

C. 2

1

1(1)87

ABRIL 1987

INFOR Chile

C I E N C I A S E I N V E S T I G A C I O N F O R E S T A L

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL



INFOR

CONTENIDO

Artículos	Págs.
○ Disponibilidad de Madera de Pino Radiata <i>Jorge Cabrera Perramón.</i>	5
○ Preparación del Sitio y Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de <i>Eucaliptus globulus</i> en la zona Semi-Arida de Chile <i>J. A. Prado; Patricio Rojas.</i>	17
○ Ensayos de Procedencias de <i>Eucaliptus camaldulensis dehn</i> en la Zona Semi-Arida de Chile. <i>S. Barros S.A.; P. Rojas B.</i>	29
○ Funciones para la Estimación de la Biomasa Total y de Componentes del Quillay (<i>Quillaja saponaria mol</i>) <i>J. A. Prado; S. Aguirre</i>	41
○ Desarrollo Inicial de Plantaciones de Raulí <i>Hans Grosse Werner.</i>	49
○ Germinación de Raulí bajo diferentes temperaturas <i>Michael Bourke.</i>	57
○ Modelo de Crecimiento Diametral para algunos Renovales de Raulí. <i>Victor Cubillos.</i>	67
○ Inventario de las Plantaciones de Eucaliptus de la VII Región. <i>R. Bennewitz N. Vergara, J. Flores.</i>	76 ⁷⁷
○ Agrupamiento de Especies Madereras que crecen en Chile según sus Propiedades mecánicas <i>Vicente Perez G.</i>	89
○ Necesidades de la Industria de Madera Aserrada en Chile. <i>Sergio Vidaurre.</i>	105
○ Secado Industrial de Pino Radiata a alta temperatura <i>Roberto Melo; Martín Pavón.</i>	117
 Apuntes	
Auspicio del CIID. a Proyectos de Investigación Forestal. <i>Santiago Barros.</i>	130
Arcos Laminados para Invernaderos <i>Gastón Cubillos C.</i>	136
Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies. <i>Santiago Barros.</i>	144
 Bibliografía	
Aplicación de Estimulantes y Rendimientos de Oleoresina en Rodales de Pino Radiata.	145
El Mercado Forestal Mundial, Visión Global.	145
Vocabulario Forestal Unitérmino.	146
Puerto Rico: Perspectivas de Exportación de Madera Aserrada y Papel Periódico de Pino Radiata chileno.	146
Sistema de Información de Exportaciones Forestales Chilenas.	147
Manual de Cálculo de Construcciones en Madera.	147
Compendio de Tablas Auxiliares para el Manejo de Plantaciones de Pino Insigne.	148
Especies Forestales exóticas para Chile.	149

PRESENTACION

El Sector Forestal ha venido experimentando un notable incremento de su gestión forestal y maderera, todo lo cual se ha traducido en una incesante gestión en los diversos frentes de actividad que se relacionan directa e indirectamente con él.

Esta activación ha alcanzado también a la gestión que le corresponde cumplir al Instituto Forestal, como una institución de investigación y desarrollo de la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO.

Desde su creación al Instituto Forestal le ha correspondido ubicarse en una posición de vanguardia, en la búsqueda de tecnologías que permita ir dando soluciones oportunas al desarrollo forestal nacional. Es así como en su oportunidad el Instituto Forestal transfirió tecnologías en la explotación forestal, aserrado y secado de maderas, cuando introdujo técnicas de empleo de motosierras; de utilización de herramientas de cortes más precisas en los aserraderos; y múltiples investigaciones que permiten el empleo de secadores artificiales en la industria maderera.

En la actualidad, su actividad está proyectada hacia los requerimientos del desarrollo forestal del año 2000. Así es como ha venido realizando investigaciones que le permiten disponer en la actualidad con el único banco de datos chileno, referido a la gestión productiva, de comercio exterior, de precios y, de inversión del sector forestal, antecedentes de vital importancia para conocer bajo ciertos supuestos técnicos, el devenir y la dirección que tendrá el futuro forestal de Chile. A lo anterior cabe agregar su permanente investigación por desarrollar técnicas silvícolas, que permitan disponer de otras especies forestales para plantación artificial; permanentes inventarios forestales, que facilitan el conocimiento de las existencias volumétricas y las características del sitio donde se desarrolla en la actualidad el recurso forestal; el desarrollo de técnicas y métodos de cálculo que permitan un mayor empleo de la madera en la construcción, además de desarrollar esfuerzos para disponer de mejores técnicas de aserrado y secado artificial de la madera.

Los estudios más recientes plantean importantes desafíos, uno de los cuales indudablemente se centra en la investigación, desafío que los profesionales de INFOR han tomado para sí con especial dedicación. Es en este contexto que se ha desarrollado esta publicación, que reúne interesantes aportes técnicos de diversos profesionales del equipo investigador de INFOR.

De esta manera, "INFOR - CHILE: Ciencia e Investigación Forestal", que tenemos el agrado de presentar al sector forestal chileno, esperamos constituya un aporte efectivo para allegar información técnica que colabore con los productores, profesionales, planificadores, ejecutivos y autoridades, a resolver sus inquietudes y problemas que plantea o podrá plantear el desarrollo futuro de la actividad forestal y maderera de Chile.

DISPONIBILIDAD DE MADERA DE PINO RADIATA

Jorge Cabrera Perramón *

RESUMEN

Se sintetizan y discuten los resultados del estudio "Disponibilidad de Madera de Pino Radiata en Chile 1986-2015". A fin de obtener una estimación realista, los volúmenes fueron proyectados de acuerdo con tres criterios distintos, que dieron como resultado la disponibilidad media con rotaciones fijas, la disponibilidad máxima no decreciente y la disponibilidad no decreciente según escenario de demanda.

Para cada simulación se entregan los volúmenes expresados en trozos de madera aserrable y pulpable que estarán disponibles por trienio, de acuerdo con tres rotaciones.

Las cifras obtenidas señalan en términos generales que el sector forestal estará en condiciones de aumentar la corta de madera al doble en el año 2000 y al triple en el año 2015.

ABSTRACT

The findings of the study "Availability of Radiata Pine Timber in Chile, 1986 - 2015" are summarized and discussed. So as to obtain realistic estimates, the volumes were projected according to three different criteria: mean availability with fixed rotations, non-decreasing maximum availability, and non-decreasing availability according to demand scenario.

Volumes expressed as sawlogs and pulpwood available for three-year periods are given for each simulation, on the basis of three rotations.

The figures show, in general terms, that the forest sector will be able to double the felling rates by the year 2000, and treble them by the year 2015.

* Ingeniero Forestal, Gerente Técnico del Instituto Forestal, Representante de INFOR en la Subcomisión Técnica de la Comisión de Inversiones Forestales, Huérfanos 554. Santiago - Chile.

INTRODUCCION

Este artículo sintetiza y discute los resultados del estudio "Disponibilidad de Madera de Pino Radiata en Chile 1986 - 2015", realizado por CORFO-INFOR a solicitud de la Comisión de Inversiones Forestales, aprobado en marzo recién pasado.

El objetivo de dicho estudio fue proyectar en forma realista los volúmenes de madera de Pino radiata que se producirán en Chile hasta el año 2015, desagregados por zona geográfica y por período de tiempo, con el fin de dimensionar el verdadero potencial de expansión del sector forestal chileno.

En la actualidad, tanto los organismos privados como públicos del sector forestal se encuentran dedicados a maximizar el retorno proveniente de las inversiones que ya se han realizado, entre las cuales un alto porcentaje está representado por las extensas superficies de plantaciones de Pino radiata que se han establecido en los últimos años.

Conocer la magnitud de los volúmenes de madera que dichas plantaciones originarán, así como el momento en que dicho recurso deberá ser utilizado, resulta imprescindible para definir sobre bases realistas cuáles serán las necesidades de expansión industrial, desarrollo de infraestructura y servicios que deberán satisfacerse para hacer posible el óptimo aprovechamiento de la materia prima proveniente del bosque. Sólo así podrán planificarse estrategias de desarrollo efectivas, que tomen en cuenta no sólo el tamaño del recurso que estará disponible, sino también el momento preciso en que deberán concretarse las diversas acciones tendientes a alcanzar su aprovechamiento más eficiente.

La realización del estudio estuvo a cargo de una subcomisión formada por profesionales de organismos estatales y de empresas privadas del sector, de modo que tanto los criterios y la información básica como la metodología empleada fueron el producto de la discusión y el consenso.

METODOLOGIA

El objetivo de estimar en forma realista la disponibilidad futura de madera hizo necesario proyectar bajo tres criterios básicos, que se definen a continuación:

Disponibilidad media con rotaciones fijas. Esta proyección equivale a la apreciación más simple de las plantaciones actuales proyectadas a una edad de corta preestablecida, de modo que el resultado sigue la actual estructura de edades, generando "peaks" que no representa estrictamente, la "oferta" (lo que efectivamente se corte), sino sólo una "disponibilidad media".

Puesto que el productor forestal explotará su bosque con criterio de racionalidad económica, lo más probable es que la edad de corta no coincida con la rotación prefijada, ya que ésta puede variar año a año y de sitio en sitio. Por lo tanto, limita su uso en un balance oferta-demanda, y por ende, como se explicará más adelante, en estimar la disponibilidad de madera pulpable.

Del mismo modo este criterio resulta inadecuado como elemento de planificación de inversiones, especialmente en el caso de la pulpa y del papel, ya que presenta una distribución irregular de los volúmenes disponibles en el tiempo y especialmente porque no considera que la madera pulpable (producto complementario) es función principalmente de la corta de madera aserrable y exportable (producto principal). Este hecho podría sobredimensionar las necesidades de infraestructura productiva y de transporte, con graves pérdidas económicas para el país.

A pesar de las limitaciones es necesario estimarla, ya que señala en la forma más pura, el orden de magnitud y naturaleza de la disponibilidad futura como elemento que ayuda a la comprensión acabada del tema.

Disponibilidad máxima no decreciente. Como una forma de superar las limitaciones del criterio anterior y ante la necesidad de estimar en forma realista el máximo potencial de producción

de madera en trozos, se utilizó un modelo de simulación con el criterio de mantener a través del tiempo un nivel de corta anual no decreciente, dada una edad de corta mínima. Este criterio asegura un nivel de corta que permitiría un desarrollo equilibrado y sostenido del sector sobre la base del aprovechamiento de las disponibilidades del insumo madera.

Las magnitudes y tendencias, así obtenidas representarían efectivamente los rangos que el sector forestal debería tomar como base de su expansión.

Simulando mediante este criterio la disponibilidad del producto principal (volumen de trozos con diámetros mayores a 20 cm), se deduce la disponibilidad de los productos complementarios, principalmente, madera pulpable (volumen de trozos con diámetros límites entre 10 y 20 cm).

Disponibilidad no Decreciente Según Escenario de Demanda. Este criterio enfrenta la disponibilidad no decreciente del producto principal con una situación única de demanda del mismo producto, con dos objetivos básicos:

- a) Conocer posibles brechas: déficits o excedentes entre el volumen disponible y el volumen requerido por el mercado y
- b) Estimar en función de lo anterior la oferta de los productos complementarios.

METODO, SUPUESTOS Y DATOS BASICOS

Como modelo proyector se utilizó el "Simulador OFERTA", que incluye como subrutina principal el modelo de crecimiento "RADIATA", ambos desarrollados por herramienta de proyección y simulación se seleccionó de entre otras disponibles en el país.

Principales Variables y Datos Utilizados.

Plantaciones y plantación futura. De acuerdo con la estadística de que dispone INFOR, el estado inicial corresponde a una existencia de 1,04 mill. de ha de Pino radiata, a la cual se le aplicó un factor de -5% por corrección de áreas no productivas. La tasa de forestación más reforestación, elegida para 20 años fue de 48.500; 57.000 y 70.000 ha/año (baja, media, alta). A la plantación proyectada se le aplicó una pérdida anual fija de 3.300 ha/año.

Manejo. Se estableció una situación única de manejo para todas las simulaciones, definida en función de todos los factores relevantes, a saber:

- Pautas de manejo e intensidad de superficie por tipo de propiedad y período.
- Manejo tradicional, consistente en la aplicación de dos raleos a los 12 y 17 años, con una productividad de 28-43 m³/ha y 66-107 m³/ha respectivamente, según sitio regional.
- Manejo intensivo definido con dos raleos a los 5 y 11 años dejando 700 y 300 árb/ha. El segundo raleo equivale al primer raleo productivo del manejo tradicional.
- Una proporción menor de la superficie se consideró sin manejo.

No se consideró el efecto de la poda sobre el crecimiento.

Rendimientos volumétricos. Con antecedentes de las empresas y de INFOR, se estableció el rendimiento sin manejo, para constituir la base de la proyección volumétrica. Esta se presenta en la Tabla 1.

Los rendimientos para plantaciones manejo tradicional se obtuvieron mediante el modelo "RADIATA" a partir de los datos "SIN MANEJO".

El rendimiento para plantaciones sometidas a manejo intensivo se estimó con información de Nueva Zelandia y chilena, a través de la aplicación de un factor de ajuste (rendimiento tradicional x factor), indicados en la Tabla 2.

TABLA 1
RENDIMIENTO VOLUMETRICO
PLANTACIONES PINO RADIATA SIN MANEJO

Región	Rendimiento 24 años (m ³ /ha I.U.= 10 cm)
V	339
VI	351
VII	457
VIII	584
IX	490
X	589

TABLA 2
FACTORES DE TRANSFORMACION A RENDIMIENTO
MANEJO INTENSIVO

Tipo Corta	Tipo Volumen (cm)*	Factor
Raleo	10 - 20	0,70
Final	10 - 20	0,65
Final	20 - 30	0,75
Final	30 y más	1,05

* : Diámetros límites de los rollizos.

Otros Factores de Corrección. Los resultados volumétricos se expresaron en trozos, para lo cual a los rendimientos se les aplicó una pérdida de explotación de 10%. Se aplicó también un factor variable por desclasificación producida como consecuencia del trozado.

Vector de Demanda. Sobre la base de un análisis de información de mercados, realizado por las empresas privadas del sector, se alcanzó la mejor estimación actual de un escenario probable de demanda de los productos primarios a base de Pino radiata de Chile. Este escenario fue el resultado de varios análisis previos y es válido exclusivamente para los trozos con un diámetro límite de 20 cm y más que es la medida para deducir la oferta de productos complementarios, como se señaló anteriormente.

A partir de la estimación de la demanda para madera aserrable, se estimó un factor de producción de astillas, las cuales posteriormente se agregan a los productos llamados complementarios.

TABLA 3
VECTOR DE DEMANDA
TROZOS CON DIAMETRO
MAYORES A 20 CM

Trienio	Volumen (Mill.m ³ ssc)
1986-1988	5,3
1989-1991	5,5
1992-1994	5,8
1995-1997	6,3
1998-2000	6,7
2001-2003	7,6
2004-2006	8,6
2007-2009	9,8
2010-2012	11,0
2013-2015	12,1

RESULTADOS Y DISCUSION

Los casos estudiados se describen en el cuadro siguiente:

CUADRO 1
CASOS ESTUDIADOS

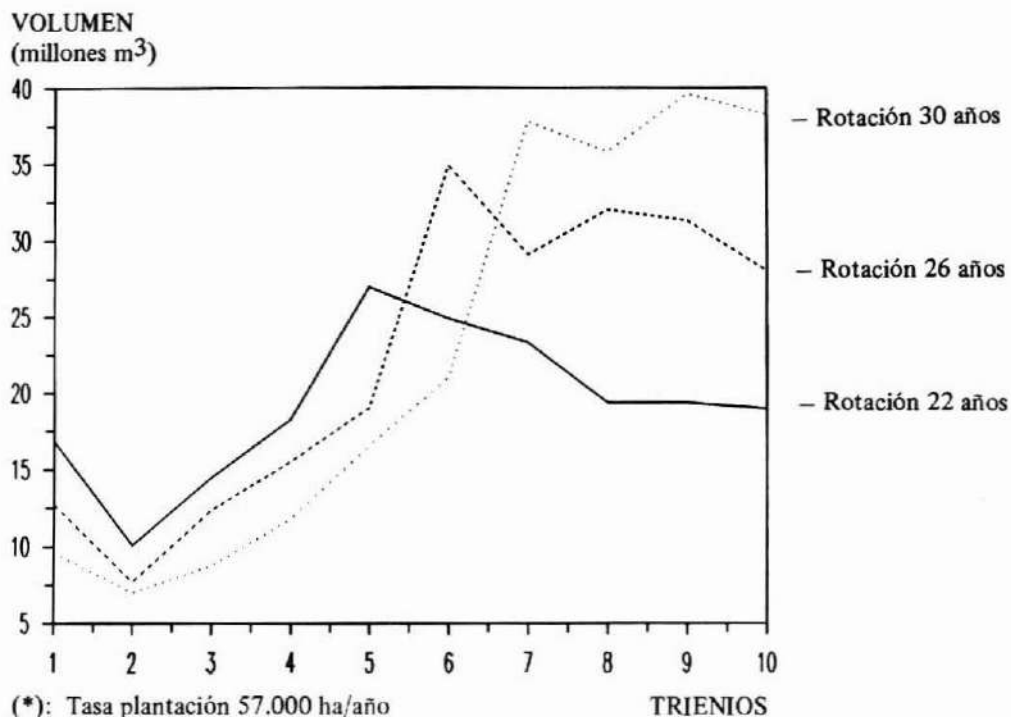
Variable	Criterio de Proyección de la Disponibilidad		
	Media	No Decreciente	
		Sin Demanda	Con Demanda
Rotación en año (tipo)	22-26-30 (fijas)	20-22-24 (mín.)	22 (mín.)
I. utilización (cm)	10-20; 20-30; > 30	10-20; > 20	> 20
Tasa plantación (ha)	Las tres	Las tres	57.000
Manejo	Unico	Unico	Unico
Rendimientos	Unico	Unico	Unico
Otros coeficientes	Unico	Unico	Unico

Disponibilidad Media con Rotación Constante. Para el total nacional, se presentan los resultados de la disponibilidad media sensibilizados para las rotaciones fijas y para las distintas tasas de plantación consideradas.

Con el fin de mostrar la situación de mayor agregación, se han graficado los resultados como una banda dentro de cuyo rango se ubican todos los posibles valores dependientes de las variables consideradas.

Así, la disponibilidad media actual está entre 10 y 17 millones de m³/año; disminuirá en el año 1990 al rango de 7 a 10 millones de m³/año y posteriormente crecerá en forma sostenida hasta un máximo de 27, 35 ó 40 millones de m³/año en los años 1999, 2002 y 2011, respectivamente (según rotación), culminando en niveles algo menores pero amplios de entre 19 y 38 millones de m³/año en el años 2014.

GRAFICO 1
DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL POR TRIENIO (*)
SEGUN ROTACION FIJA



Al variar tanto la rotación como la tasa de plantación las cifras de disponibilidad se mantienen dentro de la banda mostrada en los gráficos.

Es importante señalar el efecto que ejerce la rotación constante o la tasa de plantación constante, tal como puede apreciarse en el cuadro 2.

Alargar la rotación trae como consecuencia una disminución del volumen de los cinco o seis primeros trienios y posteriormente aumento, al final del período. Esto se debe a que en la actualidad existe una menor proporción de plantaciones adultas. De hecho la disponibilidad con rotación fija de 22 años (la menor) no considera las plantaciones de menor edad, de modo que en realidad hay aún un mayor volumen disponible.

Si se supone un nivel de plantación fijo, al final del período, habrá una disponibilidad similar en términos de superficie, para cualquier rotación, pero considerablemente mayor en términos de volumen para la rotación mayor.

CUADRO 2
DISPONIBILIDAD MEDIA SEGUN ROTACION Y TASA DE PLANTACION
 (millones m³ s.s.c./año)

Trienio	Rotación (años)*			Tasa Plantac. (ha/año)**		
	22	26	30	48.500	57.000	70.000
86 - 88	17	13	10	13	13	13
89 - 91	10	8	7	8	8	8
92 - 94	15	12	9	12	12	12
95 - 97	18	16	12	16	16	16
98 - 00	27	19	17	19	19	20
01 - 03	25	35	21	34	35	36
04 - 06	23	29	38	28	29	30
07 - 09	19	32	36	31	32	33
10 - 12	19	31	40	29	31	34
13 - 15	19	28	38	24	28	34

* : Tasa de plantación 57.000 ha/año

** : Rotación 26

También puede observarse que el hecho de variar la rotación traslada en el tiempo el momento de ocurrencia del "peak".

Queda demostrado además, que al aumentar la rotación aumenta la participación de la madera gruesa en el volumen total.

El efecto de la tasa de plantación, si bien es menor que el de la rotación, es igualmente indicador de la gran flexibilidad del rango de la disponibilidad futura o de sus características para ajustarse a situaciones reales.

Obviamente la variación de la tasa de plantación ocasionará cambios después del año 2000, con efectos muy leves al comienzo (por los raleos), con rangos que varían entre 2 y 3 millones de m³/año en el noveno trienio y que varían entre 5 a 6 millones de m³/año en el último, puesto que a mayor tasa de plantación se produce una mayor disponibilidad.

Una tasa de plantación anual de 70.000 ha logra prácticamente estabilizar la magnitud de la disponibilidad en los últimos trienios, ya que equivale al promedio histórico de los últimos diez años, lo que no ocurre con las otras tasas que por estar bajo este promedio hacen descender la disponibilidad.

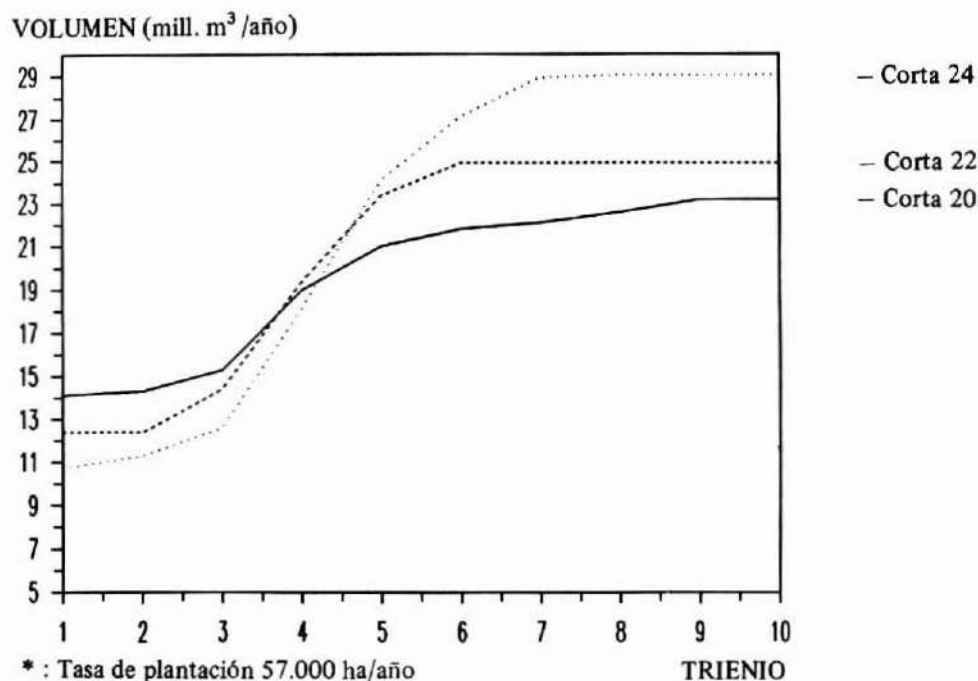
Debe destacarse que el hecho de mantener el nivel histórico de plantación (1975/85) hasta alrededor del año 2000, es decir, por el período de una rotación, permitiría asegurar el sistema a ese nivel mínimo, dada la obligatoriedad de reforestar (D.L. 701).

Finalmente, debe reiterarse que este criterio de disponibilidad media tiene por finalidad analizar en forma global y evaluar en situaciones simples el efecto de las rotaciones y de la tasa de plantación, y que es limitado como elemento de planificación sectorial.

Disponibilidad Máxima no Decreciente. La disponibilidad de madera estimada según el criterio de flujo no decreciente tiene para la rotación mínima un rango probable que va desde 11/14 millones de m³/año en la actualidad, hasta 21/24 millones de m³ en el año 2000 y 23/29 millones de m³ en el año 2015.

Este resultado representa la "evolución ideal" que debiera alcanzar el sector forestal, en el sentido de aprovechar en forma sostenida el recurso disponible total.

GRAFICO 2
RANGO DE DISPONIBILIDAD MAXIMA NO DECRECIENTE *
SEGUN ROTACION MINIMA 20 - 22 - 24



El rango 11/14 millones de m³/año corresponde al volumen disponible actual hasta 10 cm de utilización existente en las plantaciones de 20 años y más, de modo que si se consideran las plantaciones menores de 20 años que efectivamente existen el volumen disponible es mayor. Sin embargo, no se simulan rotaciones menores, ya que por la restricción impuesta, de flujo no decreciente y rotación mínima para todo el período, tal simulación haría que la disponibilidad fuera muy alta respecto a los niveles de corta actual y muy baja al final del período.

Esta discusión deja en claro que rotaciones mínimas más altas hacen disminuir la disponibilidad actual en el corto plazo, en beneficio de un incremento importante hacia la mitad y fines del período de proyección. Aunque no se demuestra aquí, debe señalarse que el aumento de la disponibilidad que se registra a fines del período como consecuencia de rotaciones mayores se concentra casi exclusivamente en la madera gruesa, con un diámetro límite mayor a 20 cm.

Al igual que en el caso anterior, el efecto de la tasa de plantación se manifiesta sólo después del año 2000. Respecto a la tasa media, la disponibilidad en el período final de la proyec-

ción aumenta alrededor de un 15% con la tasa mayor y disminuye alrededor de un 13% con la tasa menor.

En relación al rango presentado en el gráfico anterior, debe observarse que el efecto de una tasa de plantación mayor queda dentro de él, pero el de una tasa menor se ubica levemente abajo de la banda.

Raleo. Inicialmente se supuso que toda la madera aprovechable del raleo constituía producto complementario (de tipo pulpable). Sin embargo, se estimó por separado, el volumen aprovechable apto como producto principal (de tipo aserrable, exportable, con un diámetro límite mayor a 20 cm), lo que originó un significativo aumento de este tipo de producto, especialmente al final del período, y que resultó importante para los primeros trienios, en que la disponibilidad de madera gruesa proveniente de la corta final no es muy alta.

Productos principales y complementarios. En cuanto a sus niveles de inversión, la industria del aserrío y la exportación de rollizos difieren significativamente de la industria de la pulpa, papel y tableros, que se abastece principalmente de los productos complementarios. Este hecho obliga a desagregar el volumen total en estos dos tipos de productos. Esta desagregación se realiza en base al diámetro de utilización y en la práctica varía de acuerdo con aspectos técnicos, pero principalmente de mercado y de precios.

Dicha desagregación se presenta en el Cuadro 3.

CUADRO 3
DISPONIBILIDAD NO DECRECIENTE
PRODUCTO PRINCIPAL, COMPLEMENTARIO
Y TOTAL *
(volumen mill. m³/año)

Trienio	10 - 20 cm	> 20 cm	Total
86 - 88	9,4	4,7	14,1
89 - 91	8,7	5,5	14,3
92 - 94	6,8	8,5	15,3
95 - 97	8,3	10,6	19,0
98 - 00	8,5	12,5	21,0
01 - 03	9,1	12,6	21,8
04 - 06	9,4	12,7	22,1
07 - 09	9,3	13,3	22,6
10 - 12	9,9	13,2	23,2
13 - 15	9,5	13,6	23,2

* : Con aprovechamiento aserrable del raleo.
Tasa plantación 57.000 ha/año
Rotación mínima 20 años.

Según estos antecedentes, la oferta de madera pulpable se mantiene más o menos constante en el período a un nivel de unos 9 millones de m³ al año. La oferta de madera gruesa prácticamente se duplica en 1995 y casi se triplica al final del período, creciendo a una tasa acumulativa

va anual de 3,7%.

Estas cifras resultan altamente significativas para señalar la gran disponibilidad de recurso y el potencial del sector, expresado en términos del producto principal que el de mayor valor. Y aunque el volumen pulpable pareciera estar disminuido en su tendencia, no lo es debido a que dicha cantidad duplica los actuales requerimientos nacionales existiendo un saldo importante para hacer crecer en dos veces la actividad actual. El crecimiento de madera de más de 20 cm se ve limitado para el presente trienio.

Las pruebas de sensibilidad demostraron que al aumentar la rotación de 20 a 22 y a 24 años, el volumen de madera de 10 - 20 cm se mantiene más o menos constante respecto al caso base de 20 años, en cambio, el producto principal, con un diámetro mayor a 20 cm aumenta significativamente, en casi un 60%, a partir del año 2000. Esto indica además que una cierta conservatividad de los resultados del caso base son de por sí conservadores.

Disponibilidad no Decreciente con Demanda. Como resultado del balance oferta-demanda se obtiene una relación entre el volumen disponible y el volumen que puede explotarse y finalmente venderse según el criterio no decreciente. Este balance se hace para el producto principal, y de la corta de éste resulta la oferta pulpable, a la cual esta vez se le suma el volumen de astillas provenientes de un porcentaje de la madera demandada por la industria nacional del aserrío.

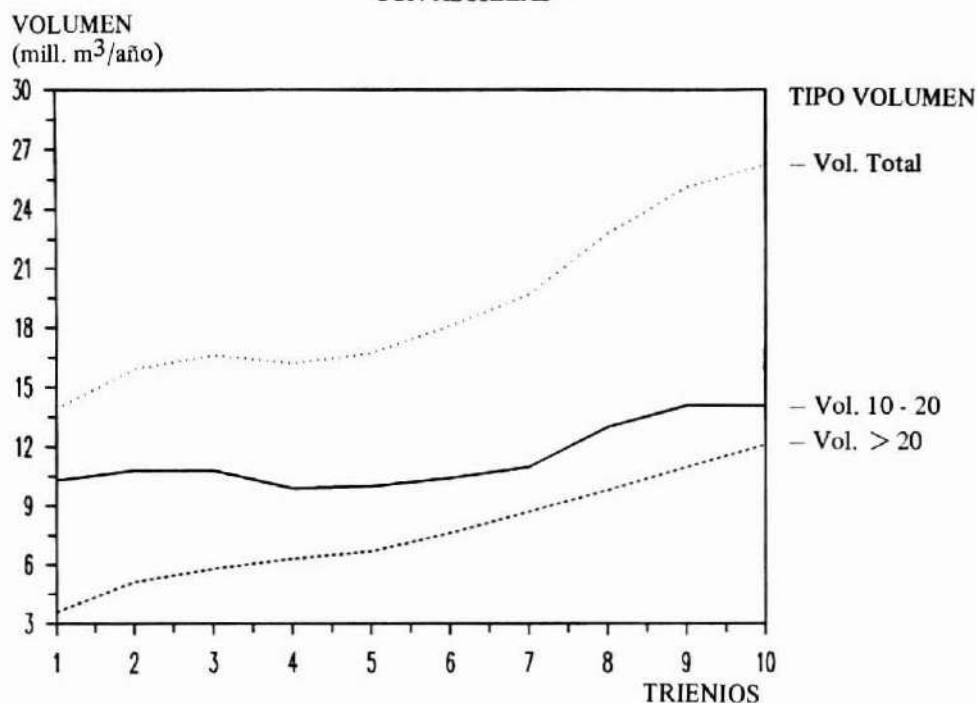
Los resultados para una situación media (rotación mínima 22 años, tasa de plantación de 57.000 ha/año) se presentan en el gráfico 3 y cuadro 4.

CUADRO 4
DISPONIBILIDAD NO DECRECIENTE CON DEMANDA (*)
PRODUCTO PRINCIPAL (> 20 cm)
Y PRODUCTO COMPLEMENTARIO (10-20 cm y astillas)
(mill. m³ ssc/año)

Trienio	10 - 20 + astillas	> 20	Total
86 - 88	10,3	3,6	13,9
89 - 91	10,8	5,1	15,9
92 - 94	10,8	5,8	16,6
95 - 97	9,9	6,3	16,2
98 - 00	10,0	6,7	16,7
01 - 03	10,4	7,6	18,1
04 - 06	11,0	8,7	19,7
07 - 09	13,0	9,8	22,8
10 - 12	14,1	11,0	25,1
13 - 15	14,1	12,1	26,2

- * Rotación mínima 22 años
Tasa de plantación: 57.000 ha/año
Con clasificación trozos raleo 10 - 20 cm y > 20 cm.

GRAFICO 3
DISPONIBILIDAD NO DECRECIENTE CON DEMANDA
SEGUN PRODUCTO TOTAL, PRINCIPAL Y COMPLEMENTARIO
CON ASTILLAS *



El gráfico indica que la oferta de madera puede ser perfectamente comercializada, aunque no en el momento exacto que describe este criterio sin demanda.

De acuerdo con las cifras precedentes, los requerimientos de madera gruesa (20 cm) son casi totalmente satisfechos por la disponibilidad. Sólo se presenta un balance negativo de 600 mil m³/año en el primer trienio, lo cual carece de importancia tanto por la magnitud de la cifra como por la flexibilidad que presentan el manejo y el aprovechamiento para realizar los ajustes necesarios.

La diferencia que presenta este caso, con la disponibilidad no decreciente sin demanda identificada como la tarea del sector, radica sólo en la oportunidad de corta, pero no en las cantidades. Esto se explica porque la demanda es superior a la disponibilidad en los trienios primero y segundo, lo que haría bajar la rotación mínima y esto, como ya se ha explicado, disminuye la oferta de los trienios posteriores hasta que se reúna un nuevo saldo que se utilizará más adelante.

La oferta del producto principal bajo las condiciones que se aprecian en el mercado se duplicará en el año 2001 y más que se triplicará en el 2015, creciendo a una tasa de 4,2% acumulativo anual este porcentaje es mayor que el de la disponibilidad sin demanda, debido a que se inicia en un punto menor).

La oferta pulpería que se produce como consecuencia, de cortar las magnitudes descritas

en el párrafo anterior equivale a más del doble de los requerimientos históricos del período 1983-1985 y es casi tres veces en el año 2015. Esta enorme disponibilidad asegura contar con cierta cantidad que podría también utilizarse como producto principal y permitiría en forma inmediata materializar mayores exportaciones de madera pulpable y aumentar la producción de productos a base de esta madera. La disminución de la oferta de madera pulpable que se producirá en el cuarto trienio se debe a que se acumularán stocks y aumentará la rotación.

Al realizar un balance entre los volúmenes proyectados y los requerimientos de madera pulpable de los actuales planes de expansión industrial conocidos, se determinó que ellos pueden ser satisfechos holgadamente por la disponibilidad proyectada a través de este estudio.

Localización Geográfica. En términos de ubicación geográfica, la oferta está concentrada casi en un 93% en la VII, VIII y IX Regiones, como consecuencia lógica de la actual distribución de las plantaciones del país.

CONCLUSIONES

1. Las magnitudes de disponibilidad de madera y las perspectivas del mercado confirman la posibilidad que el sector forestal chileno tiene para aumentar la corta de madera al doble en el año 2000 y al triple en el 2015. La validez de estos resultados está respaldada por modelos, supuestos y datos de consenso.
2. Las condiciones del mercado son casi perfectamente compatibles con la disponibilidad futura de madera, lo que da cierta garantía de que será posible realizar una corta sostenida en el tiempo y comercializar los volúmenes de madera producidos.
3. Como una forma de mantener a futuro niveles de oferta que permitan triplicar el consumo y que a su vez aseguren que las inversiones realizadas no queden con parte ociosa después del año 2015, es necesario mantener una tasa de plantación más cercana a 70.000 ha/año por lo menos hasta el 2001, (esto implica cortar finalmente unas 60.000 ha/año, que se mantendrán por la obligatoriedad de reforestar D.L. 701).
4. La actual disponibilidad de madera del tipo pulpable permite más que duplicar el consumo ya en el presente por lo que es posible emprender de inmediato acciones de promoción para aumentar su aprovechamiento.
5. La disponibilidad de madera en trozo del tipo aserrable-exportable no registrará un crecimiento inmediato. En razón a esto la corta de los próximos 4 a 5 años deberá incluso ser algo inferior a los actuales niveles, si se desea no sacrificar los niveles futuros de oferta. Esto es válido si se cumplen los supuestos de la proyección. Sin embargo, esta situación se revertirá positivamente a partir de 1992.

PREPARACION DEL SITIO Y FERTILIZACION EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE *Eucalyptus globulus* EN LA ZONA SEMIARIDA DE CHILE

J.A. Prado y P. Rojas V.*

RESUMEN

En la zona semiárida de Chile, con unos 400 mm de precipitación anual, se probaron diversos tratamientos de preparación del suelo, control de la competencia y fertilización, a fin de determinar su efecto en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* ssp *globulus*.

Los resultados indican que un tratamiento intensivo es fundamental para obtener buena supervivencia y desarrollo de las plantas. Entre los tratamientos de preparación del suelo, el surco es el más efectivo, en tanto que la aplicación de herbicida resultó ser la mejor opción para asegurar la supervivencia y crecimiento inicial de las plantaciones.

La fertilización afecta positivamente el desarrollo de las plantas, pero debe aplicarse en conjunto con el herbicida; de no ser así, ejerce un efecto negativo en la supervivencia. Los tratamientos que combinan los tres factores son los que entregan los mejores resultados.

ABSTRACT

*Soil preparation treatments, weed control and fertilization practices in a eucalyptus (*Eucalyptus globulus* ssp *globulus*) plantation were tested. The field trial is located in Chile's semiarid region, with 400 mm annual rainfall.*

Intensive planting treatments are essential to obtain high plant survival and growth, as shown by the results. The furrow proved to be the best soil preparation technique, whereas herbicide application can be considered as the best option to assure the survival and good initial plantation growth.

Growth is positively influenced by fertilization, but it must be applied together with the herbicide, otherwise a negative survival effect is caused. Best results are achieved with intensive establishment practices, combining the three factors furrow, fertilization and weed control.

* Los autores, ingenieros forestales de la División Silvicultura, Instituto Forestal Huérfanos 554, 4º piso. Santiago - Chile.

INTRODUCCION

La información disponible sobre diversas especies del género *Eucalyptus* introducidas en la zona semiárida de Chile (INFOR 1986), indica que sus crecimientos son muy inferiores a los que se logran en otras regiones del mundo con condiciones de suelo y clima semejantes.

La causa de estos bajos rendimientos puede residir en diversos factores:

- Las especies empleadas
- La procedencia
- La calidad de los sitios
- Los métodos de establecimiento de las plantaciones.

El primer factor puede descartarse desde un principio, ya que la mayoría de las especies del género *Eucalyptus* introducidas en esta región del país coinciden con las plantadas en otros países mediterráneos con condiciones de aridez semejantes (Prado, 1983). La procedencia puede ser un factor de gran importancia y merece un estudio detallado.

En zonas difíciles desde el punto de vista forestal, como es la zona semiárida chilena, la aplicación de métodos de establecimiento adecuados no sólo es recomendable, sino que resulta indispensable para obtener supervivencias y crecimientos que hagan de la plantación de especies de *Eucalyptus* una actividad económicamente atractiva. Esto ha sido demostrado tanto en regiones áridas (Kaul, 1970; FAO, 1979) como en zonas con condiciones de clima y suelo más favorables (Boden, 1984; Schönau et al, 1981; Cromer, 1984b; FRI, 1982). Todos estos trabajos concluyen además que las especies del género *Eucalyptus* responden particularmente bien a tratamientos del suelo, a la reducción de la competencia y a la fertilización.

El *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* ha sido tradicionalmente plantado en la zona semiárida chilena, ya que es una especie bastante resistente a la sequía, una vez establecida, se desarrolla en diversos tipos de suelo, rebrota bien y permite la obtención de diversos productos, tales como madera aserrada, chapas, postes, leña y aceites esenciales. Por lo general, su establecimiento ha sido difícil, ya que se produce una alta mortalidad durante los primeros años, debido principalmente al largo período seco de verano. En zonas de 400 a 500 mm de precipitación anual, su crecimiento es cercano a los 10 m³/ha/año, y aumenta en la primera rotación de monte bajo a 12 - 15 m³/ha/año.

El objetivo del ensayo que aquí se describe fue analizar el crecimiento del *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* en condiciones más favorables, derivadas de tres factores: un adecuado tratamiento de preparación del suelo; un aumento en su fertilidad, mediante la aplicación de fertilizantes; y la reducción de la competencia por agua y nutrientes, mediante el empleo de herbicidas.

MATERIAL Y METODOS

Descripción del lugar de ensayo: El ensayo se ubicó en la comuna de Casablanca, en la V Región del país, en un terreno de aptitud forestal. El suelo es de origen granítico, relativamente delgado, compacto, caracterizado por una baja fertilidad y una gran susceptibilidad a procesos erosivos. El clima corresponde al tipo bioclimático semiárido, caracterizado por una precipitación invernal que en promedio alcanza los 400 mm anuales y un largo período seco, de 7 a 8 meses.

La vegetación natural existente en el área corresponde a una estepa abierta de *Acacia cavendishii*, con una pradera natural donde predominan las gramíneas anuales.

El ensayo se estableció en una ladera con exposición oeste, con una pendiente que varía entre 15 y 20°/o.

Tratamientos y diseño experimental: El ensayo se estableció en julio de 1984, con plantas producidas en macetas en el vivero del Instituto Forestal en Santiago.

Se empleo un diseño factorial 3 x 2 x 2, con tres repeticiones, que combina los siguientes factores:

A - Preparación del suelo.

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

B - Control de la competencia.

- 0 : Testigo (sin control)
- 1 : Aplicación de herbicida.

C - Fertilización

- 0 : Testigo (sin aplicación)
- 1 : 150 gr NPK por planta.

De la combinación de estos factores resultan los siguientes tratamientos:

- T1 : Hoyo hecho con pala de media caña, que representa el tratamiento menos intensivo del suelo y que fue el método tradicionalmente aplicado en Chile para la plantación en esta región.
- T2 : Hoyo - Herbicida. El tratamiento anterior, pero con control de la competencia mediante la aplicación de herbicidas.
- T3 : Hoyo - Fertilizante. El tratamiento T1 más la aplicación de fertilizante un par de semanas después de la plantación.
- T4 : Hoyo - Herbicida - Fertilizante. La combinación de los tres anteriores.
- T5 : Surco hecho con arado liviano tirado por caballos, que es el otro método normalmente empleado en la región para establecer plantaciones forestales.
- T6 : Surco - Herbicida.
- T7 : Surco - Fertilizante.
- T8 : Surco - Herbicida - Fertilizante.
- T9 : Subsolado a 50 cm de profundidad, hecho con tractor agrícola.
- T10 : Subsolado - Herbicida.
- T11 : Subsolado - Fertilizante.
- T12 : Subsolado - Herbicida - Fertilizante.

Los bloques fueron ubicados en forma perpendicular a la pendiente para eliminar las variaciones que ésta produce.

La fertilización se realizó dos semanas después de la plantación, aplicando a cada planta 150 gr de una mezcla NPK en proporciones iguales (N, P₂O₅, K). El N se aplicó en forma de Urea; el P como Superfosfato triple y el K como Sulfato de Potasio, de modo que también se agregó S.

La mezcla se distribuyó en dos pequeñas zanjas hechas a ambos lados de la planta, a unos 20 cm de ésta, en el mismo sentido de la pendiente. Antes de realizar la fertilización se repusieron las plantas que habían muerto o se encontraban en mal estado, como consecuencia de una mala plantación. Al año siguiente se aplicó una segunda dosis de 50 gr de N. Este elemento no fue aplicado en su totalidad el primer año, para evitar un daño a las raíces y, en consecuencia, un aumento en la mortalidad.

Es necesario aclarar que este ensayo no tenía como objetivo recomendar una tasa óptima de fertilización, sino evaluar el crecimiento de la especie en un suelo teóricamente sin deficiencias de los macroelementos más importantes. Por esta razón, se aplicó la dosis típicamente recomendada para la fertilización de Eucalyptus.

El herbicida (Glyphosate) se aplicó en septiembre, tres meses después de la plantación, para asegurar que todas las malezas hubiesen ya emergido. Puesto que la finalidad del ensayo era determinar el efecto del control de la competencia en la supervivencia y desarrollo de los árboles, no el efecto de la dosificación de herbicidas, se aplicó una dosis bastante alta (3 - 4

lt/ha) para asegurar el éxito de la operación. Como las plantas de *Eucalyptus* son sensibles al herbicida empleado, fueron cubiertas al momento de realizar la aplicación, que se hizo en fajas de aproximadamente 1 m de ancho.

El ensayo, como se señaló anteriormente, se estableció empleando un diseño factorial, con tres repeticiones. Las parcelas son de 49 plantas, plantadas a 3 x 3 m, pero la unidad experimental la constituye una subparcela interior de 25 plantas, quedando una fila de aislación.

Mediciones

En octubre de 1984, luego de aplicar todos los tratamientos, se realizaron las primeras mediciones, registrándose la supervivencia y la altura total de los árboles.

En abril de 1985, pasado el primer período seco, se repitieron las mediciones anteriores. El análisis de los datos indicó que estas variables no reflejaban fielmente los resultados del ensayo (Prado y Rojas, 1985). Por esta razón, en la tercera medición, realizada en mayo de 1986, se registraron la supervivencia, la altura total y el diámetro en el cuello de la planta o diámetro basal.

Metodología de análisis

La supervivencia, la altura total (H), el diámetro basal (DB) y el crecimiento experimental entre las dos mediciones son las variables que se emplearon para comparar el efecto de los distintos tratamientos en el establecimiento del *Eucalyptus globulus* ssp *globulus*. Puesto que estas variables por sí solas no son buenos indicadores del crecimiento total de la planta, se incluyó en el análisis un "Índice de crecimiento total", dado por la combinación del diámetro basal al cuadrado y la altura ($DB^2 \times H$).

Los valores promedios de los factores y de los tratamientos se sometieron a un Análisis de Varianza con el fin de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas. Para esto, se adecuó el análisis al diseño factorial de 3 x 2 x 2 según lo descrito por Chun Li (1969).

Para determinar las diferencias significativas entre bloques, factores o tratamientos se aplicó el test de Comparaciones Múltiples de Tukey (Chun Li, 1969).

