Apuntes y de 2 carillas para las Notas Bibliográficas.

En la primera página se incluirá el Título en mayúsculas, negritas y centrado. Inmediatamente después, dos espacios abajo y pegado al margen derecho, se ubicará el nombre del o los autores y a pié de página se indicará título(s), institución(es) y dirección(es). En esta página se ubicará también el Resumen y, si el espacio es suficiente, el Abstract. Ambos con su título en mayúsculas negrita y centrado. Si el Abstract no cabe en esta página, se

ubicará en página nueva y tanto éste como el resumen se centrarán en la o las páginas de acuerdo a su extensión.

En el caso de los Apuntes el título se pondrá en mayúsculas, negrita y pegado al margen izquierdo, anotándose a continuación el nombre del o los autores, su profesión, institución y dirección, todo esto último en minúsculas y letra corriente. A continuación, en la misma página se iniciará el desarrollo del trabajo.

De similar modo se procederá con las Notas Bibliográficas, con la diferencia que si se considera pertinente mencionar al autor de la Nota, éste se identificará al final.

En página nueva se iniciará la Introducción y a continuación se desarrollarán los siguientes puntos, sin cambiar necesariamente página desde Objetivos en adelante, pero dejando doble espacio antes y después de cada título principal.

Los títulos de los puntos principales (Introducción, Objetivos, etc.) se escribirán en mayúsculas, negritas y pegados al margen izquierdo. Los títulos de segundo orden se escribirán con minúsculas, negrita y en la misma ubicación, en tanto que los de tercer orden se ubicarán de igual modo, se escribirán en minúsculas y en letras corriente no negrita. Si se requieren títulos de cuarto orden, se usará letra corriente en minúsculas, se dará una tabulación de cinco espacios (sangría) y se antepondrá un guión antes de estos. No se numerarán los títulos.

Los nombres científicos de especies vegetales o animales se destacarán en letra negrita, con la primera letra del género en mayúscula y las restantes en minúsculas.

Las citas bibliográficas se anotarán en minúsculas y letra corriente, mediante el sistema autor, año. Las referencias bibliográficas se ordenarán alfabéticamente en el punto Referencias, separadas por doble espacio. En este punto se usarán letras minúsculas en negrita para autor (es) y año y minúsculas corrientes para el resto de la identificación bibliográfica. La normas para esta identificación bibliográfica serán las del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Cuando los autores son tres o más se podrá anotar el nombre del primero seguido de et al, en el texto, pero en el punto Referencias se deberán mencionar todos los autores, en el orden en que aparecen en la publicación.

Los cuadros no deberán repetir información proporcionada en el texto, estarán enmarcados en línea simple y centrados, se numerarán correlativamente y en letras mayúsculas y en negrita se identificarán al centro en la parte superior, dejando un espacio entre el título y el marco. Tablas y otras formas similares de mostrar información se presentarán como cuadros.

Las figuras se identificarán de igual modo que los cuadros, si es posible tendrán un marco y se identificarán al centro y en la parte inferior. Gráficos, diagramas, fotos y similares se presentarán como figuras.

Tanto cuadros como figuras se citarán en texto como Cuadro N° o Figura N°.

Además, cuando la información que se presenta en cuadros o figuras no es original, se citará la fuente correspondiente al pie del marco, en letra corriente, en minúsculas y entre paréntesis. Información esta que, además se anotará completa en el punto Referencias. Si son necesarias aclaraciones de símbolos u otros elementos de cuadros y figuras se procederá de igual forma que con los antecedentes referentes a la fuente de información.

Se aceptarán fotos sólo en blanco y negro, siempre que reúnan las características mínimas de contraste y resolución como para ser satisfactoriamente reproducidas y su tamaño máximo sea de 12 cm (ancho) x 18 cm (alto).

Las abreviaturas, magnitudes y unidades corresponderán a las aceptadas por la norma Nch 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se utilizará en todo caso el sistema métrico decimal.

Si se hacen necesarias aclaraciones u observaciones a pie de página, estas se numerarán correlativamente en cada página, con número entre paréntesis ubicados donde sea necesario, y bajo una línea trazada al pie de página se proporcionará en igual orden correlativo la aclaración u observación correspondiente, en letra pequeña y corriente, no negrita. Esta nota de pie de página deberá estar siempre al pie de la misma página en la cual el texto la hizo necesaria.

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

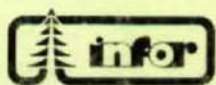
ENVIO DE LOS TRABAJOS

Los trabajos se deberán enviar al Editor de Ciencias e Investigación Forestal Instituto Forestal, Huérfanos 554 4º piso Santiago.

Se agradecerá enviar original y una copia, además del original en diskette 3 1/2", procesador de texto Word Perfect WP 5.0.

Los cuadros y figuras se enviarán incluidos en el texto y, cuando sea necesario para una mejor reproducción, se adjuntarán originales en papel poliéster, especialmente en el caso de las figuras.

Todas las páginas, así como cuadros y figuras que se adjunten, deberán estar numeradas e identificadas con el nombre del autor por el envés con lápiz grafito.



instituto forestal