RESULTADOS Y ANALISIS:

Los resultados del ensayo se presentan en el Cuadro N° 1, que entrega los valores medios de las variables empleadas para el análisis de cada uno de los tratamientos. Además se presentan los valores totales de los niveles de cada factor. Por ejemplo, Total Ao representa los promedios del tratamiento de suelo Ao (Hoyo) cualquiera sea el nivel de los factores B y C. Para facilitar su interpretación, los resultados se presentan en forma gráfica en las Figuras 1 a 4, donde también se indican las diferencias significativas existentes entre los tratamientos.

Las diferencias significativas entre los bloques, tratamientos, factores e interacciones entre éstos se establecieron mediante análisis de varianza de cada una de las variables analizadas. Los valores de *F* calculados se entregan en el cuadro N° 2.

Con la sola excepción de la supervivencia, las variables analizadas presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los bloques. El Test de Comparaciones Múltiples de Tukey indicó que el bloque situado en la parte baja presenta resultados inferiores a los otros dos. Esto pudo deberse al efecto de una fuerte helada que afectó a la plantación en abril de 1985, la cual ocasionó un daño mucho más severo en el bloque inferior, el que además presentó algunos problemas de drenaje.

De acuerdo con esta información, los métodos de preparación del suelo (es decir, el Factor A por sí solo) presentan diferencias significativas en todas las variables relacionadas con el crecimiento, pero no en el caso de la supervivencia. La Prueba de Comparaciones Múltiples de Tukey indica que el tratamiento en surco presenta diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento en hoyo en las 4 variables de crecimiento. En cambio, las diferencias subsola-

do –hoyo y subsolado– surco no son significativas al 95^o/o.

El Factor B, es decir, la aplicación o no aplicación de fertilizante, produjo diferencias estadísticamente significativas en la altura, diámetro basal y, lógicamente, en el índice de crecimiento total (DB² x H). La aplicación de fertilizante no tuvo efecto sobre la supervivencia ni tampoco sobre el crecimiento en altura del último año. Esto último pudo deberse al daño producido por la helada, que fue muy severa en algunas parcelas fertilizadas.

**CUADRO 1
RESULTADOS DEL ENSAYO**

Factor A Preparac. del Suelo	Factores B y C Herbicida Fertilizante	Tratamiento (Nº)	Supervivencia (%)	Altura Total (cm)	Diámetro en la Base (cm)	Crecimiento en Altura (cm)	Índice Crecimiento Total (cm ³)
Ao : Hoyo	BoCo: Testigo	1	61,3	102,2	1,3	27,6	179,3
	B1Co: Herbicida	2	86,7	144,7	2,0	53,8	626,4
	BoC1: Fertiliz.	3	42,7	104,9	1,4	21,4	255,5
	B1C1: Herb-Fert.	4	84,0	153,6	2,6	49,3	1053,4
Total Ao			68,7	126,4	1,8	38,0	528,7
A1 : Surco	BoCo: Testigo	5	72,0	151,7	2,1	63,7	754,1
	B1Co: Herbicida	6	82,7	184,7	3,0	90,6	1838,2
	BoC1: Fertiliz.	7	66,7	166,3	2,5	82,1	1071,6
	B1C1: Herb-Fert.	8	84,0	199,1	3,2	97,5	2182,8
Total A1			76,4	175,5	2,7	83,5	1461,7
A2: Subsulado	BoCo: Testigo	9	64,3	114,5	1,6	37,5	326,1
	B1Co: Herbicida	10	88,0	157,7	2,6	57,1	1022,1
	BoC1: Fertiliz.	11	68,0	143,3	2,0	63,2	667,3
	B1C1: Herb-Fert.	12	96,0	187,3	3,2	78,5	1905,3
Total A2			79,1	150,7	2,4	59,1	980,2
TOTALES FAC- TORES B y C (Todos los méto- dos prep. del suelo)	BoCo: Testigo	1,5, 9	65,9	122,8	1,7	42,9	419,8
	B1Co: Herbicida	2,6,10	85,8	162,4	2,5	67,1	1162,2
	BoC1: Fertiliz.	3,7,11	59,1	138,1	2,0	55,6	664,8
	B1C1: Herb-Fert.	4,8,12	88,0	180,0	3,0	75,1	1713,9

**FIGURA 1
PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA Y MORTALIDAD**

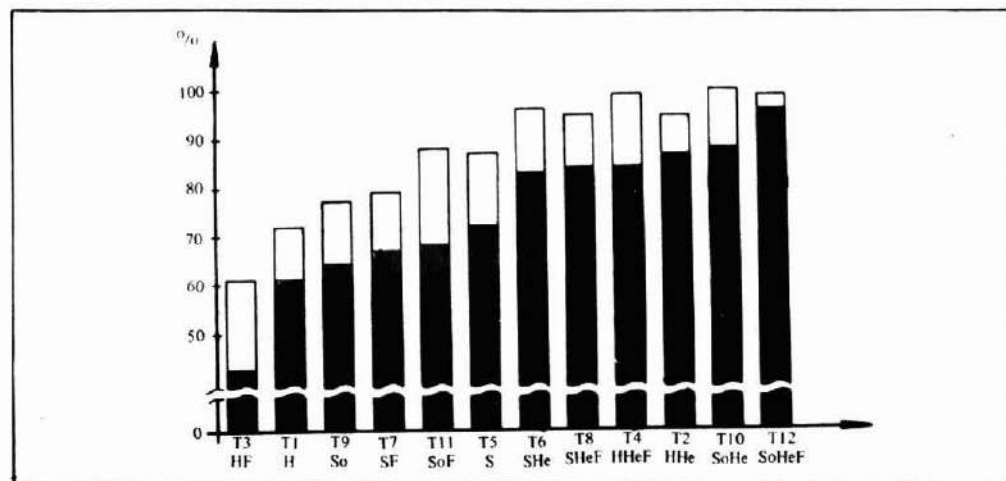


FIGURA 2
ALTURA TOTAL Y CRECIMIENTO EN ALTURA

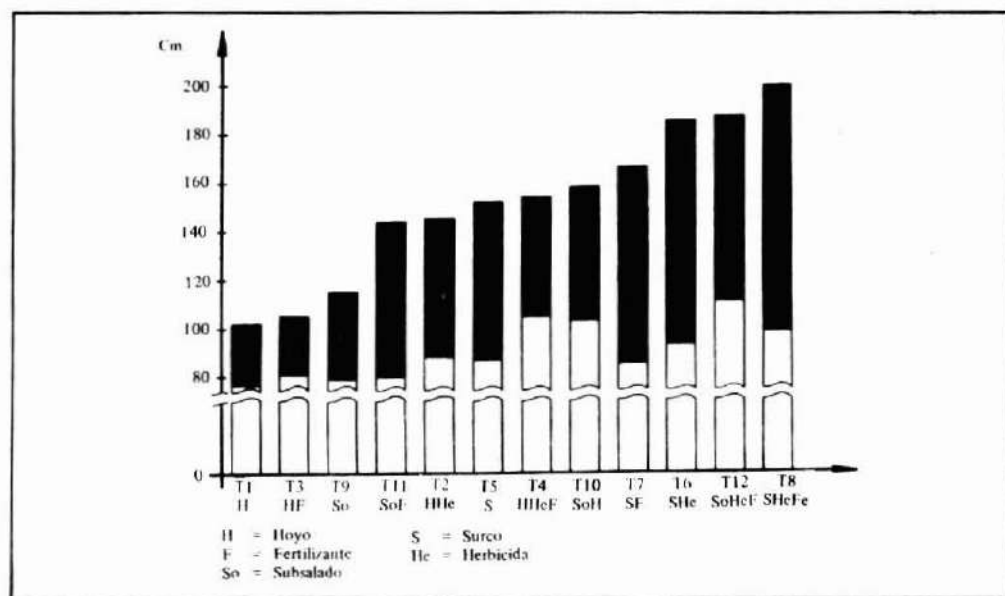


FIGURA 3
DIAMETRO EN LA BASE

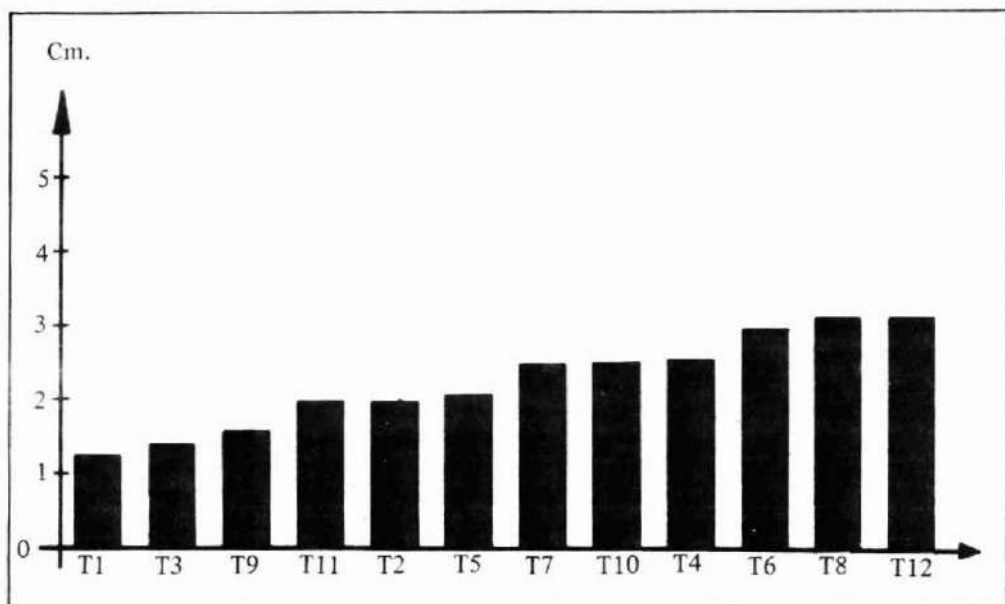
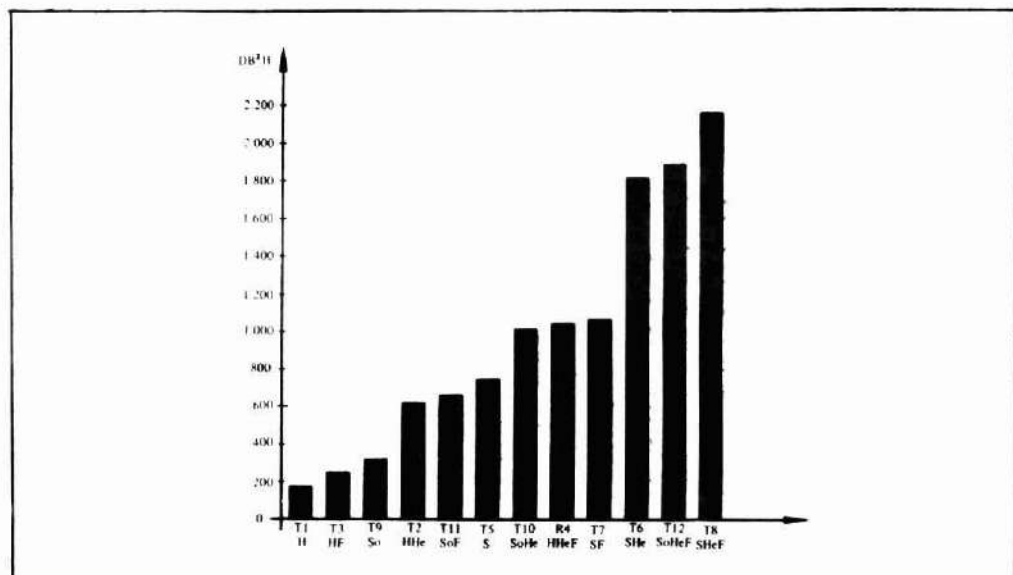


FIGURA 4
INDICE DE CRECIMIENTO TOTAL DB²H



CUADRO 2
VALORES DE F CALCULADOS EN LOS ANDEVA DE LAS DISTINTAS
VARIABLES ANALIZADAS

Efecto	Grados de Libertad	Supervivencia	Altura Total	Diámetro Basal	Crecimiento Altura	Índice de Crecimiento	F Tabulados (95 ^o /o)
A	2	1,69	13,98*	15,67*	16,13*	10,13*	3,44
B	1	23,04*	28,82*	51,40*	11,17*	28,01*	4,30
AB	2	0,60	0,81	0,27	1,66	0,41	
C	1	0,14	4,72*	9,07*	2,48	5,53*	
AC	2	1,65	0,26	0,53	0,18	0,70	
BC	1	0,66	0,02	0,20	0,13	0,82	
ABC	2	0,11	0,01	0,53	0,08	0,19	
BLOQUES	2	1,41	11,45*	5,67*	17,60*	4,79*	

* Indica diferencias significativas al 0,05.

La aplicación de herbicida (Factor C) produjo diferencias significativas en todas las variables analizadas ($\alpha = 0,01$).

Las interacciones entre los factores AB, BC, AC y ABC no son estadísticamente significativas, de acuerdo con lo que indican los resultados de este ensayo.

DISCUSION

A pesar de que han transcurrido menos de dos años desde su establecimiento, este ensayo ya presenta interesantes resultados, los que se discuten a continuación, indicando los efectos de cada uno de los factores en la supervivencia y el crecimiento de las plantas.

Tratamiento del suelo

Como ya se mencionó, el tratamiento al suelo inciden significativamente en el desarrollo de las plantas, aunque no en su supervivencia.

Tomando la variable "Índice de crecimiento total", que en teoría es la que mejor representa el crecimiento de las plantas se advierte que el surco entrega los mejores resultados, con un índice de 1461,7, que supera en 3 y 1,5 veces al de los tratamientos hoyo y subsolado, respectivamente.

Es razonable esperar que los resultados sean mejores en la medida en que el tratamiento es más intensivo. En este ensayo se considera el subsolado como el tratamiento de mayor intensidad; sin embargo, es el tratamiento de surco el que presenta los mejores resultados. Esto se explica por el hecho de que este tratamiento produce: a) un mayor control de la competencia, factor que ha demostrado ser fundamental tanto para la supervivencia como para el crecimiento de las plantas, y b) un susttato más adecuado para el desarrollo inicial, debido a la menor compactación, mayor aireación, integración al suelo de maleza, que aporta materia orgánica y nutrientes, todo lo cual facilita el establecimiento del sistema radicular.

Puesto que el subsolado es un tratamiento más profundo, es razonable suponer que tendrá un efecto más a largo plazo. Schönau et al. (1981) señalan que durante el primer año el subsolado no mejoró el crecimiento de *Eucalyptus grandis* en relación a otros tratamientos; sin embargo, al tercer año la tasa de crecimiento de las parcelas con subsolado fue superior a la de los demás tratamientos. Boden (1984) indica que las plantas siempre presentan una excelente respuesta al subsolado, aun cuando el tratamiento no sea estrictamente necesario, como en el caso de suelos profundos y bien drenados, que sólo ofrecen una resistencia normal o mínima al desarrollo radicular.

De acuerdo con los resultados, el tratamiento testigo (Hoyo) es insuficiente para promover un buen desarrollo de las plantas, pero no difiere de los demás en cuanto a la supervivencia, siempre y cuando exista un adecuado control de la competencia (Figura N° 1).

Control de la competencia (herbicida)

Los resultados de este ensayo indican que la competencia del pasto por captar la escasa humedad disponible es el principal factor que restringe la supervivencia y el desarrollo de las plantaciones en la zona semiárida. Cromer (1984a) indica que la maleza que crece en plantaciones recién establecidas causa un severo "stress" hídrico, que origina una alta mortalidad y reduce la capacidad de las plantas para absorber nutrientes.

Revell (1976) también destaca la gran importancia que tiene la competencia del pasto en la supervivencia de las plantas, especialmente en zonas secas. Este hecho quedó demostrado después del primer período seco, pues todos los tratamientos en que se aplicó herbicida presentaban una supervivencia cercana o superior al 95% (Figura N° 1). El efecto del control de la competencia se prolonga hasta el segundo año, ya que los tratamientos con herbicida presentan diferencias estadísticamente significativas ($\alpha = 0,01$) con aquellos sin aplicación.

El control de la competencia, sin embargo, no sólo afecta la supervivencia, ya que como se observa en el Cuadro N° 2, todas las variables son afectadas significativamente por este factor (B). Si se analiza el "Índice de crecimiento total" en el Cuadro N°, se concluye que los tratamientos con herbicida, cualquiera sea el nivel del Factor A (Preparación del Suelo), superan ampliamente a los sin herbicida.

Por otra parte, la falta de competencia favorece la absorción de nutrientes (Cromer, 1984a), haciendo más efectiva la aplicación de fertilizantes. Como se aprecia en las Figuras N^o 2, 3 y 4, los mejores resultados corresponden a aquellos tratamientos en que se aplican herbicida y fertilizante. Es importante destacar que los "Índices de crecimiento total" de los tratamientos más completos (T8 y T12) son más de un 1000% superiores al del tratamiento testigo. El tratamiento 4 (HHeFe) presentaba excelentes resultados en la primera medición (Prado y Rojas, 1985), pero una de sus parcelas fue la más afectada por la helada que se mencionó. Es un hecho que un crecimiento acelerado durante los primeros años puede disminuir considerablemente la resitencia al frío de la especie.

La aplicación de herbicida puede resultar riesgosa si se realiza después de la plantación, como se hizo en este ensayo, ya que los eucaliptos son en general bastante susceptibles. Una alternativa más adecuada puede ser la aplicación de un producto sin efecto residual unos pocos días antes de la plantación. Con este método no existe el peligro de dañar la planta, pero el control no resulta tan efectivo como cuando la aplicación se hace a principios de primavera, cuando todas las malezas ya han emergido.

El costo de la aplicación varía de acuerdo con la densidad y el tipo de malezas existentes. En la zona semiárida, lo usual son las praderas en que predominan las gramíneas anuales, que en general son muy susceptibles a los herbicidas, por lo que pueden eliminarse con dosis relativamente bajas. Además, se planifica una plantación a 3 x 3 m y la aplicación en fajas de 1 m de ancho, como se hizo en este caso, sólo es necesario aplicar herbicida a 1/3 de cada hectárea. Esto puede producirse aún más si el producto se aplica en un círculo de 1 m de diámetro alrededor de la planta, tratamiento que también resulta efectivo. En este caso se aplica herbicida en aproximadamente 1/10 de la hectárea, lo que reduce considerablemente el costo del tratamiento. Para la aplicación se estima un rendimiento de 0,4 a 0,5 jornada/ha.

Fertilización

Como factor individual, la fertilización no tiene la efectividad del herbicida, aun cuando afecta significativamente el desarrollo de la especie. La supervivencia, en cambio, se ve afectada negativamente por la acción del fertilizante, que al ser aplicado sin herbicida es absorbido principalmente por las malezas competidoras, fortaleciendo su desarrollo y, en consecuencia, haciendo más severa la competencia por el agua.

En la Figura N^o 1 se aprecia que la menor supervivencia al primer año corresponde a los tratamientos con fertilizante, que además presentan la mayor mortalidad en el período transcurrido entre ambas mediciones (T3, T11). Las tasas de mortalidad son en general altas, debido a que el año 1985 fue extremadamente seco, con menos del 50% de la precipitación media anual.

En el Cuadro N^o 2 se advierte que el fertilizante como factor individual (Factor C) afectó significativamente el crecimiento de las plantas, lo cual se debe fundamentalmente a la influencia de los resultados correspondientes a las parcelas en que también se aplicó herbicida (T8 y T12). El efecto combinado del fertilizante con el herbicida entrega los mejores resultados, aun cuando estadísticamente no existe una correlación significativa entre ambos factores. Esto indica que la fertilización debe ser complementada con el control de la competencia y por lo tanto no puede considerarse por sí sola como reemplazo de favorables para que el árbol se desarrolle lo suficiente como para sacar ventaja de la aplicación del fertilizante.

Por otra parte, la respuesta de las plantas a la aplicación de fertilizantes depende de la correcta formulación de la mezcla aplicada, para lo cual se debe considerar no sólo el contenido de nutrientes disponibles en el suelo, sino también el tipo de preparación del suelo que se realice. En terrenos con mucha vegetación, una preparación mecánica intensiva integra mucha materia orgánica al suelo y produce una mineralización del nitrógeno, que queda disponible para las plantas. Si se aplica la misma dosis que en un terreno sin tratamiento intensivo, puede

producirse un efecto negativo o puede no haber respuesta, debido a que la presencia excesiva de N disponible altera el balance N/P (Boden, 1984; Cromer, 1984a).

Otro factor de importancia en la fertilización es el modo de aplicación de los productos, especialmente de los nitrogenados. El fertilizante puede aumentar considerablemente la mortalidad si se aplica en forma concentrada al lado de la planta o en el fondo del hoyo de plantación (Esparcia (1973) y Hartley (1977) citados por Schönau, 1984). La mezcla del fertilizante con el suelo tampoco es recomendable, especialmente en suelos que tienen tendencia a fijar nutrientes, como les ocurre a los suelos volcánicos con el fósforo. Por lo tanto, se recomienda aplicarlo en una pequeña zanja circular con un radio de 15 a 20 cm.

En este caso se aplicaron 100 gr de N, 50 gr de P_2O_5 y 50 gr de K por planta. Para un total de 1100 plantas por hectárea, esto significa aplicar 170 kg/ha de Urea, 110 kg/ha de Superfosfato triple y 110 kg/ha de Sulfato de K. Sin embargo, es preciso recordar que este ensayo no fue diseñado para determinar los elementos y las dosis de aplicación óptimas, de modo que estas cifras no constituyen una recomendación. Para la aplicación del fertilizante en las proporciones utilizadas en este ensayo, se estima que son necesarias 2 a 3 jornadas por hectárea.

CONCLUSIONES

Del ensayo analizado se obtienen las siguientes conclusiones:

- Un adecuado tratamiento del suelo es fundamental para lograr una buena supervivencia y desarrollo de las plantas de *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* en la zona semiárida. En los dos primeros años, el surco produce los mejores resultados, aun cuando no son significativamente superiores a los del subsolado. El hoyo es una preparación del suelo insuficiente.
- De acuerdo con estos resultados, el control de la competencia es el mejor tratamiento para asegurar la supervivencia y el crecimiento inicial de las plantaciones, a un costo relativamente bajo.
- La fertilización, como factor independiente, no resulta recomendable, ya que aun cuando promueve el desarrollo de las plantas una vez establecidas, puede tener un efecto negativo en la supervivencia, al favorecer a la vegetación competidora.
- Los tratamientos que combinan una buena preparación de suelo, con control de la competencia y fertilización, producen crecimientos hasta 10 veces superiores a los de los tratamientos tradicionales, cuando el crecimiento total se expresa en función de DB^2H . Esta respuesta hace razonable pensar que los tratamientos más intensivos ensayados pueden ser económicamente favorables.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- BODEN, D.I. 1984. Early responses to different methods of site preparation for three commercial tree species. In: Proc. IUFRO Symposium on site and productivity of fast growing plantations, Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp. 565-578.
- CROMER, R.N. 1984 a. Site amelioration for fast-growing plantations. In: Proc. IUFRO Symposium on site and productivity of fast growing plantations, Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp. 669-678.
- CROMER, R.N. 1984b. The influence of nutrition on growth and photosynthesis in Eucalyptus. In: Proc. IUFRO Symposium on site and productivity of fast growing plantations, Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp. 669-678.
- LI, CH. CH. 1969. Introducción a la estadística experimental. Barcelona, Ed. Omega, 496 p.
- FAO 1979. Eucalyptus for plantig. FAO, Roma. FAO Forestry Series N° 11.677 p.
- FOREST RESEARCH INSTITUTE. 1982. Establishing Eucalyptus, FRI, New Zealand. What's new in forest research N° 107. 4 p.
- INSTITUTO FORESTAL/CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1986, Especies exóticas de interés económico para Chile. INFOR/CORFO, Santiago, Chile, 178 p.
- KAUL, R.N., ed. 1970. Afforestation in arid zones. W. Junk N. V. Publ., The Hague. Monogr. Biol. 20.435 p.
- PRADO, J.A. y ROJAS, P. 1985. Efecto de la preparación del suelo, fertilización y control de la competencia en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la Zona Semiárida de Chile. En: Actas Segundo Encuentro Regional C.I.I.D. Forestación en zonas áridas y semiáridas, Santiago, Chile, p.p. 234-247.
- REVELL, D.H. 1976. Ecological importance of grass on dry sites. In: FRI Symposium N° 18. The use of herbicides in forestry in New Zealand Forest Research Institute, New Zealand. pp. 138-139.
- SCHONAU, A.P.G. 1984. Fertilization of fast-growing broadleaves species. In: Proc. IUFRO Symposium on site and productivity of fast growing plantations, Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp. 153-268.
- SCHONAU, A.P.G.; VERLOREN VAN THEMAAT, R. and BODEN, D.I. 1981. The importance of complete site preparation and fertilising in the establishment of *Eucalyptus grandis*. S. Afr. For. J. N° 116:1-10.
-

ENSAYOS DE PROCEDENCIAS DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh EN LA ZONA SEMIARIDA DE CHILE

Santiago Barros A.*
Patricio Rojas V.

RESUMEN

En 1984 se instalaron cuatro ensayos de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh en la zona central de Chile (32° a 34° lat S), donde la precipitación media anual varía entre 300 y 700 mm.

La semilla, obtenida de CSIRO-Australia, correspondía a 14 procedencias, entre las cuales se incluían las más sobresalientes del clima tropical, Katherine, N.T. y Petford, QLD, del clima mediterráneo, Lake Albacutya, Vic., y del clima árido, Nueva Gales del Sur.

A los dos años, en las cuatro localidades ensayadas, la procedencia de mayor plasticidad en términos de supervivencia, crecimiento, forma y productividad fue Lake Albacutya, Vic (10666). En el mejor sitio su altura promedio a esa misma edad fue de 2,13 m con un crecimiento medio anual en altura de 1,12 m.

Las procedencias de menor crecimiento en todos los lugares de ensayo fueron: Agnew, W.A. (9856); NW Dodnadatta, S.A. (12828); N. de Quilpio, QLD (13264 y Fitzroy River Crossiana, W.A. (13250).

ABSTRACT

In 1984 four provenance trials of Eucalyptus camaldulensis Dehnh were established in central Chile (32° to 34° S. Lat.), where the mean annual rainfall varies from 300 to 700 mm.

The seed for the trials was obtained from CSIRO. Fourteen provenances were studied. Some of them have often proved to be among the best provenances for their preferred climates. Tropical: Katherine, N.T. and Petford, QLD.; mediterranean: Lake Albacutya, Vic.; and arid: New South Wales.

At age two the best provenance in the four trials, was Lake Albacutya, Vic. (10666). It was the best in terms of form, survival and growth rate. On the best site those plants reached a height of 2.13 m., with a yearly growing rate growing of 1.12 m.

The slowest growing provenances in the four trials were Agnew, W.A. (9856); N. W. Dondnadatta, S.A. (12828); N. of Quilpio, QLD. (13264) and Fitzroy River Crossiana, W.A. (13250).

* División Silvicultura. Instituto Forestal, Huérfanos 554, Santiago - Chile, Tel. 396189.

INTRODUCCION

Dentro de la red de ensayos de introducción de especies establecida por el Instituto Forestal desde el año 1962, se ha probado un considerable número de diferentes especies forestales en distintas zonas del país. En la zona semiárida se han ensayado principalmente especies del género *Eucalyptus* y los resultados obtenidos hasta ahora indican que *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus cladocalyx* y *Eucalyptus sideroxylon* son las especies forestales exóticas de mayor interés para esta zona, principalmente para los sectores de secano interior con precipitaciones inferiores a 500 mm anuales (INFOR, 1986).

Sin embargo, el escaso conocimiento que se tiene en el país acerca de la silvicultura de estas especies no justifica su inclusión en programas de forestación a gran escala, razón por la cual se está trabajando en el desarrollo de técnicas intensivas de establecimientos de plantaciones y en la selección de procedencias de semillas adecuadas para las condiciones de sitio propias de esta zona. En el año 1984 se establecieron ensayos de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* en cuatro lugares de la zona semiárida del país, cuyos resultados a los dos años de edad se analizan en el presente trabajo.

El *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. ("River Red Gum"), junto con ser la especie del género *Eucalyptus* más difundida en el mundo (NAS, 1980), es una de las especies de eucalipto de más amplia distribución natural en Australia, donde se la encuentra en todos los estados con la excepción de Tasmania. Ocupa un rango latitudinal entre los 12° 30' y los 38° de Latitud Sur y ocurre naturalmente en altitudes de 20 a 700 m.s.n.m. Esta especie puede prosperar bien bajo una variedad de condiciones climáticas, desde las tropicales a las subtropicales, con temperaturas máximas medias de verano de 27 a 40° C y mínimas medias invernales de 3 a 15° C y con precipitaciones medias anuales de 150 a 1250 mm, de régimen invernal en la parte sur y estival en los estados del norte.

La especie ha sido ampliamente utilizada en plantaciones fuera de Australia, principalmente en países de la cuenca del Mediterráneo. Actualmente existen unas 500 mil hectáreas plantadas en el mundo (Nawaz, 1963). Las repoblaciones más extensas se encuentran en España (114.000 ha) y Marruecos (87.000 ha), donde se emplea para la producción de pulpa, al igual que en Portugal, a pesar de que su madera es más dura, pesada y coloreada que la de *E. globulus* (NAS, 1980). Otros países que han incluido esta especie en sus programas de forestación son Argentina, Israel y México, donde se utiliza en la fabricación de tableros (Turnbull and Pryor, 1978). También debido al alto poder calorífico de la madera (4.800 Kcal/kg), la especie es usada con fines energéticos.

El interés por plantar *Eucalyptus camaldulensis* en diferentes partes del mundo radica en su rápido crecimiento en sitios pobres y de escasa precipitación, donde los períodos secos son prolongados; en su capacidad de retoñar adecuadamente después de la explotación; en la utilidad de su madera para una variedad de usos y en la tolerancia que presenta la especie a inundaciones periódicas y a cierta salinidad en el suelo (Turnbull and Pryor, 1978).

Dependiendo de la procedencia de la semilla y del sitio en que se le plante, *E. camaldulensis* puede crecer muy rápido. Durante los primeros diez años pueden mantenerse incrementos anuales de 2 m en altura y de 2 cm en diámetro. Rendimientos volumétricos de hasta 30 m³/ha/año han sido medidos en buenos sitios (FAO, 1979). En sitios pobres y secos, los incrementos son mucho menores. En un ensayo de 13 procedencias efectuado en Peshawar (Pakistán), el rango del incremento medio anual fue de 5.5 y 15.5 m³/ha/año (Siddiqui K.M. et al., 1979).

La amplitud de la distribución natural de esta especie en su país de origen otorga una especial importancia a la selección adecuada de procedencias de semilla para cada zona que se intente repoblar, ya que éste es un factor que puede originar significativas diferencias de adaptación y de productividad en una determinada zona, las cuales se ven reflejadas en el crecimiento,

morfología y calidad de los árboles, en su tolerancia al medio (frío, sequía, plagas u otros factores) y en la calidad de la madera.

En esta perspectiva, el objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y desarrollo de diferentes procedencias de *Eucalyptus camaldulensis*, con el fin de seleccionar las más adecuadas para la forestación en distintos sectores de la zona semiárida del país y entregar sugerencias para nuevas investigaciones de acuerdo con los resultados obtenidos.

MATERIAL Y METODO

Según Burley y Wood (1979), las etapas que deben cumplirse para la selección de la procedencia más adecuada de una especie son las siguientes:

- a) Fase de Alcance Completo
Su objetivo es determinar la amplitud y el patrón de variabilidad genética entre procedencias (poblaciones) de la especie en su distribución natural.
El número de procedencias que se deben ensayar varía de 10 a 30 y la duración de la fase para obtener algunas conclusiones varía entre 0,25 y 0,5 veces la rotación estimada de la especie.
- b) Fase de Alcance Restringido
Su objeto es determinar sub-regiones y finalmente aquellas procedencias más adecuadas para el área de estudio.
El número de procedencias que se deben ensayar varía entre 3 y 5 y la duración de esta fase es de 0,5 veces la rotación estimada de la especie.
- c) Fase de Comprobación
Su objeto es confirmar, bajo las condiciones normales de plantación, los resultados obtenidos por la procedencia seleccionada.
El número de procedencias que se deben ensayar es 1 y en algunos casos 2.
Generalmente las experiencias que se desarrollan en esta fase son las siguientes:
 - Ensayos de viverización
 - Métodos de preparación del suelo
 - Métodos de plantación
 - Ensayos de espaciamentos y raleos
 - Ensayos de control de competencia
 - Ensayos de poda
 - Ensayos de fertilizantes y herbicidas

Después de la fase de comprobación, se efectúan plantaciones piloto como paso intermedio entre la fase experimental y las plantaciones a escala industrial.

Estas plantaciones pueden demostrar a los potenciales inversionistas la factibilidad de un proyecto a gran escala y también proporcionan la oportunidad de desarrollar sistemas de manejo y técnicas silviculturales.

Ubicación y descripción de los ensayos: Los ensayos se establecieron en cuatro lugares de la zona semiárida de Chile, entre los 32 y 34° de latitud (Mapa ubicación).

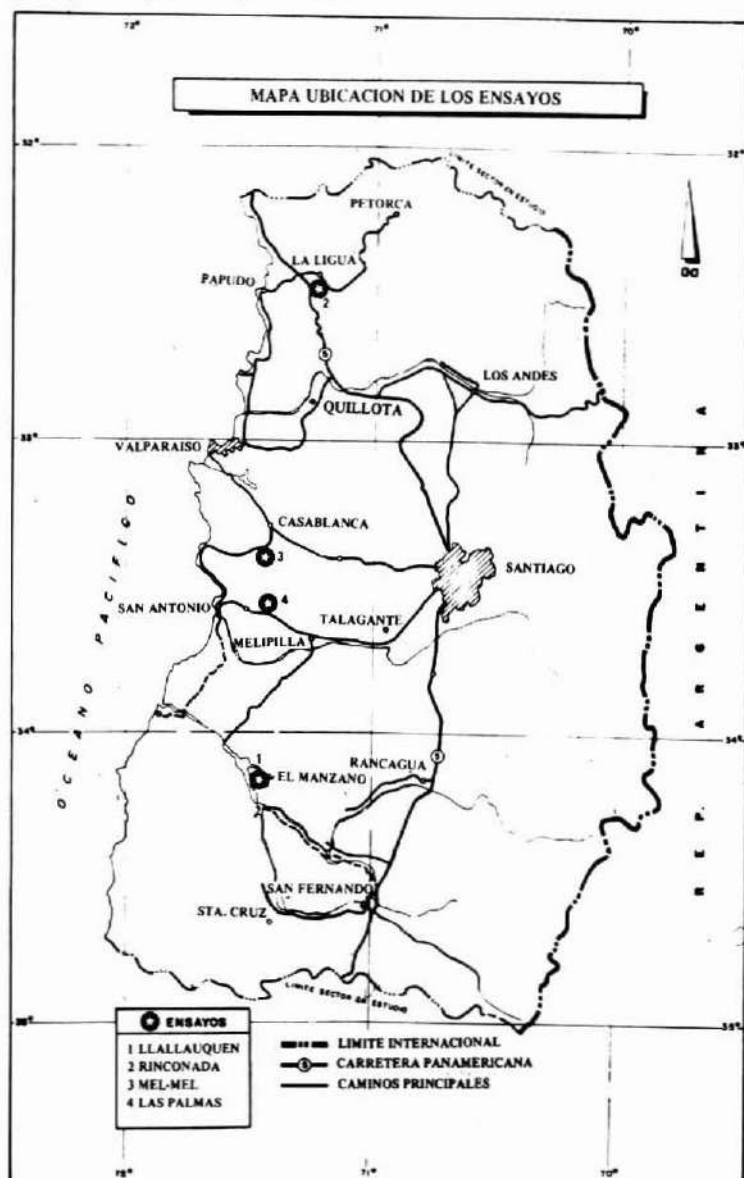
La zona de estudio corresponde al tipo bioclimático Mediterráneo (Di Castri, 1975), que se caracteriza por una baja precipitación anual (300 - 7000 mm) distribuida fundamentalmente en los meses de invierno, por lo que existe un largo período seco de 5 a 8 meses.

Los suelos de la zona están severamente degradados por sobrepastoreo, presentando un horizonte A de 20 a 40 cm de profundidad, neutro a ligeramente ácido y de muy bajo contenido de materia orgánica. El horizonte B normalmente presenta una reacción más alcalina. En una estructura más fuerte y texturas más gruesas.

La vegetación natural de la zona, fuertemente degradada debido a la sobreutilización, está representada por una formación mesomórfica en la que las especies de mayor importancia son *Acacia caven* (Espino), *Quillaja saponaria* (Quillay) y *Peumus boldus* (Boldo).

En la parte norte predomina la primera de las especies nombradas, constituyendo el tipo forestal denominado Estepa de *Acacia caven*. En la parte central y sur de la zona estas especies se combinan constituyendo el tipo Bosque Esclerófilo Mixto.

En el Cuadro Nº 1, Figura Nº 1 siguientes, se caracterizan los lugares de ensayo desde el punto de vista fisiográfico, edáfico y climático.

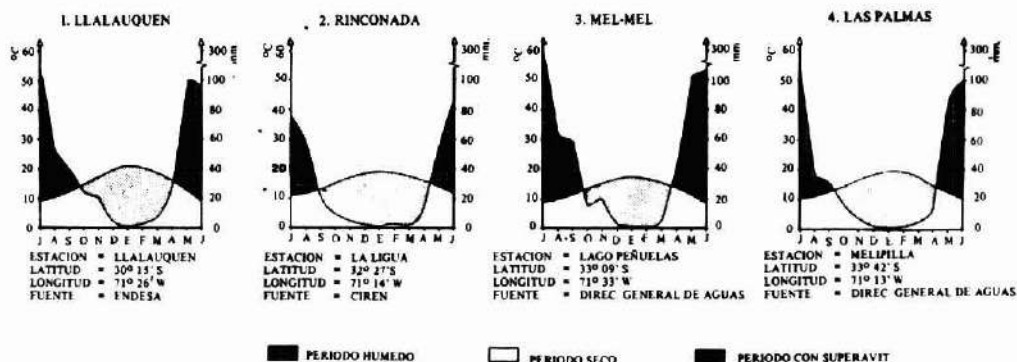


CUADRO 1
UBICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ENSAYOS

	Ensayo 1 Llallauquén	Ensayo 2 Rinconada	Ensayo 3 Mel-Mel	Ensayo 4 Las Palmas
1. Ubicación				
Latitud Sur	34° 15'	32° 30'	33° 22'	33° 36'
Longitud Oeste	71° 21'	71° 15'	71° 23'	71° 22'
2. Fisiografía				
Pendiente (‰)	5 - 10	Medía 26 Máx. 35	20 - 30	0 - 5
Exposición	Noreste	Sur	Noreste	-
Relieve	Plano	Lomaje	Lomaje	Plano
3. Suelos				
Gran grupo	Pardo no cálcico	Pardo no cálcico	Pardo no cálcico	Pardo no cálcico
Características del Horizonte 2	Profundidad del suelo de 20 - 40 cm; textura moderadamente gruesa variando de franco arenosa fina a gruesa; estructura de bloques angulares y subangulares; pH 5,4 - 6,0; color pardo oscuro a pardo amarillento presenta limitaciones por erosión y/o topografía(1).	0 - 20 cm; textura franca, estructura subangular, consistencia friable, débilmente plástica y adhesiva; abundantes raíces finas; pH 5,6; color 7,5 Y R 6/4 en seco.	0 - 30 cm; textura franco-arenosa; estructura de bloques subangulares; consistencia friable y débilmente plástica y adhesiva; presencia de raíces finas; pH 6.1.	0 - 30 cm, textura franco-arenosa; estructura de bloques angulares y subangulares; consistencia friable, débilmente plástica y adhesiva; raíces abundantes, pH 6,4; color 5 Y R 4/4 en húmedo.
Características del Horizonte 2		20 - 60 cm; textura arcillosa, estructura prismática; consistencia firme, fuerte, plástica y adhesiva; raíces escasas pH 5,7, color 5 Y R 4/4 en seco.	30 - 70 cm; formada por maicillo grueso con abundante cuarzo y una pequeña matriz de material más fino; no hay presencia de raíces, pH 6,1. (2).	30 - 75 cm; textura franco-arcillo-arenosa; estructura de bloques angulares y subangulares consistencia friable, fuerte, plástica y adhesiva; presencia de raíces finas, pH 6,5; color 2,5 Y R 5/6 en húmedo.
Características del Horizonte 3		60 y más cm.. formado por maicillo muy descompuesto, con presencia de piedra y no hay presencia de raíces (2).		75 - 130 cm, predomina un maicillo con abundante cuarzo y muy denso, no hay presencia de raíces (2).
4. Clima				
Tipo Bioclimático	Mediterráneo subhúmedo	Mediterráneo semiárido	Mediterráneo semiárido	Mediterráneo subhúmedo
Precipitación media anual (mm)	513,2	328,8	729,5	364,8
Temperatura media anual (°C)	15°	15,0°	13,4°	14,7°
Meses secos	6 - 7 (3)	7 - 8 (4)	5 - 6 (5)	6 - 7 (5)

FUENTE: (1) CIREN-CORFO 1980
(2) Jorge Toro 1986
(3) Endesa 1986
(4) CIREN-CORFO 1979
(5) Dirección Gral. de Aguas 1986

FIGURA 1
DIAGRAMAS OMBROTÉRMICOS REPRESENTATIVOS
DE LOS LUGARES DE ENSAYOS



Procedencias Ensayadas: En los cuatro lugares se ensayó una colección de 14 procedencias de semillas obtenidas de CSIRO - Australia. Sin embargo, debido a que las muestras de semillas fueron limitadas, algunas de las procedencias no están replicadas en todos los ensayos.

CUADRO 2
PROCEDENCIAS *Eucalyptus camaldulensis*

Localidad y Estado	Latitud (° S)	Longitud (° E)	Altitud (mnm)	Precipitación (mm/año)	Temperaturas		Lugar de Ensayo			
					Máxima media mes más cálido (° C)	Mínima media mes más frío (° C)	Llallauquén	La Rinconada	Mel-Mel	Las Palmas
Darling River Bourke, NSW	30 50	145 57	110	349	36,8	4,5	x	* x	x	x
Minindee, NSW	32 25	145 30	60	237	32,9	5,1	x	x	x	
Lake Albacutya, VIC.	35 54	142 00	70	332	32,4	4,2	x	x	x	x
NW Dodnadatta, SA	26 57	133 32	300	129	38,0	6,0	x	x	x	x
Agnew, WA	28 30	120 57	490	228	38,3	6,6	x	x	x	x
Lake Albacutya, VIC	35 44	142 20	70	332	32,4	4,2	x	x	x	x
Port Lincoln, SA	34 35	135 38	90	484	24,9	8,4	x	x	x	x
Fitzroy River Crossina, WA	18 11	125 36	150	519	40,9	11,1	x		x	x
Emu Creek Peiford, QLD	17 20	144 68	460	1427	29,6	10,4			x	
Wof Wiluma, WA	26 33	120 30	550	239	37,2	4,9			x	
Nof Quilpio, QLD	25 58	144 35	260	291	37,9	6,3	x	x		x
Umberumberka Creek, NSW	31 57	141 28	304	237	32,9	5,1	x	x		x
Wiluma, WA	26 00	120 00	—	239	37,2	4,9	x	x		x
Sof Katherine, NT	14 30	132 15	110	352	38,1	13,2	x	x		x

Las semillas fueron viverizadas durante el período diciembre 1983-mayo 1984. Las plantas fueron producidas en bolsas de polietileno de 10 x 20 cm usando un sustrato compuesto por un 60% de tierra común, 20% de arena y 20% de tierra vegetal.

La vegetación arbustiva y arbórea de los lugares de ensayos fue eliminada a través de un roce manual. La plantación se efectuó durante los meses de junio y julio de 1984, coincidiendo con el período de mayor pluviosidad.

Diseño Experimental: Los ensayos fueron establecidos con un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones, aunque cuando existían diferencias notorias en el lugar, debidas a la pendiente, exposición u otros factores, se empleó un diseño de bloques al azar.

La unidad experimental fue de 20 plantas (2 hileras de 10 plantas) espaciadas a 3 x 3 m. El método de establecimiento de las plantaciones y el diseño experimental de cada ensayo se detallan en el Cuadro N° 3.

Variables Analizadas: Los ensayos se controlaron una vez terminada la primera temporada de crecimiento (control año 1985) y una vez terminada la segunda temporada de crecimiento (control año 1986). En el primer control se midieron las siguientes variables, en las tres repeticiones.

- Supervivencia (o/o)
 - Altura total de las plantas (m)
- En el segundo control, además de las variables mencionadas, se agregaron:
- Diámetro de cuello, medido con pie de metro (cm)
 - Incremento en altura entre el primer y segundo año (m)
 - Un índice de crecimiento, como estimador de la biomasa, calculado a partir del diámetro de cuello al cuadrado multiplicado por la altura total ($dc^2 \times H$).

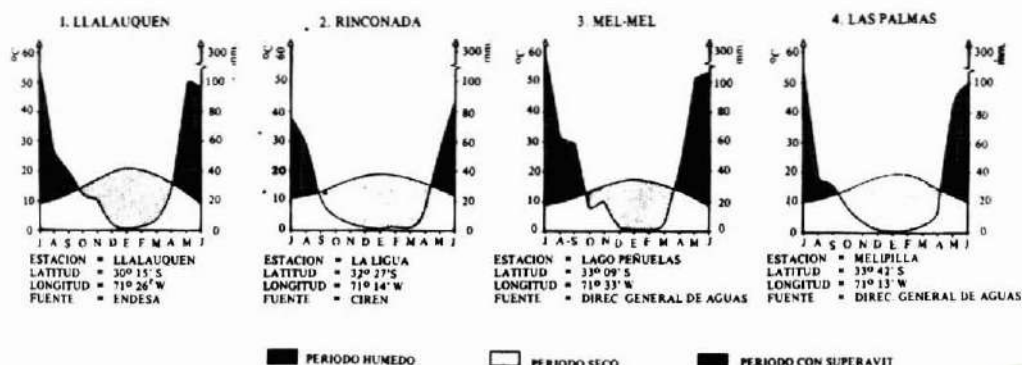
Análisis Estadístico. Debido a las restricciones impuestas por la heterogeneidad de los ensayos, en términos del tamaño de la unidad experimental, diseño estadístico y método de establecimiento, se efectuó un análisis comparativo de las procedencias dentro de cada sitio

CUADRO 1
UBICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ENSAYOS

	Ensayo 1 Llallauquén	Ensayo 2 Rinconada	Ensayo 3 Mel-Mel	Ensayo 4 Las Palmas
1. Ubicación Latitud Sur Longitud Oeste	34° 15' 71° 21'	32° 30' 71° 15'	33° 22' 71° 23'	33° 36' 71° 22'
2. Fisiografía Pendiente (%o) Exposición Relieve	5 - 10 Noreste Plano	Media 26 Máx. 35 Sur Lomaje	20 - 30 Noreste Lomaje	0 - 5 - Plano
3. Suelos Gran grupo Características del Horizonte 2	Pardo no cálcico Profundidad del suelo de 20 - 40 cm; textura moderadamente gruesa variando de franco arenosa fina a gruesa; estructura de bloques angulares y subangulares, pH 5,4 - 6,0; color pardo oscuro a pardo amarillento presenta limitaciones por erosión y/o topografía(1).	Pardo no cálcico 0 - 20 cm; textura franca, estructura subangular, consistencia friable, débilmente plástica y adhesiva; abundantes raíces finas; pH 5,6; color 7,5 Y R 6/4 en seco.	Pardo no cálcico 0 - 30 cm; textura franco-arenosa; estructura de bloques subangulares; consistencia friable y débilmente plástica y adhesiva; presencia de raíces finas, pH 6.1.	Pardo no cálcico 0 - 30 cm; textura franco-arenosa; estructura de bloques angulares y subangulares, consistencia friable, débilmente plástica y adhesiva; raíces abundantes, pH 6,4, color 5 Y R 4/4 en húmedo.
Características del Horizonte 2		20 - 60 cm; textura arcillosa, estructura prismática; consistencia firme, fuerte, plástica y adhesiva; raíces escasas pH 5,7, color 5 Y R 4/4 en seco.	30 - 70 cm, formada por macillo grueso con abundante cuarzo y una pequeña matriz de material más fino; no hay presencia de raíces, pH 6.1. (2).	30 - 75 cm; textura franco-arcillo-arenosa; estructura de bloques angulares y subangulares consistencia friable, fuerte, plástico y adhesivo; presencia de raíces finas, pH 6,5; color 2,5 Y R 5/6 en húmedo.
Características del Horizonte 3		60 y más cm. formado por macillo muy descompuesto, con presencia de piedra y no hay presencia de raíces (2)		75 - 130 cm, predomina un macillo con abundante cuarzo y muy denso, no hay presencia de raíces (2).
4. Clima Tipo Bioclimático Precipitación media anual (mm) Temperatura media anual (°C) Meses secos	Mediterráneo subhúmedo 513,2 15,0 6 - 7 (3)	Mediterráneo semiárido 328,8 15,10 7 - 8 (4)	Mediterráneo semiárido 729,5 13,40 5 - 6 (5)	Mediterráneo subhúmedo 364,8 14,70 6 - 7 (5)

FUENTE: (1) CIREN - CORFO 1980
(2) Jorge Toro 1986
(3) Endesa 1986
(4) CIREN - CORFO 1979
(5) Dirección Gral. de Aguas 1986

FIGURA 1
DIAGRAMAS OMBROTERMICOS REPRESENTATIVOS
DE LOS LUGARES DE ENSAYOS



ENSAYOS DE PROCEDENCIA DE EUCALYPTUS CAMALDULENSIS

Procedencias Ensayadas: En los cuatro lugares se ensayó una colección de 14 procedencias de semillas obtenidas de CSIRO - Australia. Sin embargo, debido a que las muestras de semillas fueron limitadas, algunas de las procedencias no están replicadas en todos los ensayos.

CUADRO 2
PROCEDENCIAS *Eucalyptus camaldulensis*

Localidad y Estado	Latitud (° S)	Longitud (° E)	Altitud (manm)	Precipitación (mm/año)	Temperaturas		Lugar de Ensayo			
					Máxima media mes más cálido (° C)	Mínima media mes más frío (° C)	Llallauquén	La Rinconada	Met-Mel	Las Palmas
Darling River Bourke, NSW	30 50	145 57	110	349	36,8	4,5	x	*x	x	x
Minúdee, NSW	32 25	145 30	60	237	32,9	5,1	x	x	x	x
Lake Albacutya, VIC.	35 54	142 00	70	332	32,4	4,2	x	x	x	x
NW Dodnadatta, SA	26 57	133 32	300	129	38,0	6,0	x	x	x	x
Agnew, WA	28 30	120 57	490	228	38,3	6,6	x	x	x	x
Lake Albacutya, VIC	35 44	142 20	70	332	32,4	4,2	x	x	x	x
Port Lincoln, SA	34 35	135 38	90	484	24,9	8,4	x	x	x	x
Fitzroy River Crossina, WA	18 11	125 36	150	519	40,9	11,1	x		x	x
EmuCreek Petford, QLD	17 20	144 68	460	1427	29,6	10,4			x	
Wof Wiluma, WA	26 33	120 30	550	239	37,2	4,9			x	
Nof Quilpio, QLD	25 58	144 35	260	291	37,9	6,3	x	x		x
Umberumberka Creek, NSW	31 57	141 28	304	237	32,9	5,1	x	x		x
Wiluma, WA	26 00	120 00	-	239	37,2	4,9	x	x		x
Sof Katherine, NT	14 30	132 15	110	352	38,1	13,2	x	x		x

Las semillas fueron viverizadas durante el período diciembre 1983-mayo 1984. Las plantas fueron producidas en bolsas de polietileno de 10 x 20 cm usando un sustrato compuesto por un 60%/o de tierra común, 20%/o de arena y 20%/o de tierra vegetal.

La vegetación arbustiva y arbórea de los lugares de ensayos fue eliminada a través de un roce manual. La plantación se efectuó durante los meses de junio y julio de 1984, coincidiendo con el período de mayor pluviosidad.

Diseño Experimental: Los ensayos fueron establecidos con un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones, aunque cuando existían diferencias notorias en el lugar, debidas a la pendiente, exposición u otros factores, se empleó un diseño de bloques al azar.

La unidad experimental fue de 20 plantas (2 hileras de 10 plantas) espaciadas a 3 x 3 m. El método de establecimiento de las plantaciones y el diseño experimental de cada ensayo se detallan en el Cuadro N° 3.

Variables Analizadas: Los ensayos se controlaron una vez terminada la primera temporada de crecimiento (control año 1985) y una vez terminada la segunda temporada de crecimiento (control año 1986). En el primer control se midieron las siguientes variables, en las tres repeticiones.

- a) Supervivencia (0/o)
- b) Altura total de las plantas (m)

En el segundo control, además de las variables mencionadas, se agregaron:

- c) Diámetro de cuello, medido con pie de metro (cm)
- d) Incremento en altura entre el primer y segundo año (m)
- e) Un índice de crecimiento, como estimador de la biomasa, calculado a partir del diámetro de cuello al cuadrado multiplicado por la altura total ($dc^2 \times H$).

Análisis Estadístico. Debido a las restricciones impuestas por la heterogeneidad de los ensayos, en términos del tamaño de la unidad experimental, diseño estadístico y método de establecimiento, se efectuó un análisis comparativo de las procedencias dentro de cada sitio

exclusivamente. Para este propósito se seleccionaron las variables supervivencia e índice de crecimiento, de acuerdo con el control del segundo año.

Los valores promedio de las variables para cada procedencia fueron comparados estadísticamente a través de un Análisis de Varianza. En caso de existir diferencias significativas entre las procedencias, éstas se determinaron a través del Test de Comparación Múltiple de Tukey (Chun Li, 1969).

CUADRO 3
ANTECEDENTES DEL ESTABLECIMIENTO DE LOS
LUGARES DE ENSAYO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

	Ensayo 1 Llallauquén	Ensayo 2 Rinconada	Ensayo 3 Mel-Mel	Ensayo 4 Las Palmas
Preparación del suelo	Hoyo de 30 x 30 x 30 cm	Hoyo de 30 x 30 x 30 cm	Surcos en curvas de nivel con trac- ción animal.	Hoyo de 30 x 30 x 30 cm
Espaciamento	2 x 2 m	3 x 3 m	2,5 x 2,5 m	2 x 2 m
Unidad Experimental (Nº de plantas)	20	20	16	20
Superficie (m ²)	88	198	156,25	88
Repeticiones	3	3	3	3
Diseño Estadístico	Bloques al azar	Bloques al azar	Completamente aleatorizado	Completamente aleatorizado

RESULTADOS

Los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos se entregan en los Cuadros N^o 4, 5, 6 y 7, ordenados según el Índice de Crecimiento. Para cada variable se entregan los valores mínimos, medios y máximos, además de su varianza.

DISCUSION

La experiencia desarrollada con procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* reviste particular interés para la zona semiárida de Chile. Esta especie ha tenido buenos resultados de adaptación y crecimiento en zonas cuya pluviometría anual oscila entre 150 y 400 mm. Introducida a fines del siglo pasado, probablemente junto con *E. globulus*, es común encontrarla en avenidas, cortinas cortavientos y pequeños bosquetes de la zona central chilena.

Los resultados del proyecto Introducción de Especies Forestales, desarrollado por INFOR a partir de 1962, indican que *E. camaldulensis* presenta una buena adaptación en zonas edafoclimáticas con déficit hídrico. En la región mediterránea árida, con precipitaciones cercanas a los 150 mm, ha destacado como una de las especies de mejor crecimiento, junto con *E. Clodocalyx* y *F. sideroxylon*.

En la región mediterránea semiárida, con una precipitación anual cercana a los 400 mm, su crecimiento es similar al de *E. globulus* y sus subespecies *E. globulus* ssp *bicostata* y *E. glo-*

CUADRO 4
RESULTADOS
Procedencias *Eucalyptus camaldulensis*
Ensayo 1. Llallauquén

proc CSIRO	← Año 1 →		← Año 2 →					DSt p > 0.975
	sup (%/a)	alt (m)	sup (%/a)	alt (m)	dc (cm)	dh (m)	i.c. (cm ³)	
10666	100	1.01	100	2.13	3.10	1.12	2824.5	1
13194	100	1.00	100	1.96	2.63	.96	1685.5	1 1
13554	100	.98	97	1.83	2.67	.85	1588.6	1 1
12181	100	.61	100	1.59	2.43	-.98	1333.1	1 1
11836	100	.67	100	1.48	2.40	.81	957.7	1 1
12500	95	.70	95	1.38	2.13	.68	904.9	1
10885	97	.62	95	1.20	2.17	.58	868.0	1
13264	100	.66	100	1.34	2.03	.68	731.6	1
7912	100	.54	100	1.09	2.50	.54	646.4	1
9856	98	.46	93	.91	1.50	.45	298.2	1
12828	98	.49	95	1.06	1.53	.57	289.8	1
min	95	.46	93	.91	1.50	.45	289.8	
med	98	.70	97	1.45	2.28	.75	1102.6	
max	100	1.01	100	2.13	3.10	1.12	2824.5	
var	2.9	.04	7.4	.15	0.23	.05	536256	
F cal			1.66				5.92*	
F tab			2.30				2.30	

sup = supervivencia
alt = altura total
dc = diámetro de cuello
dh = incremento en altura del último año
i.c. = índice de crecimiento (dc**2*alt)
DSt = diferencias significativas según test de Tukey

CUADRO 5
RESULTADOS
Procedencias *Eucalyptus camaldulensis*
Ensayo 2. Rinconada

proc CSIRO	← Año 1 →		← Año 2 →					DSt p > 0.975
	sup (%/a)	alt (m)	sup (%/a)	alt (m)	dc (cm)	dh (m)	i.c. (cm ³)	
10666	93	1.03	93	1.42	1.70	.39	611.0	1
13554	95	.97	95	1.33	1.63	.36	495.5	1
11836	95	.68	95	1.07	1.47	.39	409.6	1
12350	88	.49	88	.91	1.33	.42	347.8	1
13194	77	.76	77	1.02	1.00	-.26	317.5	1
7912	87	.53	87	.88	1.40	.35	307.8	1
10885	90	.72	90	.88	1.40	.16	282.7	1
12181	97	.70	97	1.06	1.23	.36	256.6	1
9856	97	.57	97	.81	1.20	.24	181.9	1
12500	80	.65	78	.82	.90	.17	174.0	1
12828	95	.72	93	.90	1.10	.18	169.4	1
13246	87	.55	82	.74	.90	.18	139.1	
min	77	.49	77	.74	.90	.16	139.1	
med	90	.70	89	.99	1.27	.29	307.7	
max	97	1.03	97	1.42	1.70	.42	611.0	
var	43.4	0.03	50.2	0.04	0.07	0.01	20344	
F cal			1.06				12.88*	
F tab			2.21				2.21	

sup = supervivencia
alt = altura total
dc = diámetro de cuello
dh = incremento en altura del último año
i.c. = índice de crecimiento (dc**2*alt)
DSt = diferencias significativas según test de Tukey

CUADRO 6
RESULTADOS
Procedencias Eucalyptus camaldulensis
Ensayo 3. Mel-Mel

proc CESIRO	← Año 1 →		← Año 2 →				i.c. (cm ³)	DSt p > 0.975
	sup (%)	alt (m)	sup (%)	alt (m)	dc (cm)	dh (m)		
10666	100	1.24	100 a	1.70	2.30	.46	1140.4	1
13554	98	1.08	98 ab	1.52	2.10	.44	904.4	1
10885	100	.87	98 ab	1.09	1.93	.22	548.5	1 1
12964	98	.80	98 ab	1.49	1.47	.69	438.4	1 1
12300	100	.93	100 a	1.06	1.43	.13	338.8	1 1
13433	100	.71	100 a	.97	1.47	.26	297.3	1 1
13194	98	.88	95 ab	1.02	1.07	.14	176.9	1
9856	98	.58	95 ab	.77	1.07	.19	122.2	1
12828	100	.63	100 a	.82	.97	.18	116.1	1
13250	89	.48	87 b	.69	.77	.21	87.3	1
min	89	.48	87	.69	.77	.13	87.3	
med	98	.82	97	1.11	1.46	.29	417.0	
max	100	1.24	100	1.70	2.30	.69	1140.4	
var	11.3	.03	15.5	.12	.26	.03	126985	
Fcal			2.95*				n.87*	
Ftab			2.39				2.39	

sup = supervivencia
 alt = altura total
 dc = diámetro de cuello
 dh = incremento en altura del último año
 i.c. = índice del crecimiento (dc**2*alt)
 DSt = diferencias significativas según test de Tukey
 Procedencias con igual letra o unidas por barra no presentan diferencias significativas.

CUADRO 7
RESULTADOS
Procedencias Eucalyptus camaldulensis
Ensayo 4. Las Palmas

proc CESIRO	← Año 1 →		← Año 2 →				i.c. (cm ³)	DSt p > 0.975
	sup (%)	alt (m)	sup (%)	alt (m)	dc (cm)	dh (m)		
10666	97	1.05	97	1.88	2.23	.83	1574.0	
13554	92	.89	88	1.41	1.53	.52	435.7	1
12350	92	.46	92	.83	1.33	.37	251.4	1
7912	98	.45	98	.89	1.23	.44	236.4	1
10885	92	.60	92	.90	1.33	.30	194.8	1
12181	97	.58	97	1.02	1.10	.43	191.9	1
12828	100	.43	100	.78	.93	.35	115.7	1
11836	97	.57	97	.84	1.00	.28	110.4	1
13264	98	.59	98	.88	.87	.29	87.5	1
9856	92	.45	87	.58	.67	.13	35.7	1
min	92	.43	87	.58	.67	.13	35.7	
med	95	.69	95	1.00	1.22	.39	320.6	
max	100	1.05	100	1.88	2.23	.83	1574.0	
var	10.8	.61	94.5	1.00	1.22	.39	321	
Fcal			2.23				10.89*	
Ftab			2.30				2.30	

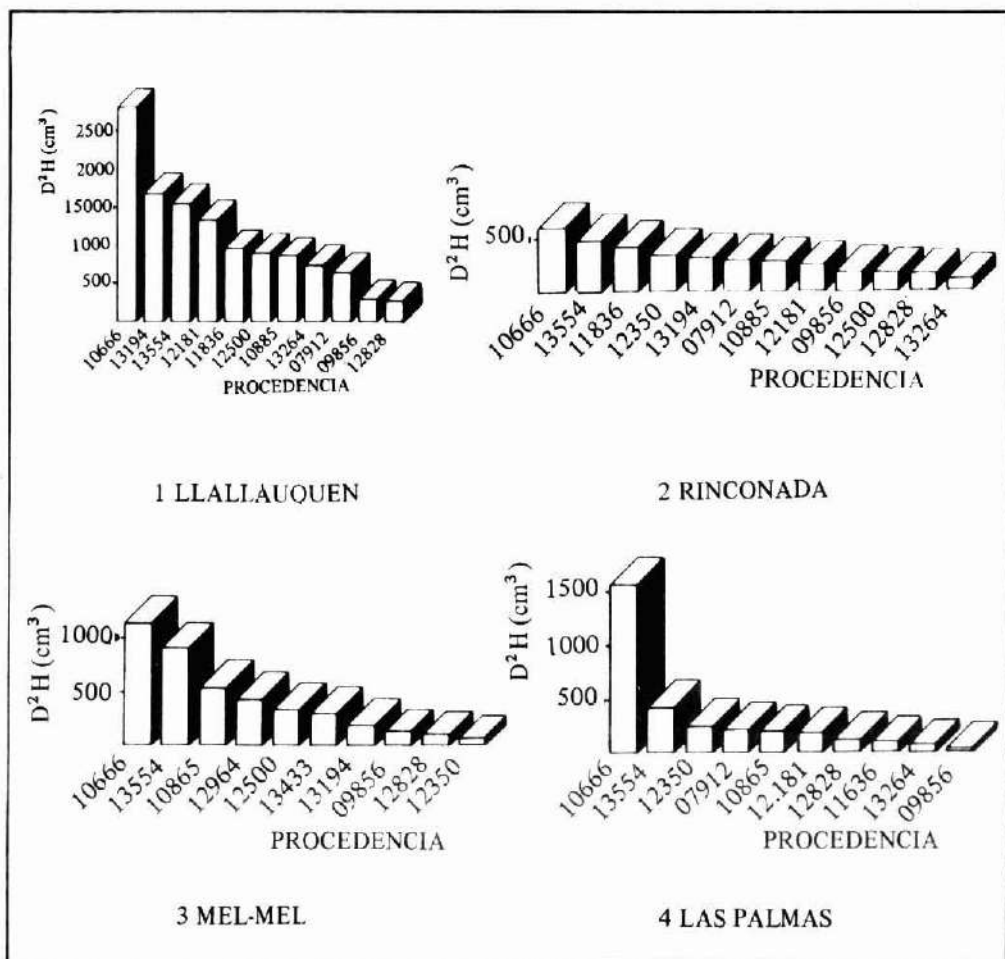
sup = supervivencia
 alt = altura total
 dc = diámetro de cuello
 dh = incremento en altura del último año
 i.c. = índice del crecimiento (dc**2*alt)
 DSt = diferencias significativas según Tukey

bulus ssp *maidenii*, aunque su forma es sólo de regular calidad.

Los resultados obtenidos permiten apreciar que la totalidad de las procedencias ensayadas en los 4 sitios muestran una buena supervivencia al cabo del segundo año, superior al 76% en todos los casos. Esto es de gran importancia debido a que la legislación de fomento forestal existente en el país (D.L. N° 701 de 1974) otorga un subsidio del Estado a las plantaciones forestales a condición de que su supervivencia al primer año sea de 75% o más.

También es posible observar que existe una alta heterogeneidad en términos de tolerancia al medio (resistencia a la sequía, heladas, ataques de insectos), vigor, forma y tasas de crecimiento entre las procedencias, ya que se registran diferencias notables en términos de incremento en altura, diámetro y volumen (Figura N° 2).

FIGURA 2
INDICE DE CRECIMIENTO DE LAS PROCEDENCIAS DE
Eucalyptus camaldulensis



La procedencia de mejor resultado para la zona de estudio, por su plasticidad ecológica y su productividad, es Lake Albacutya, Victoria (Código 10666 CSIRO). En todos los ensayos mostró los mayores crecimientos en altura y en volumen. En el lugar con mejor resultado (Llallauquén), su altura promedio a los 2 años era de 2,13 m con un incremento anual de 1,12 m. Su forma es bastante aceptable para la producción de postes y no se evidencian problemas fitosanitarios (Fotos 1, 2 y 3).

Las procedencias de menor crecimiento en todos los ensayos fueron las de Agnew, Western Australia (Código 9856); NW Dodnadatta, Southern Australia (Código 12828); Nof Quilpio, Queensland (Código 12828); Nof Quilpio, Queensland (Código 13264) y Fitzroy River Crossiana, Western Australia (Código 13250).

Aunque el plazo de experimentación es reducido, las significativas diferencias que existen entre los resultados obtenidos con la procedencia 10666, Lake Albacutya, y el resto, en todos los sitios ensayados, permiten recomendar que las próximas experiencias se refieran a ensayos silvícolas efectuando pequeñas plantaciones de la procedencia seleccionada, dejando de lado la fase de Alcance Restringido, sugerida por Burley y Wood (1979).

Los futuros ensayos debieran orientarse al ensayo de técnicas de establecimiento más intensivas para la repoblación con *Eucalyptos camaldulensis* y tratamientos silviculturales en función de diferentes utilidades de su madera.

El empleo de arados o subsoladores, la fertilización y un buen control de la competencia incidirían en un mejor resultado de las plantaciones de *E. camaldulensis*, como ha sido demostrado en experiencias con *E. globulus* (Prado y Rojas, 1985) en la Zona Semiárida de Chile.

CONCLUSIONES

- La procedencia de mayor plasticidad ecológica, en términos de supervivencia, crecimiento, forma y productividad, fue Lake Albacutya, Victoria (10666).
- La totalidad de las procedencias ensayadas alcanzaron una supervivencia superior al 76% en todos los sitios.
- Las diversas procedencias ensayadas presentan una alta heterogeneidad en términos de su tolerancia al medio, vigor, forma y tasa de crecimiento.
- Las procedencias de *E. camaldulensis* de menor crecimiento entre las ensayadas fueron la de Agnew, Western Australia (9856); Dodnadatta, Southern Australia (12828); Quilpio, Queensland (13264) y Fitzroy River Crossiana, Western Australia (13250).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BURLEY, J. and WOOD, P.J., comp. 1976. A manual on species and provenance research with particular reference to the Tropics, Commonwealth Forestry Institute, Univ. Oxford, Tropical Forestry Papers N° 10, 226 p.
- LI, CH. CH. 1969. Introducción a la estadística experimental. Barcelona, Ed. Omega, 496 p.
- DI CASTRI, F. 1975. Esbozo ecológico de Chile. Santiago, Chile, Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas, 64 p.
- ELDRIDGE, K.G., comp. An annotated bibliography of genetic variation in *Eucalyptus camaldulensis*, Commonwealth Forestry Institute, Univ. Oxford and CSIRO, Australia, Tropical Forestry Papers N° 8, 59 p.
- FAO. 1979. Eucalyptus for planting. FAO, Rome. FAO Forestry Series N° 11, 677 p.
- GHOSH, R.C.; GUPTA, B.N. and SHEDHA, M.D. 1977. Provenance trial of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. The Indian For 103(7):442-453.
- GOOR, A.Y. and BARNEY, C.W. 1976. Forest tree planting in arid zones, 2a. ed. New York, The Ronald Press Co. 504 p.
- INSTITUTO FORESTAL y UNIVERSIDAD DE CHILE, FAC. CS. FOR, 1979. Areas cubiertas por ensayos de introducción de especies y ubicación de nuevas experiencias. Informe II, Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI-76-003, Santiago, Chile. 87 p., apéndices.
- INSTITUTO FORESTAL/CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. Especies forestales exóticas de interés económico para Chile. INFOR/CORFO, Santiago, Chile. 168 p.
- DARROW, W.K. 1983. Provenance- type trials of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. tereticornis* in South Africa and South-West Africa: Eight-year results. S. Afr. For. J. N° 124:13-22.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1980. Firewood crops. Shrub and tree species for energy production. Washington, Nat. Ac. of Sci. 237 p.
- NAWAZ, M. 1963. Introduction of fast growing tree species in West Pakistan. Lahore, Government of West Pakistan. 74 p.
- PRADO, J.A. y ROJAS, P. 1985. Efecto de la preparación del suelo, fertilización y control de la competencia en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la Zona Semiárida de Chile. En: Actas Segundo Encuentro Regional C.I.I.D. Forestación en zonas áridas y semiáridas, Santiago, Chile. pp. 234-247.
- ROBERTS, R.C. y DIAZ V., C. 1960. Los grandes grupos de suelos de Chile. Agr. Tec. (Santiago, Chile), v. 19 y 20:7-36.
- SIDDIQUI, K.M.; KHAN, M. and AKHTAR, S. 1979. Results of 10-year old *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. provenance study at Peshawar. Silvae Genet. 28(1):24-26.
- TURNBULL, J.W. and PRYOR, L.D. 1978. Choice of species and seed sources. In: Hillis, W.E. and Brown, A.G., ed. Eucalyptus for wood production. Australia, CSIRO. pp. 6-65.

FUNCIONES PARA LA ESTIMACION DE LA BIOMASA TOTAL Y DE COMPONENTES DEL QUILLAY (*Quillaja saponaria Mol*)

José Antonio Prado D.*
Sergio Aguirre A.

RESUMEN

El Quillay es una de las especies más interesantes que crecen en la zona semiárida de Chile. Sin embargo, los actuales métodos de explotación de la especie se caracterizan por un bajo aprovechamiento de la biomasa del árbol. Para lograr un mejor manejo y uso de esta especie, es necesario conocer su potencial productividad, es decir, poder estimar su rendimiento mediante funciones de peso.

El objetivo de este trabajo es determinar las funciones de biomasa que mejor estimen el peso de los árboles, para lo cual se muestrearon y pesaron completamente 50 árboles de Quillay, seleccionados de tres zonas de crecimiento de la especie. Para registrar el peso de estos árboles muestra, se separaron y pesaron en forma independiente los principales componentes que conforman el árbol, es decir, fuste, corteza, ramas y ramillas.

Para determinar las mejores funciones de biomasa, se probaron modelos matemáticos lineales y alométricos, procesándolos mediante el método de regresión paso a paso. Las funciones calculadas fueron analizadas y comparadas usando varios indicadores estadísticos.

Las mejores funciones obtenidas fueron las basadas en modelos lineales múltiples, que entregaron resultados satisfactorios en la estimación del peso total y de corteza total del árbol.

ABSTRACT

Quillaja is one of the most important species growing in the semiarid region of Chile. However, full biomass of the tree is not being utilized due to deficient exploitation methods. Biomass equations to estimate the weight of total stem bark, stem wood, branches and total tree were developed. Data was obtained from in three sites of the growing area of the species and fifty trees were completely wighted. Individual tree components and total tree weights were regressed using linear and allometric models. The equations thus calculated were compared through statistic analysis. The best results were obtained with multiple linear models, giving better estimates for total tree and stem bark weights.

* Ingenieros Forestales, U. de Chile. División de Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554, Piso 4. Santiago - Chile.

INTRODUCCION

El Quillay (*Quillaja saponaria Mol*), una de las especies nativas de la zona semiárida chilena que tiene importancia económica, se ha explotado comercialmente para aprovechar su corteza, de la que se extrae una saponina de múltiples usos.

La explotación se ha venido realizando desde principios del siglo pasado. Ya entre 1844 y 1864, se explotaban en promedio unas 300 toneladas de corteza por año, volumen que a principios de este siglo llegó a unas 2.100 toneladas por año (Neuenschwander, 1965).

Esta extracción, realizada muchas veces sin técnicas ni control adecuados, unida al sobrepastoreo, que limita fuertemente su regeneración, han ido produciendo una disminución progresiva de la especie, especialmente en la parte norte de su área de distribución.

Considerando que la corteza comercial de un árbol de tamaño medio puede alcanzar 18 a 20 kg en peso seco, la obtención de 2.100 toneladas al año significa la corta de unos 110 mil árboles. Los bajos rendimientos en corteza comercial se deben a los sistemas de explotación empleados y a las exigencias del mercado, que sólo acepta corteza en pedazos grandes. Toda la corteza de las ramas que tienen menos de 15 cm de diámetro es normalmente desechada, de modo que se desperdicia una gran cantidad de materia prima adecuada para la obtención de saponina.

Las ramas y hojas también contienen saponina y otra serie de productos, aunque en menor cantidad que la corteza (Vidal, 1945), pero hay que considerar que la mayor parte de la biomasa del árbol se encuentra en estos componentes.

El desarrollo de sistemas de obtención de saponinas que permitan utilizar más eficientemente la materia prima, con miras a exportar un producto más elaborado y no sencillamente la corteza, es un paso fundamental no sólo para la protección de la especie, sino también para promover su plantación, que con los sistemas actuales de utilización no es una inversión económicamente atractiva.

La falta de una herramienta adecuada que permita estimar la productividad potencial de la especie es una de las razones que hacen difícil este desarrollo.

El presente trabajo pretende hacer un aporte en este sentido, al entregar funciones que permiten estimar el peso total y de los distintos componentes del árbol de Quillay. Conociendo los contenidos de saponina de cada componente, se pueden estimar los rendimientos que una utilización racional permitiría general, así como la cantidad de leña o carbón que es posible obtener de la madera más gruesa, si no se la emplea para la obtención de saponinas.

MATERIAL Y METODO

a) *Muestreo:* Para la determinación de las funciones de biomasa se empleó una muestra de 50 árboles, obtenidos de tres áreas donde se realizaban explotaciones comerciales de Quillay, ubicados en las cercanías de Sagrada Familia (VII Región), Santa Cruz (VI Región) y Casablanca (V Región).

Con el fin de conocer las características que presentan las formaciones de Quillay, en cuanto a su desarrollo y a su distribución en clases diamétricas, se analizaron los datos de ocho inventarios realizados en las áreas donde se realizan explotaciones. Los árboles se agruparon en 5 clases diamétricas, determinando una tabla promedio, que se presenta en el Cuadro N° 1.

Para asegurar una buena distribución de los árboles que se iban a muestrear en las distintas clases de diámetro, 25 árboles fueron distribuidos en forma homogénea en las 5 clases. Los 25 árboles restantes fueron distribuidos en forma aleatoria, pero con una probabilidad proporcional al número de árboles por clase (F) multiplicado por el diámetro (DAP), lo que tenía por objetivo dar una mayor probabilidad de asignación a aquellas clases de mayor frecuencia y de diámetros mayores.

CUADRO 1

TABLA DE RODAL Y NUMERO DE ARBOLES ASIGNADOS
POR CLASE DIAMETRICA

Clases de DAP	Nº de árboles/ha (1)	Nº de árboles muestra
1 - 20	38	11
21 - 40	36	12
41 - 60	15	8
61 - 80	9	12
81 - 100	1	7
Total	99	50

NOTA (1): Valores obtenidos de 8 inventarios.

b) *Obtención de peso verde y peso seco:* En los lugares de muestreo se identificó un número variable de árboles de cada clase diamétrica y de entre éstos se eligieron, al azar, los que serían muestreados. En aquellos casos en que un árbol presentaba dos o más fustes que salían desde el nivel del suelo, cada uno de ellos fue considerado en forma separada.

Antes de cortarlos, se midieron las siguientes variables: Altura total (HT); Diámetro basal (DB); Diámetro a la altura del pecho (DAP); Número de ramas principales (diámetro > a 15 cm) (NR); Peso de corteza total (PCT) y Peso de corteza comercial (PCC). Esta última se obtiene extrayendo todo el ritidoma, es decir, todos los tejidos muertos exteriores. Estos pesos se registraron después de cosechado cada árbol por las cuadrillas que realizaban explotaciones comerciales en las áreas de muestreo.

Los árboles fueron descortezados en pie, hasta un diámetro menor de fuste y ramas de alrededor de 15 cm, y luego se procede a su corta.

Una vez cortado, se le midió el largo total (LT) y el largo del fuste comercial (hasta 15 cm de diámetro) (LC).

Para la obtención del peso verde, el árbol fue dividido en los siguientes componentes:

- Fuste : Comprende el tronco principal y todas sus ramificaciones hasta un diámetro de 15 cm, sin corteza.
- Ramas : Ramas principales y secundarias con diámetros máximos inferiores a 15 cm y mínimos de 3 cm, con corteza.
- Ramillas : Ramas secundarias con diámetros inferiores a 3 cm. Este componente incluye hojas y frutos.
- Corteza : Como ya se mencionó, se divide en corteza total, que corresponde a la corteza presente en el fuste y las ramas hasta un diámetro de 15 cm, y corteza comercial, que es la parte útil de la corteza total.

Para obtener una relación que permitiera estimar el peso seco se tomaron muestras de cada componente. Del fuste y de las ramas se obtuvieron 4 a 6 discos, de 5 cm de espesor, los que fueron inmediatamente pasados con una precisión de 0,1 g. Asimismo se seleccionaron al azar 3 ramillas completas, de las cuales se obtuvieron muestras para determinar la relación peso

verde/peso seco, y se estimó la proporción del peso total de la ramilla correspondiente a las hojas. Muestras de corteza total y comercial también fueron pasadas en estado verde.

Cada componente fue pesado en su totalidad, empleando una romana y una balanza de reloj, con una precisión de 100 g.

Todas estas muestras se secaron en hornos a 100^o C, hasta obtener peso constante. El porcentaje de corteza en las ramas fue determinado empleando los discos de la muestra.

c) *Análisis:* Para determinar las funciones que permitieran estimar el peso total y de los distintos componentes de la especie en estudio, se probaron diversos modelos, empleando las variables independientes tal como fueron medidas, combinadas o transformadas.

Se probaron modelos alométricos del tipo:

$$Y = b_0 X^{b_1} C$$

que fueron ajustados como modelos lineales, realizando previamente una transformación logarítmica, y modelos lineales de la forma:

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

La selección de las variables que se incluirían en los diferentes modelos se hizo empleando el método de regresión paso a paso (Step-Wise).

Para seleccionar las mejores funciones se compararon los valores del Coeficiente de Determinación (R²), los Errores Cuadráticos Medios y la proporción de observaciones con errores menores al 10, 15 y 20^o/o. También se consideró la presencia de sesgos. Entre todos estos indicadores se dio mayor importancia al Error Cuadrático Medio, ya que incluye la totalidad de los errores, aleatorios y sistemáticos, y por lo tanto se constituye en el mejor indicador de la exactitud de la función.

RESULTADOS

Las funciones seleccionadas para estimar el peso total y de los componentes del árbol se indican en el siguiente cuadro 2.

**CUADRO 2:
FUNCIONES DE BIOMASA PARA ESTIMAR PESO VERDE TOTAL
Y DE COMPONENTES DEL QUILLAY. (PESO VERDE EN KG)**

Componente	Función de Peso	R ²	ECM (‰)
Fuste	PFUS = 40.1355 + 0.0224 (D ² x HT)	0.92	36.7
Ramas	PRAM = -152.6229 + 0.1333 (D x HT x NR) + 10.24 (D)	0.93	29.3
Ramillas	PRAMI = -195.8981 + 7.4188 (D) + 5.2260 (DB)	0.88	29.6
Corteza Comercial	PCOC = -17.0409 + 0.0029 (DB ² x HT) - 0.0506 (DB ²) + 2.4653 (DB) - 2.5498 (HT)	0.86	43.8
Corteza total	PCOT = 5.4322 + 0.0026 (DB ² x HT)	0.94	27.6
Árbol total	PTOT = -62.9909 + 0.5227 (D ²) + 0.2138 (DB ²)	0.96	22.6

D = Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)

HT = Altura total (m)

NR = Número de ramas (de diámetro mayor a 3 cm y menor a 15 cm)

DB = Diámetro basal (cm)

R² = Coeficiente de determinación

ECM = Error cuadrático medio (‰)

Para obtener el peso seco a partir de estas funciones indicadas en el Cuadro 2, los resultados de peso verde deben ser modificados de acuerdo con los factores de conversión peso seco/peso verde, que se indican en el Cuadro 3.

**CUADRO 3:
FACTORES DE CONVERSION DE
PESO VERDE
A PESO SECO**

Componente	Factor
Madera fuste	0,51
Ramas	0,49
Ramillas	0,51
Corteza total	0,65
Corteza comercial	0,59

DISCUSION

A diferencia de la mayoría de los estudios de biomasa para otras especies, los modelos lineales proporcionaron en este caso mejores estimaciones de peso que los modelos logarítmicos. A pesar de las correcciones por sesgo realizadas, (Baskerville, 1972), las funciones obtenidas con modelos lineales presentaron sesgos menores que los logarítmicos, ocurriendo algo similar con el Error Cuadrático Medio (ECM).

Por otra parte, las funciones logarítmicas mostraron una alta proporción de observaciones con errores menores al 5, 10 y 20%. Los Coeficientes de Determinación (R^2) son bastante similares, sólo levemente superiores en el caso de las funciones logarítmicas. Se probaron también funciones ponderadas empleando el factor $(1/DB^2H)$, pero tampoco se obtuvo una mejoría notable en las estimaciones.

La mejor estimación se obtiene para el peso total del árbol, mientras que la función para la corteza comercial presenta la mas baja correlación y los más altos errores; esto se explica en gran medida por el hecho de que la obtención de este componente depende de factores ajenos al tamaño de los árboles.

Debido al empleo de distintos modelos para calcular el peso de los componentes del árbol, las funciones seleccionadas no son aditivas (Kozak, 1970), es decir, la suma de las estimaciones del peso de los componentes no es igual a la estimación del peso total. Para árboles pequeños, la suma del peso de los componentes entrega valores inferiores a los obtenidos mediante la función de peso total; lo contrario ocurre en los árboles grandes.

De acuerdo con Williams (1982), la aditividad en ecuaciones de biomasa es un factor importante que se debe considerar. A fin de cumplir con esta condición, se elaboró un modelo simple con las variables que más se repitieron en las funciones seleccionadas, las que resultaron ser (D^2HT) y (D^2) . Estas funciones, que se indican en el Cuadro 4, presentan aditividad, pero con una pérdida en términos del error, especialmente en el caso de ramas y ramillas.

CUADRO 4:
FUNCIONES DE BIOMASA PARA ESTIMAR EL PESO VERDE DEL QUILLAY,
A BASE DE UN MODELO LINEAL MULTIPLE DEL TIPO

$$Y = b_0 + b_1 (D^2 \times H) + b_2 (D^2)$$

Componente	Función de Peso (kg)	R ²	ECM (‰)
Fuste	PFUS = 16.3301 + 0.0185 (D ² x HT) + 0.0636 (D ²)	0.92	36.5
Ramas	PRAM = -53.7017 - 0.0158 (D ² x HT) + 0.4568 (D ²)	0.88	37.2
Ramillas	PRAMI = 52.0020 - 0.0063 (D ² x HT) + 0.2266 (D ²)	0.86	32.8
Corteza total	PCOT = 28.0926 + 0.0045 (D ² x HT) - 0.0255 (D ²)	0.85	44.3
Arbol total	PTOT = 40.0464 - 0.0011 (D ² x HT) + 0.7737 (D ²)	0.95	25.5

D = Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)

HT = Altura total (m)

R² = Coeficiente de determinación

ECM = Error cuadrático medio.

CONCLUSIONES

Las funciones seleccionadas permiten estimar razonablemente el peso total y de componentes del árbol de Quillay, dentro de los rangos de medida de las variables consideradas en este estudio. A su vez, mediante la incorporación de más datos a la muestra original, se espera en el futuro mejorar la precisión de estimación de estas funciones.

En general, la metodología aplicada en este trabajo entrega resultados satisfactorios y puede ser utilizada para desarrollar funciones de biomasa para otras especies.

Mediante el uso progresivo de estas funciones en la planificación de las explotaciones de Quillay, se espera disminuir en el futuro el deterioro a que está siendo sometida esta especie, ya que al realizarse un aprovechamiento integral del árbol, se podrá racionalizar su corta, lo que también favorecerá su regeneración y manejo.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación forma parte de un proyecto apoyado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá.

Los autores agradecen a todas aquellas personas que participaron en la toma de datos y colaboraron en su análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BASKERVILLE, G.L. 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Can. J. For. Res.* 2:49-53.
 2. CROW, T.R. and LAIDLAY, P.R. 1980. Alternative models for estimating woody plant biomass. *Can. J. For. Res.* 10:367-370.
 3. KOZAK, A. 1970. Methods for ensuring additivity of biomass components by regression analysis. *For. Chron.* 46(5):402-404.
 4. NEUENSCHWANDER A., A. 1965. Contribución al estudio anatómico de la corteza de quillay *Quillaja saponaria* Mol.) y recomendaciones sobre su explotación. Tesis, Universidad de Chile, Fac. de Agronomía. Santiago. 121 p.
 5. SCHLAEGEL, B.E. 1982. Boxelder (*Acer negundo* L.) biomass component regression analysis for the Mississippi Delta. *For. Sci.* 28(2):355-358.
 6. VIDAL A., M. 1945. Estudio químico y obtención de saponias de quillay. Tesis, Universidad de Chile, Fac. de Química y Farmacia. Santiago. 30 p.
 7. WIANT, H.V. and HARNER, E.J. 1979. Percent bias and standard error in logarithmic regression. *For. Sci.* 25(1):167-168.
 8. WILLIAMS, J.G., Jr. 1982. Modeling problems in predicting total tree and tree component biomass. In: Proc. of the 1982 Southern Forest Biomass Working Group Workshop. Alexandria, Louisiana, USA. pp. 11-115.
-

DESARROLLO INICIAL DE PLANTACIONES DE RAULÍ

Hans Grosse Werner *

RESUMEN

Durante los últimos años se han establecido algunas plantaciones de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.) principalmente en el área de Neltume, en la Cordillera de los Andes, a 39° 46' de Latitud Sur. Se trata de un árbol nativo de gran importancia comercial que ha sido explotado sin ser debidamente repuesto.

En este estudio se entrega información básica acerca del desarrollo inicial de rodales de esta especie. En los sectores analizados se pueden prever crecimientos anuales de 1 cm en el diámetro (DAP₁₃) y de 1 m en altura durante los 10 primeros años del rodal. Como se trata de material regenerado en condiciones técnicas precarias, estas cifras no reflejan el potencial de crecimiento real de plantaciones de la especie.

ABSTRACT

During the last years, some raulí (Nothofagus alpina (Poepp. et Endl.) Oerst) plantations have been established mostly in the Neltume area, located in the southern Andes mountain range, at the latitude of 39° 46 S. Harvesting of this high valued hardwood, without considering its reestablishment, was a common practice.

This article presents basic growth information obtained from young stands of raulí. It was concluded that BHD growth, during the first 10 years, is approximately 1.0 cm/year and height increment, over the same period, close to 1.0 m/year. These estimates are considered conservative due to the low planting stock quality and poor planting technique used during the period considered.

INTRODUCCION

Hasta fines de los años sesenta las maderas nativas eran el pilar de la producción forestal nacional. Sucesivas explotaciones, en las cuales se extraían las maderas de mejor calidad, ocasionaron un cierto empobrecimiento de los bosques. A su vez, incendios e intentos por transformar terrenos de aptitud forestal en agrícola-ganaderos, hicieron desaparecer importantes extensiones anteriormente cubiertas por bosques.

Esta situación ha despertado la necesidad de volver a poblar los sectores desprovistos de árboles y enriquecer los que han sido explotados, con especies e individuos de calidad comercialmente atractiva.

Gran parte de los bosques de producción en el mundo son repoblados artificialmente. También en Chile éste es el método más usual y se aplica actualmente en forma intensiva en las

*Ingeniero Forestal Universidad de Chile. Dr. Res. Silv. (München, Alemania). División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121, 3er Piso, Concepción Chile.

plantaciones de especies exóticas. Sin embargo, aún son escasas las experiencias en este sentido con especies nativas. La mayor parte de ellas se encuentran en la Cordillera de los Andes, cerca de Neltume, al noreste de la ciudad de Valdivia (Grosse, Cubillos y Bourke, 1986).

El objetivo de este estudio es proporcionar información básica acerca del desarrollo de plantaciones de raulí en el área mencionada, especialmente en términos de crecimiento actual y potencial y del posible efecto de agentes dañinos.

ANTECEDENTES GENERALES DEL AREA EN ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la Cordillera de los Andes a 39° 46' de Latitud Sur y a una altitud aproximada de entre 500 y 1000 m.s.n.m. Está ubicada en la comuna de Panguipulli, provincia de Valdivia, en la Décima Región del País.

Los suelos del sector están condicionados por el volcanismo, predominando los trumaos. Son generalmente profundos con abundante materia orgánica. Su textura es franco-limosa o limo-arenoso con buen drenaje. El clima se caracteriza por la carencia de meses secos durante el verano y niveles de precipitación que fluctúan entre los 4000 y los 5000 mm anuales con alta humedad relativa.

De acuerdo con la clasificación de Donoso (1981), el tipo forestal al cual corresponde el área en estudio es "coigüe-raulí-tepa". Brun (1969) describió la misma formación boscosa como claro, dándole el nombre de "bosque de raulí". Las especies más importantes presentes en el área de estudio, fuera del raulí, son: coigüe (*Nothofagus dombeyi*), tepa (*Laurelia philippiana*), roble (*Nothofagus obliqua*), tineo (*Weinmania trichosperma*), olivillo (*Aextoxicon punctatum*), mañío (*Saxegothaea conspicua*), lenga (*Nothofagus pumilio*) y ulmo (*Eucryphia cordifolia*).

MATERIAL Y METODO

Los antecedentes relativos a las plantaciones de raulí se recopilaron en 5 sectores, los cuales se detallan a continuación, junto con la metodología aplicada en el muestreo.

Antecedentes de los sectores de estudio y de las plantaciones: Los sectores considerados para el muestreo de plantaciones fueron Remeco, Pidihuil (Los Hornos), Cancha Larga, La Cumbre y Enco (Cuadro 1), todos los cuales se encuentran cerca del pueblo de Neltume. El rango de edad de los árboles fluctúa entre los 3 y los 13 años y la altura sobre el nivel del mar de los sectores entre los 480 y los 860 m. Los distanciamientos aproximados entre las plantas consideradas son 2 x 1, 2 x 3 y 3 x 3 m.

El material utilizado para el repoblamiento proviene en su mayoría de sectores cercanos al área de la plantación. Se extrajeron plantas del bosque regeneradas naturalmente y de edad desconocida, las cuales fueron seleccionadas de acuerdo con su calidad y altura, variando esta última entre 0,4 m y 1,5 m. Después de la extracción se les realizó una poda de raíces y se mantuvieron en barbecho por aproximadamente un mes.

La faena de plantación se realizó con hazahacha, removiendo parcialmente el suelo donde se acomoda la raíz. Con anterioridad a la plantación, el sotobosque fue reducido a través de roce manual y quemas parciales.

Muestreo aplicado en las plantaciones: Las plantaciones se realizaron con distintas situaciones de cobertura, de modo que el muestreo se realizó en distintas condiciones en los diferentes sectores:

- Remeco : sin cobertura y bajo cobertura
- Pidihuil : sin cobertura y bajo cobertura
- Cancha Larga : bajo cobertura
- La Cumbre : bajo cobertura
- Enco : sin cobertura

CUADRO 1
SECTORES DE PLANTACION CON RAULI EN EL AREA DE NELTUME

Sector	Año de plantación	Edad (años)	Altura (m.s.n.m.)	Distanciamiento (m)	Procedencia de plantas	Superficie del sector (ha)	Observaciones
Remeco	1975-1976	10-11	500	2 x 1	Remeco Los Baños Pilmaiquén	105 ha	Fundo Neltume-Carranco. Entre 1965 y 1971 los terrenos fueron utilizados en chacarería.
Pidihuil (Los Hornos)	1976-1977	9-10	590	2 x 1	-	115 ha	Fundo Neltume. Plantación mixta de roble y rauli.
Cancha Larga	1977-1978	8- 9	610	-	-	40 ha	Fundo Pilmaiquén
La Cobre	1983	3	860	3 x 3	Depósito Alto, Puente Vega, Camino al Volcán, La Cobre	-	Fundo Pilmaiquén
Enco	1973	13	480	2 x 3	Enco	-	Fundo Enco

(-): No existe información.

La cobertura se presentaba como un sotobosque alto, un estrato arbóreo en fase de destrucción o ambos tipos a la vez. Los árboles viejos fueron anillados durante el período de plantación y en muchos lugares se apreciaba la presencia de ejemplares muertos.

El muestreo se realizó con parcelas de 25 m² (5 x 5), con tres repeticiones para cada situación. Así, por ejemplo, en Remeco se midieron tres parcelas para la situación sin cobertura y tres parcelas para la situación con cobertura.

Por lo general un alto porcentaje de las plantas presentaba un nivel de daño severo, que no permitía obtener información sobre el desarrollo potencial de plantas sanas. Por este motivo, en los sectores de Pidihuil, Remeco y Enco, además de los individuos incluidos en las parcelas, se midieron también 54 a 79 arbolitos sin daños, que se encontraban fuera de ellas.

Las variables de estado de las plantas y arbolitos fueron:

- DAP : Diámetro a la altura del pecho. Precisión 0,01 cm.
- d_{0,1} : Diámetro del cuello de la planta a 1 cm de altura. Precisión 0,01 cm. Se midió sólo cuando la altura del individuo no permitía medir el DAP.
- H : Altura total. Precisión 0,1 m.
- ΔH : Incremento en altura durante el último período vegetacional. Precisión 0,5 cm.

Según el grado del daño que presentaba, cada árbol se clasificó de acuerdo con las siguientes categorías:

- Daño máximo : plantas cuyo ápice principal y ramas laterales presentan tal grado de daño que son irrecuperables para fines productivos.
- Daño mediano : plantas cuyo ápice principal ha sido dañado, tomando la dominancia una yema de una rama lateral. Existen posibilidades de recuperación para fines productivos.
- Daño mínimo : el nivel del daño no altera el desarrollo de la planta.
- Sin daño

Además, según la causa que lo había originado, el daño se clasificó en:

- Daño causado por animales (principalmente vacunos).
- Daño causado por condiciones climáticas (viento, nieve).
- Daño causado por insectos.
- Daño causado por plantas trepadoras (Voqui).
- Daño causado por factores desconocidos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como resultado del estudio se evaluó el crecimiento de las plantaciones de raulí en términos de sus variables de estado, cuantificando y calificando además los daños que afectaban a los individuos.

Crecimiento actual y daños: Al analizar el desarrollo de las plantaciones, resulta importante evaluar separadamente las situaciones con y sin cobertura. Un resumen de las variables de estado promedio para cada sector muestreado y para cada una de esas dos situaciones se presenta en el Cuadro 2.

En cada una de las parcelas, se calculó el coeficiente de variación correspondiente a cada variable de estado de los árboles. Estos valores indican que existe una variación considerable entre los individuos. Los sectores descubiertos presentan una mayor homogeneidad, mientras que los sectores protegidos por una cierta cobertura y competencia arrojaron valores más heterogéneos.

CUADRO 2
VARIABLES DE ESTADO PROMEDIO DE LAS PLANTACIONES DE RAULI
EN EL AREA DE NELTUME

Sector	Edad (años)	Bajo Cobertura				Sin cobertura			
		\overline{DAP} (cm)	$d_{0,01}$ (cm)	$\Delta\overline{H}$ (cm)	\overline{H} (cm)	\overline{DAP} (cm)	$d_{0,01}$ (cm)	$\Delta\overline{H}$ (cm)	\overline{H} (cm)
Remeco	10-11	3,1		4,0	53,1	3,0		1,8	31,7
Pidihuil	9-10	3,2	5,1	3,8	71,5	2,9		1,6	13,3
Cancha Larga*	8- 9	1,9		3,7	41,7				
La Cumbre*	3		3,8	1,1	23,8				
Enco	13					8,6		7,8	64,2

(*) En los sectores de Cancha Larga y La Cumbre se consideraron también algunas plantas naturalmente regeneradas.

En los sectores que incluían situaciones con y sin cobertura, Remeco y Pidihuil, los resultados en términos de altura total y de incremento en altura durante el último año mostraron considerables diferencias para una y otra situación. Las plantaciones cuyas edades fluctúan entre 9 y 11 años presentan en situaciones bajo cobertura valores hasta 2 y 3 veces más altos que en situaciones sin cobertura. Este antecedente podría llevar a pensar que el raulí crece mal en sectores descubiertos, lo que no necesariamente corresponde a la realidad. Si bien existen antecedentes que demuestran que en vivero el raulí tiende a crecer mejor bajo semisombra (Aguilera y Fehlandt, 1981), es difícil que esto siga sucediendo una vez plantado y menos aún a las edades de entre 9 y 11 años de las plantaciones citadas.

Se pudieron determinar dos factores que inciden claramente en el crecimiento de las plantas, la competencia de *Chusquea sp.* y otras especies y el daño producido principalmente por vacunos. Si bien las especies competidoras disminuyen la disponibilidad de luminosidad, lo que puede reducir el crecimiento de las plantas, cumplen al mismo tiempo una importante función de protección frente al ganado. En los sectores donde las plantas de raulí crecieron en forma desprotegida, en muchos casos el daño por ramoneo y pisoteo fue tal que las plantas quedaron achaparradas e inservibles para su uso comercial (Figura 1).

Las plantaciones del sector de Enco, actualmente de 13 años, comenzaron su crecimiento

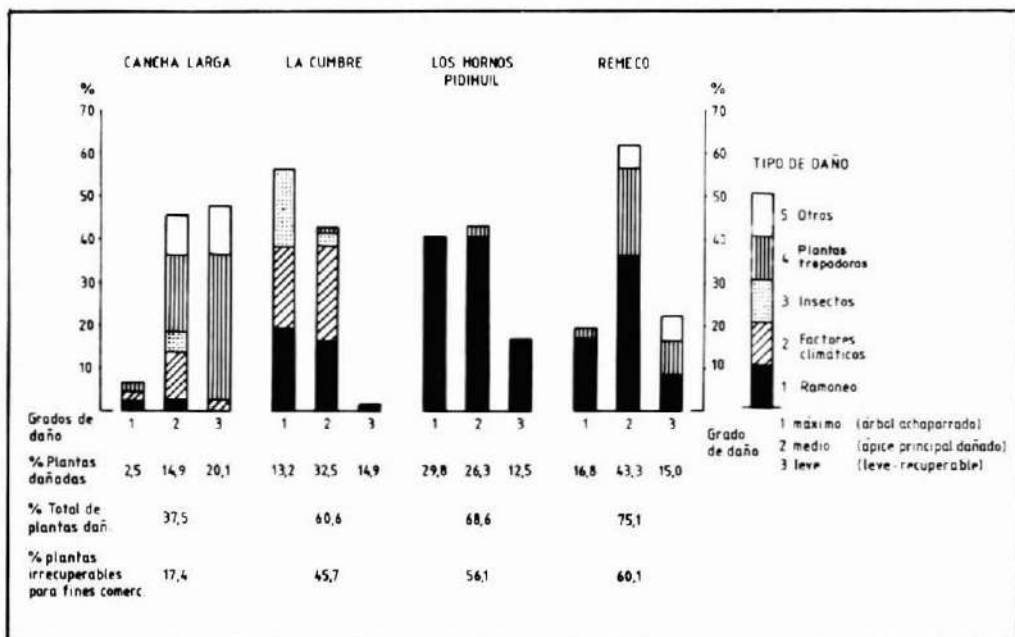
bajo la protección de la vegetación que conformaba la competencia. Además de esto, aparentemente la baja presencia de ganado en este sector permitió que un número importante de las plantas se desarrollaran sin daños tan severos como los observados en los otros lugares descritos.

Los daños observados en las plantaciones se debieron principalmente al ramoneo, factores climáticos, insectos y plantas trepadoras. En la Figura 1 se detalla el grado y el tipo de daño observado en cada uno de los cuatro sectores muestreados. La suma de los daños calificados como 1 (máximo-árbol achaparrado) y como 2 (medio-ápice principal dañado) indica el número de individuos irrecuperables para fines comerciales. En tres de los sectores muestreados el porcentaje de plantas aún vivas, pero sin posibilidad de uso maderero futuro, fluctúa entre un 46^o/o y un 60^o/o.

Esta situación fue ocasionada principalmente por el ramoneo, que constituyó la causa del daño en un 30^o/o a 100^o/o del total de árboles afectados, dependiendo del sector. De este modo queda claramente demostrado que el ingreso de ganado a las plantaciones jóvenes tiene consecuencias muy graves para éstas. En muchos casos no sólo se perdieron varios años por el atraso que sufrió el desarrollo de los árboles, sino que se perdió totalmente la inversión realizada para la plantación y el tiempo de espera. Estos resultados indican que los sectores recién poblados deben permanecer estrictamente protegidos del ganado hasta el momento en que el follaje del árbol esté fuera del alcance de los animales y el fuste tenga una resistencia adecuada.

Los daños producidos por otros factores son de menor importancia, destacándose entre ellos las deformaciones producidas por el efecto estrangulador de ciertas plantas trepadoras como el voqui y las quebraduras producidas por temporales.

**FIGURA 1:
GRADO Y TIPO DE DAÑO EN PLANTACIONES DE RAULI
EN EL AREA DE NELTUME**



Evaluación del crecimiento potencial de individuos de raulí sin daños: Para evaluar el crecimiento potencial que podrían alcanzar individuos de raulí, se realizó un muestreo en los sectores de Remeco, Pidihuil y Enco con plantas que no presentaban daño (Cuadro 3). Estas plantas superaron en hasta tres veces la altura total y en hasta siete veces el incremento de altura durante el último período vegetacional a los valores obtenidos en las parcelas, que presentan una mezcla de árboles con y sin daño.

En todos los sectores el incremento en altura observado en el último año es mayor al incremento anual promedio. Esto se puede deber a que la planta estuvo sometida a una situación de "stress" al ser plantada, como consecuencia de daños en la raíz y de una técnica de plantación rudimentaria, o bien por una fuerte competencia durante los primeros años del período de crecimiento. Se supone que se produjo posteriormente un fuerte incremento en altura, desde el momento en que el árbol pudo superar a las especies competidoras.

CUADRO 3
VARIABLES DE ESTADO PROMEDIO PARA RAULI PLANTADO SIN DAÑO
(AREA NELTUME)

Sector	Edad (años)	Dist. (m)	Altura de la planta al re-poblar (m)	DAP (cm)	cv(%)	\bar{H} (m)	cv(%)	H en el último año (cm)	cv(%)	\bar{H} por año de observación (cm)	Tamaño de la muestra (n)
Remeco	10-11	1 x 2	0,4 - 1,5	4,7	(38)	5,2	(23)	66	(39)	40	55
Pidihuil	9-10	1 x 2	1,0	3,9	(32)	4,7	(22)	91	(34)	39	54
Enco	13	2 x 3	1,0	10,1	(28)	9,3	(17)	87	(23)	64	80

cv(%): Coeficiente de variación.

Vita (1974) entrega otros antecedentes acerca del crecimiento de plantaciones de raulí. A pesar de que no se indica la fuente de las plantas utilizadas, la información allí entregada resulta un complemento importante para las mediciones realizadas en el área de Neltume.

Para una plantación de 16 años ubicada en la ex Reserva Forestal de Llancacura en la comuna de la Unión, Cordillera de la Costa, a 400 m.s.n.m., se entregan los siguientes resultados, correspondientes a algunos ejemplares:

- DAP medio : 16,5 cm (n = 36)
- Altura media : 11,0 m (n = 2)
- Crecimiento anual medio en diámetro : 1,3 cm
- Crecimiento anual medio en altura : 0,7 m

En el Centro experimental Frutillar, localizado en la provincia de Lanquihue, se realizaron mediciones en plantaciones de 2, 10 y 12 años de edad (Cuadro 4).

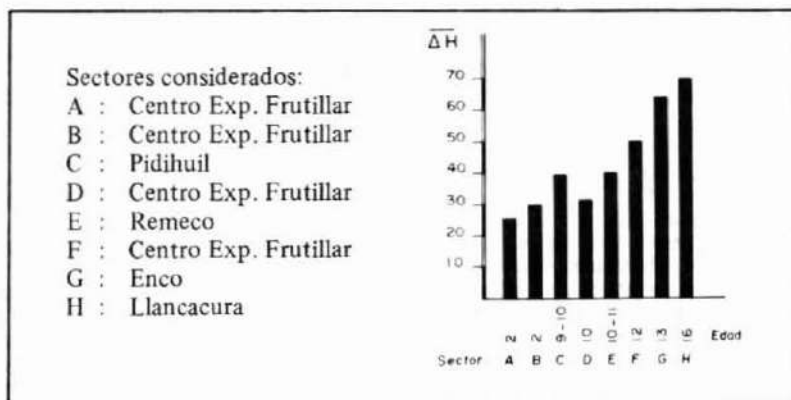
CUADRO 4
ALTURA, DIAMETRO E INCREMENTOS ANUALES PARA PLANTACIONES DE RAULI ESTABLECIDAS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL FRUTILLAR

Edad	Altura media (m)	DAP medio (cm)	Crecimiento anual medio	
			Altura (m)	DAP (cm)
12	6,7	9,7	0,50	0,8
10	3,1	4,1	0,31	0,4
2	0,6	-	0,30	-
2	0,5	-	0,25	-

FUENTE: Vita (1974).

Al analizar el incremento medio anual en altura en función de las edades entre 2 y 16 años, queda de manifiesto que el valor de la variable aumenta a medida que aumenta la edad (Figura 2). Esto se debe más que nada al factor competencia, que actúa como retardante del crecimiento de los árboles durante los primeros años. Al eliminar este factor, las plantas son capaces de desarrollarse en forma vigorosa desde el primer año de crecimiento. Aguilera y Fehlandt (1981), en este sentido, reportaron alturas medidas de 76 cm alcanzadas por plantas en vivero después de un período vegetacional. Este antecedente se ha corroborado con experiencias que está realizando el Instituto Forestal, en las cuales ya a los 4 meses de crecimiento en vivero el raulí alcanzó en promedio aproximadamente 50 cm de altura.

FIGURA 2:
INCREMENTO ANUAL MEDIO EN ALTURA ENTRE LOS 2 Y 26 AÑOS DE EDAD



CONCLUSIONES

Los conocimientos disponibles acerca de repoblaciones artificiales con raulí son aún escasos. Las experiencias recopiladas hasta la fecha, si bien entregan antecedentes de gran valor para una orientación general, indican que existe todavía una serie de interrogantes que investigaciones futuras deberán resolver. A pesar de las limitaciones del conocimiento actual, es posible concluir lo siguiente:

- El desarrollo de las plantaciones de raulí se ve afectado por la competencia que se establece con los árboles adultos y con el sotobosque, en la lucha por la luminosidad disponible.
- Un sotobosque denso protege a las plantas de raulí del pisoteo, quebrazón y ramoneo que efectúa el ganado.
- Como consecuencia de los daños que produce el ganado, las plantaciones jóvenes se deforman hasta tal punto al rebrotar que quedan inutilizadas para fines de uso comercial.
- La entrada de ganado puede ocasionar una severa destrucción a las plantaciones jóvenes, con la consecuente pérdida de la inversión. Además, deberá considerarse también como pérdida el costo de replante.

- En plantaciones de raulí se obtuvieron para plantas sin daño los siguientes rangos de incrementos medios del diámetro y la altura:
Crecimiento en diámetro (DAP) : 0,4 cm a 1,3 cm
Crecimiento en altura (H) : 0,3 m a 1,0 m.
- La mayor parte de las plantaciones existentes se establecieron con plantas naturalmente regeneradas en el bosque y transplantadas con técnicas rudimentarias y personal escasamente capacitado. Repoblaciones realizadas con un material bien preparado, utilizando técnicas adecuadas en la selección de la semilla, la manipulación en el vivero y la plantación propiamente tal, registrarán incrementos aun mayores que los obtenidos hasta ahora.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUILERA, L. y FEHLANDT, A. 1981. Desarrollo inicial de *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst. *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Bl. y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Bl. bajo tres grados de sombra. Tesis, Universidad Austral de Chile, Fac. de Ing. Forestal, Valdivia. 101 p.
- BRUN, R. 1969. Strukturstudien in gemässigten Regenwald Südchiles als Grundlage für Sustainserhebungen und Forstbetriebsplanung. Disert. Univ. Freiburg. Freiburg. 156 p.
- DONOSO, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. CONAF/PNUD/FAO, FO: DP/CHI/76/003. Santiago, Chile. Doc. de Trabajo N° 38.70 p.
- GROSSE, H.; CUBILLOS, V. y BOURKE, M. 1986. Investigación Manejo silvícola del bosque nativo. (1er. Informe de Avance). Corporación de Fomento de la Producción/Instituto Forestal, Concepción, Chile. 129 p.
- VITA, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura del raulí. Universidad de Chile, Fac. Ciencias Forestales. Santiago. Bol. Técnico N° 28.17 p
-

GERMINACION DE RAULI BAJO DIFERENTES TEMPERATURAS

Michael Bourke*

RESUMEN

Considerando el hecho de que la germinación de la semilla de raulí tiene lugar en un período de tiempo variable después de la siembra, el cual puede llegar hasta un año, se realizaron ensayos destinados a determinar la influencia que diversas condiciones de temperatura ejercen sobre la germinación.

Se usaron semillas de distintas procedencias de la Cordillera de los Andes entre los 37° y los 40° de Latitud Sur. Los resultados indican que existen diferencias en la germinación dependiendo de las procedencias y de los regímenes de temperatura aplicados al tratar las semillas.

La aplicación durante 30 días de temperaturas que variaban a lo largo del día (10 horas con 18°C y 14 horas con 6°C) y luego de una temperatura constante durante otros 30 días (18°C/24 h) produjo los porcentajes de germinación más altos. También se obtuvieron buenos niveles de germinación remojando la semilla en agua fría con anterioridad a la siembra. No hubo germinación al tratar la semilla con agua a una temperatura de 70°C.

ABSTRACT

Starting from the base that the germination of the seed of rauli shows a certain tendency of irregular germination (even seed germinating one year after), two tests were designed to locate the normal range of the influence of temperature over germination. Different provenances (6) were used from the west side of the Andes mountain range between the latitudes of 37°S and 40°S.

The results indicate that a difference does exist in the germination ability of the different provenances, and also, between the germination temperatures tested. The combination of, a variable temperature for 30 days, (18°C/10 h/day then 6°C, 14 h/day), and then a constant temperature (18°C/24 h/day) for another 30 days, gave the best germination of all treatments. Good results were also obtained by soaking the seed in cold water for 72 hours. No seed, exposed to a short period of hot water (70°C) germinated.

* Ingeniero Forestal, División Regional, Instituto Forestal.

INTRODUCCION

El tiempo que transcurre entre la siembra y la germinación de la semilla de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.) es muy variable y puede prolongarse incluso hasta un año (Moreno y Ramírez 1976). Durante la viverización, este hecho puede originar una distribución heterogénea en la platabanda y, en consecuencia, un desarrollo no uniforme de las plantas (Schmidt, Ipinza y Vial, 1976).

Conocer la influencia que las distintas procedencias y los factores del medio natural de la semilla, tales como las condiciones de temperatura y humedad, pueden ejercer sobre la germinación, contribuye a explicar el fenómeno germinativo, haciendo posible controlar adecuadamente esas variables en función de los requerimientos de producción (Grosse, Cubillos y Bourke, 1986).

MATERIAL Y METODO

Los ensayos se realizaron con semillas de distintas procedencias (Cuadro 1), las condiciones de temperatura y humedad, sin embargo, sólo fueron ensayadas para el área de Neltume, X Región, que incluye las procedencias "Dos Viejos", "Liquiñe Alto", "Remeco-Moreno" y "Changlil".

CUADRO 1:
PROCEDENCIA DE LAS SEMILLAS DE RAULI UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS

Procedencia	Cantidad (kg)	Altitud (msnm)	Latitud	Fecha de Recolección	Viabilidad(*)
"Dos Viejos"	108.794	700-750	39°50'S	Marzo 1985	98 ^o /o
"Liquiñe Alto"	137.615	600-650	39°37'S	Marzo 1985	91 ^o /o
"Remeco Moreno"	88.550	700-750	39°45'S	Abril 1985	96 ^o /o
"Changlil"	114.405	500-600	39°40'S	Abril 1985	93 ^o /o
"Melipeuco"	108.695	700	38°03'S	Marzo 1986	s.a.
"Ralco-Colluco"	86.956	1250	37°53'S	Marzo 1986	s.a.

(*) Viabilidad después de flotación por 24 horas y ensayo de corte de semilla.

Los ensayos realizados fueron:

- Ensayo de régimen variable y constante de temperatura, orientado a simular las condiciones ambientales en el medio natural durante el período de germinación (septiembre y octubre), considerando además un ambiente en condiciones constantes, como se daría en laboratorio.
- Ensayo de remojo en agua a distintas temperaturas, orientado a simular temperaturas constantes altas y temperaturas variables que se pueden producir al final del período de germinación.

El detalle de los ensayos se describe a continuación:

Ensayo de régimen variable y constante de Temperatura:

Diseño: 4 x 3 factorial con 8 repeticiones

Número de factores: 2 (A, B)

A: Procedencia:

Almacenamiento de semillas: 18 meses a temperatura ambiental.
Estratificación: arena húmeda a 5°C durante 30 días.

A₁: "Dos Viejos"

A₂: "Liquiñe Alto"

A₃: "Remeco-Moreno"

A₄: "Changlil"

B: Temperatura

B₁: Temperatura variable (6°C/14 h/día y 18°C/10 h/día).

Duración: 30 días.

Simula situación posible durante el período de germinación natural (septiembre-octubre).

B₂: Temperatura constante (18°C/24 h/día)

Duración: 30 días

Simula sólo una temperatura constante alta durante el período de germinación. Se asemeja a las condiciones ambientales dentro de un laboratorio.

B₃: Durante 30 días se aplican condiciones B₁ y durante los 30 días siguientes las condiciones de B₂.

Simula situación posible durante el período de germinación natural (septiembre-octubre)

Ensayo de remojo en agua a distintas temperaturas:

Diseño: 2 x 2 x 2 factorial con 4 repeticiones.

Número de factores: 3 (A, B, C)

A: Procedencia:

Almacenamiento de semillas: 6 meses a 5°C en seco, sin estratificación.

A₁: "Melipeuco"

A₂: "Ralco - Colluco"

B: Remojo

B₁: Agua fría (72 h de remojo)

B₂: Agua fría y caliente (72 h de remojo en agua fría; luego la semilla se deposita en agua a 70°C, la cual se deja enfriar durante 3 h hasta llegar a 16°C).

Simula las altas temperaturas que la semilla alcanza en terreno al final de la época de germinación.

C: Temperatura:

C₁: Temperatura variable (9°C/14 h/día y 18°C/10 h/día)

Duración: 30 días.

Simula la situación que se registra durante la época de germinación natural.

C₂: Temperatura constante (18°C/24 h/día).

Duración: 30 días

Simula sólo la temperatura constante alta durante el período de germinación.

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados de las mediciones que reflejan las condiciones ambientales de campo, como los resultados de los ensayos realizados en laboratorio.

Condiciones ambientales que afectan la germinación: La germinación de semillas está sujeta a las condiciones ambientales que se van registrando en las distintas épocas del año, de modo que el conocimiento de estas condiciones es un antecedente básico para realizar los ensayos que se propone este estudio.

La caída de la semilla se produce al final del verano y principio del otoño, en una época de cierta sequedad ambiental. Durante este período, los valores promedio de la humedad relativa en los bosques donde crece el raulí fluctúan entre un 50^o/o y un 90^o/o (Hajek, 1975).

En esa época, la temperatura del suelo, registrada a 2 cm de profundidad, oscila para las máximas entre 15 y 22^oC y para las mínimas entre 5 y 9^oC. La semilla llega a los niveles de profundidad mencionados durante la época en que las hojas caen al suelo y son removidas de allí por los pájaros. (Burschel et al., 1976).

Durante el período invernal, de aproximadamente 4 meses, a 2 cm de profundidad de la capa de hojarasca, la temperatura varía entre un mínimo de -1^oC y un máximo de 10^oC. La humedad relativa es entonces de 90 a 100^o/o. (Hajek, 1975).

Como período de germinación se consideran los meses de septiembre a noviembre. En el lugar donde se ubican las semillas, las temperaturas mínimas de ese período llegan a 1^oC y las máximas a 31^oC. Las temperaturas promedio durante la noche bordean los 3^oC y durante el día los 14^oC.

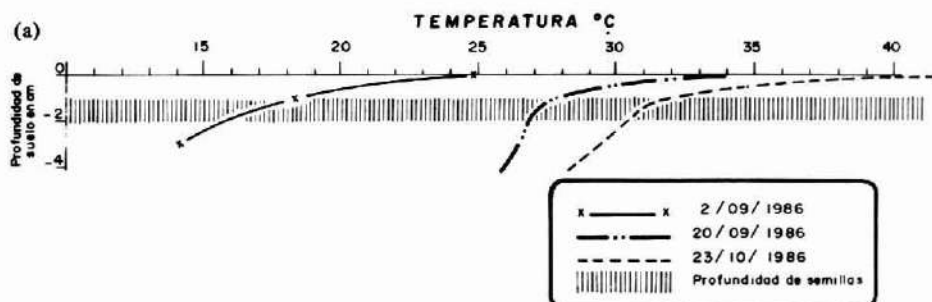
En el mes de diciembre, las temperaturas aumentan considerablemente pudiendo llegar en el área de Puyehue, que es comparable con Neltume, a un máximo de 60^oC en el nivel superficial del suelo, según indicaciones de Cáceres (1984).

Actualmente se están realizando trabajos con raulí en los viveros de Molco en la Cordillera de Los Andes, a 39^o 46' de Latitud Sur, y en Quelen-Quelen en la costa de la provincia de Arauco, a 37^o 48' de Latitud Sur. En ambos lugares se han detectado temperaturas aproximadas de hasta 58^o C a nivel del suelo y de hasta 35^oC a 2 cm de profundidad. La importancia de estas temperaturas extremas radica en el efecto que pueden tener sobre la semilla. Según Hartmann y Kester (1980), temperaturas superiores a 43^oC ya pueden afectar la viabilidad de muchos tipos de semillas. Experiencias realizadas por Richardson (1959) y Johnson (1979) son coincidentes en este aspecto e indican, además, que bajas en la viabilidad se pueden producir incluso con temperaturas menores a 43^oC.

Las mediciones realizadas en los viveros de Molco y Quelen-Quelen indican que la viabilidad de la semilla puede resultar afectada por los niveles de temperatura del suelo dependiendo de la época del año y de la profundidad de la siembra (Figura 1).

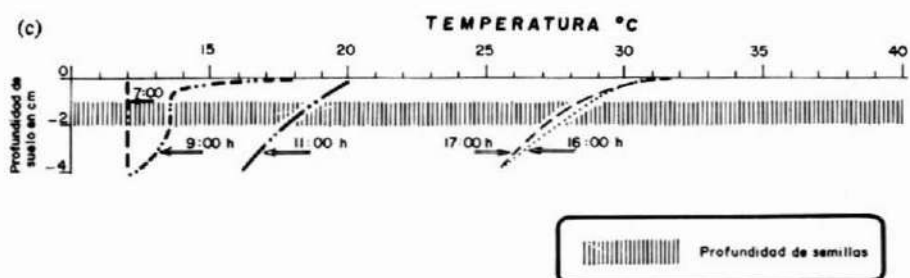
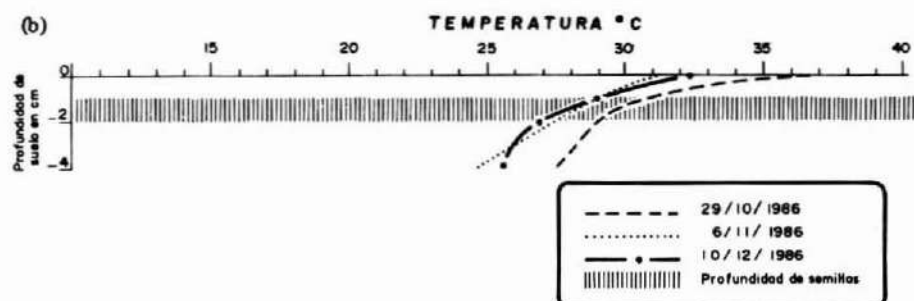
Los niveles más críticos se registran entre mediados de noviembre y mediados de diciembre. (Figura 1 b).

FIGURA 1:
TEMPERATURA DEL SUELO A COMIENZOS DE LA EPOCA DE GERMINACION
EN FUNCION DE LA PROFUNDIDAD Y FECHA



Continúa...

...Continuación



- NOTA: a) A comienzos de la época de germinación.
 b) Al final de la época de germinación.
 c) Durante un día al final de la época de germinación.
 (6/11/86)

Las mediciones para los casos a y b se realizan una hora después del mediodía solar con cielo descubierto.

Si a condiciones de temperaturas extremadamente altas se agrega un alto contenido de humedad de las semillas, la pérdida de viabilidad puede ser aun mayor que con material seco. (Hartmann y Kester, 1980).

En diversos lugares del país se mantiene aún la práctica de secar la semilla de raulí a pleno sol, exponiéndola así a temperaturas del suelo que sobrepasan los 45°C. Parte del material recolectado en el área de Neltume y utilizado para estos ensayos fue afectado por este proceso, de modo que es razonable atribuir en cierta medida a este hecho los bajos porcentajes de semilla viable (Cuadro 1).

Regímenes de temperatura y procedencias: En los ensayos realizados para estudiar el efecto del régimen de temperatura constante o variable (Cuadro 2), se obtuvieron como resultado porcentajes de germinación con diferencias altamente significativas:

- entre los regímenes de temperatura (B_1 variable, B_2 constante y B_3 combinación variable-constante)
- entre las procedencias (A_1 , A_2 , A_3 y A_4).

GERMINACION DEL RAULI

entre las diversas combinaciones de régimen de temperatura y procedencia ($A_1 B_1$, $A_1 B_2$, etc.).

Entre los regímenes de temperatura considerando el promedio de los resultados obtenidos con distintas procedencias, la combinación variable-constante (B_3) dio origen al porcentaje de germinación más alto, que fue 7^o/o.

Entre las procedencias, analizando el promedio obtenido con los distintos regímenes de temperatura, la procedencia "Carranco-Changlil" (A_4) fue la que originó el porcentaje más alto de germinación, 11^o/o.

Tomando las combinaciones de procedencia y régimen de temperatura, el porcentaje de germinación más alto, de un 19^o/o, correspondió a $A_4 B_3$, es decir, precisamente a la interacción de los dos factores que habían arrojado los mejores resultados en forma independiente, la procedencia "Carranco-Changlil" y el régimen de temperatura variable-constante.

CUADRO 2
ENSAYO DE REGIMEN VARIABLE Y CONSTANTE DE TEMPERATURA
PARA DISTINTAS PROCEDENCIAS

A PROCEDENCIA	TEMPERATURA B		VARIABLE-CONSTANTE (B_3) B ₁ durante 30 días B ₂ durante 30 días	VALORES PROMEDIO
	VARIABLE (B_1) 6 ^o C/14 h/día 18 ^o C/10 h/día (30 días)	CONSTANTE (B_2) 18 ^o C/24 h/día (30 días)		
CARRANCO (A_1) "Dos Viejos"	0 ^o /o	0 ^o /o	1 ^o /o	0 ^o /o a
CARRANCO (A_2) "Liquiñe Alto"	0 ^o /o	1 ^o /o	2 ^o /o	1 ^o /o a
NELTUME- (A_3) CARRANCO "Remeco-Moreno"	0 ^o /o	0 ^o /o	5 ^o /o	2 ^o /o a
CARRANCO (A_4) "Changlil"	2 ^o /o	12 ^o /o	19 ^o /o	11 ^o /o b
Valores Promedio	0 ^o /o a	4 ^o /o b	7 ^o /o c	

NOTAS: Factor procedencia (A): **; Factor temperatura (B): **; Interacción (A y B): **;
(**): Significativo al 99^o/o Los tratamientos con letras minúsculas iguales no se diferencian entre ellos.

Regímenes de temperatura, remojo en agua y procedencias: En el ensayo realizado para estudiar distintos regímenes de temperatura con y sin remojo en agua para distintas procedencias (Cuadro 3 y Figura 2), se obtuvieron porcentajes de germinación con diferencias altamente significativas:

- entre las procedencias.
- entre los distintos regímenes de temperatura con remojo.
- entre los distintos regímenes de temperatura sin remojo.

El remojo de la semilla en agua fría y luego en agua caliente impidió la posterior germinación en los dos casos de procedencia y régimen de temperatura. En cambio, el remojo de la semilla en agua fría y el régimen de temperatura constante dio origen a los más altos porcentajes de germinación, correspondientes a 31,0% para la semilla de Melipeuco y 11,50% para la semilla de Ralco-Colluco.

Cada uno de los tres factores considerado por separado demostró ser significativo en el porcentaje de germinación, así como también las diversas interacciones, a excepción de la ejercida en conjunto por la procedencia y el régimen de temperatura sin remojo (Cuadro 3).

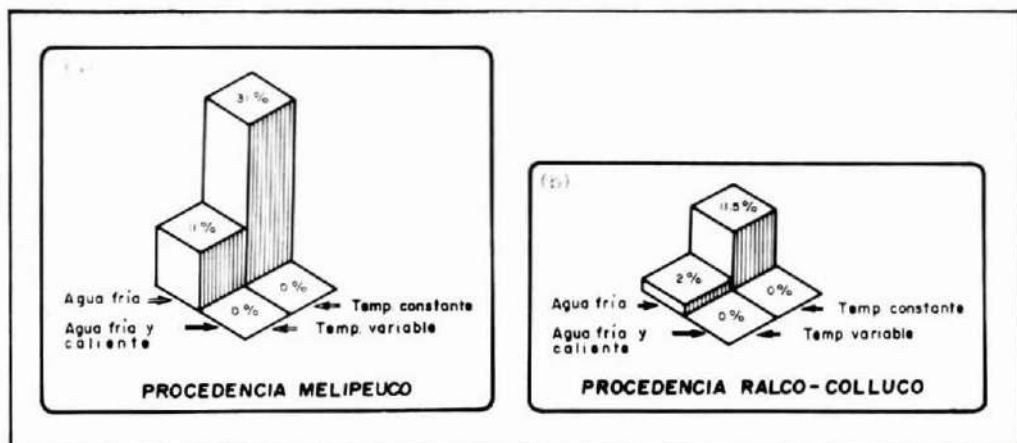
TABLA 1:
ENSAYO A DISTINTAS TEMPERATURAS CON Y SIN REMOJO
EN AGUA PARA DISTINTAS PROCEDENCIAS

Factor	Nivel de significación
Procedencia (A)	**
Remojo (B)	**
Temperatura (C)	**
A x B	**
A x C	---
B x C	**

** : Significativo al 99^o/o.

---: No es significativo.

FIGURA 2:
RESULTADOS DE LA APLICACION DE REMOJO EN AGUA A DISTINTAS
TEMPERATURAS PARA LAS PROCEDENCIAS "MELIPEUCO" Y "RALCO-COLLUCO"



En síntesis, los dos ensayos realizados en laboratorio demuestran que el porcentaje de germinación de las semillas varía en función de su procedencia. Si bien algunas presentan resultados similares, como es el caso de "Dos Viejos" y "Liquiñe Alto" o como "Villarrica" y "Arquihue" (Clasing, 1983), muchas procedencias presentan diferencias significativas entre sí. Esto ocurre con las procedencias "Ralco-Colluco", "Changilo" y "Melipeuco" en este ensayo, y también, según antecedentes de Moreno y Ramírez (1976), con semillas del norte de Ñuble, que presentaban porcentajes de germinación más altos que las de otros sectores considerados en su estudio. Por otra parte, para maximizar la germinación debe controlarse el régimen de temperatura y humedad durante el tratamiento de la semilla anterior a la siembra.

Según los antecedentes obtenidos, los porcentajes de germinación más altos se registran al simular las condiciones ambientales propias de la primavera, cuando se producen temperaturas variables con diferencias fuertes entre el día y la noche y posteriormente un período con una temperatura constante de 18°C.

En cuanto al remojo, una temperatura del agua demasiado alta, como se comprobó para 70°C, ocasiona una pérdida de la viabilidad de la semilla.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del material con que se contaba para los ensayos es posible concluir en términos generales que:

- Al secar la semilla de raulí, la temperatura no deberá exceder los 35°C.
- Al secar la semilla de raulí, la temperatura no deberá exceder los 35°C.
- Cuando la semilla se trata con agua a 70°C, aparentemente pierde su viabilidad.
- El tratamiento al que deberá someterse la semilla para obtener una germinación óptima varía de acuerdo con su procedencia.
- La siembra no deberá realizarse mientras las temperaturas medias durante la noche sean aún cercanas a los 6°C.
- La temperatura a la cual está sometida la semilla en el vivero se puede regular manteniéndola a una profundidad determinada, aplicando sombreaderos y eligiendo una época adecuada.
- En el estudio del régimen de temperatura, los mejores resultados de germinación se obtuvieron aplicando durante 30 días una temperatura variable a lo largo del día y luego durante 30 días una temperatura constante.
- En el estudio del tratamiento de remojo, el mejor resultado de germinación se obtuvo manteniendo la semilla sumergida en agua fría durante 72 horas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BURSHEL, P. et al. 1976. Composición y dinámica regenerativa de un bosque virgen mixto "Raulí y Coigue". Bosque (Valdivia, Chile). 1(2):55-74.
2. CACERES F., L.A. 1984. Regeneración de coigue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) y raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.) mediante siembra directa en Rucatayo, Provincia de Valdivia. 91 p.
3. CLASING, G. 1983. Germinación de frutos de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.), bajo diferentes condiciones de temperatura y sustrato. Tesis, Univ. Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales. Valdivia. 53 p.
4. HAJEK, E. y DI CASTRI, F. 1975. Bioclimatografía de Chile. (Manual de Consulta). Universidad Católica de Chile. Santiago, 6 p., 107 gráf.
5. HARTMANN, H. y KESTER, D. 1980. Propagación de plantas, principios y practicas. 2a. ed. México, Ed. Continental, 814 p.
6. JOHSON, R. 1979. New method of storing nuttall oak winter. Tree Planters' Notes, 30(2):5-8.
7. MORENO, G. y RAMIREZ DE ARELLANO, C. 1976. Ensayo de algunas técnicas para la producción en vivero de plántulas de roble *Nothofagus obliqua* (Mirb. et Oerst.) y raulí *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst. Tesis, Univ. de Chile, Fac. de Cs. Forestales. Santiago. 137.
8. RICHARDSON, S. 1959. Germination of Douglas-fir seed as affected by light, temperature and Gibberellic acid. For. Sci. 5(2):174-181.
9. SCHMIDT, H.; IPINZA, R. y VIAL, L. 1979. Regeneración en bosque nativo de raulí. Estudio bibliográfico. CONAF/PNUD/FAO, FO:DP/CHI/76/003. Santiago, Chile. Doc. de Trabajo N° 24. 123 p.

MODELO DE CRECIMIENTO DIAMETRAL PARA ALGUNOS RENOVALES DE RAULI

Víctor Cubillos D.*

RESUMEN

Mediante un enfoque de análisis del árbol individual y evaluación de la competencia, se construyó un modelo de crecimiento en diámetro para individuos de raulí (*Nothofagus alpina* 'Poep. et Endl.' Oerst.) y el cual considera las variables de estado de los árboles y de sus competidores directos. La información de crecimiento se obtuvo por el método de análisis del tallo. El modelo se construyó mediante un análisis de regresión y correlación múltiple.

El estudio se efectuó en renovales mixtos de raulí en el área de Panguipulli - Neltume, a 39° 45' de latitud Sur, comuna de Panguipulli, provincia de Valdivia, en la Décima Región de Chile.

Como resultado se presentan tres modelos generales, que incluyen variables de estado de los árboles y de la competencia. El modelo más preciso es el que considera como variables independientes el diámetro a la altura del pecho (DAP), el diámetro de copa de los árboles, la distancia media entre el árbol y los competidores, la edad, la altura de inicio de la copa de los árboles analizados y de su competencia.

El modelo seleccionado tiene una bondad de ajuste de 0,91 en términos de correlación r y un error cuadrático medio (ECM %) de 23,7%. Se efectuó además un análisis de sensibilidad, presentándose una tabla con los valores de incremento en diámetro más significativos.

ABSTRACT

General information concerned with stocks and actual condition of young stands of Nothofagus alpina (Poep. et Endl.) Oerst., "Rauli" are presented in this article. These aspects are typified through state variables both for the Rauli trees and for other surrounding species.

The study was undertaken in young Rauli stands located in the Panguipulli-Neltume area, 39° 46' south latitude, Province of Valdivia X Región, Chile.

Growth information was obtained by stem analysis. A model was constructed applying regression analysis and multiple correlation.

As a result, three general models are presented which include individual state variables for the individuals and surrounding competitors. The best model includes variables such as: diameter breast height (d.b.h.) crown diameter, age, medium distance to competitors, height to first limb.

The best model has a correlation of $r = 0.91$. Also included is a sensitivity analysis for this model showing a table with values of diameter increments.

* Ingeniero Forestal, U. de Chile. División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121, Concepción - Chile.

INTRODUCCION

Para estimar el crecimiento futuro de los árboles se utilizan modelos matemático-estadísticos que predicen el crecimiento de los individuos en un período determinado.

En el caso del raulí, existen modelos de crecimiento diametral construidos a través de una relación lineal simple entre el crecimiento en diámetro y el diámetro a la altura del pecho con corteza (DAPcc) (SOLER, 1979; HERRERA, 1976). Aunque este tipo de modelos son de gran utilidad práctica, están limitados por el hecho de explicar el incremento en diámetro a través de una sola variable de estado, el DAP, con exclusión de otras que pueden contribuir a explicar en forma más completa el incremento en diámetro.

Como una forma de superar esa limitación, este estudio presenta un modelo de crecimiento diametral construido a partir de diversas variables de estado de árboles individuales de raulí sometidos a distintos regímenes de competencia, incorporando también la información referente a los individuos competidores (Grosse, Cubillos, Bourke, 1986).

El modelo de crecimiento permite proyectar el crecimiento de individuos jóvenes de raulí y sirve, en consecuencia, como elemento de apoyo para la planificación de intervenciones silvícolas aplicadas a renovales mixtos de esta especie, con el fin de incrementar su rendimiento.

ANTECEDENTES GENERALES

Los renovales considerados en el estudio son bosques de segundo crecimiento que tuvieron su origen en talas rasas seguidas por roces a fuego y que presentan características de coetaneidad (CONAF, 1986). La edad de aproximadamente el 95% de la superficie de los renovales estudiados se encuentra entre los 20 y los 50 años, siendo de mayor frecuencia el rango de edad entre los 20 y los 40 años. El diámetro medio general es de 30 cm, el área basal fluctúa entre los 10 y los 60 m²/ha y el número de árboles por hectárea varía entre 600 y 5000 (Puente, 1979).

Existencias de renovales mixtos. De acuerdo con información reciente, la superficie total de renovales coetáneos existentes en el país asciende a 300.000 ha, de las cuales el 85% se localiza en las Regiones VIII, IX y X (CONAF, 1986). Las especies de mayor valor comercial presentes en estos renovales son: *Nothofagus alpina* (raulí), *Nothofagus obliqua* (roble), *Nothofagus dombeyi* (coigüe), *Nothofagus glauca* (hualo), *Laurelia philippiana* (tepa) y *Saxegothea conspicua* (mañío).

Características de los renovales muestreados. El estudio se realizó en renovales del tipo forestal coigüe-raulí-tepa (Donoso, 1981), en el área de Panguipulli-Neltume en la Cordillera de Los Andes, a 39° 46' de latitud Sur, provincia de Valdivia, comuna de Panguipulli, Décima Región.

Las áreas específicas consideradas para el estudio se conocen como "Los Hornos", "Quebrada Honda" (sectores 1 y 2) y "Puerto Fuy". La conformación de los renovales de este sector, originados a partir de bosques naturales que se regeneraron por semillas o tocón, coincide con la definición general dada por Puente et al. (1979).

Para el análisis se consideraron rodales coetáneos entre los 25 y los 40 años. La presencia numérica está representada mayoritariamente por *Nothofagus alpina* (raulí), secundariamente por *Nothofagus obliqua* (roble) y como especies acompañantes *Laurelia philippiana* (tepa) y *Saxegothea conspicua* (mañío).

Las situaciones que se muestrearían se seleccionaron considerando distintas etapas de desarrollo dentro de la fase de crecimiento en la que se encuentran los renovales. De acuerdo con este criterio, se seleccionan los sectores "Quebrada Honda" y "Puerto Fuy" para los renovales más jóvenes y "Los Hornos" para el análisis de rodales de mayor edad.

Los tres sectores seleccionados fueron raleados hace aproximadamente diez años, como

parte de un programa de manejo silvícola. La intervención realizada se puede definir como un raleo selectivo por lo alto y por lo bajo, puesto que el criterio aplicado fue dejar en pie sólo aquellos árboles que presentaban la mayor posibilidad potencial de acumular volumen aserrable durante el resto de la rotación. La intervención dejó como árboles seleccionados únicamente ejemplares de raulí y roble, especies entre las cuales la competencia resultó reducida.

METODOLOGIA

Definición del árbol sujeto y sus competidores. El modelo diseñado incluye dos tipos de variables, las del sujeto y las del competidor. Como variables del sujeto se entienden las variables de estado del árbol observado, al cual se le hizo análisis de tallo. Las variables del competidor corresponden al valor promedio de las variables de estado de los árboles cercanos al sujeto y que influyen en términos de competencia sobre éste. La selección de los árboles competidores se estableció básicamente por distancia: el entorno del árbol seleccionado se dividió en cuatro cuadrantes y se consideró como árbol competidor al más cercano en cada uno de ellos. Se obtuvieron así cuatro competidores por cada árbol sujeto. La selección de los competidores tomó también en cuenta su proyección de copa sobre el árbol sujeto.

Obtención de la información básica. Para determinar el crecimiento histórico de los individuos se efectuó un análisis de tallo, midiendo los anillos de crecimiento en rodela obtenidas por cortes transversal a distintas alturas del fuste. (PRODAN, 1965).

Las rodela extraídas del árbol se secaron en laboratorio a 120°C durante 18 horas con aire forzado, hasta llegar a un contenido de humedad aproximado al 12%. Luego se lijó una de las caras de la rodela para hacer más visibles los anillos de crecimiento anual. Posteriormente se midió el espesor y el número de anillos en cuatro radios de cada rodela y se registró la información para cada árbol independiente. Las mediciones se realizaron partiendo desde la corteza hacia la médula del árbol.

La información de crecimiento pasado así obtenida fue procesada mediante el programa computacional de análisis de tallo ANATAL (Alvarez, 1977).

Los resultados del proceso de la información son tablas de diámetro sin corteza (DAPsc), área basal, altura total y volumen cúbico en función de la edad, con sus respectivos crecimientos anuales medios (CAM) y periódicos (CAP).

Esta información permitió establecer una relación entre el incremento en diámetro registrado en los últimos cinco años y las variables de estado del árbol sujeto y sus competidores.

Estimación del incremento en diámetro. El incremento diametral anual promedio (IDAPA) se obtuvo promediando el crecimiento anual registrado en cada uno de los cinco últimos años por cada individuo de una muestra de 75 árboles de raulí a los cuales se les efectuó análisis de tallo.

Con la información de las variables del árbol sujeto y sus competidores, junto con el incremento en diámetro promedio de los últimos cinco años (IDAPA), se construyó un archivo de trabajo básico. Con dichos datos se efectuaron análisis de regresión y correlación simple y múltiple, según el esquema de aplicación presentado en el diagrama 1.

El grado de dependencia entre el incremento diametral anual y las variables de estado se evaluó a través del coeficiente de correlación (r) y el error cuadrático medio (ECM%).

En la Tabla 1 se presentan las variables de estado del árbol sujeto y sus competidores incluidas en los modelos de crecimiento:

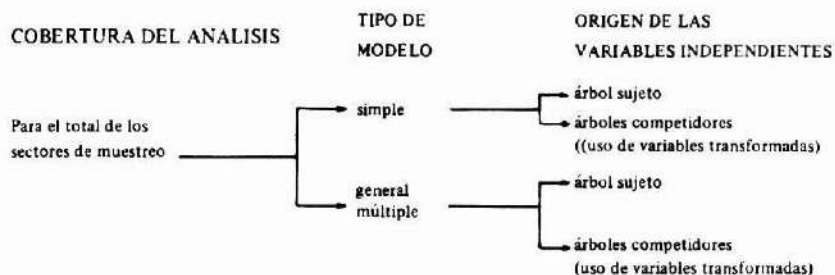


DIAGRAMA 1: Aplicación del análisis de regresión y correlación para el incremento diametral promedio anual (IDAPA) como variable dependiente.

TABLA 1
VARIABLES DE ESTADO MEDIDAS

Clave	Explicación de la variable (unidad)
IDAPA	incremento en diámetro promedio anual (cm)
DC	diámetro de copa (m)
DISTMCO	distancia media al competidor (m)
DAP	diámetro a 1.3 m de altura (cm)
HT	altura total de los árboles (m)
E	edad (años)
VT	volumen total (m ³)
HIC	altura de inicio de la copa (m)
IHA	incremento en altura anual (m)
IVOA	incremento en volumen anual (m ³)
DCMCO	diámetro medio de copa del competidor (m)
DAPMCO	diámetro medio del competidor medido a 1.3 m de altura (cm)
HTCO	altura total del competidor (m)
HICCO	altura de inicio de copa del competidor (m)
EC	espacio de copa = $DC^2 \times (HT - HIC)$ (m ³)
ECD	espacio de copa por la distancia = $DC^2 \times (HT - HIC) \times DISTMCO$
IC ₀₁	índice de competencia (1) = $\frac{DC + DCMCO}{2 \times DISTMCO}$
IC ₀₂	índice de competencia (2) = $\frac{DAP}{DAPMCO \times DISTMCO}$
ln	logaritmo natural en base e

RESULTADOS

Características cuantitativas. En el área de estudio se caracterizan cuatro sectores con parcelas temporales de muestreo, en las cuales se midieron las variables de estado de todos los individuos. Los sectores de muestreo son: Los Hornos, Quebrada Honda sector 1, Quebrada Honda sector 2 y Puerto Fuy.

Las variables de estado raulí y del total de especies se presenta en el Cuadro 1 ordenadas por sector y parcela.

Estadística descriptiva de las variables de estado y del incremento diametral de los árboles sujeto. La caracterización de las variables involucradas en la construcción del modelo de crecimiento permite conocer el comportamiento de la muestra en relación a su dispersión y valores medios. En el Cuadro 2 se muestran los valores medios, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de las variables analizadas.

CUADRO 1
VARIABLES DE ESTADO DE LA ESPECIE RAULI Y DEL TOTAL DE ESPECIES
EN CADA PARCELA DE LOS DISTINTOS SECTORES EN ESTUDIO

Sector	Parcela	No. de Arb. por ha	DAP Medio	Diam. Medio cuadrático	Edad en Años	Área Basal	Altura Total	Cob. de las Copas en Porcentajes	Alt. de inc. de la Copa HINIC en m	Incremento Anuales									
										D en cm	D CLAD (cm)	IDAPA (cm)	IHA (m)	IVOA (m ³)					
Los Hornos	1	1.344	17.28	16.99	17.86	18.61	20.07	36	36.54	54.64	19.96	18.66	97.75	134.65	10.56	9.06	0.24	0.35	0.008
Los Hornos	2	1.200	15.36	17.41	17.61	19.22	20.09	36	34.83	48.99	16.17	14.09	119.63	150.01	8.20	6.42	0.37	0.32	0.049
Los Hornos	3	4.32	7.84	23.12	22.29	25.19	24.47	42	21.53	36.92	19.96	17.85	67.21	101.98	8.96	7.81	0.56	0.41	0.025
Quebrada Honda	4	800	1.280	12.65	15.00	13.44	18.36	26	11.34	37.93	11.98	10.51	71.76	111.56	5.16	3.55	0.81	0.39	0.015
Sector 1	5	752	1.056	12.20	13.03	13.02	14.80	25	10.01	18.83	12.11	9.84	76.79	103.24	4.94	3.36	0.84	0.55	0.012
	6	464	7.68	13.77	13.03	14.71	14.11	24	7.89	12.04	10.73	9.03	44.40	61.92	4.79	3.43	0.95	0.42	0.012
Quebrada Honda Sector 2	7	352	7.36	17.91	19.09	19.07	24.23	26	10.05	35.33	14.16	12.61	59.85	102.61	6.81	4.46	0.88	0.45	0.017
	8	336	6.72	20.19	17.17	20.78	18.18	24	11.40	17.80	15.51	11.82	62.72	85.38	6.30	4.18	1.12	0.44	0.023
Puerto Fuy	9	416	9.44	12.20	13.87	12.68	14.38	30	5.25	15.49	13.83	14.49	39.01	97.96	6.17	6.40	0.37	0.47	0.005
	10	352	9.44	13.51	17.17	15.23	22.74	31	6.41	40.83	13.95	15.17	50.20	141.00	5.75	5.91	0.59	0.59	0.010

CUADRO 2
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES DE ESTADO Y DEL
INCREMENTO DIAMETRAL DE LOS ARBOLES SUJETO
(SE CONSIDERARON 75 ARBOLES)

Variable	Media	Varianza	Des. Están.	Coef. Var.
DC	3.8773	2.1923	1.4806	0.381874
HIC	6.7706	0.7047	3.1152	0.460110
DAP	17.0839	52.3250	7.2336	0.423416
HT	15.0479	18.3654	4.2855	0.284789
E	29.6133	68.5644	8.2804	0.279616
IHA	0.4357	0.0181	0.1347	0.309063
IVOA	0.0185	0.0014	0.0376	2.033661
VT	0.1785	0.0285	0.1687	0.945046
DISTM	3.6573	1.9781	1.4065	0.384562
IDAPA	0.6884	0.1469	0.3833	0.556740

El incremento volumétrico (IVOA) presenta el coeficiente de variación más alto (203%), seguido por el volumen total (95%), lo que indica una cierta heterogeneidad del rodal, presumiblemente producida por la competencia entre los individuos.

Los bajos coeficientes de variación obtenidos para las variables edad (28%) y altura total (29%) pueden tomarse como indicadores de una cierta coetaneidad del rodal.

Matriz de correlación múltiple. La matriz de correlación múltiple es un arreglo de una submatriz inferior, donde las filas y columnas representan las variables del árbol sujeto y los incrementos en diámetro, altura y volumen promedio anual. Cada elemento de la matriz es el coeficiente de correlación entre las variables mencionadas. En la matriz de correlación múltiple es posible visualizar conjuntamente el grado de dependencia entre las distintas variables de estado de los árboles (Cuadro 3).

CUADRO 3

MATRIZ DE CORRELACION MULTIPLE ENTRE LAS VARIABLES DE ESTADO DEL ARBOL SUJETO Y LOS INCREMENTOS ANUALES PROMEDIO EN DIAMETRO, ALTURA Y VOLUMEN

	DC	HIC	DAP	HT	E	IHA	IVOA	VT	DISTM	IDAPA
DC	1.00000									
HIC	.08651	1.00000								
DAP	.83566	.33840	1.00000							
HT	.36576	.69639	.67774	1.00000						
E	.13672	.60473	.45272	.82344	1.00000					
IHA	.41285	-.03776	.25795	.01158	-.10693	1.00000				
IVOA	.37969	.21650	.43904	.29525	.24206	-.06752	1.00000			
VT	.68642	.36460	.89938	.74716	.61839	.05855	.46049	1.00000		
DISIM	.28953	-.00828	.26853	-.01618	-.04982	.12367	-.03981	.18861	1.00000	
IDAPA	.71567	-.14924	.54525	-.06946	-.36823	.52139	.19593	.23862	.35075	1.00000

Las correlaciones más altas se obtuvieron entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y el volumen total (VT), con un 0,90; el DAP y el diámetro de copa (DC) con un 0,84; la edad (E) y la altura total (HT) con 0,82; el VT y la edad (E) con 0,62 y entre el incremento medio diamétrico (IDAPA) y el diámetro de copa (DC), con 0,71.

Correlaciones obtenidas entre el incremento diametral anual y las variables del sujeto y sus competidores. A continuación se presentan las correlaciones obtenidas entre el incremento diamétrico (IDAPA) y las variables de estado del sujeto y sus competidores para la totalidad de los sectores muestreados (Cuadro 4).

Considerando las variables del árbol sujeto, la correlación más alta se obtuvo entre el IDPA y el diámetro de copa (DC), que alcanzó un 0,72. Le siguen en el diámetro a la altura del pecho (DAP) y el espacio ocupado por la copa (variable derivada).

CUADRO 4

CORRELACION ENTRE EL INCREMENTO DIAMETRAL MEDIO ANUAL (VARIABLE DEPENDIENTE) Y LAS VARIABLES DEL ARBOL SUJETO Y SUS COMPETIDORES

Variable del árbol sujeto	Coefficiente de correlación
DC	0.716
DAP	0.548
IC	0.454
ECD	0.427
E	0.368
DISTM	0.321
VT	0.228
HIC	0.149
Variable de los árboles competidores	
HICCO	0.547
HICO	0.482
DISTMCO	0.345
DAPMCO	0.181
DCMCO	0.149

Al considerar las variables de los árboles competidores, la mayor correlación, igual a 0,547, se obtuvo con la altura de inicio de copa del competidor (HICCO). Le siguen la altura del árbol competidor (HTCO) y la distancia media entre los árboles competidores y el árbol sujeto (DISTMCO).

Con la finalidad de saber si las variables transformadas permitían obtener una correlación más alta con el incremento anual, se probaron una serie de transformaciones, desglosadas en el Cuadro 5. En términos generales se puede concluir que la transformación no mejoró las correlaciones. Sin embargo, se las debe considerar un antecedente importante para los modelos generales de crecimiento, donde inciden en el aumento de la correlación.

CUADRO 5

**CORRELACION ENTRE EL CRECIMIENTO MEDIO DIAMETRAL ANUAL
Y LAS VARIABLES TRANSFORMADAS PARA EL TOTAL DE LA MUESTRA
(n = 75 ARBOLES)**

VARIABLES TRANSFORMADAS	r
DC ²	0.656
DC x DAP	0.594
DAP x HT	0.316
1/E	0.289
1/DISTMCO	0.333
DAP ²	0.477
Ln (HT)	0.312
HT/HTCO	0.481
ICO ₂	0.210

Construcción del modelo general para el crecimiento diametral anual. A partir del análisis de correlación simple entre el crecimiento en diámetro y las variables de los árboles sujeto y competidores, se seleccionaron algunas variables que en forma conjunta aumentaron la correlación. A través del análisis de regresión paso a paso se integraron dichas variables en modelos de aplicación práctica para la proyección del crecimiento de árboles individuales.

Se consiguieron tres modelos generales múltiples para predecir el incremento en diámetro. De acuerdo con el tipo de variable utilizada y su transformación, ellos pueden ser clasificados en: modelo general múltiple con o sin variables transformadas del árbol sujeto y modelo general múltiple con variables del árbol sujeto y de los competidores.

- a) Modelo general múltiple con variables transformadas del árbol sujeto.

$$IDPA = -0.6381 + 0.0122 DC^2 + 20.594 \frac{1}{E} + 0.1263 DAP - 0.0026 DAP^2 \\ - 0.3429 \ln (HT)$$

$$r = 0.90$$

$$ECM\% = 24.7$$

- b) Modelo general múltiple con variables del árbol sujeto y distancia media al competidor.

$$IDAPA = 0.6949 + 0.0207 \text{ DISTMCO} + 0.0818 \text{ DC} - 0.0306 \text{ E} + 0.0297 \text{ DAP}$$

$$r = 0.89$$

$$\text{ECM \%} = 26.0$$

- c) Modelo general múltiple con variables del sujeto y de los competidores.

$$IDPA = 0.8273 + 0.0294 \text{ DISTMCO} + 0.0514 \text{ DC} - 0.0274 \text{ E} + 0.0301 \text{ DAP}$$

$$- 0.0465 \text{ HICCO} + 0.0182 \text{ HIC}$$

$$r = 0.91$$

$$\text{ECM \%} = 23.7$$

Las correlaciones de los tres modelos presentados son muy similares. Todos entregan un coeficiente de determinación superior al 80% (r^2), de modo que pueden considerarse bastante confiables. Los modelos b y c tienen la ventaja sobre el modelo a de considerar indicadores directos de la competencia. Así, el modelo b incluye la distancia media al competidor y el modelo c incluye, además de ésta, la altura de inicio de copa del competidor.

Los tres modelos pueden utilizarse para estimar el crecimiento diametral aproximado del raulí joven. Como restricción en su uso deben tomarse en cuenta ciertos rangos de aplicación, que están limitados por la dispersión de la muestra para cada parámetro.

Los modelos b y c permiten estimar en forma aproximada el crecimiento individual del árbol para distintas clases de espaciamiento, de modo que hacen también posible determinar la reacción del individuo frente a intervenciones silvícolas que abren el rodal.

Análisis de sensibilidad del modelo. Para el análisis de sensibilidad se escogió el modelo general que incluye un mayor número de variables independientes (modelo c), con el objeto de probar distintas situaciones en las cuales se desarrolla la especie. Además, es el modelo que presenta el mayor coeficiente de correlación (r) y el menor error cuadrático medio (ECM%).

$$\text{Modelo c } IDAPA = 0.8273 + 0.0294 \text{ DISTMCO} + 0.0514 \text{ DC} - 0.0274 \text{ E}$$

$$+ 0.0302 \text{ DAP} - 0.0465 \text{ HICCO} + 0.0182 \text{ HIC}$$

Para el análisis de sensibilidad la muestra se estratificó de acuerdo con la altura total (HT) de los árboles, variando en cada estrato la edad (E), la distancia media al competidor (DISTMCO), la altura de inicio de la copa del sujeto (HIC) y la altura de inicio de copa del competidor (HICCO). Los rangos de las variables consideradas en el análisis están en función del rango real encontrado para el estrato de la muestra. Los valores del diámetro a la altura del pecho (DAP) y del diámetro de copa de los árboles sujeto corresponden a valores promedios para el estrato de altura considerada.

En el cuadro 6 se entregan los valores del incremento anual en diámetro para distintas situaciones o combinaciones de variables de estado del árbol sujeto y sus competidores. La finalidad es proporcionar, sobre la base de supuestos cercanos a los valores reales, los incrementos en diámetro que pueden ser esperados para árboles de raulí que crecen en rodales mixtos.

Las tendencias que se observan en la variación del incremento en diámetro son las espera-

das de acuerdo con la magnitud de los coeficientes de las variables de estado que participan en el modelo c).

Los valores de incremento en diámetro que aparecen en el Cuadro indicados con un asterisco son los máximos valores estimados, que fluctúan entre 1.01 cm y 1.26 cm. Estos crecimientos ocurren en los tres estratos de altura total, en las clases de edad (de 14 a 25 años) y en la mínima altura de inicio de la copa del competidor (HICCO). Los mínimos valores de incre-

CUADRO 6
RESULTADOS DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD PARA EL INCREMENTO
DIAMETRAL ANUAL
(EVALUACION DE LA FUNCION – IDAPA)

		VALORES DE INCREMENTO DIAMETRAL ANUAL (IDAPA, cm)								
HICCO	(m)	edad = 14 años			edad = 23 años			edad = 28 años		
		DIST.MED. (m)			DIST.MED. (m)			DIST.MED. (m)		
		1.60	3.80	6.70	1.60	3.80	6.70	1.60	3.80	6.70
ALT 12 – HIC = 3,4 (m)	2.20	0.86	0.92	*1.01	0.61	0.68	0.76	0.47	0.58	0.67
	3.40	0.81	0.87	0.95	0.56	0.62	0.71	0.42	0.53	0.61
	4.70	0.74	0.81	0.89	0.50	0.56	0.64	0.36	0.46	0.55
	9.70	0.51	0.57	0.66	0.26	0.33	0.41	0.13*	0.23*	0.32
HICCO	(m)	edad = 22 años			edad = 27 años			edad = 40 años		
		DIST.MED. (m)			DIST.MED. (m)			DIST.MED. (m)		
		1.80	3.70	7.20	1.80	3.70	7.20	1.80	3.70	7.20
ALT 12–18mHIC = 7,1 (m)	1.90	1.08	*1.13	*1.24	0.94	1.00	1.10	0.58	0.64	0.74
	5.70	0.90	0.96	1.06	0.76	0.82	0.92	0.41	0.46	0.57
	7.10	0.84	0.89	1.00	0.70	0.76	0.86	0.34	0.40	0.47
	12.80	0.57	0.63	0.73	0.43	0.49	0.59	0.08*	0.13*	0.24
HICCO	(m)	edad = 25 años			edad = 42 años			edad = 48 años		
		DIST.MED. (m)			DIST.MED. (m)			DIST.MED. (m)		
		1.40	3.60	6.70	1.40	3.60	6.70	1.40	3.60	6.70
ALT 18m HIC = 9,4 (m)	3.50	1.11	*1.17	*1.26	0.64	0.70	0.80	0.48	0.54	0.63
	7.80	0.91	0.97	1.06	0.44	0.50	0.60	0.28	0.34	0.43
	9.40	0.83	0.90	0.99	0.37	0.43	0.52	0.20	0.27	0.36
	11.40	0.74	0.80	0.89	0.27	0.34	0.43	0.11*	0.17*	0.26

NOTA:

HICCO = altura de inicio de copa del competidor
HIC = altura de inicio de copa del árbol sujeto
DIST.MED. = distancia media al competidor.

mento en diámetro, que fluctúan entre 0.08 cm y 0.23 cm, ocurren en los tres estratos de altura total al coincidir la máxima altura de inicio de copa de los competidores (HICCO), la menor distancia entre el árbol sujeto y sus competidores (DISTMCO) y la clase de edad (entre 28 a 48 años).

CONCLUSIONES

El análisis de las muestras de raulí extraídas de rodales jóvenes en el sector de Panguipulli permiten, a pesar de concentrarse sólo en un área de su distribución, concluir lo siguiente:

- El incremento diamétrico a la altura del pecho se puede estimar confiablemente considerando variables de estado corrientes del árbol, de sus competidores y la distancia entre ambos.
- Los tres modelos de crecimiento diametral desarrollados en base a una muestra de 75 árboles tienen un coeficiente de determinación superior al 80%, razón por la cual se consideran bastante confiables.
- Para el rango de edad de la muestra, que fluctúa entre 20 y 45 años, el incremento diametral promedio anual es de aproximadamente 0,7 cm. Individuos que crecen espaciadamente superan 1 cm de crecimiento anual medio.
- Los antecedentes de crecimiento diametral que se pueden evaluar con los 3 modelos desarrollados constituyen una base para estimar rendimientos a nivel individual y del rodal. Los modelos permiten además conocer en forma aproximada cuál será la reacción de los árboles al modificar su situación de espaciamiento. En este sentido, pueden considerarse indicadores prácticos del crecimiento que registrarán los individuos al ser sometidos a intervenciones silvícolas tales como claros y raleos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVAREZ, S. y GROSSE, H. 1978. Antecedentes generales y análisis para el manejo de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Endl) Krasser) en Alto Mañihuales, Aysén. Tesis, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. Santiago, 144 p.
- DONOSO, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. CONAF/PNUD/FAO, FO: DP/CHI/76/003. Santiago, Chile. Doc. de Trabajo N° 38. 70 p.
- GROSSE, H.; CUBILLOS, V.A. y BOURKE, M. 1976. Investigación manejo silvícola de diferentes tipos de bosques nativos. Informe preliminar. Corporación de Fomento de la Producción/Instituto Forestal. Concepción, Chile.
- HERRERA, J.D. y MAY, F.F. 1976. Caracterización y análisis para el ordenamiento de renovales de raulí (*Nothofagus alpina* Poepp. et Endl.) en Jaula, Provincia de Malleco. Tesis, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. Santiago, 63 p.
- KRAMER, H. und ACKA, A. 1982. Leitfaden für Dendrometrie and Bestandesinventur. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt A.M. 251 p.
- PUENTE, M. et al. 1979. Manejo de renovales de raulí (*Nothofagus alpina*) y roble (*Nothofagus obliqua*). Identificación y caracterización de renovales de raulí y roble. CONAF/PNUD/FAO, FO: DP/CHI/76/003. Santiago, Chile. Doc. de Trabajo N° 29.88 p., anexos.
- SOLER, M.P. 1979. Análisis evolutivo y comportamiento de renovales no intervenidos de raulí (*Nothofagus alpina* Poepp. et Endl.) según edad. Tesis, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. Santiago, 59 p.

INVENTARIO DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO DE LA VII REGION

R. Bennewitz, N. Vergara, J. Flores *

RESUMEN

Este trabajo entrega los resultados del inventario que el Instituto Forestal realizó en 1986 con el objetivo de prospectar las plantaciones de Eucalipto existentes en la VII Región, determinando la superficie y la ubicación de los rodales, el tipo de monte, la altura media y los volúmenes por hectárea.

Se aplicó la metodología tradicional que consiste en interpretar fotográficamente los límites de los rodales, obtener luego los antecedentes de terreno y, finalmente, elaborar la cartografía correspondiente y procesar los antecedentes numéricos.

Como resultados generales se logró determinar que el área de estudio contiene 4.301 há de plantaciones de Eucalipto distribuidas en 625 rodales; el 66^o/o de la superficie de Eucalipto tiene entre 1 y 10 años de edad; el 69^o/o de las plantaciones corresponden al tipo monte bajo, el 25^o/o a monte alto y el 6^o/o restante a monte medio; el volument total de madera en pie es de 851.564 m³, de los cuales el 52^o/o está representado por el Eucalipto que crece en monte alto; el volumen medio de las plantaciones de Eucalipto de monte alto es de 466 m³ ssc por hectárea y el de las plantaciones de Eucalipto de monte bajo de 214 m³ ssc por hectárea.

ABSTRACT

INFOR carried out an inventory in 1986 of the Eucalyptus plantations in Region VII, the findings of which are presented in this paper. The survey determined the area and location of the stands, type of forest, mean heights and volumes per hectare.

A traditional methodology was applied, which consists of interpreting photographically the boundaries of the individual stands, gathering data in the field and, finally, drawing the corresponding charts and maps, and processing the numerical data.

The study area was found to contain 4,031 ha of Eucalyptus plantations distributed among 625 stands. Two thirds of the total area covered by Eucalyptus have between 1 and 10 years of age; 69% of the plantations correspond to coppice-grown stands (shoots grown from the stump). 25% to stands grown from seeds and 6% to mixed stocking. The total volume of timber amounts to 851,564 m³, 54% of which is accounted for by stands grown from seeds. Mean volume for this type of Eucalyptus plantations is 466 solid cubic meters without bark per hectare, while for coppice-grown forests the mean volume amounts to 214 solid cu.m. without bark per hectare.

* Ing. Forestales, U. de Chile. División Inventarios Forestales, Instituto Forestal, Huérfanos 554, Piso 6. Santiago - Chile.

INTRODUCCION

La creciente importancia que ha adquirido en el país la madera de Eucalipto, utilizada principalmente para fines industriales, ha despertado un gran interés por disponer de información actualizada acerca de la localización y características dasométricas de las masas existentes a nivel regional. El primer estudio destinado a satisfacer esta necesidad, realizado por el Instituto Forestal, a petición de la Corporación de Fomento de la Producción, fue el "Inventario de las Plantaciones de Eucalipto de la VII Región", cuyos resultados se dan a conocer en este trabajo.

En el marco de la planificación del uso de los recursos forestales, el estudio entrega antecedentes de gran interés para el desarrollo de políticas sectoriales, tanto a nivel estatal como privado. Complementariamente se exponen antecedentes técnicos necesarios para iniciar prácticas de manejo intensivo de las plantaciones de Eucalipto existentes en la VII Región, tales como tablas de volumen por árbol, rendimiento por hectárea, superficies y edades.

OBJETIVOS

El objetivo fundamental del inventario fue prospectar las plantaciones del género *Eucalyptus* existentes en la VII Región del país (Región del Maule), con el fin de obtener la ubicación geográfica de los rodales, superficies, tipo de monte, altura media y volumen por hectárea. Para estos efectos se establecieron además los siguientes objetivos secundarios:

- a) Elaboración de cartografía forestal en escala 1:50.000 con la localización de todas las plantaciones del género *Eucalyptus* de tamaño igual o superior a 1 ha existentes en el área de estudio.
- b) Cuantificación de la superficie cubierta por plantaciones del género *Eucalyptus* a nivel regional, provincial y comunal, en la VII Región.
- c) Determinación del tipo de monte, altura media y diámetro medio de todos los rodales del género *Eucalyptus* de tamaño igual o superior a 5 ha existentes en la VII Región.
- d) Construcción de tablas de volumen cúbico por árbol para plantaciones de *Eucalyptus globulus* de monte alto y monte bajo.
- e) Estimación regional del volumen cúbico de madera en pie de las plantaciones del género *Eucalyptus*.

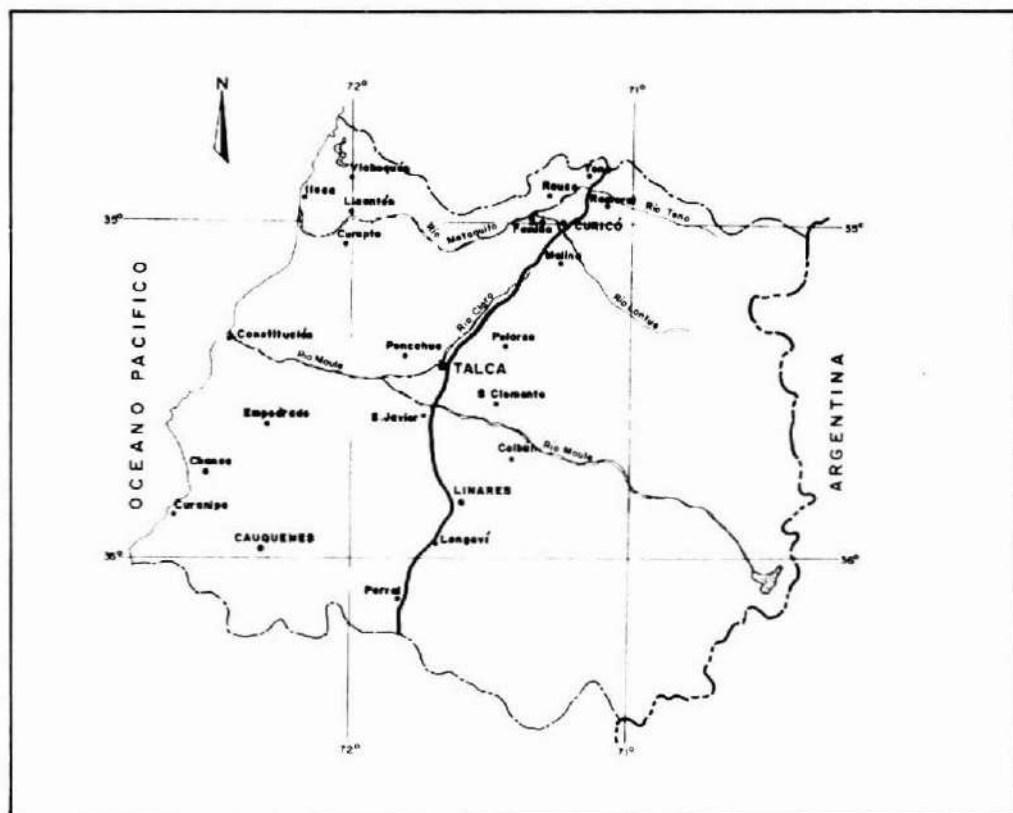
ANTECEDENTES GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO

La VII Región del Maule se extiende aproximadamente entre las siguientes coordenadas geográficas: 34° 45' a 36° 30' de latitud Sur y 72° 45' a 70° 30' de longitud Oeste (Ver Figura 1).

La VII Región cubre una superficie de 3.051.810 ha, que representan alrededor del 4% del territorio nacional (Instituto Geográfico Militar, 1981). Existen en la Región 1.968.800 ha de uso silvoagropecuario, de las cuales un 14% corresponde a suelos agrícolas, un 38% a suelos de aptitud ganadera y el 48% restante a suelos con aptitud de uso forestal (Universidad de Chile, Sede Talca, 1975).

En cuanto a su división administrativa, el área de estudio incluye cuatro provincias, que en conjunto poseen veintinueve comunas.

FIGURA I
UBICACION DE LA VII REGION DEL MAULE



MATERIAL Y METODO

Material: Para la realización del presente estudio se utilizaron los siguientes materiales:

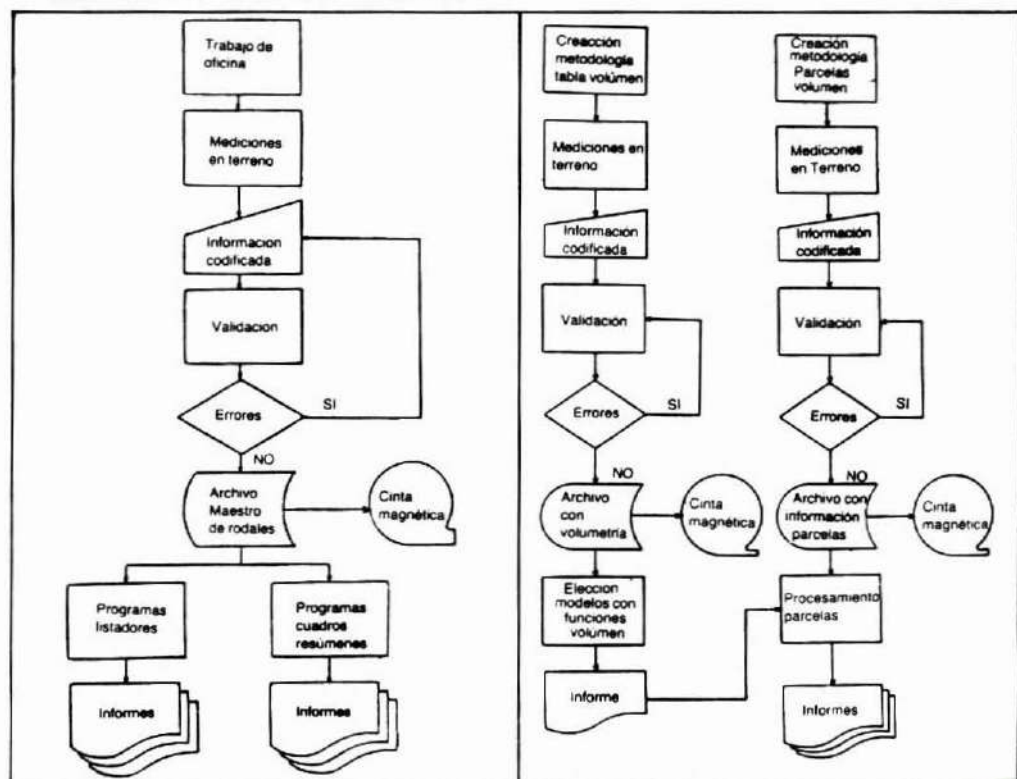
- Cartas topográficas elaboradas por el Instituto Geográfico Militar, en escala 50.000.
- Mapas forestales de predios ubicados en la VII Región en los cuales existen plantaciones de Eucalipto. Estos mapas se recopilaron en las principales empresas forestales que poseen plantaciones en el área de estudio y en las oficinas provinciales de CONAF. En total se consultaron 66 mapas.
- Cartografía de roles de propiedad (según el Servicio de Impuestos Internos) en escala 1:100.000, procesada por CONAF VII Región, en base a los mosaicos de IREN en escala 1:20.000 y 1:50.000.
- Cartografía forestal obtenida como resultado del "Inventario de las Plantaciones Forestales de la VII Región", efectuado en 1981 por el Instituto Forestal para CIREN - CORFO.
- Fotografías aéreas pancromáticas blanco y negro, escala 1:30.000, Vuelo SAF 1978/79.

Método: La metodología utilizada por el estudio consultó la ejecución de las siguientes etapas:

1. Recopilación de antecedentes.
2. Fotointerpretación de las plantaciones de Eucalipto.
3. Trabajos de terreno.
 - Control de la fotointerpretación.
 - Mediciones básicas en todos los rodales de Eucalipto de tamaño mayor o igual a 5 ha.
 - Muestreo de las plantaciones de Eucalipto.
 - Obtención de una muestra para la elaboración de tablas de volumen por árbol.
4. Elaboración de cartografía forestal.
5. Procesamiento computacional electrónico de la información (Ver Figuras 2 y 3).
6. Elaboración de las Tablas de Volumen.
7. Procesamiento de la información referente a parcelas de muestreo.
8. Cálculo estadístico de las existencias volumétricas.
9. Obtención de cuadros de resultados.

FIGURA 2
DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
DEL SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO
DE LA INFORMACION PROVENIENTE DE
LAS PLANTACIONES FORESTALES

FIGURA 3
DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
DEL SUBSISTEMA DE TABLAS DE
VOLUMEN Y UNIDADES MUESTRALES.



RESULTADO

Superficie

- La superficie total de plantaciones de Eucalipto existente en la VII Región del Maule alcanza a 4.301,3 ha, repartidas en un total de 625 rodales (Ver Cuadros 1 y 2).
- La provincia de Talca es la que concentra la mayor extensión de plantaciones de Eucalipto (2.244,6 ha), seguida por Curicó (1.289,3 ha), Linares (456,1 ha) y Cauquenes (311,3 ha).
- En la provincia de Talca, el 59,2% de la superficie de plantaciones de Eucalipto se concentra en la comuna de Constitución. Las comunas de Río Claro y San Clemente poseen en conjunto el 36,8% de la superficie de plantaciones de Eucalipto existente en la provincia. No se detectó presencia de Eucalipto en las comunas de Curepto, Maule y Penciahue.
- En la provincia de Curicó, el 46,6% de la superficie de plantaciones de Eucalipto se concentra en la comuna de Molina y el 28,4% en la comuna de Curicó.
- En la provincia de Linares destacan por su importancia las comunas de Linares, Yervas Buenas y Colbún, las cuales concentran respectivamente el 29,0%, el 17,3% y el 15,0% de la superficie total de Eucalpto de la provincia.

**CUADRO 1
SUPERFICIE DE PLANTACIONES DE EUCALIPTO
POR EDAD Y TIPO DE MONTE
VII REGION**

EDAD (años)	S/I (**)	MONTE ALTO	MONTE BAJO	MONTE MEDIO	TOTAL (ha)
edad	358.5	5.7	46.1	5.9	416.2
1	248.3	75.8	259.2	-	583.3
2	17.8	42.3	172.1	-	232.2
3	8.3	17.5	220.0	-	245.8
4	2.8	35.0	276.3	-	314.1
5	2.4	8.3	83.3	-	94.0
6	4.3	24.9	69.5	-	98.7
7	1.2	17.5	48.7	-	67.4
8	1.6	-	38.2	-	39.8
9	-	-	58.2	-	58.2
10	6.2	28.8	24.0	-	59.0
11	-	-	11.0	-	11.0
12	-	11.0	10.0	-	21.0
15	-	10.8	4.5	13.2	28.5
16	0.8	-	5.0	-	5.8
17	-	3.5	10.8	-	14.3
18	-	5.8	-	-	5.8
19	-	-	10.8	-	10.8
21	5.5	71.5	5.8	-	82.8
22	-	24.4	5.0	-	29.4
23	2.8	11.5	30.8	-	45.1
24	-	-	8.2	-	8.2
27	-	27.0	-	-	27.0
28	-	3.2	-	-	3.2
29	4.6	-	-	-	4.6
30	-	-	12.5	-	12.5
31	-	63.0	29.7	-	92.7
32	-	-	20.8	-	20.8
33	-	9.2	5.8	7.0	22.0
37	-	12.3	-	-	12.3
39	-	4.8	-	-	4.8
40	8.2	-	-	-	8.2
41	-	7.5	-	-	7.5
43	-	5.0	-	-	5.0
1-10 (*)	118.1	27.4	589.5	42.1	777.1
11-20 (*)	26.5	39.5	182.4	110.1	358.5
21 y + (*)	47.9	256.5	131.7	37.6	473.7
TOTAL	865.8	849.7	2369.9	215.9	4301.3

NOTA: (*): Rangos obtenidos por observación ocular en terreno.
(**): Sin información del tipo de monte.

PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN VII REGION

- En la provincia de Cauquenes, el 52,8% de la superficie de plantaciones de Eucalipto se concentra en la comuna de Chanco y el 32,3% en Pelluhue.
- Las plantaciones de Eucalipto localizadas en el área agrícola de la Depresión Intermedia de la VII Región están sujetas en su mayor parte a prácticas de riego y rotaciones de corta duración.
- El 66,1% de la superficie con información de edad corresponde a plantaciones de Eucalipto con edades comprendidas entre 1 y 10 años, en tanto que el 11,7% y el 22,2% están representados respectivamente por recurso cuya edad oscila entre 11 y 20 años y entre 21 y más años de edad (Gráfico 1).

**CUADRO 2
NUMERO DE RODALES DE EUCALIPTO SEGUN COMUNA
Y TIPO DE MONTE
VII REGION**

Comuna	Tipo de Monte			TOTAL	
	S/I (*)	Monte Alto	Monte Bajo		Monte Medio
Curicó	13	2	42	—	57
Hualañé	2	2	3	—	7
Licantén	1	1	4	—	6
Molina	20	2	68	—	90
Rauco	—	—	1	—	1
Romeral	—	—	7	1	8
Teno	2	—	2	—	4
Sagrada Familia	9	1	8	—	18
Vichuquén	—	5	2	—	7
Constitución	24	74	68	15	181
Empedrado	1	1	—	—	2
Pelarco	16	—	3	—	19
Río Claro	9	5	16	1	31
Sn.Clemente	25	2	27	—	54
Talca	9	—	1	—	10
Colbún	4	2	4	—	10
Linares	9	—	13	—	22
Longaví	3	—	4	—	7
Parral	2	1	1	—	4
Retiro	9	1	—	—	10
San Javier	7	—	—	1	8
Villa Alegre	6	—	5	—	11
Yerbas Buenas	4	—	6	—	10
Cauquenes	10	2	4	—	16
Chanco	12	7	4	1	24
Pelluhue	3	4	—	1	8
TOTAL	200	112	293	20	625

NOTA: (*) Número de rodales sin información del tipo de monte.

- Las plantaciones de Eucalipto de la VII Región son fundamentalmente de monte bajo. El 69% de la superficie de plantaciones de Eucalipto con información de tipo de monte corresponde a monte bajo, en tanto que el 24,7% y el 6,3% están representados por plantaciones de monte alto y monte medio respectivamente (Ver Gráfico 2).

Régimen de Propiedad

- El 90% de la superficie regional de las plantaciones de Eucalipto con información de propiedad está en manos del sector privado, en tanto que la propiedad estatal alcanza sólo al 10,0% de la superficie.
- El 94,3% del número de rodales de Eucalipto con información de propiedad, pertenecen al sector privado, en tanto que sólo el 5,7% son de propiedad estatal.

GRAFICO 1
DISTRIBUCION PORCENTUAL POR CLASES DE EDAD DE LA SUPERFICIE Y NUMERO DE RODALES DE EUCALIPTO DE LA VII REGION

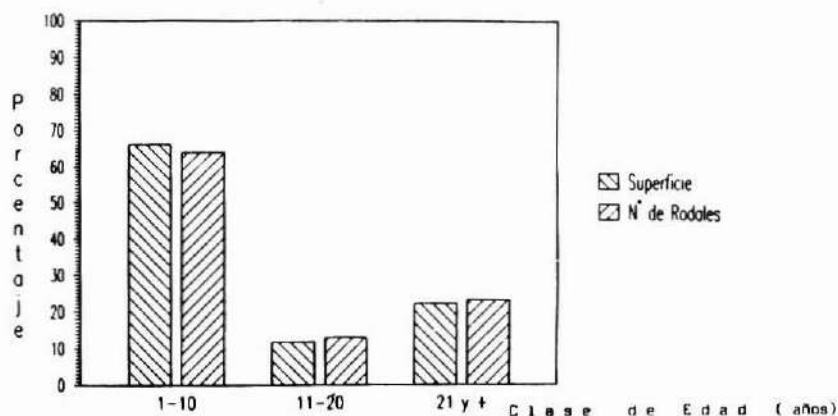


GRAFICO 2
DISTRIBUCION PORCENTUAL POR TIPO DE MONTE DE LA SUPERFICIE Y NUMERO DE RODALES DE EUCALIPTO DE LA VII REGION

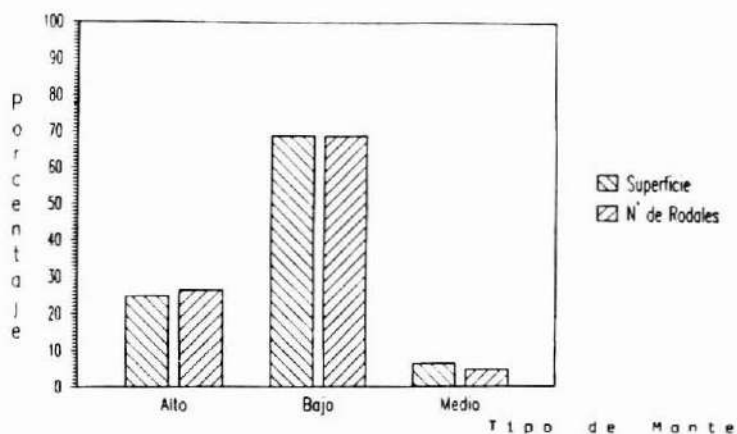
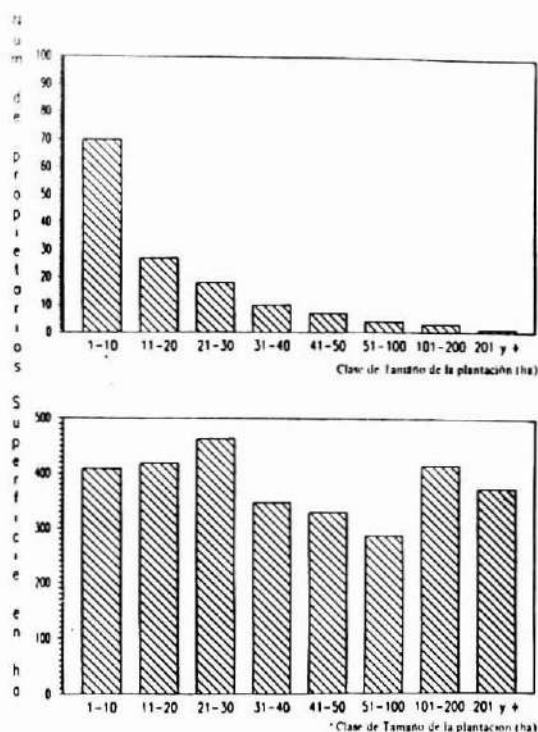


GRAFICO 3
DISTRIBUCION DEL NUMERO DE PROPIETARIOS Y DE LA SUPERFICIE TOTAL DE
PLANTACIONES DE EUCALIPTO CON INFORMACION DE PROPIEDAD, SEGUN
CLASE DE TAMAÑO DE LA PLANTACION



- El 70,7% de la superficie total de plantaciones de Eucalipto (3.030,4 ha) está en manos de 140 propietarios, de los cuales la mitad poseen superficies de 1 a 10 ha de bosque. Aun cuando la cifra de pequeños propietarios es elevada, la superficie total que ellos poseen es relativamente pequeña, ya que sólo corresponde al 13,4% de la superficie con información de propiedad (Ver Gráfico 3).
- Las plantaciones de Eucalipto tienden a estar concentradas en pocos propietarios, ya que 1.402,6% de la superficie regional están en manos de 15 propietarios, de los cuales 4 poseen en conjunto 787,7 ha (Gráfico 3).

Volumetría

Tablas y Funciones de Volumen Cúbico por Arbol: El procedimiento de regresión paso a paso, junto con un análisis de los residuos de cada modelo, permitió desarrollar el siguiente modelo matemático:

$$\ln \text{VOL} = a + b \ln (\ln (\text{DAP}^2 \text{H T}))$$

Los coeficientes del modelo y las características de cada ajuste se presentan en el Cuadro 3.

CUADRO 3

FUNCIONES DE VOLUMEN CON Y SIN CORTEZA HASTA UN DIAMETRO DE UTILIZACION DE 10 CM

Tipo Monte	Tipo Volumen	Coeficientes de Regresión		Indicadores de Grado de Ajuste			
		a	b	r	Syx : (%b)	t _b	n
Alto	Con Corteza	- 22,9473	9,8328	0,9884	17,2	77,4	143
Alto	Sin Corteza	- 23,5880	10,019	0,9875	18,7	74,5	143
Bajo	Con Corteza	- 20,8000	8,8864	0,9822	24,3	65,0	157
Bajo	Sin Corteza	- 20,1935	8,5291	0,9865	23,0	75,3	157

Donde:

VOL = Volumen con o sin corteza hasta un diámetro de utilización de 10 cm (m³/árbol)

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

HT = Altura total del árbol (m)

a, b = Coeficientes de regresión

r = Coeficiente de correlación

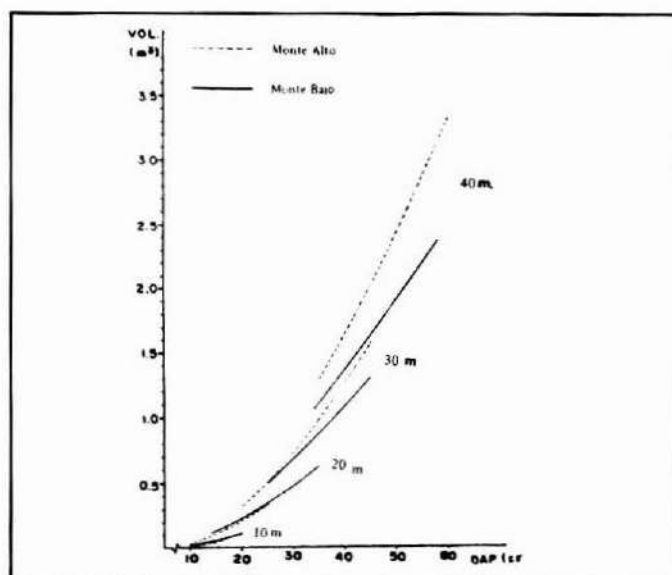
Syx (%b) = Error cuadrático medio (%b)

t_b = Valor "t" de Student del coeficiente "b"

n = Número de observaciones

GRAFICO 4

FUNCIONES DE VOLUMEN SIN CORTEZA, POR TIPO DE MONTE



Funciones de Volumen por Hectárea. La cubicación de las parcelas de muestreo de volumen permitió establecer relaciones entre el volumen, la altura y el área basal. En base a las tendencias obtenidas se elaboraron las siguientes funciones de volumen por hectárea:

$$\text{VOL} = 1.043,895 (1 - e^{-0,075xH})^{7,5840}$$

$$\begin{aligned} \text{con } n &= 87 \\ r &= 0,8257 \\ S_{yx}(\%) &= 40,5\% \end{aligned}$$

$$\text{VOL} = 1.869,822 (1 - e^{-0,012xAB})^{1,5519}$$

$$\begin{aligned} \text{con } n &= 87 \\ r &= 0,9682 \\ S_{yx}(\%) &= 18,0\% \end{aligned}$$

$$\ln \text{VOL} = -0,72950 + 0,9586 \ln (\text{AB} \times \text{H})$$

$$\begin{aligned} \text{con } n &= 87 \\ r &= 0,9951 \\ S_{yx}(\%) &= 16,7\% \end{aligned}$$

Donde:

VOL : Volumen cúbico (m³ ssc/ha)

AB : Area Basal (m²/ha)

H : Altura media del rodal (m)

Otras Relaciones Funcionales. La muestra de árboles utilizada para la elaboración de la tabla de volumen permitió obtener las siguientes relaciones funcionales para monte alto y monte bajo:

Monte alto (n = 143 observaciones)

$$\text{HT} = 48,9427 (1 - e^{-0,055x\text{DAP}})^{1,7796}$$

$$\begin{aligned} r &= 0,7685 \\ S_{yx} &= 16,8\% \end{aligned}$$

$$\text{HC} = -7,9533 + 1,0691 \times \text{HT}$$

$$\begin{aligned} r &= 0,9826 \\ S_{yx} &= 6,3\% \end{aligned}$$

Monte bajo (n = 157 observaciones)

$$HT = 60,5338 (1 - e^{-0,0272 \times DAP})^{1,10552}$$

$$r = 0,8425$$

$$S_{yx} = 17,9\%$$

$$HC = -10,6238 + 1,1124 \times HT$$

$$r = 0,9736$$

$$S_{yx} = 12,1\%$$

Donde:

HT : Altura total (m)

HC : Altura comercial para un diámetro de utilización de 10 cm (m)

DAP : Diámetro a la altura del pecho (cm)

Existencias Volumétricas

- El volumen total de madera en pie de las plantaciones de Eucalipto localizadas en la VII Región, hasta un índice de utilización de 10 cm, alcanza a 851.564 m³ sólidos sin corteza.
- El error de muestreo del Volumen Medio Regional de madera en pie es de un 10,0% para un coeficiente de confianza de 95%. Considerando dicho error de muestreo, puede afirmarse que el volumen medio de madera en pie de las plantaciones de Eucalipto del área de estudio fluctúa entre 770 y 940 mil metros cúbicos sólidos sin corteza.
- De la existencia volumétrica regional, un 52% corresponde a plantaciones de monte alto; la fracción restante equivalente al 48% del volumen, corresponde a monte bajo.
- El volumen medio por hectárea alcanza a 214 m³ ssc en las plantaciones de monte bajo y a 466 m³ ssc en las plantaciones de monte alto.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- CORPORACION NACIONAL FORESTAL 1985. Boletín Técnico N° 25. Funciones de Volumen Cúbico para la Especie *Eucalyptus globulus* Labill, de Monte Bajo en la Región Metropolitana. Santiago, Chile. 74 p.
- CORPORACION NACIONAL FORESTAL 1986. Boletín Técnico N° 28. Tablas Generales de Producción de Leña para *Eucalyptus globulus* Labill en la Región Metropolitana. Santiago, Chile. 87 p.
- FLORES, J. 1983. Proposición de una Metodología para Cubicar Arboles de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. For. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Santiago. 62 p.
- HERNANDEZ, M. y MORALES, H. 1985. Evaluación de la productividad de *Eucalyptus spp.* bajo diferentes condiciones de sitio VI a IX Región. Tesis Ing. For. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Santiago. 131 p.
- INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES 1979. Perspectivas de Desarrollo de los Recursos e la VII Región. Publicación N° 25. Santiago, Chile, IREN - CORFO. Tomo X: GEODEMOGRAFIA y Tomo VIII (Análisis de los Recursos Forestales).
- INSTITUTO FORESTAL 1986. Estadísticas Forestales 1985. Santiago, Chile, INFOR-CORFO, Serie Informática N° 34, junio 1986, 98 p.
- INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR 1981. Atlas Regionalizado de Chile. Santiago, Chile, Instituto Geográfico Militar. 2da. Edición.
- INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR 1983. Geografía de Chile, V. 3: Biografía. Santiago, Chile. Instituto Geográfico Militar. 230 p.
- INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR 1983. Atlas de la República de Chile. Santiago, Chile, Instituto Geográfico Militar, 2da. Edición. 349 p.
- LEHMAN, W. WALTER 1967. Construcción de Tablas de Volumen para *Eucalyptus globulus* Labill en la zona costera Centro-Norte. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad de Chile, Escuela de Ingeniería Forestal. 69 p.
- LISBOA, H. 1960. Construcción de Tablas de Volumen para *Eucalyptus globulus* Labill. Tesis Ing. For. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 45 p.
- LUTTECKE, KLAUS 1983. Análisis Técnico y Económico de Mediciones Lineales del Fuste por Medio del Relascopio de Banda Ancha de Bitterlich. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Santiago. 58 p.
- RIBALTA, E. 1983. Evaluación de la Producción y Productividad del Monte Bajo de *Eucalyptus globulus* Labill V Región. Tesis Ing. Forestal, Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, 128 p.
- SEPULVEDA, S. 1962. Síntesis Regional en: Geografía Económica de Chile. Tomo IV. Corporación de Fomento. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- UNIVERSIDAD DE CHILE - SEDE TALCA 1975. Primera y Segunda Jornadas de Recursos Naturales Renovables de la Región del Maule. Acta Reunión Final.

AGRUPAMIENTO DE ESPECIES MADERERAS QUE CRECEN EN CHILE SEGUN SUS PROPIEDADES MECANICAS

Vicente A. Pérez G. *

RESUMEN

El agrupamiento de las especies madereras según sus propiedades mecánicas es una etapa necesaria para posteriormente asignar las tensiones admisibles a las maderas que se usan en la construcción.

El agrupamiento de maderas destinadas a fines estructurales, consiste en crear un conjunto de especies madereras hipotéticas, caracterizadas por determinadas propiedades resistentes, de modo que cualquier madera pueda identificarse dentro del tal conjunto, como equivalente a una de tales especies madereras hipotéticas.

El sistema fue ideado en Australia y se ha ido extendiendo en diferentes países debido a la necesidad de presentar los antecedentes estructurales de las maderas en una forma apropiada.

El presente trabajo analiza en detalle el proceso tal como se aplica en el país donde fue creado, explica las modificaciones que se necesitaron para adaptarlo a las propiedades resistentes de las maderas que crecen en Chile y finalmente, se asimila a las características físico-mecánicas de las especies madereras nacionales para las cuales se cuentan con los antecedentes que necesita el procedimiento.

ABSTRACT

The classification or grouping of timber species according to their mechanical properties is a necessary step prior to rating construction timber in terms of permissible stress.

This grouping of wood for structural purposes consists of creating a set of hypothetical timber species characterized by certain common resistance properties, so that any given "real" timber species can be identified as being equivalent to one such hypothetical species in the group.

The system was devised in Australia and has been adapted by a number of countries, as a result of the need to present timber structural data appropriately.

This paper presents a thorough review of the system as applied in its country of origin, thereafter explaining the modifications needed to adapt it to the resistance properties of timber grown in Chile. Finally, its application to the physicalmechanical properties boasted by the timber species grown or occurring locally is discussed.

* Ingeniero Civil. Jefe División Industrias, Instituto Forestal, Huérfanos 554 - Piso 5, Santiago-Chile.

INTRODUCCION

La finalidad del presente trabajo es entregar las pautas y criterios que se siguieron para estructurar la norma chilena NCh 1989, titulada "Maderas. Agrupamiento de Especies Madereras según su Resistencia. Procedimiento", destinada a ordenar las maderas de uso corriente en la construcción, según sus propiedades resistentes a diferentes esfuerzos externos.

Entre los problemas que se necesitan resolver para desarrollar los diferentes sistemas constructivos en madera, está el de asignar valores de resistencia unitarias (tensiones admisibles) a las diferentes maderas que crecen en el país.

Existen diversos métodos y procedimientos para concretar esta asignación; ellos se pueden clasificar en aquéllos que tradicionalmente se han empleado por años en los países desarrollados y, en los modernos, basados en el ensayo mecánico de piezas de madera a escala real. Estos han tenido un fuerte desarrollo en la década recientemente pasada.

El método tradicional más usado es el proceso consistente en deducir para cada especie, tensiones básicas a partir de los resultados obtenidos de probetas estándares, libres de defectos reduciendo el valor estimado como mínimo probable, por duración de carga y por sobrecarga accidentales.

Entre los nuevos métodos de asignación de resistencias unitarias se pueden mencionar el de clasificación mecánica (mechanical stress grading), el denominado proof-load grading, etc.

En Chile se hace difícil la aplicación de los métodos señalados debido a que, por una parte, sólo algunas especies madereras han sido sometidas al estudio de sus propiedades mecánicas mediante el ensayo de probetas normalizadas, libres de defectos, de acuerdo a procedimientos confiables que proporcionen valores representativos del recurso existente en el territorio nacional y además, debido al incipiente conocimiento que se tiene del proceso destinado a obtener valores de resistencia unitaria mediante la clasificación mecánica de piezas de tamaño natural.

A fin de proporcionar valores de resistencia unitaria a nuestras maderas, aun cuando sea en forma aproximada y provisoria, y mientras se implemente y desarrolle un sistema moderno de clasificación mecánica de madera, la norma NCh 1989 propone un procedimiento basado en el método australiano para agrupar las maderas que crecen en el país, de acuerdo a sus propiedades mecánicas. Este agrupamiento constituye una etapa necesaria para posteriormente proceder, con la asignación de las tensiones admisibles a las diferentes especies madereras que se destinan a la construcción.

La primera parte de este trabajo explica el método australiano de agrupamiento de especies, el cual luego se aplica directamente a las maderas crecidas en Chile y que cuentan con los datos necesarios para proceder con el agrupamiento que dicho método establece.

En la segunda parte se corrige el procedimiento australiano, de acuerdo a las características y propiedades de nuestras maderas, a fin de obtener una metodología y agrupamiento compatible con los datos recopilados para las propiedades físicas y mecánicas de las maderas que crecen en Chile. Este método es el que adoptó y oficializó la norma chilena NCh 1989.

ANTECEDENTES GENERALES

Método australiano para agrupar las especies madereras: El primer intento para agrupar especies madereras de acuerdo a los valores medios de las propiedades mecánicas obtenidas en ensayos estándares de probetas libres de defectos, se hizo en 1939 por los investigadores Langlands y Thomas.

Posteriormente Pearson (1965) y Kloot (1973) revisaron y extendieron dicha proposición conformando grupos de especies de acuerdo a los valores medios de resistencia, obtenidas en probetas libres de defectos para las propiedades de flexión y compresión paralela, tanto para el

estado verde como seco al aire ($H = 12^0/o$).

El resultado de esta revisión se incluye en la Tabla 1 para el estado verde y en la Tabla 2 para el estado seco al aire.

TABLA 1
CLASIFICACION PRELIMINAR DE LOS VALORES PARA MADERA VERDE.

PROPIEDAD	GRUPO PARA LA ESPECIE SEGUN EL VALOR MEDIO DE LA PROPIEDAD						
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Módulo de rotura (MPa)	103	86	73	62	52	43	36
E_f (MPa)	16.300	14.200	12.400	10.700	9.100	7.900	6.900
Tensión máxima de compresión paralela (MPa)	52	43	36	31	26	22	18

NOTA: Valores determinados para un contenido de humedad superior al Punto de Saturación de las Fibras.

TABLA 2
CLASIFICACION PRELIMINAR DE LOS VALORES PARA MADERA SECA.

PROPIEDAD	GRUPO PARA LA ESPECIE SEGUN EL VALOR MEDIO DE LA PROPIEDAD							
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6	SD7	SD8
Módulo de rotura (MPa)	150	130	110	94	78	65	55	45
E_f (MPa)	21.500	18.500	16.000	14.000	12.500	10.500	9.500	7.900
Tensión máxima de compresión paralela (MPa)	80	70	61	54	47	41	36	30

NOTA: Valores determinado o ajustados a un contenido de humedad de $12^0/o$.

Como se observa en cada estado se definen siete grupos como S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 para el estado verde y SD1, SD2, SD3, SD4, SD5, SD6, SD7 para el estado seco al aire ($H = 12^0/o$).

En la aplicación de las Tablas 1 y 2 a menudo se plantea la cuestión de cómo proceder cuando dos o las tres propiedades críticas se tienen que asignar a grupos diferentes. Una aproximación conservadora sería asignar la especie maderera al grupo de menor resistencia señalado por la propiedad de más bajo valor. Esto se puede aplicar a varias combinaciones, pero hay varias otras para las cuales se justifica mejorar la clasificación del grupo en un nivel por sobre el menor de los grupos determinados.

La Tabla 3 resume el procedimiento que la norma australiana recomienda, enfatizando los

valores de los módulos de rotura (\bar{R}_f) y el de elasticidad (\bar{E}_f) por sobre la tensión máxima de compresión paralela (\bar{R}_c).

TABLA 3

COMBINACIONES DE LA CLASIFICACION PRELIMINAR QUE PERMITE MEJORAR LA ASIGNACION FINAL DEL GRUPO EN UN NIVEL POR SOBRE EL MENOR DE LOS GRUPOS DETERMINADOS.

CLASIFICACION PRELIMINAR BASADA EN			
Módulo de rotura	Módulo de elasticidad	Tensión máxima de compresión paralela	Grupo S o SD asignado
x	x	x + 1	x
x	x - 2	x - 1	x - 1
x	x + 2	x + 1	x + 1

NOTA: El grupo x - 1 es más resistente que el grupo x. Ej. si el grupo S4 se identifica por x, entonces el grupo S3 será x - 1.

Este método sólo es aplicable a las maderas para las cuales los datos de resistencia se han tomado con un muestreo válido, considerando a lo menos 5 árboles, o dicho de otra manera, el método no da resultados confiables al no tener valores representativos.

Un reciente estudio hecho por Leicester y Keating (1981) ha relacionado la densidad y el módulo de rotura (R) de 30 especies madereras, en estado seco, provenientes de cuatro regiones escogidas alrededor del mundo, encontrándose una alta correlación entre estas dos variables. En base a esta relación se ha construido la Tabla 4, la cual permite agrupar especies en función de la densidad aparente para un contenido de humedad igual a 12^o/o.

Esto da una estimación más bien conservadora pero a lo menos permite incorporar al sistema, especies para las cuales se cuentan con pocos o ningún dato de resistencia obtenidos en el laboratorio.

TABLA 4

DENSIDAD APARENTE (H = 12^o/o) PROVENIENTE DE A LO MENOS 5 ARBOLES PARA ASIGNAR LA ESPECIE A UN GRUPO DE RESISTENCIA.

GRUPO DE RESISTENCIA							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Para madera verde:							
Densidad Aparente (H = 12 ^o /o) en Kg/m ³	1.180	1.030	900	800	700	600	500
Para madera seca:							
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6	SD8
Densidad Aparente (H = 12 ^o /o) en Kg/m ³	1.200	1.080	960	840	730	620	520

TABLE 5
 CLASIFICACION DE LAS MADERAS NACIONALES SEGUN PROCEDIMIENTO
 AUSTRALIANO. ESTADO VERDE.

ESPECIE				PROPIEDAD (MPa)			GRUPO
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ORIGEN	ANTECED.	R _f	E _f	R _c	
ALERCE	Fitzroya cupressoides		Valor Grupo	63,6 S4	5.658 S8	42,7 S3	S7
ARAUCARIA	Araucaria araucana		Valor Grupo	44,1 S6	8.213 S6	22,6 S6	S6
CANELO	Dryobalanus winteri	Chiloé	Valor Grupo	49,6 S6	7.059 S7	20,2 S7	S6
CIPRES DE LA CORDILLERA	Plügerodendron uvifera		Valor Grupo	41,2 S7	6.816 S8	19,4 S7	S7
CIPRES DE LAS GUAITECAS	Plügerodendron uvifera	Chiloé	Valor Grupo	47,8 S6	4.990 -	18,8 S7	S7
COIHUE	Nothofagus dombeyi		Valor Grupo	53,0 S5	9.086 S6	25,6 S6	S5
COIHUE de Chile	Nothofagus nitida	Chiloé	Valor Grupo	55,3 S5	9.202 S5	22,4 S6	S5
COIHUE de Magallanes	Nothofagus betuloides	Magallanes	Valor Grupo	54,9 S5	9.405 S5	23,5 S6	S5
LAUREL	Laurelia sempervirens		Valor Grupo	38,4 S7	6.472 S8	18,5 S7	S7
LENGA	Nothofagus pumilio	Aisén Magallanes	Valor Grupo	48,8 S6	7.816 S7	21,3 S7	S6
LINGÜE	Persea lingue		Valor Grupo	49,5 S6	7.992 S6	22,7 S6	S6
MAÑO MACHO	Podocarpus nubigena		Valor Grupo	48,5 S6	7.806 S7	22,3 S6	S6
OLIVILLO	Aextoxicon punctatum		Valor Grupo	47,1 S6	7.551 S7	21,8 S7	S6
RAULI	Nothofagus alpina		Valor Grupo	56,8 S5	8.051 S6	28,2 S5	S5
ROBLE mau limo	Nothofagus obliqua		Valor Grupo	52,1 S5	8.600 S6	25,8 S6	S5
ROBLE	Nothofagus glauca	Maule	Valor Grupo	52,9 S5	7.268 S7	25,4 S6	S6
TEPA	Laurelia philippiana		Valor Grupo	51,4 S6	8.032 S6	21,0 S7	S6
ULMO	Eucryphia cordifolia		Valor Grupo	65,0 S4	10.219 S5	29,5 S5	S4
ALAMO	Populus sp.		Valor Grupo	34,6 S8	4.962 -	15,9 S8	S8
EUCAPIPTO	Eucalyptus globulus	Santiago Valparaíso	Valor Grupo	76,3 S3	11.792 S4	35,6 S4	S3
PINO INSIGNE	Pinus radiata		Valor Grupo	35,0 S8	6.423 S8	14,6 S8	S8
PINO OREGON	Pseudotsuga menziesii	Temuco Villarrica	Valor Grupo	44,2 S6	6.835 S8	20,0 S7	S7

NOTA: R_f = módulo de rotura a la flexión; E_f = módulo de elasticidad;
 R_c = tensión máxima a la compresión paralela.

TABLA 6:
CLASIFICACION DE LAS MADERAS NACIONALES SEGUN
PROCEDIMIENTO AUSTRALIANO. ESTADO SECO.

ESPECIE				PROPIEDAD (MPa)			GRUPO
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ORIGEN	ANTECED.	E _f	E _f	R _c	
ALERCE	Fitzroya cupressoides		Valor Grupo	59,8 SD7	8,041 SD8	35,5 SD8	SD7
ARAUCARIA	Araucaria araucana		Valor Grupo	75,8 SD6	11,444 SD6	41,6 SD6	SD6
CANLO	Drymis Winteri		Valor Grupo	69,2 SD6	9,257 SD7	36,5 SD7	SD6
CANLO	Drymis winteri	Chiloé	Valor Grupo	68,7 SD6	8,712 SD8	36,0 SD7	SD7
CIPRES DE LA CORDILLERA	Austrocedrus chilensis		Valor Grupo	63,7 SD7	8,532 SD8	37,1 SD7	SD7
CIPRES DE LAS GUAITECAS	Págerodendron uvifera	Chiloé	Valor Grupo	60,5 SD7	5,722	40,6 SD7	SD8
COIHUE	Nothofagus dombeyi		Valor Grupo	90,6 SD5	13,043 SD5	47,9 SD5	SD5
COIHUE de Chiloé	Nothofagus nitida	Chiloé	Valor Grupo	91,6 SD5	12,285 SD6	48,6 SD5	SD5
COIHUE de Magallanes	Nothofagus betuloides	Magallanes	Valor Grupo	69,5 SD6	10,111 SD7	43,6 SD6	SD6
LAUREL	Laurelia sempervirens		Valor Grupo	74,7 SD6	11,170 SD6	50,8 SD5	SD6
LENGA	Nothofagus pumilio	Aisén Magallanes	Valor Grupo	86,6 SD5	9,973 SD7	42,2 SD6	SD6
LINGUE	Persea lingue		Valor Grupo	97,1 SD4	12,381 SD6	50,4 SD5	SD5
MAÑO HEMBRA	Saxegothaea conspicua		Valor Grupo	52,4 SD8	6,963	48,6 SD5	SD8
MAÑO HOJAS LARGAS	Podocarpus saligna		Valor Grupo	91,6 SD5	10,356 SD7	55,4 SD4	SD6
MAÑO MACHO	Podocarpus nubigenus		Valor Grupo	68,4 SD6	8,218 SD8	51,1 SD5	SD7
RAULI	Nothofagus alpina		Valor Grupo	76,9 SD6	9,787 SD7	35,9 SD7	SD6
ROBLE pellin	Nothofagus obliqua		Valor Grupo	82,1 SD5	12,121 SD6	46,7 SD6	SD5
ROBLE	Nothofagus glauca	Maule	Valor Grupo	79,7 SD5	9,224 SD7	45,9 SD6	SD6
OLIVILLO	Aextoxicon punctatum		Valor Grupo	70,6 SD6	9,660 SD7	42,0 SD6	SD6
TEPA	Laurelia philippiana		Valor Grupo	77,6 SD6	9,611 SD7	40,9 SD6	SD6
TINUO	Weinmannia trichosperma		Valor Grupo	88,4 SD5	11,866 SD6	47,5 SD5	SD5
ULMO	Lucryphia cordifolia		Valor Grupo	87,0 SD5	11,032 SD6	64,1 SD3	SD5
ALAMO	Populus sp.		Valor Grupo	52,6 SD8	7,620	30,0 SD8	SD8
EUCALIPTO	Eucalyptus globulus	Santiago Valparaíso	Valor Grupo	117,5 SD3	15,691 SD4	68,5 SD3	
PINO INSIGNE	Pinus radiata		Valor Grupo	64,4 SD7	8,355 SD8	36,3 SD7	SD7
PINO OREGON	Pseudotsuga menziesii	Temuco Villarrica	Valor Grupo	77,7 SD6	9,218 SD7	37,3 SD7	SD6

NOTA: R_f = mód. de rotura a la flexión; E_f = mód. de elast.; R_c = ten. máx. a la comp. paralela.

TABLA 7
AGRUPACION DE LAS MADERAS NACIONALES SEGUN DENSIDAD
Y COMPARACION CON LA OBTENIDA CLASIFICANDO SEGUN
RESISTENCIA. METODO AUSTRALIANO.

ESTADO VERDE				ESTADO SECO			
ESPECIE	Densidad Kg m ³	GRUPO SEGUN		ESPECIE	Densidad Kg m ³	GRUPO SEGUN	
		Densidad	Resistencia			Densidad	Resistencia
EUCALIPTO	800	S4	S3	FUCALIPTO	800	SD5	SD3
ULMO	728	S5	S4	COIHUE COIHUE (Chiloé) LINGUE ROBLE TINEO ULMO	663	SD6	SD5
COIHUE	663	S6	S5		618	SD7	
COIHUE	618	S6			618	SD7	
COIHUE (Magall.)	-	-			778	SD5	
RAULI	539	S7			756	SD5	
ROBLE	778	S5			728	SD6	
ARAUCARIA	672	S6		S6	ARAUCARIA	672	SD6
CANELO	504	S7	CANELO		509	SD8	
LENGA	584	S7	COIHUE (Magall.)		-	-	
LINGUE	618	S6	LAUREL		586	SD7	
MAÑO MACHO	522	S7	LENGA		584	SD7	
OLIVILLO	597	S7	MAÑO H. LARGAS		-	-	
ROBLE (Maule)	715	S5	RAULI		539	SD7	
TEPA	563	S7	ROBLE (Maule)		715	SD6	
			TEPA		563	SD7	
			PINO OREGON		446	SD8	
			OLIVILLO	597	SD7		
ALERCE	542	S7	S7	ALERCE	542	SD7	SD7
CIPRES (Cord.)	546	S7		CANELO (Chiloé)	504	SD8	
CIPRES (Guait.)	509	S7		CIPRES (Cord.)	546	SD7	
LAUREL	586	S7		MAÑO MACHO	522	SD7	
PINO OREGON	446	S8		PINO INSIGNE	513	SD8	
ALAMO	433	S8	S8	CIPRES (Guait.)	509	SD8	SD8
PINO INSIGNE	513	S7		MAÑO HEMBRA	-	-	
				ALAMO	433	SD8	

Agrupamiento de las maderas nacionales según procedimiento australiano: Al aplicar el método australiano a las maderas crecidas en Chile y ensayadas en base a las prescripciones de la norma ASTM, se obtienen los resultados señalados en la Tabla 5 para el estado verde y en la Tabla 6 para el estado seco al aire.

En la Tabla 7 se incluye un resumen con los resultados de este proceso conjuntamente con la aplicación del criterio de agrupamiento de acuerdo a la densidad aparente para un contenido de humedad igual a 12^o/o.

Discusión de los grupos resultantes para las maderas nacionales originados del uso directo del método australiano: Dado el estado actual del conocimiento de las propiedades mecánicas de las especies madereras que crecen en Chile, el procedimiento australiano ayuda a tener un método para asignar tensiones admisibles a todas las maderas crecidas en el territorio nacional, aun cuando en ellas no se haya determinado en forma conveniente sus propiedades resistentes.

En las Tablas 5 y 6 se observa un desajuste en los grupos asignados por el módulo de rotura (\bar{R}_f) respecto a los que resultan con el módulo de elasticidad (\bar{E}_f). En la gran mayoría de las maderas el grupo que se asigna según \bar{E}_f es de peor calidad que el obtenido con \bar{R}_f .

En la Tabla 7 se observa que esta descordinación es mayor cuando se agregan los grupos que resultan al usar la densidad aparente, para un contenido de humedad de 12^o/o, como criterio de agrupamiento.

Lo anterior señaló la conveniencia de ajustar las tablas dadas por el método australiano (Tablas 1 y 2) de modo que ellas sean deducidas directamente de las características resistentes de nuestras maderas.

CORRECCION DEL METODO AUSTRALIANO PARA AJUSTARLO A LAS CARACTERISTICAS DE LAS MADERAS NACIONALES

Metodología usada en la corrección para el estado verde:

- i) Se aceptó la serie especificada en el método australiano para el módulo de rotura medio (\bar{R}_f), en estado verde, la cual es:

$$\bar{R}_f \text{ (MPa)} \quad 103 - 86 - 73 - 62 - 52 - 43 - 36 - 30 - \text{etc.}$$

- ii) Al hacer la correlación entre \bar{R}_f y \bar{E}_f para los valores en estado verde que existen en el país se obtuvo la ecuación de regresión siguiente:

$$\bar{R}_f = 18,21 + 0,00417 \times \bar{E}_f$$

- cuyo coeficiente de correlación es $r = 0,700$ y cuya comparación con la relación $f(\bar{R}_f, \bar{E}_f) = 0$ usada por el sistema australiano se indica en la Figura 1. En las rectas así determinadas se puede observar la diferencia que existe para las relaciones entre R_f y E_f aplicadas a las maderas de ambos países, en estado verde.
- iii) Con la ecuación de regresión anterior se calcularon los valores que le corresponden a \bar{E}_f para cada valor de \bar{R}_f , consultado en la serie aceptada.

$$\bar{R}_f \text{ (MPa)} \quad 103 - 86 - 73 - 62 - 52 - 43 - 36 - 30.$$

$$\bar{E}_f \text{ (MPa)} \quad 20.300 - 16.300 - 13.100 - 10.500 - 8.400 - 6.700 - 5.400 - 4.300$$

- iv) Finalmente, con los datos existentes de propiedades mecánicas en estado verde, se hizo el estudio de la razón entre tensión máxima de compresión paralela (\bar{R}_c) y el módulo de rotura (\bar{R}_f) (que para el sistema australiano es igual a 0,5), resultando para nuestro caso el valor de 0,4645. Los valores de \bar{R}_c para la serie escogida se determinaron con la expresión $\bar{R}_c = 0,4645 \bar{R}_f$, obteniéndose:

$$\bar{R}_f \text{ (MPa)} \quad 103 - 86 - 73 - 62 - 52 - 43 - 36 - 30$$

$$\bar{R}_c \text{ (MPa)} \quad 48 - 40 - 34 - 29 - 24 - 20 - 17 - 14$$

- v) De lo anterior resultan los grupos señalados en la Tabla 8.

Metodología usada en la corrección para el Estado seco:

- i) Se aceptó la serie dada por el procedimiento australiano para el módulo de rotura (\bar{R}_f), en estado seco:

$$\bar{R}_f \text{ (MPa)} \quad 150 - 130 - 110 - 94 - 78 - 65 - 55 - 45 - \text{etc.}$$

- cuya razón entre dos valores consecutivos es, aproximadamente: 1,186.
- ii) Se hizo la correlación entre \bar{R}_f y \bar{E}_f para los valores en estado seco que existen en Chile, obteniéndose la ecuación de regresión:

$$\bar{R}_f = 22,517 + 0,005412 \bar{E}_f$$

para la cual se obtuvo un coeficiente de correlación de $r = 0,790$ y cuya comparación con la relación $f(\bar{R}_f, \bar{E}_f) = 0$ usada por el sistema australiano se señala en la Figura 2.

- iii) Con la ecuación de regresión anterior se obtuvo para los valores de \bar{R}_f de la serie aceptada, los valores de \bar{E}_f siguientes:

\bar{R}_f (MPa) 150 - 130 - 110 - 94 - 78 - 65 - 55 - 45

\bar{E}_f (MPa) 23.556 - 19.860 - 16.165 - 13.208 - 10.251 - 7.850 - 6.000 - 4.150

FIGURA 1
COMPARACION DE RELACION $R_f = f(E_f)$
ENTRE SISTEMA AUSTRALIANO Y PROCEDIMIENTO PROPUESTO.
ESTADO VERDE.

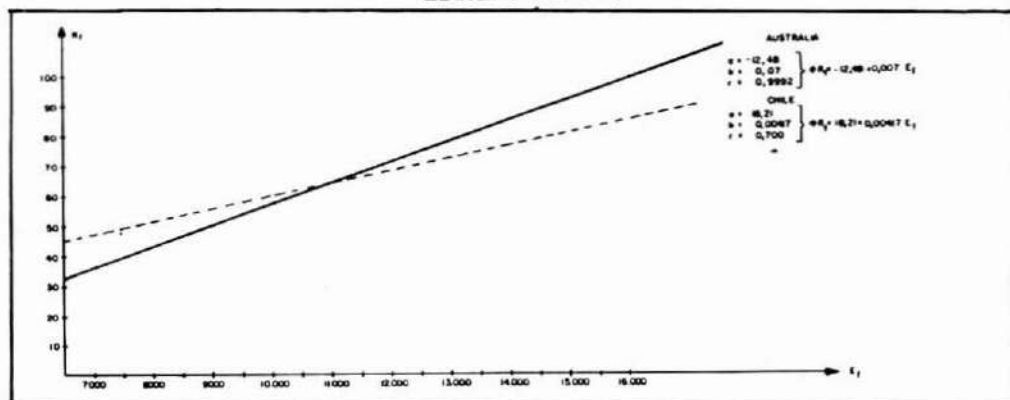
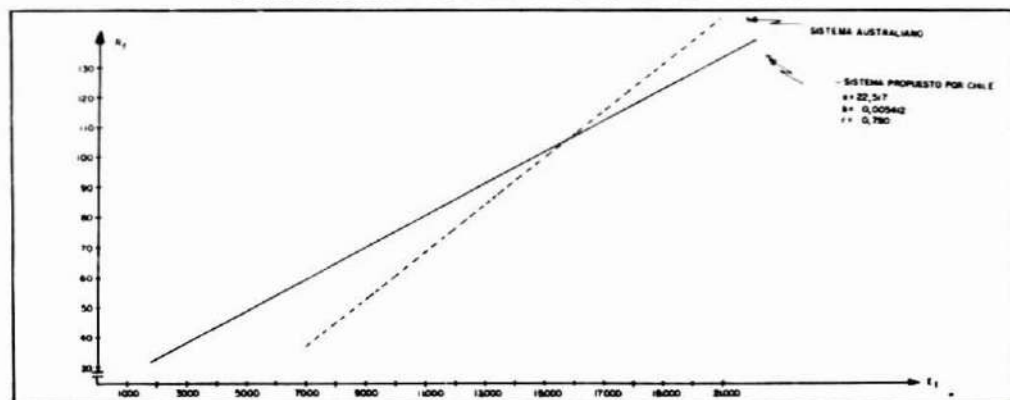


FIGURA 2
COMPARACION DE RELACION $R_f = f(E_f)$ ENTRE SISTEMA AUSTRALIANO
Y PROCEDIMIENTO PROPUESTO, ESTADO SECO.



- iv) La relación entre \bar{R}_C / \bar{R}_f para el estado seco resulta, en promedio, igual a 0,5886 con lo cual los valores para \bar{R}_C se calculan con la ecuación:

$$\bar{R}_C = 0,5886 \bar{R}_f, \text{ resultando:}$$

\bar{R}_f (MPa) 150 - 130 - 110 - 94 - 78 - 65 - 55 - 45

\bar{R}_C (MPa) 88 - 77 - 65 - 55 - 46 - 38 - 32 - 26

- v) De lo anterior resultan los grupos señalados en la Tabla 9.

**TABLA 8
AGRUPACION PRELIMINAR PARA LAS MADERAS NACIONALES.
ESTADO VERDE.**

PROPIEDAD (MPa)	GRUPO ASIGNADO SEGUN EL VALOR PROMEDIO DE LA PROPIEDAD MECANICA QUE SE INDICA						
	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7
Módulo de rotura - R_f	130	110	94	78	65	55	45
Módulo de Elast. - E_f	19.860	16.160	13.200	10.250	7.850	6.000	4.150
Tensión máx. de compresión Paralela - R_C	77	65	55	46	38	32	26

**TABLA 9
AGRUPACION PRELIMINAR PARA LAS MADERAS NACIONALES.
ESTADO SECO.**

PROPIEDAD (MPa)	GRUPO ASIGNADO SEGUN EL VALOR PROMEDIO DE LA PROPIEDAD MECANICA QUE SE INDICA						
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Módulo de rotura - R_f	86	73	62	52	43	36	30
Módulo de Elast. - E_f	16.300	13.100	10.500	8.100	5.900	4.800	2.800
Tensión máx. de compresión Paralela - R_C	40	34	29	24	20	17	14

Metodología usada en la corrección del método de agrupamiento según la densidad aparente: Las especies madereras que no cuentan con valores de propiedades mecánicas se asignarán a uno de los grupos señalados, mediante el uso de las ecuaciones de regresión que resultan entre las variables \bar{R}_f y \bar{D}_{12} (densidad aparente para $H = 12^0/o$) determinadas tanto para el estado verde como para el estado seco.

Usando los valores de \bar{R}_f y \bar{D}_{12} que existen en el país se obtuvieron las siguientes ecuaciones de regresión:

Estado verde: $\bar{R}_f = 0,632 \cdot D_{12}^{0,6838}$ (r = 0,60)

Estado seco : $\bar{R}_f = 0,519 \cdot D_{12}^{0,7821}$ (r = 0,707)

Introduciendo en estas ecuaciones los valores de \bar{R}_f fijados en los distintos grupos para el estado verde y seco, se obtiene la Tabla 10 que permite asignar el grupo al cual pertenece una especie maderera para la cual aún no se conocen sus propiedades mecánicas.

TABLA 10
AGRUPACION PRELIMINAR PARA MADERAS CON PROPIEDADES
MECANICAS DESCONOCIDAS DE ACUERDO A SU DENSIDAD
APARENTE (H = 12^o/o).

ESTADO VERDE							
GRUPO	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
D ₀₀ (H = 12 ^o /o)	1.320	1.040	820	630	480	370	280
ESTADO SECO							
GRUPO	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7
D ₀₀ (H = 12 ^o /o)	1.170	940	770	610	480	390	300

NOTA: D₀₀ = densidad aparente basada en masa y volumen a H = 12^o/o.

RESULTADOS OBTENIDOS

Aplicando al criterio corregido los valores de propiedades mecánicas en estado verde, determinados para las maderas crecidas en Chile, se obtienen los resultados señalados en la Tabla 11.

Para el estado seco los resultados se incluyen en la Tabla 12.

En la Tabla 13 se incluye un resumen de este proceso conjuntamente con la aplicación del criterio de agrupamiento de acuerdo a la densidad aparente para un contenido de humedad igual a 12^o/o.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los valores de las propiedades mecánicas usados para agrupar las especies madereras según el método australiano y el método derivado de él, fueron recopilados de investigaciones hechas en los diferentes laboratorios de productos forestales del país. Se han preferido las propiedades determinadas según las prescripciones de las normas ASTM porque ellas representan el mayor volumen de antecedentes determinados en el país y además debido a que las normas chilenas son, en lo fundamental, una copia de las especificaciones de las normas norteamericanas.

Los procedimientos empleados para extraer las probetas que dieron origen a los datos ocupados no siempre siguieron una metodología adecuada pero, mientras no se renueven tales valores habrá que aplicarlos al método de agrupamiento definido.

La corrección efectuada al procedimiento australiano uniformó los grupos asignados al usar el módulo de rotura, el módulo de elasticidad y la tensión máxima de compresión paralela

ESPECIES MADERERAS SEGUN PROPIEDADES MECANICAS

a las fibras de las distintas especies. Esto se observa tanto para el estado verde (Tabla 8) como para el estado seco al aire (Tabla 9).

En general, el grupo que resulta al aplicar el valor de la densidad aparente ($H = 12^{\circ}/o$) de una madera es más conservador que el correspondiente al criterio de resistencia para esa madera, no alejándose de él en más de un grupo, tal como lo establece el método australiano.

De lo anterior se deduce que el ajuste era necesario y que las Tablas 8, 9 y 10, junto con respetar la filosofía del método australiano, reflejan las características físico-mecánicas de nuestras especies madereras.

TABLA 11
CLASIFICACION DE LAS MADERAS NACIONALES SEGUN PROCEDIMIENTO
PROPUESTO. ESTADO VERDE.

ESPECIE				PROPIEDAD (MPa)			GRUPO
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ORIGEN	ANTECED.	R _f	E _f	R _c	
ALERCE	<i>Fitzroya cupressoides</i>		Valor Grupo	41,4 E6	6.531 F5	18,5 E6	E5
ARAUCARIA	<i>Araucaria araucana</i>		Valor Grupo	44,1 E5	8.213 F4	22,6 E5	E4
CANELO	<i>Drymis winteri</i>	Chiloé	Valor Grupo	49,6 E5	7.059 E5	20,2 E5	E5
COIHUE	<i>Nothofagus dombeys</i>		Valor Grupo	53,0 E4	9.086 F4	25,6 E4	E4
COIHUE	<i>Nothofagus nitida</i>	Chiloé	Valor Grupo	55,3 E4	9.202 F4	22,4 E5	E4
COIHUE	<i>Nothofagus betuloides</i>	Magallanes	Valor Grupo	54,9 E4	9.405 F4	23,5 E5	E4
LAUREL	<i>Laurelia sempervirens</i>		Valor Grupo	38,4 E6	6.472 E5	18,5 E6	E5
LENGA	<i>Nothofagus pumilio</i>	Aisén Magallanes	Valor Grupo	48,8 E5	7.816 E5	21,3 E5	E5
LINGUE	<i>Persa lingue</i>		Valor Grupo	49,5 E5	7.992 E5	22,7 E5	E5
OLIVILLO	<i>Aextoxicon punctatum</i>		Valor Grupo	47,1 E5	7.551 E5	21,8 E5	E5
RAULI	<i>Nothofagus alpina</i>		Valor Grupo	56,8 E4	8.051 E5	28,2 E4	E4
ROBLE	<i>Nothofagus obliqua</i>		Valor Grupo	52,1 E4	8.600 E4	25,8 E4	E4
ROBLE	<i>Nothofagus glauca</i>	Maule	Valor Grupo	52,9 E4	7.268 E5	25,4 E4	E4
TEPA	<i>Laurelia philippiana</i>		Valor Grupo	51,4 E5	8.032 E5	21,0 E5	E5
ULMO	<i>Eucryphia cordifolia</i>		Valor Grupo	65,0 E3	10.219 E4	29,5 E3	E3
MAÑO MACHO	<i>Podocarpus nubigena</i>		Valor Grupo	48,5 E5	7.806 E5	22,3 E5	E5
ALAMO	<i>Populus sp.</i>		Valor Grupo	34,6 E7	4.962 E6	15,9 E7	E6
EUCALIPTO	<i>Eucalyptus globulus</i>	Santiago Valparaíso	Valor Grupo	76,3 F2	11.792 E3	35,6 F2	E2
PINO INSIGNE	<i>Pinus radiata</i>		Valor Grupo	35,0 E7	6.423 E5	14,6 E7	E6
PINO OREGON	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Temuco Villarrica	Valor Grupo	44,2 E5	6.835 E5	20,0 E5	E5
CIPRES DE LA CORDILLERA	<i>Austrocedrus chilensis</i>		Valor Grupo	41,2 E6	6.816 E5	19,4 E6	E5
CIPRES DE LAS GUAITECAS	<i>Pligerodendron uvifera</i>	Chiloé	Valor Grupo	47,8 E5	4.990 E6	18,8 E6	E5

TABLA 12
 CLASIFICACION DE LAS MADERAS NACIONALES SEGUN PROCEDIMIENTO
 PROPUESTO, ESTADO SECO.

ESPECIE				PROPIEDAD (MPa)			GRUPO
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ORIGEN	ANTECED.	E _f	E _f	R _c	
ALERCE	Fitzroya cupressoides		Valor Grupo	59,8 ES6	8.041 ES5	35,5 ES6	ES5
ARAUCARIA	Araucaria araucana		Valor Grupo	75,8 ES5	11.444 ES4	41,6 ES5	ES4
CANELO	Drymis winteri	Chiloé	Valor Grupo	68,7 ES5	8.712 ES5	36,0 ES6	ES5
CANFLO	Drymis winteri		Valor Grupo	69,2 ES5	9.257 ES5	36,5 ES6	ES5
CIPRES DE LA CORDILLERA	Austrocedrus chilensis		Valor Grupo	63,7 ES6	8.532 ES5	37,1 ES6	ES5
CIPRES DE LAS GUAITECAS	Podocodendron uvifera	Chiloé	Valor Grupo	60,5 ES6	5.722 ES7	40,6 ES5	ES6
COIHUE	Nothofagus dombeyi		Valor Grupo	90,6 ES4	13.043 ES4	47,9 ES4	ES4
COIHUE	Nothofagus nitida	Chiloé	Valor Grupo	91,6 ES4	12.283 ES4	48,6 ES4	ES4
COIHUE	Nothofagus betulides	Magallanes	Valor Grupo	69,5 ES5	10.111 ES5	43,6 ES5	ES5
LAUREL	Laurelia sempervirens		Valor Grupo	74,7 ES5	11.170 ES4	50,8 ES4	ES4
LENGA	Nothofagus pumilio	Aisen Magallanes	Valor Grupo	86,6 ES4	9.973 ES5	42,2 ES5	ES4
LINGUE	Persea lingue		Valor Grupo	97,1 ES3	12.381 ES4	50,4 ES4	ES3
MAÑO HEMBRA	Saxegothaea conspicua		Valor Grupo	52,4 ES7	6.963 ES6	48,6 ES5	ES6
MAÑO HOJAS LARGAS	Podocarpus saligna		Valor Grupo	91,6 ES4	10.356 ES4	55,4 ES3	ES4
MAÑO MACHO	Podocarpus nubigenus		Valor Grupo	68,4 ES5	8.218 ES5	51,1 ES4	ES5
OLIVILLO	Aextoxicon punctatum		Valor Grupo	70,6 ES5	9.660 ES5	42,0 ES5	ES5
RAULI	Nothofagus alpina		Valor Grupo	76,9 ES5	9.787 ES5	35,9 ES6	ES5
ROBLE <i>pellin</i>	Nothofagus obliqua		Valor Grupo	82,1 ES4	12.121 ES4	46,7 ES4	ES4
ROBLE	Laurelia philippiana	Maule	Valor Grupo	79,7 ES4	9.224 ES5	45,9 ES4	ES4
TEPA	Laurelia philippiana		Valor Grupo	77,6 ES5	9.611 ES5	40,9 ES5	ES5
TINEO	Weinmannia trichosperma		Valor Grupo	88,4 ES4	11.866 ES4	47,5 ES4	ES4
ULMO	Eucryphia cordifolia		Valor Grupo	87,0 ES4	11.032 ES4	64,1 ES3	ES4
ALAMO	Populus sp.		Valor Grupo	52,6 ES7	7.620 ES6	30,0 ES7	ES6
EUCALIPTO	Eucalyptus globulus	Santiago Valparaiso	Valor Grupo	117,5 ES2	15.691 ES3	68,5 ES2	ES2
PINO INSIGNE	Pinus radiata		Valor Grupo	64,4 ES6	8.355 ES5	36,3 ES6	ES5
PINO OREGON	Pseudotsuga menziesii	Temuco Villarrica	Valor Grupo	77,7 ES5	9.218 ES5	37,3 ES6	ES5

ESPECIES MADERERAS SEGUN PROPIEDADES MECANICAS

TABLA 13

AGRUPACION DE LAS MADERAS NACIONALES SEGUN DENSIDAD Y COMPARACION CON LA CLASIFICACION SEGUN RESISTENCIA. METODO CORREGIDO.

ESTADO VERDE				ESTADO SECO			
E S P E C I E	Densidad Kg/m ³	GRUPO SEGUN		E S P E C I E	Densidad Kg/m ³	GRUPO SEGUN	
		Densidad	Resistencia			Densidad	Resistencia
EUCALIPTO	800	E4	E2	EUCALIPTO	800	ES3	ES2
ULMO	728	E4	E3	LINGUE	618	ES4	ES3
ARAUCARIA	672	E4		ARAUCARIA	672	ES4	
COIHUE	663	E4		COIHUE	663	ES4	
COIHUE (Chiloé)	618	E5		COIHUE (Chiloé)	618	ES4	
COIHUE (Magall.)	—	—		LAUREL	586	ES5	
RAULI	539	E5		LENGA	584	ES5	ES4
ROBLE	778	E4		MAÑO H. LARGAS	—	—	
ROBLE (Maule)	715	E4		ROBLE	778	ES3	
TINEO	756	E4		ROBLE (Maule)	715	ES4	
				TINEO	756	ES4	
				ULMO	728	ES4	
ALERCE	542	E5		ALERCE	542	ES5	
CANELO (Chiloé)	504	E5		CANELO	509	ES5	
LENGA	584	E5		CANELO (Chiloé)	504	ES5	
LINGUE	618	E5		CIPRES (Cord.)	546	ES5	
OLIVILLO	597	E5		COIHUE (Magall.)	—	—	
TEPA	563	E5	E5	MAÑO MACHO	522	ES5	ES5
MAÑO MACHO	522	E5		OLIVILLO	527	ES5	
PINO OREGON	446	E6		RAULI	539	ES5	
CIPRES (Cord.)	546	E5		TEPA	563	ES5	
LAUREL	586	E5		PINO INSIGNE	513	ES5	
CIPRES (Guait.)	509	E5		PINO OREGON	446	ES6	
ALAMO	433	E6		CIPRES (Guait.)	509	ES5	
PINO INSIGNE	513	E5	E6	MAÑO HEMBRA	—	—	ES6
				ALAMO	433	ES6	

CONCLUSIONES

1. El agrupamiento de especies madereras según sus propiedades mecánicas constituye una etapa necesaria para proceder con la asignación de las tensiones admisibles a las diferentes maderas que se usan en la construcción.
2. El procedimiento adoptado en Chile para agrupar las especies madereras según sus propiedades mecánicas está basado en el criterio australiano, el cual se ajustó para considerar las características físico-mecánicas de las maderas crecidas en el país.
3. El procedimiento adoptado contempla siete grupos a los cuales se puede asignar una especie maderera según sus propiedades mecánicas en estado verde (ver Tabla 8) y siete grupos para el estado seco al aire (ver Tabla 9).

4. Las maderas, para las cuales no se conocen sus propiedades mecánicas, pueden ser incorporadas al sistema de agrupamiento en base al valor medio de su densidad aparente (masa y volumen determinados a un contenido de humedad igual a 12^o/o) usando la Tabla 10.
5. Las pautas y criterios analizados en este trabajo constituyeron los antecedentes básicos para estructurar la norma chilena NCh 1989 Maderas. Agrupamiento de Especies Madereras según su Resistencia. Procedimiento, aprobada en 1986.
6. La aplicación del método especificado en la norma NCh 1989, usando los datos con que se cuentan a la fecha para las diferentes especies madereras crecidas en el país, da como resultado la agrupación, según resistencia, señalada en la Tabla 13.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CENTENO, J.C. (1978). Andean Grading System for Structural Hardwood Timber. Working Stress-Strength Groups. Forest Products Research Society, 32nd Annual Meeting, Atlanta, Georgia, U.S.A.
- ESPILY JR., E.B. (1978). Strength Grouping of Philippine Timbers for Utilization of Lesser-Known Species. For. Prod. Res. Ind. Development Commission, Nat. Sci. Development Board. Tech. Note N^o 187.
- KEATING, W.G. (1985). Review of Timber Grouping Systems. UNIDO. Meeting on Timber Stress Grading and Strength Grouping, Vienna, Austria, December. UNIDO Document ID/WG 359/4.
- KEATING, W.G. (1981). Utilization of mixed species through Grouping and Standards. Aust. For. 43(4): 233-244.
- KEATING, W.G. and BOLZA, E. (1982). Characteristics, properties and uses of 362 species and species groups from South-East Asia, Northern Australia and Pacific Region. Inkata Press, Melbourne, Aust.
- KLOOT, N.H. (1973). The Strength Group and Stress Grade Systems. CSIRO Aust. For. Prod. Newsl. N^o 394. Sep-Oct., pp 1-12.
- LEICESTER, R.H. (1981). Grouping and Selection of species for Structural Utilization. CSIRO, Aust. Div. of Bldg Res. Tech. Paper (Second Series) N^o 39.

NECESIDADES DE LA INDUSTRIA DE MADERA ASERRADA EN CHILE

Sergio Vidaurre Echeverría*

RESUMEN

En el presente artículo se identifican y discuten los principales problemas y necesidades que en la actualidad presenta la industria nacional de la madera aserrada, entregando también conclusiones y recomendaciones generales.

El trabajo se elaboró mediante una revisión de la bibliografía pertinente, entrevistas a diversos expertos en la materia y análisis de la información obtenida por profesionales del Instituto Forestal (INFOR) a través de encuestas efectuadas a todos los aserraderos del país, con el apoyo de la experiencia recogida en visitas técnicas a algunas plantas representativas.

Se aprecia que esta industria presenta problemas importantes que resolver a todo nivel. Dichos problemas se relacionan con: materia prima; variables del proceso de producción; uso, mercado y normalización del producto; necesidades de mantenimiento de las herramientas de corte; capacitación de personal y necesidades de maquinaria y equipos. Además, se estima que hay una carencia de investigación básica y aplicada con respecto al aserrijo de las especies de interés comercial que crecen en Chile.

ABSTRACT

This article presents and discusses actual problems and requirements that are considered relevant for the national lumber industry, also giving general conclusions and recommendations.

This work involved a literature review, interviewing experts and analyzing the information gathered by the Instituto Forestal (INFOR) staff through inquests to all the Chilean sawmills and by on-site visits to some representative plants.

There are many important problems related to the industry that need to be solved. These problems concern: raw material; production process variables; uses, marketing and standardization of the product; equipment maintenance; training needs and machinery investments. It is also pointed out that there is a lack of basic and applied research in relation to sawing the commercial timber species grown in Chile.

* Ingeniero Forestal, U. de Chile Master of Forestry, University of Washington División Regional (Area Industrias) Barros Arana N° 121, 3er. piso Concepción.

INTRODUCCION

La importancia creciente que ha ido adquiriendo la industria nacional de madera aserrada, especialmente la de Pino radiata, se refleja en la instalación, durante la última década, de siete aserraderos mecanizados con capacidades individuales de producción muy por encima de 50.000 m³/año. Por otra parte, se menciona que para fines de siglo será necesario contar al menos con otros diez aserraderos con una capacidad promedio del orden de 100.000 m³/año(1).

Debido a la relevancia de este sector industrial, resulta evidente la necesidad de planificar con el fin de identificar los problemas y necesidades más urgentes que se requiere abordar con respecto a esta industria y de sugerir líneas globales de acción para los próximos años. Con esa base, se supone que a futuro se podrán ir concretando proyectos más específicos en cada una de dichas líneas.

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

ANTECEDENTES GENERALES DE LA INDUSTRIA DE ASERRIO EN CHILE

De acuerdo con el censo realizado por INFOR (10), en 1985 existían en Chile aproximadamente 1597 aserraderos, los cuales produjeron cerca de 2.200.000 m³ (13). La capacidad total de producción a un turno de esta industria es aproximada a 4.400.000 m³/año, de modo que sólo se aprovecha alrededor de un 50% de esa capacidad (9, 10, 13, 14). Como se explicará más adelante, existen notorias diferencias en la utilización de la capacidad instalada según el tamaño de los aserraderos.

Esta industria nacional se caracteriza por una alta atomización en el número de aserraderos, propietarios y localización geográfica, como así mismo por la heterogeneidad del tamaño de las plantas y del tipo y calidad de la tecnología empleada. La gran mayoría de los establecimientos del país, al menos un 80%, son de tipo móvil o temporal; el resto corresponde a aserraderos permanentes.

El número de aserraderos según su tamaño, nivel de producción e importancia en la producción total, se presenta en el Cuadro 1.

En el cuadro puede advertirse que la producción está muy concentrada en pocos aserraderos. En 1985, los 22 establecimientos de mayor tamaño produjeron un poco más del 35% del total nacional; en 1984, los 24 aserraderos principales dieron origen a alrededor del 50% del total (9). A su vez, en 1984, las 20 plantas más grandes exportaron el 72% del volumen colocado en el exterior (10).

La localización de las plantas y la importancia relativa de las diferentes regiones de Chile en el volumen producido de madera aserrada se indica en el Cuadro 2.

En la VIII Región se origina más del 50% de la producción nacional de madera aserrada. Otras regiones de importancia son la IX, la VII y también la X; que cuenta con el mayor número de aserraderos en el país, pero en general pequeños y subutilizados. La producción de todas las otras regiones suma sólo un 7% del total; sin embargo, es de interés mencionar que entre 1984 y 1985 se registró en las Regiones IV y XI un significativo crecimiento relativo de la producción, que llegó a un 182% y un 75% respectivamente (13, 14).

Además, la VIII Región cuenta con la gran mayoría de los aserraderos más grandes y de mejor tecnología que operan en el país. En esta zona están cerca del 86% de los establecimientos grandes (que producen más de 18.000 m³/año) y el 73% de los medianos (que producen entre 10.000 y 17.999 m³/año) (10, 14). Por otro lado, los modernos aserraderos mecani-

CUADRO 1
NUMERO DE ASERRADEROS Y PRODUCCION, SEGUN TAMAÑO

Tamaño (capacidad m ³ /año)	Nº de aserraderos Cantidad	o/o	Participación en la producción de 1985 (o/o)
Grandes (> 18.000)	14	0,9	28,6
Medianos (10.000 - 17.999)	8	0,5	6,8
Chicos (1.000 - 9.999)	332	20,8	48,7
Pequeños (< 1.000)	1.243	77,8	15,9
Total	1.597	100,0	100,0

FUENTES: INFOR 1985, 1986.

zados con capacidad de producción a 50.000 m³/año se localizan también en la VIII Región, salvo uno, el Aserradero Copihue, que se ubica en la VII Región. Como resultado de su gran importancia, la VIII Región es actualmente el origen de casi toda la madera aserrada que se exporta y cuenta además con todos los puertos de que el país dispone para este objetivo. Por último, la VIII Región basa su potencialidad casi enteramente en las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don.

Al alejarse de la VIII Región, los establecimientos tienden a ser chicos o muy pequeños y presentan además capacidades de producción muy subutilizadas. De la Región IX al sur, existe abundancia de aserraderos móviles o de montaña, con proceso de aserrío simple y sierra principal circular de diente postizo, los cuales procesan básicamente maderas nativas. En la IX Región, por ejemplo, a principios de 1985 existían 317 plantas, de las cuales 285 eran móviles o de montaña. En las regiones extremas (IV, XI y XII), todos los aserraderos son muy pequeños (con capacidad inferior a 1.000 m³/año), con excepción de sólo un establecimiento en la XII Región (10, 14).

En cuanto a las especies actualmente empleadas, es evidente que la industria nacional de madera aserrada basa su producción en el Pino radiata, que alcanza a un 85% del total. El

CUADRO 2
NUMERO DE ASERRADEROS Y PRODUCCION POR REGION

Región	Nº aserraderos	Producción 1985 (m ³)	Participación (o/o)
IV	6	1.234	0,1
V	17	39.251	1,8
VI	46	73.532	3,4
VII	98	293.612	13,4
VIII	485	1.176.452	53,7
IX	317	308.785	14,1
X	561	260.608	11,9
XI	28	14.495	0,7
XII	44	22.660	1,0

FUENTES: INFOR 1985, 1986.

resto del producto proviene de diversas especies nativas y exóticas, las cuales antiguamente representaban casi toda la producción. Algunas de estas especies utilizadas en la industria son: *Laurelia philippiana* (Phil.) Losser (Tepa), *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Blume (Coihue), *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerts. (Roble), *Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl.) Krasser. (Lenga), *Populus spp.* (Alamo), *Eucalyptus spp.* (Eucalipto), *Nothofagus alpina* (Poepp et Endl.) Oerst. (Raulí) y *Eucryphia cordifolia* Cav. (Ulmo).

CALIDAD Y USO DE LA MADERA ASERRADA EN CHILE

El análisis de la calidad y el uso de la madera aserrada actualmente producida en el país se enfoca en torno a distintos aspectos:

- Calidad de la materia prima (trozos).
- Proceso de corte y mantención de sierras.
- Necesidades de capacitar mano de obra.
- Tratamientos posteriores al aserrío (baño antimancha, secado e impregnación).
- Problemas especiales asociados a los pequeños aserraderos.
- Problemas en el uso de la madera aserrada.
- Necesidad e importancia de normalizar la madera aserrada en Chile.

a) Calidad de los trozos. El manejo del bosque y las prácticas silviculturales (técnicas de plantación, poda y raelo) son de alta relevancia para la calidad de la madera aserrada, debido a que afectan significativamente la calidad de la materia prima (trozos) y, en consecuencia, del producto derivado y su comercialización.

Un problema importante del recurso forestal actual maduro lo constituye el hecho de que la mayor parte de las plantaciones no han sido manejadas (sin raleos ni podas), lo que se traduce en una alta proporción de troncos nudosos y de pequeños diámetros, los cuales por lo general son comercializados como trozos para pulpa y papel y para producir madera aserrada habitualmente de calidad inferior o para usos menores. El hecho de destinar trozos de diámetros menores para madera aserrada trae además como consecuencia una alta proporción de piezas con médula o cercana a ésta, lo que origina defectos de alabeo y de aspecto, que se traducen en un menor valor para el producto.

Sólo recientemente las prácticas silviculturales tendientes a mejorar la calidad de la madera aserrada están siendo implementadas con técnicas relativamente avanzadas en las empresas más grandes. En el país estas prácticas sólo se aplican desde el comienzo de esta década y en alrededor de la mitad de las principales compañías.

Es de gran importancia hacer extensivas estas técnicas a todo el recurso, por su alta incidencia en la calidad y en el mayor precio que se puede obtener del producto, factores que permitirían al país incrementar el rango y la calidad de la producción. Lo ideal sería producir trozos de mayores diámetros (lo que incide en general en un mayor rendimiento del aserradero) y sin nudos (lo que incide en un mayor valor del producto final), para lo cual se requieren raleos y podas tempranas; en este sentido, se aprecian tendencias positivas, que son favorecidas por el costo relativamente bajo de la mano de obra y el rápido crecimiento de las plantaciones.

Además, otros factores importantes en la calidad de la madera, como son su densidad y el ancho de los anillos, pueden ser modificados con el manejo del recurso forestal.

En resumen, todas las medidas ya señaladas serán de alta importancia para obtener madera aserrada de mayor calidad exportable, hecho que implica mejores precios y nuevos mercados. Esta posibilidad de interés, considerando la limitada capacidad actual que posee la demanda interna para absorber los volúmenes producidos.

Finalmente, como materia prima se estima que la madera de Pino radiata no debería tener mayores complicaciones en el proceso de aserrado propiamente tal (5). Esta es una madera blanda (de una densidad básica aproximada entre 0,4 y 0,45 ton/m³ (15)) y fácil de aserrar,

que ocasiona un bajo desgaste relativo de los elementos de corte. También es una madera fácil de secar y de impregnar, aunque tiene el inconveniente de que se mancha con facilidad.

b) Proceso de corte y mantención de sierras. Con respecto al proceso de corte de los trozos, se aprecian diversas anomalías: defectos en la terminación superficial de la madera aserrada, escuadrías desuniformes a lo largo de una pieza y variaciones de espesor entre piezas. Estos defectos representan un serio problema en relación a la utilización de este producto en la construcción, por ejemplo, como producto exportable.

En el país se advierten notorias diferencias en la terminación superficial de la madera aserrada, según el tipo de sierras que se emplean en el proceso de producción. En general la peor calidad se obtiene cuando se emplean sierras circulares, debido a su incorrecta preparación: el afilado y tensionado se lleva a cabo habitualmente en forma manual en la mayoría de los aserraderos pequeños.

En la actualidad se estima que más del 50% de la producción chilena se obtiene con sierra circular (fundamentalmente diente postizo) en la máquina principal (5) y casi un 94% de los aserraderos tiene sierra principal circular (10), la que al no estar apropiadamente preparada origina, como se dijo, una deficiente terminación superficial del producto, aparte de incrementar aun más la pérdida de materia prima debido al mayor ancho de corte, lográndose rendimientos normalmente inferiores al 45% (7). El resto de la producción se obtiene con sierras huinchas y alternativas, las cuales se preparan habitualmente con máquinas automáticas que mejoran la terminación y aprovechamiento, de tal modo que el rendimiento sube hasta cifras del orden de 50% (7).

Finalmente, se pueden mencionar algunas formas por medio de las cuales se estima que se podría reducir en forma significativa los principales problemas actuales originados por las sierras circulares de diente postizo, en cuanto a la baja calidad del producto y al bajo rendimiento en el proceso. En primer lugar, estas sierras deberían tender en lo posible a realizar sólo el encuadrado del trozo, fabricando por tanto sólo "basas", para posteriormente producir las tablas con sierra huincha. Por otro lado, es importantísimo darle un fuerte énfasis a la mantención de las sierras (en especial un buen tensionado), ya que en la actualidad esta variable está muy descuidada. Si se mejoran estos aspectos, se obtendrán notables mejorías. Por último, podrá ser factible en ciertos casos cambiar la sierra, lo que implicará cambiar todo el equipo que la acompaña; ésta es una solución más cara, pero que podría justificarse cuando la operación general esté en condición muy deficiente o cuando el beneficio esperado supere este costo.

c) Necesidad de capacitar mano de obra. De acuerdo con cifras de INFOR (13), la ocupación forestal total en 1984 fue cercana a 66.000 personas, de las cuales alrededor de un 39% trabajaban directamente en las industrias forestales y el resto indirectamente en faenas de silvicultura y en servicios forestales. De las 25.250 personas que laboraron en las industrias, 20.740 lo hicieron para las industrias mecánicas de la madera y 4.511 que operan en las plantas de pulpa y papel. Se estima que en estas cifras se incluyen alrededor de 2.500 ingenieros y técnicos y del orden de 1.500 trabajadores especializados (1, 13).

En cuanto a la especialización de la mano de obra, se puede afirmar que existe una cantidad suficiente de trabajadores especializados para faenas de silvicultura y explotación, pero una escasez de técnicos para la industria forestal.

Sin embargo, existe la necesidad de entrenar técnicos de alto nivel especialmente para trabajar en las industrias mecánicas de la madera. Respecto al entrenamiento de trabajadores especializados para la industria, el INFOR ha interrumpido los cursos que anteriormente ofrecía. Por otro lado, las grandes compañías ofrecen cursos actualmente, pero en general limitados sólo a pocas personas (1, 5).

Concretamente con respecto a la industria del aserrío, se estima que en el país existe un

déficit de personal calificado. Se requiere capacitar técnicos de alto nivel para trabajar en los aserraderos y en las plantas de elaboración, formar especialistas en afilado y mantención de sierras y también impartir conocimientos teóricos al personal.

d) Tratamientos posteriores al aserrió. Los tratamientos a que se puede someter la madera aserrada son el baño antimancha, la impregnación y el secado.

Baño antimancha. En los aserraderos grandes y medianos del país, a continuación del paso por las sierras despuntadoras, la madera es sometida a un baño antimancha a base de una solución de pentaclorofenato de sodio y bórax, con el objeto de prevenir temporalmente la mancha azul y la pudrición. En los aserraderos pequeños este baño es poco frecuente.

Impregnación de la madera. Son pocos los aserraderos que cuentan con plantas para la impregnación de la madera aserrada. INFOR (11) ha identificado 12 aserraderos en el país que disponen de plantas impregnadoras. Por otro lado, se estima que en Chile existe un total aproximado de 20 plantas impregnadoras de madera con una capacidad de producción cercana a los 175.000 m³/año-turno (6, 7).

Secado de la madera aserrada. En la mayoría de los aserraderos nacionales el secado se efectúa al aire, de modo que sólo se alcanza el contenido de humedad de equilibrio para cada zona. Un secado apropiado es otro factor reconocidamente decisivo en la calidad de la madera. En este sentido, el contenido de humedad que se logra por el secado al aire es inadecuado para muchos usos de la madera en la construcción.

En relación al secado artificial, en el país existe una clara falta de capacidad, hecho que se agravará en los próximos años por los incrementos esperados de la producción y exportación de madera aserrada. En el presente, se dispone en Chile de aproximadamente 54 plantas de secado de madera aserrada con una capacidad total cercana a 7.000 m³ (2). De éstas, 35 plantas son de secado convencional con una capacidad aproximada de 5.400 m³ (3.070 m³ de Pino radiata y 2.370 m³ para otras especies); 15 son de secado por condensación, vacío y aire forzado, con una capacidad del orden de 830 m³ y 4 plantas son de secado a alta temperatura con capacidad para 740 m³.

Por otra parte, la capacidad total anual de secado de Pino radiata puede estimarse en 440.000 m³ (2), siendo la capacidad de los secadores convencionales levemente superior a la de los secadores de alta temperatura. Considerando que en 1985 se exportaron cerca de 706.000 m³ de madera aserrada (13), actualmente se tendría la capacidad para secar artificialmente poco más del 60% de dicha madera, sin considerar la necesidad de secar madera para uso nacional. Por último, el secado artificial se practica en la mayoría de los aserraderos más grandes con capacidades de secado normalmente muy inferiores a las respectivas capacidades de producción de madera aserrada.

El secado artificial de la madera aserrada es actualmente uno de los principales problemas y un desafío para mejorar la calidad y las exportaciones de este producto. En general, son notorias las anomalías con respecto a las técnicas del secado artificial que se aplican en el país, lo cual repercute obviamente en la calidad de la madera aserrada. Por ejemplo, se cometen errores en el manejo de las variables de secado, existe falta de conocimiento básico del comportamiento de la madera y normalmente se efectúa un deficiente control de calidad del producto final. Estas deficiencias originan habitualmente variaciones excesivas en el contenido de humedad del producto y frecuentes defectos asociados con el proceso de secado; con respecto a estos problemas se debe tener presente que las exigencias del mercado externo son bastante rigurosas. Aún no existe consenso en el país en el sentido de que secar es importante y, por otra parte, los fabricantes extranjeros de secadores normalmente no entregan programas de secado aplicables a especies de interés nacional, como el Pino radiata.

e) Problemas especiales asociados a los aserraderos pequeños. Los aserraderos pequeños suelen tener un alto grado de subutilización de sus capacidades de producción, se encuentran habitualmente en pobres condiciones técnicas y los problemas relacionados con la calidad del producto son comúnmente mucho más acentuados que los expuestos para los aserraderos de tamaños mayores.

Muchos de estos aserraderos son móviles y operan sólo durante parte del año. En ellos, el período de menor producción o suspensión de las operaciones ocurre en los meses más lluviosos, por problemas de abastecimiento de madera y colocación del producto en los centros de consumo. Esto contrasta con lo que ocurre en los aserraderos de mayor capacidad, los cuales están respaldados por una infraestructura adecuada y suficiente cantidad de materia prima para operar a producciones cercanas a sus capacidades.

Los establecimientos pequeños en general cuentan con maquinaria obsoleta. Las deficiencias de potencia, así como las imperfecciones de tipo mecánico, impiden lograr un buen proceso de corte y producen por lo general una mala terminación superficial e irregularidades en el espesor de la madera aserrada.

Por otra parte, debido al gran ancho de corte de las sierras circulares empleadas en estas plantas, la utilización de la madera es baja, como se ha dicho antes, produciéndose gran cantidad de desechos. Normalmente no se emplean descortezadores y en muchos casos las "tapas", y posiblemente también otros desechos como cantos y despuntes, son usados como combustible en los locomóviles. Varios de estos aserraderos sólo realizan un aserrado primario produciendo "basas" que son posteriormente reaserradas con otros equipos, como una forma de mejorar la deficiente calidad del producto. Finalmente, estas plantas no disponen de secadores artificiales, con las consiguientes limitaciones en la humedad de la madera aserrada.

Algunos expertos (5) coinciden al afirmar que varios de los aserraderos chicos se están quedando sin trozos, señalando también que el bosque se está concentrando cada vez en menos manos. Ellos estiman que muchos de estos establecimientos pequeños van a tender a desaparecer.

Además, es posible suponer que a medida que la demanda interna vaya aumentando las exigencias de calidad de la madera aserrada, la mayoría de estas plantas más pequeñas estarán obligadas a mejorar, o de otro modo probablemente deberán cerrar. También es probable que una solución para los propietarios de bosques menores sea unirse a fin de construir un aserradero de capacidad mayor, eficiente, con secadores artificiales y apto para producir un producto de calidad.

Por último, es de interés señalar que para que los aserraderos operen en forma económica, cada vez es más importante incorporar los procesos de astillado y descortezado de la madera, especialmente por el alto precio de exportación que están adquiriendo actualmente las astillas. Los aserraderos grandes tienen la ventaja de aprovechar casi todo el material (astillas, corteza, a veces el aserrín, etc.). En general, estos establecimientos mayores están operando a un buen nivel económico.

f) Problemas en el uso de la madera aserrada. Lamentablemente el aprovechamiento de la madera en el país no guarda relación con los recursos disponibles, los cuales son subutilizados tanto cuantitativa como cualitativamente. En general, existen deficiencias en cuanto a la calidad y utilización eficiente de algunos productos importantes, tales como la madera aserrada y los paneles. Un ejemplo de lo anterior lo constituye el rubro de la construcción en madera, el cual muestra un fuerte retraso tecnológico; de hecho en Chile la madera está en un nivel secundario entre los materiales de construcción, empleándose más bien en situaciones de emergencia, sin mayores exigencias de calidad ni de tratamientos para resistir las condiciones del medio donde se construye.

Pese a que Chile es un país forestal y tiene un serio problema de escasez habitacional (cercano a 1.000.000 de viviendas), paradójicamente existe una reticencia a emplear la madera en la construcción. Este hecho obedece a diversas razones, entre las cuales se puede mencionar: desconocimiento de las bondades de la madera; desconocimiento de su mejor forma de empleo tanto en la construcción como en otros usos; desprestigio de la madera, ya que erróneamente la gente la asocia con un material barato, con problemas de pudrición, manchas y combustión y con diferentes deficiencias de calidad. Por estos motivos, la gran mayoría de los proyectos de viviendas derivan hacia el concreto, hormigón armado, ladrillo o adobe.

Esta situación es radicalmente opuesta en los países de elevado nivel de desarrollo industrial, tales como los Estados Unidos, Canadá, Japón y muchos países europeos, en los cuales los productos de la madera están bien normalizados, son usados eficientemente, constituyen el material mayoritariamente empleado en la construcción y gozan de un excelente prestigio y aceptación. En los Estados Unidos, por ejemplo, cerca de 80% de la construcción se realiza con materiales a base de madera.

Las deficiencias de calidad y normalización de la madera aserrada (y también de los paneles) han contribuido significativamente a desprestigiar la madera como material de construcción. El producto que se incorpora al mercado a menudo presenta diversos defectos, como ya se ha expuesto: medidas y escuadrías irregulares y no adecuadas a las necesidades del consumidor, contenidos de humedad muy altos, presencia de manchas, grietas, nudos, etc.

g) Necesidad e importancia de normalizar la madera aserrada en Chile. Se han efectuado en el país intentos por poner en uso normas de calidad para la madera aserrada, pero con pobres resultados en la práctica. Existen normas generales de clasificación visual por aspecto y últimamente también por resistencia para el Pino radiata, las cuales no se aplican. Por lo tanto, la comercialización en el mercado interno continúa en la mayoría de los casos efectuándose sobre estándares de calidad carentes de objetividad, que productores y consumidores fijan arbitrariamente.

Por otro lado, las ventas al mercado externo han debido adaptarse rigurosamente a las diferentes exigencias impuestas por cada país importador. Podría afirmarse que sólo se diferencia entre madera aserrada para el mercado interno y para la exportación. Para productos a base de maderas nativas, se dispone de una clasificación de calidades según las categorías I, II, III, IV y de desecho, la cual es ambigua en el sistema de clasificación.

En Chile no existen normas de clasificación por resistencia para la madera estructural, con lo cual se hace difícil el uso estructural del Pino radiata en los sistemas constructivos. Además, la madera se emplea en forma muy conservadora en la construcción, en relación a su resistencia, lo que se traduce en un uso ineficiente del material. Es evidente que el obstáculo técnico más importante que frena un uso más amplio de la madera en la construcción es la carencia de reglas apropiadas de calidad y clasificación por resistencia.

En resumen, como una etapa básica tendiente a superar los problemas mencionados, y como una forma de incentivar el uso y las exportaciones de madera aserrada (y también de tableros), es esencial dictar y exigir la aplicación de normas o especificaciones de calidad para el producto. La existencia y acatamiento de normas constituye uno de los factores importantes que se debe considerar si se pretende mejorar técnicamente los aserraderos.

MAQUINARIAS Y EQUIPOS

En esta parte se exponen las necesidades consideradas de mayor interés relativas a las maquinarias y equipos de aserrío, y los requerimientos que se complementan con los ya mencionados.

a) Una de las principales necesidades de modernización o reposición de equipos se aprecia en los aserraderos móviles o de sierra circular de dientes postizos. Como se ha dicho, son antiguos y están operando en deficientes condiciones: sierra con gran ancho de corte, mala mantención, carros no alineados, guías en mal estado, problemas de potencia, etc.

En muchos de esos aserraderos será necesario cambiar las sierras para reducir el ancho de corte y hacerlo más exacto. El cambio de sierras obviamente implicará un cambio de los equipos y también de los accesorios, ya que se requieren otras velocidades de operación. Estas modernizaciones aumentarán la calidad del producto, la producción y el rendimiento del proceso.

b) Otra adaptación tecnológica que se estima necesaria, se refiere al hecho de que en los próximos años se contará mayoritariamente con trozos de diámetros menores que los actuales. Esto implica que seguramente se requerirán equipos tales como el astillador canteador (chipper canter) y también sierras circulares dobles, para procesar más eficientemente dicha materia prima.

c) Por otra parte, los expertos opinan que en muchos aserraderos y también en algunas plantas elaboradoras, debería realizarse una modernización en los sistemas de transporte (correas transportadoras, sistemas de rodillos, cadenas, etc.) (5), para lograr un flujo rápido en el transporte de la materia prima y del producto, sin que haya que esperar en muchos casos a un cargador frontal para que solucione alguna obstaculización en el proceso. Anomalías en relación a lo anterior ocurren normalmente en casi todos los aserraderos mecanizados, donde es más crítico cualquier problema de este tipo. Teniendo las anteriores consideraciones en mente, se evitan tiempos muertos en las maquinarias, contribuyendo así al aprovechamiento máximo de su capacidad.

d) Además, será necesario invertir o reponer equipos para modernizar o mejorar el sistema de extracción de los desechos generados en los procesos de producción.

e) Otras reposiciones de maquinarias o equipos seguramente serán necesarias a consecuencia de una mantención actual deficiente. Es habitual que se efectúe mantención cuando la respectiva máquina o sus piezas fallan. Además, como política general, sería conveniente efectuar una mantención preventiva.

f) También se requerirá reponer, modernizar o invertir en diversos equipos altamente relevantes para estas industrias: secadores, plantas impregnadoras, cepilladores, finger-jointer, etc. Existe una notoria falta de capacidad de secado, por lo cual será fundamental invertir en este rubro, así como en plantas impregnadoras. Serán también de utilidad los finger-jointers y los cepilladores, considerando, por ejemplo, que se espera un aumento de las ventas de madera corta de Pino radiata, libre de defectos. Por otra parte, la calidad de la madera elaborada en el país es usualmente baja (12): uno de los factores para mejorar dicha calidad sería contar con moldureros, cepilladores y otros equipos de elaboración en buen estado.

g) Otras maquinarias que deberán incrementar su importancia en el país son los astilladores y los descortezadores, debido al exitoso comienzo y al promisorio futuro de la exportación de astillas, actividad que permitirá a los aserraderos obtener una mayor rentabilidad global. Lo anterior conducirá a incrementar las inversiones o reposición de astilladores (13). Además, todo esto puede implicar nuevas inversiones en los puertos para facilitar el manejo, almacenamiento y embarque de las astillas.

h) En relación a las inversiones para las industrias de madera aserrada, se estima que la capacidad instalada actual no será capaz de absorber el enorme recurso forestal en crecimiento, pese a que actualmente existe una gran capacidad ociosa (alrededor del 50%). Por una parte, se calcula que para los próximos quince años se requerirán alrededor de 10 a 12 nuevos aserraderos de 100.000 m³/año en promedio, con sus respectivos secadores y equipos de cepillado; aparte de esto, se estima que para la producción de componentes de muebles serán necesarias

del orden de 10 plantas, con capacidad de 10.000 m³/año (1). Por otra parte, de la inversión pronosticada para el sector forestal hasta fines del siglo, que asciende a US\$ 3.000 millones (3), los expertos (5) señalan que alrededor de un tercio deberá destinarse a nuevos aserraderos y plantas de elaboración o a sus respectivas modernizaciones.

i) finalmente, con respecto a las inversiones, se debe tener presente que la maquinaria en las industrias de aserrío y elaboración se caracteriza por una gran diversidad de marcas. Tal vez se podrían generar ahorros si se orientan las compras a menos marcas y modelos, especialmente en lo que se refiere a la mantención industrial, la cual supuestamente se vería facilitada (1, 5). Además, se supone posible lograr una cierta especialización de muchos aserraderos que procesen sólo Pino radiata, aunque también dicha especialización dependerá del producto que se requiera fabricar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se sintetizan algunas de las conclusiones y recomendaciones que se estiman fundamentales como punto de partida, con el fin de mejorar la calidad y uso de la madera aserrada producida en el país y el proceso de producción de los aserraderos:

a) Es necesario aplicar adecuadas técnicas de manejo y de silvicultura (raleos, podas, etc.) al bosque destinado para la industria de aserrío. Lo ideal será obtener trozos de mayores diámetros y sin nudos, para lo cual se requerirán raleos y podas tempranas.

b) Para reducir defectos relacionados con la terminación superficial, escuadrias desuniformes y variación de espesores de la madera y para incrementar el rendimiento del proceso (materia prima-producto), será altamente prioritario efectuar una adecuada mantención a las sierras, principalmente un buen tensionado y afilado.

c) En relación a lo anterior, se requiere capacitar personal a todo nivel, principalmente técnicos de alto nivel para trabajar en los aserraderos y especialistas en afilado y mantención de sierras.

d) Es altamente conveniente efectuar una mantención preventiva a la maquinaria, en vez de correctiva. Entre otras cosas, esto alarga la vida útil de los equipos y disminuye costosas interrupciones de operación.

e) El secado artificial de la madera aserrada es en el presente uno de los principales problemas y desafíos si se pretende mejorar la calidad y las exportaciones de este producto. Por una parte, habrá que investigar y corregir diversas deficiencias en relación a las técnicas y variables de secado para las especies de interés nacional. Por otro lado, en Chile existe una urgente necesidad de aumentar significativamente la capacidad de secado artificial. Será fundamental invertir en secadores artificiales y también en plantas impregnadoras.

f) En relación a diversos problemas de operación, una posible solución para los propietarios de bosques o aserraderos chicos sería unirse a fin de construir aserraderos de mayor capacidad, más eficientes, con secadores artificiales y aptos para producir productos de calidad.

g) Para promover y optimizar el uso y las exportaciones de madera aserrada, será fundamental dictar, exigir y aplicar normas o especificaciones de calidad para el producto. El exigir estas normas es además uno de los factores importantes que se deben considerar si se pretende mejorar técnicamente los aserraderos.

h) Se estima que en los próximos años se requerirá una mayor cantidad de equipos como el chipper canter y las sierras circulares dobles, debido a que, como materia prima, se contará en general con trozos de diámetros más delgados que los actuales.

i) Debido al auge en las exportaciones de astillas y al alto precio que ellas están alcanzando, será necesario invertir en astilladores y descortezadores.

j) Finalmente, se aprecia que en Chile existe carencia de investigación básica y aplicada tendiente a mejorar en forma importante la calidad de la madera aserrada y la productividad y rendimiento del proceso de aserrío del Pino radiata y de las otras especies comerciales. Faltan datos básicos y de interés práctico para procesar eficientemente las especies, información referente a facilidad de aserrío, desgaste relativo de los elementos de corte, parámetros angulares óptimos de los dientes, consumo de potencia, velocidad de avance, etc. En otras palabras, se requiere obtener datos para la realidad chilena, ya que a menudo se trabaja en forma tentativa con datos obtenidos para especies extranjeras y para realidades diferentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1986. Seminario. Secado industrial de la madera. Apuntes mimeografiados. Concepción, Chile, CORFO. s.p.
2. CHILE FORESTAL. 1985. Empresarios analizan exportaciones forestales. Santiago, Chile Nº 122:14-15.
3. CHILE FORESTAL. 1986. Chips a los países escandinavos. Santiago, Chile. Nº 129:7-8.
4. FUNDACION CHILE, UNIV. DE CHILE. 1983. Diagnóstico de las industrias productoras de elementos de madera. Santiago, Fundación Chile. s.p.
5. FUNDACION CHILE, UNIV. DE CHILE E INSTITUTO FORESTAL. 1983. Desarrollo de las ventajas comparativas de la madera en la construcción de viviendas. Santiago, Fundación Chile. 65 p.
6. INSTITUTO FORESTAL. 1985. Antecedentes sobre el pino insigne y sus industrialización en Chile. Santiago, Chile, INFOR. 64 p.
7. INSTITUTO FORESTAL/CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1985. Directorio de productores y exportadores forestales 1984. Santiago, Chile, INFOR/CORFO. Serie Informática Nº 24. s.p.
8. ----1985. La industria del aserrío durante 1984. Santiago, Chile, INFOR/CORFO. Serie Informática Nº 25. 90 p.
9. ----1985. La industria dimensionada y elaborada de madera en Chile. Santiago, Chile, INFOR/CORFO. Serie Informática Nº 22. 85 p.
10. ---- 1986. Estadísticas forestales 1985. Santiago, Chile INFOR/CORFO. Serie Informática Nº 34. 98 p.
11. ---- 1986. La industria del aserrío durante 1985. Santiago, Chile, INFOR/CORFO. Serie Informática Nº 35. 79 p.
12. PEREZ G., V. 1983. Manuel de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Santiago, Chile, CONAF/PNUD/FAO, FO:DP/CHI/76/003. Documento de Trabajo Nº 47. 451 p.

SECADO INDUSTRIAL DE PINO RADIATA A ALTA TEMPERATURA

Roberto Melo Hermosilla *
Martín Pavón Hinrichsen

RESUMEN

Este trabajo proporciona los resultados de los ensayos realizados para determinar las condiciones más favorables de secado de madera aserrada de Pino radiata a alta temperatura.

Se realizaron 16 ensayos de secado a nivel industrial, además de diversos ensayos de laboratorio, variando los principales parámetros que intervienen en el proceso: temperatura de bulbo seco, diferencia psicrométrica, reacondicionado, calentamiento previo, dimensión y espaciado de separadores, ancho de las pilas, humedad inicial y humedad final.

Los resultados de los ensayos se evalúan comparando los diferentes programas de secado realizados, en términos de distribución de la humedad final, defectos de secado, contracciones, requerimientos energéticos y costos asociados.

La principal ventaja que presenta el reacondicionado es el alivio de tensiones y la uniformización de la humedad final. Sin embargo, este método produce una coloración indeseable y una elevación considerable del costo específico de secado.

ABSTRACT

This work is based on applied research, in order to find the best conditions for drying radiata Pine timber, at high temperature.

It includes sixteen test of industrial wood drying and several laboratory tests, varying the principal parameters involved in wood drying process, such as: Dry bulb temperature, wet bulb depression, conditioning, warming up period, thickness of stickers and distance between them, width of stacks, initial moisture content and final moisture content.

The results of the tests are analyzed based on the comparison between different drying schedules in relation with; final moisture content distribution, drying defects, energy requirements, cost and shrinkages.

The main advantage of conditioning is to reduce tensions and equalize the final moisture content it countenpart an undesired wood colour and increased drying cost.

* Los autores: R. Melo H., Ingeniero Civil Mecánico e Industrial, M. Pavón H., Ingeniero Civil Mecánico. División Industrias - Subsección Regional, Instituto Forestal. BARROS ARANA 121, PISO 3. CONCEPCIÓN - CHILE.

INTRODUCCION

Durante los últimos años se ha registrado en el país, y especialmente en la Octava Región, un incremento sostenido de la industrialización de la madera de Pino Radiata, de tal modo que el mercado del producto se ha tornado altamente competitivo, obligando a los productores a buscar los medios más eficientes para obtener madera de calidad a bajos costos, especialmente cuando se trata de madera elaborada.

Un adecuado proceso de secado es precisamente una de las técnicas que hace posible ofrecer un producto capaz de satisfacer los mercados más exigentes, tanto internos como externos, otorgando al productor interesantes expectativas de ingresos que justifican ampliamente los costos adicionales que este proceso implica.

En nuestro país, los resultados obtenidos con el secado a alta temperatura no han sido exitosos a nivel industrial, debido a la escasa experiencia que existe en relación con esta técnica y a que las recomendaciones que entregan los fabricantes son adecuadas para especies foráneas, cuyas características no siempre coinciden con las de las especies que crecen en Chile, o bien para condiciones operativas que tampoco corresponden con la realidad de la industria maderera nacional.

Como una forma de contribuir a resolver este problema, el presente informe da a conocer en detalle cuáles son las condiciones de secado más apropiadas para obtener madera de calidad, específicamente en el caso de la especie Pino Radiata.

MATERIAL Y METODO

Material experimental: El material utilizado en los ensayos es madera de Pino Radiata proveniente de bosques de la Octava Región. Se empleó madera aserrada con escuadrías de 25 x 10 mm, 25 x 125 mm, 50 x 100 mm y 50 x 200 mm y largos de 3000, 3200 y 4000 mm y para los ensayos de laboratorio probetas de 25 x 100 mm con largos de 3000 y 1000 mm.

Diseño experimental: El diseño de los ensayos a nivel industrial se realizó considerando las variables más características del proceso de secado, a saber:

- Temperatura de bulbo seco
- Diferencia psicrométrica
- Reacondicionado
- Calentamiento
- Dimensión y espaciamiento de separadores
- Escuadría
- Peso sobre las pilas
- Ancho de las pilas
- Pretorcedura
- Humedad inicial
- Humedad final

Los resultados se midieron en términos de:

- Defectos de secado
- Humedad final de la carga
- Requerimientos energéticos y costos asociados
- Contracciones de la madera.

En lo que respecta a las experiencias de laboratorio, se consideraron como variables la humedad final e inicial y como resultado la temperatura de la madera y las curvas de secado.

RESULTADOS

Efecto de algunos parámetros del secado sobre la calidad de la madera secada:

- *Efecto de la humedad final:* La Figura 1 muestra el efecto que ejerce la humedad

final sobre la torcedura dentro de un mismo programa de secado. Se aprecia que la torcedura aumenta al disminuir la humedad final, obteniéndose un 45% de las muestras en el grado 2 para la humedad final más alta y un 31% para la más baja.

– *Efecto de la temperatura en seco:* La Figura 2 muestra el efecto de la temperatura de bulbo seco sobre la torcedura en dos programas de secado diferentes manteniendo la misma diferencia psicrométrica. Se observa que en las muestras secadas a mayor temperatura de bulbo seco, los resultados medidos en términos de la torcedura producida son más positivos, obteniéndose un 58,5% de las muestras en el grado 2 para la temperatura de bulbo seco más alta y un 27,5% para la más baja.

– *Efecto de la diferencia psicrométrica:* La Figura 3 muestra la influencia de la diferencia psicrométrica sobre la torcedura en dos programas diferentes, manteniendo la misma temperatura de bulbo seco. Se aprecia que una mayor diferencia psicrométrica aumenta los defectos geométricos, encontrándose un 30% de las muestras en el grado 2 para una diferencia psicrométrica mayor un 66% para la diferencia psicrométrica menor.

– *Efecto del peso sobre las pilas:* La Figura 4 muestra la influencia que el peso sobre las pilas ejerce en la torcedura para un mismo programa de secado. Se observa que el peso mayor da mejores resultados en términos de la torcedura, encontrándose en el grado 2 un 82% de las muestras correspondientes al peso mayor y un 25% de las correspondientes al peso menor.

– *Efecto de la pretorcedura:* La Figura 5 muestra el efecto de la pretorcedura sobre la torcedura para un mismo programa de secado. Se puede apreciar que en el ensayo con pretorcedura antihoraria de las pilas hay un efecto de torcedura más bajo, tal como ocurrió en ensayos realizados con Pino elliotti (9, 12). Se obtuvo un 70% de las muestras en el grado 2 para este tipo de torcedura y un 44% para las pilas normales.

– *Efecto del reacondicionamiento:* La Tabla 1 muestra la influencia del reacondicionado sobre los defectos evaluados cualitativamente para un mismo programa de secado. Se aprecia que el reacondicionado produce un mayor número de muestras defectuosas en cuanto a coloración, pero disminuye las grietas y rajaduras superficiales.

FIGURA 1.
EFECTO DE HUMEDAD FINAL (HF)

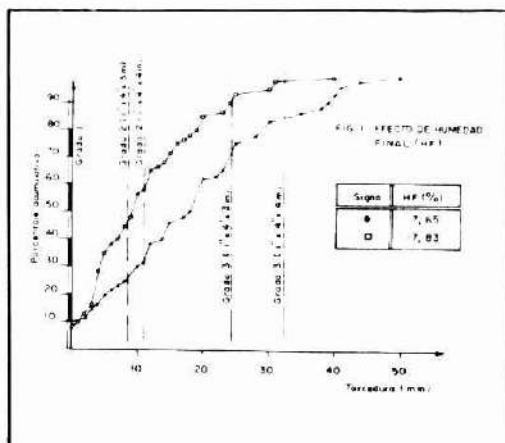
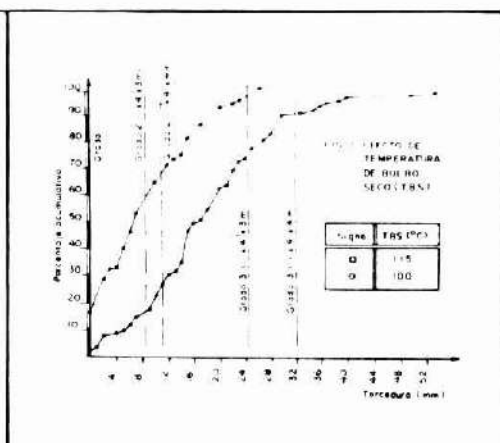


FIGURA 2
EFECTO DE TEMPERATURA DE
BULBO SECO (TBS)



SECADO DEL PINO RADIATA

— *Efecto de la temperatura de bulbo seco:* La Tabla 2 muestra el efecto de la temperatura de bulbo seco sobre los defectos evaluados cualitativamente, manteniendo la diferencia psicrométrica constante. Se puede apreciar que al aumentar la temperatura de bulbo seco se produce un aumento en el flujo de resina y aflojamiento de nudos, resultado similar al obtenido con Pino oregón (8).

FIGURA 3.
EFECTO DE DIFERENCIA PSICROMÉTRICA (DS)

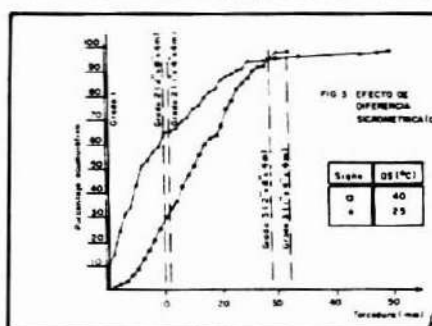


FIGURA 4.
EFECTO DEL PESO SOBRE LAS PILAS

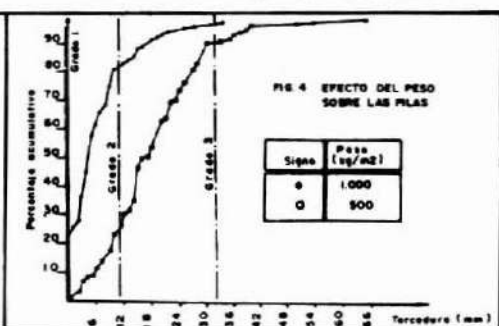


TABLA 1
EFECTO DEL REACONDICIONADO

Defecto Cualitativo		Programa			
		15 (%)	15R (%)		
Flujo de Resina	Sin defecto	40,00	35,00		
	Regular	45,00	48,33		
	Intenso	15,00	16,67		
Coloración	Sin defecto	100,00	3,33		
	Regular	0,00	95,00		
	Intenso	0,00	1,67		
Aflojamiento de nudos	Sin defecto	36,67	36,67		
	Regular	35,00	28,33		
	Intenso	28,33	35,00		
Grietas	Sin defecto	50,00	70,00		
	Regular	38,33	25,00		
	Intenso	11,67	5,00		
Rajaduras	Sin defecto	88,00	95,00		
	Regular	7,00	5,00		
	Intenso	5,00	0,00		
Clasificación de muestras evaluadas cualitativamente					
Grado de calidad					
Excelente		28,33	20,00		
Buena		51,67	36,67		
Satisfactoria		18,33	36,67		
Defectuosa		1,67	6,67		
Mala		—	—		
Muy mala		—	—		
Programa de secado	Etapas	TBS (°C)	TBH (°C)	T (h)	
15	Calentamiento	90	90	0,5	
	Secado 1	125	80	3,87	
	Secado 2	130	75	1,17	
	Reacondicionado	—	—	—	
15R	Calentamiento	90	90	0,5	
	Secado 1	125	80	3,87	
	Secado 2	130	75	1,17	
	Reacondicionado	95	—	4	
Programa de secado	Humedad Inicial promedio	Humedad Final promedio	Rango	Número de muestras	Escudría
15	90,50	15,26	7,00 - 40,00	60	1" - 4" - 3 m
15R	90,50	16,23	7,00 - 40,00	60	1" - 4" - 3 m

TABLA 2
EFECTO DE LA TEMPERATURA DE BULBO SECO

Defecto cualitativo		Programa			
		13 (%)	13R (%)		
Sin defecto	Flujo de resina	61,11	48,33		
	Regular	8,33	30,56		
	Intenso	3,33	13,33		
Coloración	Sin defecto	100,00	95,00		
	Regular	0,00	0,00		
	Intenso	0,00	5,00		
Aflojamiento de nudos	Sin defecto	57,41	30,00		
	Regular	13,89	26,67		
	Intenso	28,70	43,33		
Grietas	Sin defecto	61,11	66,6		
	Regular	35,19	30,00		
	Intenso	3,70	3,33		
Rajaduras	Sin defecto	88,00	92,00		
	Regular	10,00	7,00		
	Intenso	2,00	—		
Clasificación de muestras evaluadas cualitativamente					
Grado de calidad					
Excelente		56,48	35,00		
Buena		33,33	51,67		
Satisfactoria		10,19	11,67		
Defectuosa		0,00	1,67		
Mala		—	—		
Muy mala		—	—		
Programa de secado	Etapas	TBS (°C)	TBH (°C)	T (h)	
13	Calentamiento	90	90	0,5	
	Secado 1	100	75	6,00	
	Secado 2	100	75	6,00	
	Reacondicionado	—	—	—	
13R	Calentamiento	90	90	0,5	
	Secado 1	115	90	6,30	
	Secado 2	115	90	6,30	
	Reacondicionado	—	—	—	
Programa de secado	Humedad Inicial promedio	Humedad Final promedio	Rango	Número de muestras	Escudría
13	85,66	11,50	10,00 - 40,00	60	1" - 4" - 4 m
13R	89,42	11,08	6,00 - 30,00	60	1" - 4" - 3 m

– *Efecto de la humedad final:* La Tabla 3 muestra el efecto de la humedad final sobre las tensiones para un mismo programa de secado. Se puede apreciar que las tensiones son menores al disminuir la humedad final, ya que junto con ésta disminuye el gradiente de humedad.

– *Efecto de reacondicionamiento:* La Tabla 4 muestra la influencia del reacondicionado sobre las tensiones para un mismo programa de secado. Se observa una significativa mejoría de las tensiones para los programas que contemplan un reacondicionado de cuatro horas. Esto se debe a la disminución del gradiente de humedad en el espesor de la tabla al aumentar la humedad superficial (15).

– *Efecto de la temperatura de bulbo seco:* La Tabla 4 muestra el efecto de la temperatura de bulbo seco sobre las tensiones, manteniendo la diferencia psicrométrica. Al comparar los ensayos sin reacondicionar, se aprecia que la alta temperatura aumenta sustancialmente las tensiones; sin embargo, esta diferencia se minimiza al reacondicionar ambos ensayos.

TABLA 3.
EFFECTO DE LA HUMEDAD FINAL

		Programa		
		13	15	
Tensión promedio (°/o)		2,01	11,45	
Rango (°/o)		-3,70 : 14,46	2,41 : 21,10	
Varianza (°/o)		5,28	7,93	
Humedad final promedio (°/o)		13,55	20,25	
Programa de secado	Etapas	TBS (°C)	TBH (°C)	T (h)
13	Calentamiento	90	90	0,5
	Secado 1	115	90	
	Secado 2	115	90	6,3
	Reacondicionado	95		4
15	Calentamiento	90	90	0,5
	Secado 1	125	80	3,83
	Secado 2	130	75	1,17
	Reacondicionado	95		4

TABLA 4:
EFFECTO DE REACONDICIONADO Y TEMPERATURA DE BULBO SECO

		Programa			
		2	13		
		S/R	Tratamiento final		
			C/R	S/R	C/R
Tensión promedio (°/o)		- 9,62	- 1,14	-30,32	2,01
Rango (°/o)		-26,54 : 20,40	- 15,32 : 14,25	52,56 : 13,77	3,7 : 14,46
Varianza (°/o)		16,02	10,09	12,67	5,25
Humedad final promedio (°/o)		11,50	15,44	8,85	13,50
Programa de secado	Etapas	TBS (°C)	TBH (°C)	T (h)	
2	Calentamiento	90	90	0,5	
	Secado 1	100	75		
	Secado 2	100		6,0	
	Reacondicionado	95		4	
13	Calentamiento	90	90	0,5	
	Secado 1	115	90		
	Secado 2	115	90	6,3	
	Reacondicionado	95		4	

— *Efecto de la saturación del aire:* La Figura 6 muestra el efecto de la saturación del aire a medida que éste circula a través de las pilas. Se aprecia que la humedad final de la madera va aumentando mientras el aire fluye a lo ancho de la cámara, debido a que el potencial de secado del aire va disminuyendo al aumentar su humedad relativa como consecuencia de la captación de agua desde la madera.

— *Efecto del ancho de las pilas:* Las Figuras 7, 8 y 9 muestran la influencia del ancho de la pila sobre la distribución de la humedad final para un mismo programa de secado. En pilas más angostas se obtiene una distribución más uniforme para un valor medio similar, debido a que en este caso se produce una menor saturación del aire, tal como muestra la Figura 9.

FIGURA 5
EFECTO DE PRETORCEDURA

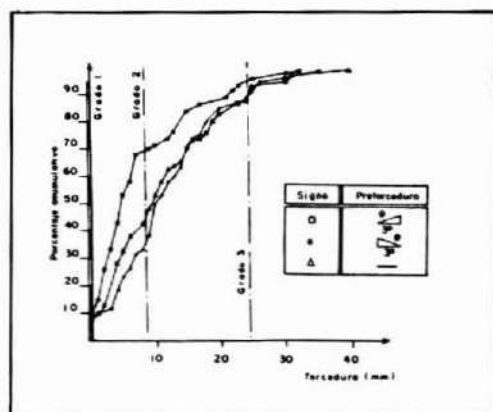


FIGURA 7
EFECTO DEL ANCHO DE PILA

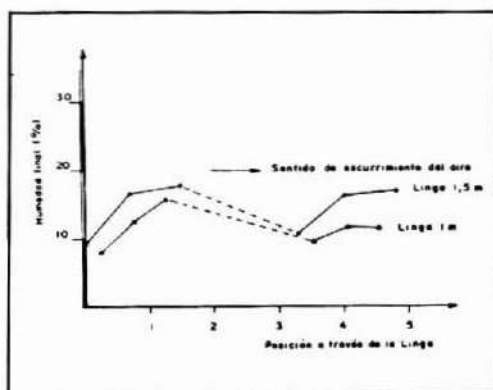
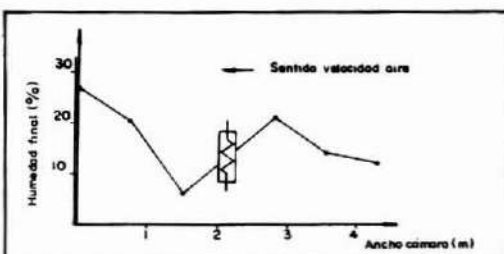


FIGURA 6
PROGRAMA N° 4
LINGAS 2-4, FILA 4



PROGRAMA N° 1
LINGAS 5-7, FILA 4

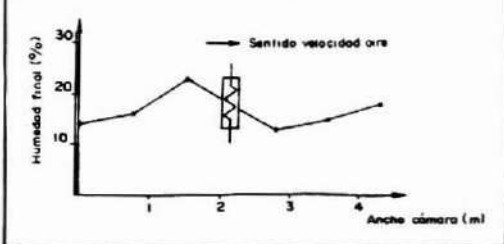


FIGURA 8
EFECTO DEL ANCHO DE PILA

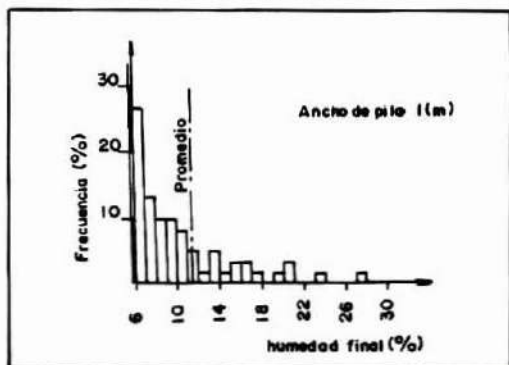
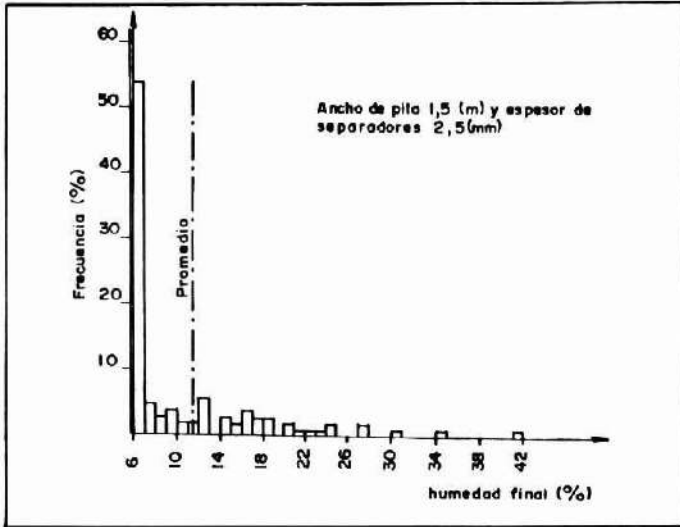


FIGURA 9
EFECTO DEL ANCHO DE PILA



— *Efecto del espesor de los separadores:* Las Figuras 10 y 11 muestran el efecto del espesor de los separadores sobre la distribución de la humedad final para un mismo programa de secado. En el ensayo con separadores de 50 mm se obtiene una distribución bastante más uniforme con un valor medio similar.

— *Efecto del reacondicionado:* Las Figuras 12 y 13 muestran la influencia del reacondicionado sobre la distribución de las humedades para un mismo programa de secado. Es evidente la mejoría de ésta para un ensayo con un reacondicionado posterior (10), produciéndose un aumento en el valor medio de la humedad de un 20% aproximadamente.

FIGURA 10
EFECTO DEL ESPESOR DE SEPARADORES

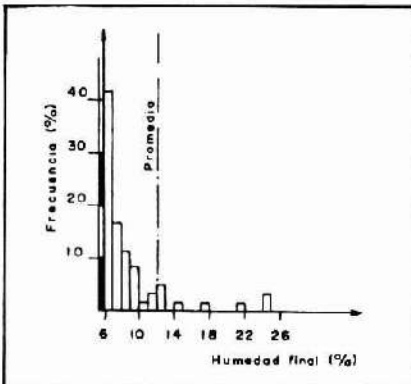


FIGURA 11
EFECTO DEL ESPESOR DE SEPARADORES

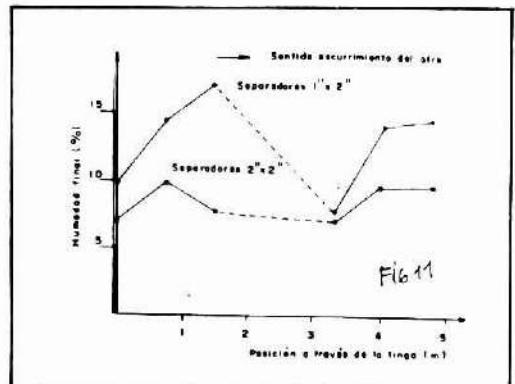


FIGURA 12
CARGA SIN TRATAMIENTO
DE REACONDICIONADO.
EFECTO DEL REACONDICIONADO

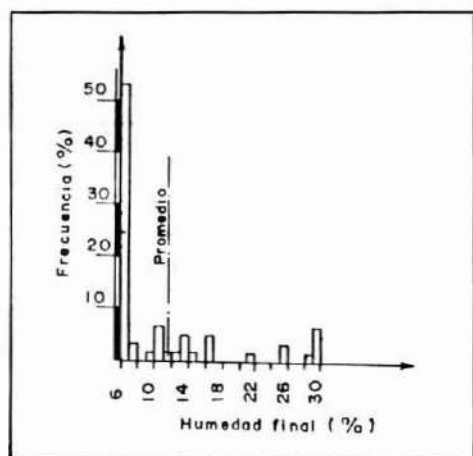
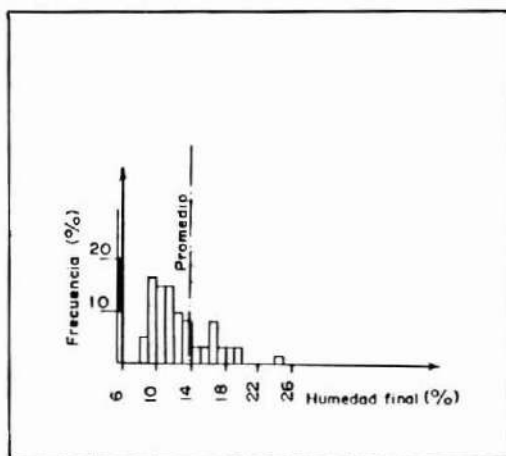


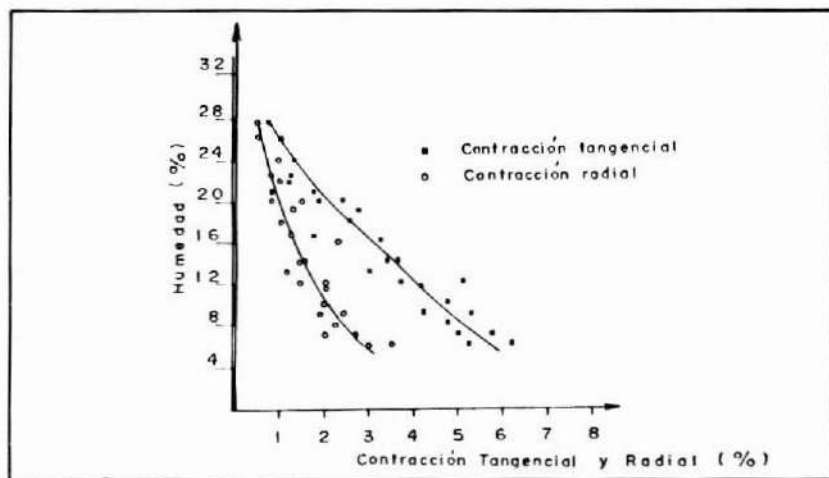
FIGURA 13
CARGA CON TRATAMIENTO
DE REACONDICIONADO.
EFECTO DEL REACONDICIONADO



Efecto de la humedad final sobre la contracción de la madera

La Figura 14 muestra la correlación existente entre la humedad final y las contracciones tangencial y radial. Se puede observar que ambas aumentan a medida que disminuye la humedad final, de tal modo que a humedades cercanas al punto de saturación de la fibra los valores de tales contracciones son mínimos. Es notoria la diferencia entre la contracción radial y tangencial; esta última equivale aproximadamente al doble de la primera para los diferentes rangos de humedad (5, 15, 18).

FIGURA 14
CORRELACION CONTRACCIONES v/
HUMEDAD FINAL



Efecto de algunos parámetros de secado sobre los costos asociados al proceso

– *Efecto de la humedad final:* La Tabla 5 muestra el efecto de la humedad final sobre los costos asociados de secado para un mismo programa. Se aprecia que el costo de extraer cada kg de agua es mayor mientras menor es la humedad final. En el caso ilustrado en la tabla, el costo adicional es de un 10^o/o para una humedad final un 3,8^o/o más baja.

– *Efecto del reacondicionado:* La Tabla 6 muestra la influencia del reacondicionado sobre los costos asociados de secado para un mismo programa. Se registra un aumento de un 43^o/o del costo por unidad de masa de agua evaporada, como consecuencia del reacondicionado. Si comparamos el costo por unidad de volumen de madera secada, se obtiene un 53^o/o de aumento.

TABLA 5
EFFECTO DE LA HUMEDAD FINAL

	Programa	
	17	18
Escuadría	1" · 4" · 3 m	1" · 4" · 3 m
Volumen madera (m ³)	21,67	21,67
Humedad inicial (°/o)	90,50	97,30
Humedad final (°/o)	14,20	17,80
Tiempo de secado (h)	6,50	5,50
Costo por unidad de volumen (\$/m ³)	174,77	166,28
Costo por unidad de masa (\$/kg)	0,50	0,45

Etapa	Programa de secado	
	TBS (°C)	TB4 (°C)
Calentamiento	90	90
Secado 1	100	75
Secado 2	100	75

TABLA 6
EFFECTO DEL REACONDICIONADO

	Programa 1	
	S/R	C/R
Escuadría	1" · 4" · 3,20 m	
Volumen madera (m ³)	22,15	
Humedad inicial (°/o)	118,00	
Humedad final (°/o)	15,60	18,60
Costo por unidad de volumen (\$/m ³)	192,29	294,71
Costo por unidad de masa (\$/kg)	0,42	0,60

Etapa	Programa de secado		
	TBS (°C)	TB4 (°C)	T (h)
Calentamiento	90	90	0,5
Secado 1	100	75	5,5
Secado 2	100	75	
Reacondicionado	95	—	4

Efecto del ancho de las pilas y del espesor de los separadores: La Tabla 7 muestra el efecto del ancho de las pilas y del espesor de los separadores sobre los costos asociados de secado para un mismo programa. Tanto los costos por unidad de masa como por unidad de volumen son menores para el ensayo con pilas más angostas y con separadores de mayor espesor.

Otros resultados experimentales

Las Figuras 15 y 16 corresponden respectivamente a una curva y a una tasa de secado características. La forma de ambas curvas es similar a las encontradas para otros sólidos granulares (19) y otras especies de madera (7, 11, 19 y 20).

La tasa de secado para el período de secado constante varía entre 0,92 y 2,38 (kg/h m²), con un valor medio de 1,60 (kg/h m²) para un mismo programa de secado. El punto a partir del cual la tasa deja de ser constante, o punto crítico, varía entre 17 y 45% de humedad.

Temperatura interna de la madera durante el proceso de secado: La Figura 17 permite apreciar la temperatura que alcanza la madera durante el proceso. Al comienzo, la temperatura es cercana a la temperatura de bulbo húmedo del aire, debido a que la madera se encuentra aún verde, de modo que se evapora una mayor cantidad de agua y se consume, en consecuencia,

FIGURA 15
MUESTRA Nº 3 CURVA DE SECADO

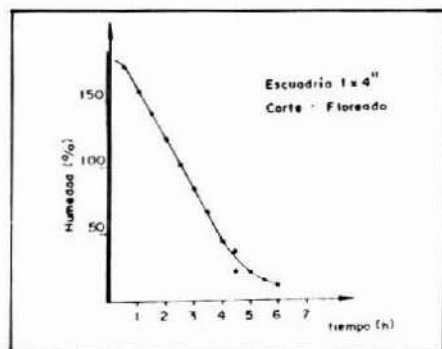


FIGURA 16
TASA DE SECADO

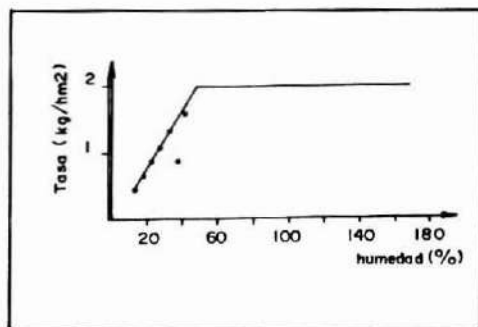


FIGURA 17
TEMPERATURA INTERNA DE MADERA
DURANTE EL SECADO

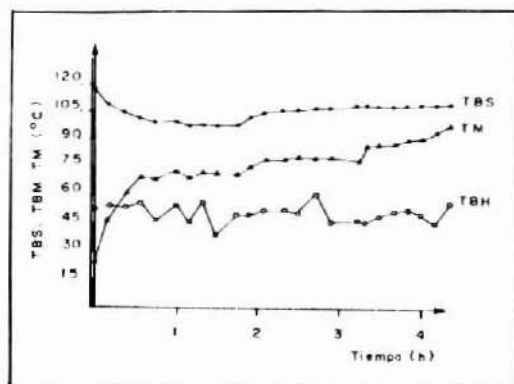
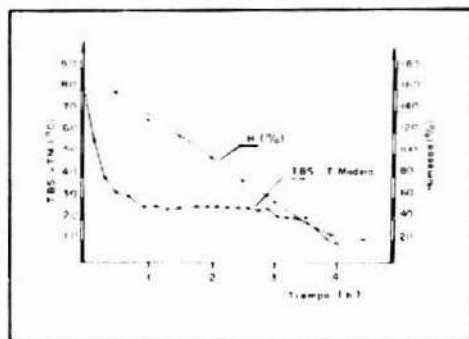


FIGURA 18
DIFERENCIA ENTRE TBS y TEMPERATURA
INTERIOR DE LA MADERA A LO LARGO DEL
SECADO



calor. En las etapas posteriores del proceso, la temperatura de la madera tiende a igualar la temperatura del bulbo seco del aire (16).

En la figura 18 se observa cómo varía la diferencia entre la temperatura de bulbo seco y la temperatura de la madera a medida que transcurre el secado. La diferencia es máxima cuando la madera se está calentando, posteriormente disminuye hasta un cierto valor y permanece constante mientras existe una relación lineal entre la humedad y el tiempo (tasa de secado constante); en la última etapa del proceso la diferencia de temperaturas se hace menor, ya que la temperatura de la madera tiende a la de bulbo seco, como se indicó anteriormente.

TABLA 7
EFFECTO DEL ANCHO DE LAS PILAS
Y ESPESOR DE SEPARADORES

	Programa	
	16	2
Ancho linga (m)	1,50	1,00
Espesor de separadores (mm)	50	25
Escuadría	1" · 4" · 4 m	1" · 4" · 4 m
Volumen madera (m ³)	10,19	28,90
Humedad inicial (°/o)	84,80	85,66
Humedad final (°/o)	10,80	11,50
Tiempo de secado (h)	6,22	6,50
Costo por unidad de volumen (\$/m ³)	151,27	179,82
Costo por unidad de masa (\$/kg)	0,44	0,53

Etapa	Programa de secado		T (h)
	TBS (°C)	TBr (°C)	
Calentamiento	90	90	0,5
Secado 1	100	75	
Secado 2	100	75	
Reacondicionado	—	—	0

NOTA: El ensayo N° 16 consistió de 4 pilas con separadores de 25 mm y ancho de 1,0 m y 4 pilas con separadores de 50 mm y ancho 1,5 m.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Preparación de la carga de secado:

- Se recomienda construir las pilas de madera de 1 m de ancho y con separadores de 50 mm de espesor, colocados a una distancia de 0,60 m entre sí.
- Es conveniente dar a las pilas una pretorcedura antihoraria de 3°.
- El peso que se coloca sobre las pilas debe aumentarse a 1000 kg/m².

Programa de secado:

- Es aconsejable elevar la temperatura de bulbo seco tanto como sea posible, manteniendo una diferencia psicrométrica baja.
- La aplicación de tratamiento de reacondicionado depende de aspectos tales como uso

posterior de la madera, coloración deseada y uniformidad de la humedad final de las piezas. Si se desea obtener madera libre de tensiones y con una humedad final pareja, es recomendable aplicarlo. En cambio, si es más importante contar con madera sin defectos de coloración, no debería aplicarse.

Conclusiones complementarias:

- La humedad final de la madera es uno de los factores que más influyen sobre los defectos de secado, de modo que el proceso no debe prolongarse hasta una humedad más baja que la exigida por el cliente. Al hacerlo, se incrementan innecesariamente los defectos geométricos y el costo.
- La humedad inicial no constituye una limitante demasiado significativa con respecto al tiempo de secado, ya que la velocidad de secado es directamente proporcional a la humedad inicial durante el período de velocidad de secado constante.
- Para efectos de mejorar la distribución de humedad la final, es recomendable instalar un sistema que permita invertir la circulación de aire cada cierto tiempo.
- Las sobremedidas requeridas para secar madera hasta una humedad final de 15^o/o son 1,4^o/o en el espesor y 3,25^o/o en el ancho, o viceversa, dependiendo del tipo de corte (floreado o cuarteado).
- El defecto geométrico de mayor importancia es la torcedura; la arqueadura y la encorvadura son de menor importancia y la acanaladura es despreciable, ya que la mayoría de las muestras no presentan el defecto.
- La construcción de las pilas tiene gran influencia sobre la calidad de la madera secada. Por esta razón debe tenerse especial cuidado en el alineamiento entre separadores, entre los separadores y los cabezales ubicados entre pilas y bajo ellas y entre los cabezales y los pesos de hormigón.
- Se recomienda no mezclar en una misma carga maderas de diferentes espesores ni tampoco madera recién aserrada con madera presecada al aire, ya que los tiempos de secado pueden variar notablemente.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. MURUA, P. Contribución al estudio del secado natural de la madera de pino insigne, pp 29-39, Concepción (1969).
2. PECK, E. and Mc MILLEN, J. Lumber Seasoning, pp 116-119, Washington (1981). Agencia Internacional para el Desarrollo. Lab. Productos Forestales, USDA.
3. VILLIERE, A. Séchage des bois, Dunod, París, (1966).
4. ESTACION METEOROLOGICA BELLAVISTA. Universidad de Concepción, "Anuario Meteorológico 1981, Concepción (1981), pp 35.
5. SIAU, J.F. Flow in Wood, Syracuse University Press, New York (1971), pp 10-45.
6. KOCK, P. Process for Steam Straightening and Kiln Drying Lumber, Southern Lumberman, Vol (2), pp 10-13 (1974).
7. KOCH, P. High-Temperature Drying of Southern Pine Timbers Lumber, and thick veneer, Southern Lumberman, Vol. (1), pp 11-14 (1974).
8. Sumi, H. y Mc Millen, J., High -Temperature Drying of Douglas- Fir Dimension Lumber, Forest Products Journal, Vol. (29), pp 25-32 (1979).
9. CHRISTENSEN, F.J. y GOUGH, D. Control of Drying Distortion in Framing From Young Plantation Slash Pine, Queensland (1975) Building Research, CSIRO. Report 44, Queensland Dept. of Forestry, pp 1-85.

10. CHRISTENSEN, F.J. and MACKAY, J.F.G. The Future and Practical Application of High Temperature Seasoning of Plantation Softwoods, Queensland (1972). Australian Timber Industry Stabilisation Conference. pp 1-10.
11. KOLLMANN, F.P. and COTE, W. Principles of Wood Science and Tecnology, Berlin, SpringerVerlag. (1968). V. 1, pp 60-110.
12. FRASER, H.R. Mill Solves Slash Pine Production Challenges. World Wood, 4:20-23 (1982).
13. BAMBER, R.K. and BURLEY, J. The Wood Properties of Radiata Pine, 1ª Ed., pp 35-39, Londres (1983).
14. MACKAY, J.F. and RUMBALL, B.L. Drying of Distortion Prone Juvenile Core Radiata Pine for House Studs Australian Timber Journal, Vol. (6): 43-57 (1971).
15. INSTITUTO FORESTAL, Construcciones en madera. Santiago, Chile (1978). 10 fasc.
16. BLUHM, E. et al. El colapso en la madera y su reacondicionamiento, 23 p. Santiago, Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 22.
17. ESTEVEZ, G. El secado de alta temperatura para madera aserrada de Pinus Radiata, Valdivia (1978). Universidad Austral de Chile, Centro Experimental Aserradero Vista Alegre, 100 p.
18. FOREST PRODUCTS LABORATORY FOR SERV. USDA. WOOD HANDBOOK, WASHINGTON (1955). Agriculture Handbook N° 072. 528 p.
19. TREYBAL, R. Operaciones con Transferencia de Masa, 2ª Edición, Hispanoamericana S.A., Buenos Aires (1973) pp 667-682.
20. HILDEBRAND, R. Kiln Drying of Swan Timber, Alemania (1970).
21. KOCH, P. Suthern Pine Studs Can Be Dried And Steam-Straightened in 24 hours, Southern Luberman, (2723): 2-29 (1969).
22. SKAAR, C. Water in Wood, New York, Syracuse University Press (1972). pp 18.
23. PITTS, D. y SISSOM, L. Teoría y Problemas de Transferencia de Calor, 1ª Ed., Bogotá, Ed. Mc Graw-Hill
23. PITTS, D. y SISSOM, L. Teoría y Problemas de Transferencia de Calor, 1ª Ed., Bogotá, Ed. Mc Graw-Hill Latinoamericana, S.A., (1979).
24. VILLIERE, A. Pertes de Chaleur Par Les Parois Des Se'choirs A'Bois Répercussions Techniques et Economiques, Québec (1969).
25. BACHRICH, J.L., Dry Kiln Handbook, H.A. Simins (International) Ltd., Vancouver (1980)
26. DE SAMPAIO, L.C. Perguntas E Respostas em Secagem De Madeiras, Sao Paulo (1981).
27. BOONE, R.S. An Introduction to High-Temperature Drying: Past Research Efforts and Definition of Terms and Procedures, (1979). In: Proceeding of a Symposium Held at New Albany, Indiana. USDA, pp 82.
28. MELO, R., Propiedades y Tratamientos de la Madera, Dirección de Investigaciones Tecnológicas y Asistencia Técnica, Concepción (1981).
29. RIUS, G. y VALENZUELA, L. Estudio de Permeabilidad de Gases y Líquidos en madera de Pino insigne (Pinus radiata D. Don), Universidad del Bío Bío, Departamento de Maderas, Concepción (1981). Tomo I, 49 p. Tomo II, 40 p.
30. OLIVEROS, J.F. Secamiento artificial de durmientes de Pino insigne, Universidad Técnica del Estado, Sede Concepción, Departamento de Maderas, Concepción (1969). pp 38.
31. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION. Madera Aserrada de Pino insigne (Pinus radiata D. Don). Clasificación por aspecto. NCh of 79, Santiago (1979).
32. SALGADO, S. Aplicación y análisis de tres programas de secado artificial en madera de Lengua (*Nothofagus pumilio* (Poep. et Ende) Krasser). (1974) 70 p.
33. ENDESA. Plan de desarrollo de ejecutivos, ciclo de charlas sobre política tarifaria. Santiago (1980).

AUSPICIO DEL CIID A PROYECTOS DE INVESTIGACION FORESTAL. Por Santiago Barros Asenjo. División Silvicultura, Instituto Forestal.

Introducción

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) es una corporación creada por el Parlamento de Canadá y tiene como principal objetivo impulsar y apoyar la investigación científica y tecnológica en los países en desarrollo.

Su Oficina Central está en Ottawa y dispone de Oficinas Regionales en Singapur, Nueva Delhi, Nairobi, El Cairo, Dakar y Bogotá.

Un importante elemento en la política de CIID es que la investigación sea desarrollada por instituciones y profesionales nacionales en cada caso, con el objeto de apoyar los esfuerzos de los países en desarrollo por solucionar sus propios problemas y fortalecer sus equipos profesionales. Si los proyectos requieren de consultoría internacional, ésta puede ser considerada, pero prioritariamente ofrecida por expertos de la Región.

El Centro auspicia proyectos en diversas áreas de la actividad humana, una de ellas está representada por el Programa Forestal, de la División de Ciencias de la Agricultura, Alimentos y Nutrición, que está apoyando en la actualidad unos 80 proyectos de investigación en las diferentes Regiones.

Programa Forestal en América Latina y el Caribe

Doce países de la Región se incluyen actualmente dentro de la red de trabajo del Programa Forestal de CIID. Bolivia, Brasil, Costa Rica, Colombia, Chile, Haití, Ecuador, México, Paraguay y Perú, cuentan con proyectos en marcha, en tanto que Argentina ha presentado propuesta y se podría incorporar próximamente.

Los proyectos del Programa se agrupan dentro de cuatro subprogramas, que son: Leña y Energía; Sistemas Integrados de Producción; Utilización de Productos Forestales, y Manejo y Producción Forestal.

El total de proyectos alcanza a 22 y son los siguientes según subprograma:

Subprograma Leña y Energía: Tiene como principales objetivos la creación de recursos energéticos en zonas marginales, mediante la forestación con especies exóticas de rápido crecimiento y/o la recuperación de las formaciones arbustivas o arbóreas naturales, y el mejoramiento en la utilización de la leña y el carbón vegetal.

Bajo este subprograma se están desarrollando 5 proyectos, que son los siguientes:

Bolivia	Producción de Leña en el Altiplano
Colombia	Forestación en Zonas Altas
Haití	Producción de Leña y Mejoramiento de Estufas
Perú	Forestación en la Sierra
	Forestación en Zonas Áridas

Subprograma Sistemas Integrados de Producción: Tiene como fin principal evaluar la factibilidad técnica y económica de combinar o alternar los usos forestal, agrícola y ganadero, en un mismo suelo, para la obtención de una mayor cantidad, calidad o variedad de productos y/o para asegurar la conservación de los recursos suelo y agua.

Este subprograma incluye los siguientes proyectos:

Costa Rica	Arboles Fijadores de Nitrógeno
México	Módulos de Producción Rural Integrada
Perú	Agroforestería en la Cuenca del Amazonas
	Productos de Renovales en Barbechos

Brasil	Selección y Mejoramiento de Prosopis
Argentina	Selección y Mejoramiento de Prosopis

Subprograma Utilización de Productos Forestales: La explotación selectiva de las formaciones naturales, ha conducido a que los bosques actuales estén constituidos básicamente por especies secundarias, poco conocidas y consideradas como no comerciales. El estudio de las propiedades físicas y mecánicas asociadas; el poder calorífico y aptitud como combustible; el contenido de extraíbles y derivados químicos, como adhesivos, curtientes, etc.; así como la definición de normas de clasificación y utilización para numerosas de estas especies, son los objetivos de este subprograma.

Bajo el subprograma se encuentran los siguientes proyectos:

Pacto Andino	Tecnología de la Madera de Latifoliadas Tropicales
Paraguay	Ingeniería de la Madera
Chile	Producción de Taninos
México	Clasificación de Maderas
Bolivia	Durabilidad y Preservación de Maderas
Brasil	Secadores Solares

Subprograma Manejo y Producción Forestal: La investigación sobre regeneración natural y manejo de formaciones vegetales nativas, el desarrollo de técnicas intensivas de establecimientos de plantaciones forestales, el fortalecimiento de centros locales y regionales de semilla y el mejoramiento de especies forestales, están dentro de los principales objetivos de este subprograma, bajo el cual se desarrollan actualmente 4 proyectos:

Ecuador	Mejoramiento de Semillas Forestales
Colombia	Mejoramiento de Semillas Forestales
	Técnicas de Cultivo de Tejidos para Árboles Forestales
Chile	Regeneración Forestal

Incluyendo el proyecto Coordinación Regional, radicado en el Instituto Forestal de Chile, se obtiene un total de 22 proyectos para el Programa Forestal en la Región.

América Latina y El Caribe dispone actualmente de un alto apoyo del Programa Forestal, ya que en 1985 captó aproximadamente el 40% de su presupuesto total. Desde el punto de vista de las prioridades en la asignación presupuestaria, los subprogramas tienen la siguiente importancia relativa:

Leña y Energía	20%
Sistemas Integrados de Producción	40%
Utilización de Productos Forestales	20%
Manejo y Producción Forestal	20%

Esta definición de prioridades denota la importancia otorgada en la Región a los proyectos conducentes a la utilización integral de los recursos naturales, en sitios pobres y fuertemente limitados por la degradación del suelo y de la cubierta vegetal y por los factores climáticos.

Proyectos en desarrollo en Chile

Coordinación Regional: Mediante un proyecto radicado en el Instituto Forestal, Santiago, Chile, se inició en julio de 1985 una coordinación técnica de algunos de los trabajos que se están desarrollando en la Región, principalmente de aquellos correspondientes a los subprogramas Leña y Energía y Manejo y Producción Forestal, aunque también se incluyeron proyectos de los otros subprogramas.

Desarrollando esta Coordinación Regional se han visitado durante este primer año todos los proyectos en marcha y algunos en etapa de propuesta. Las visitas han incluido dos viajes a Bolivia, Colombia, Argentina y Brasil; tres a Perú y uno a México y Ecuador, con un total de 90

días en conjunto. Esto sin considerar obviamente los proyectos chilenos.

Proyectos Red de Trabajo Coordinación Regional: La situación actual de los diferentes proyectos que constituyen la red de trabajo de esta Coordinación Regional, es la siguiente:

– **Producción de Leña en el Altiplano**

Afforestation (Bolivia)

Ing. Iván Morales

Centro de Desarrollo Forestal (CDF)

Av. Camacho 1471 6º piso

La Paz - Bolivia

Proyecto iniciado en febrero de 1977 con una primera fase de tres años a la que se le concedió una extensión de un año adicional, continuó con una segunda fase también de tres años. Esta segunda fase ha sido extendida en dos oportunidades y el proyecto concluiría en diciembre 1986. La investigación se está desarrollando en diferentes sectores del Altiplano boliviano, en altitudes de 3.200 a 4.000 m, y su objetivo principal es la selección de especies y procedencias adecuadas para la forestación bajo las difíciles condiciones de sitio imperantes en estos sectores.

De las fases anteriores se han obtenido resultados satisfactorios como algunas especies del género *Eucalyptus* (*E. viminalis*, *E. urnigera*, *E. globulus ssp maidenii*, *E. gunnii* y *E. pauciflora*), principalmente en la parte norte del Altiplano (zonas cercanas al Lago Titicaca), con las cuales se está intentando pasar a una etapa de comprobación de estos resultados en plantaciones piloto. Simultáneamente, se están repitiendo ensayos de etapa de eliminación de especies y procedencias en los sectores de más al sur, cuyas condiciones son considerablemente más rigurosas desde el punto de vista climático. Complementariamente, se están iniciando algunos estudios con especies nativas, como *Buddleia incana* y *Polylepis incana*.

– **Forestación en Zonas Altas**

Upland Afforestation (Colombia)

Ing. Guillermo Restrepo

Corporación Nacional de Investigación

y Fomento Forestal (CONIF)

Ap. Aéreo 091676

Bogotá - Colombia

Proyecto iniciado en julio de 1983 que tiene 3 años de duración, por lo que próximamente se definirá una segunda fase. Las actividades se desarrollan en tres áreas; una en la Cordillera Central y dos en la Cordillera Oriental. En cada una de estas áreas se trabaja en diferentes niveles altitudinales (3.000 a 3.800 m s.n.m.). El objetivo principal del proyecto es la selección de especies y procedencias adecuadas para la forestación en cada caso y específicamente en altitudes superiores a los 3.000 m, ya que bajo esta cota es posible plantar con éxito diferentes especies, como *Pinus patula*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus grandis* y otras.

Durante el segundo año del proyecto se establecieron 6 ensayos con un elevado número de especies y procedencias. En promedio se han incluido en cada uno 22 especies y procedencias de coníferas (géneros *Pinus* y *Cupressus*, principalmente), 42 del género *Eucalyptus* y 8 de otras latifoliadas (géneros *Acacia*, *Alnus*, *Lipia* y otros). Complementariamente se consideran algunos ensayos referentes a métodos de producción de plantas y técnicas de preparación de suelos con algunas especies de los géneros *Pinus* y *Eucalyptus*.

— **Forestación en la Sierra**

Highland Afforestation (Perú)

Ing. Edmundo Merino

Instituto Nacional Forestal y de Fauna (INFOR)

Natalio Sánchez N° 220 Of. 907

Ap. Postal 11978 Jesús María

Lima - Perú

Proyecto en tercera fase, iniciada en abril de 1985. Las fases anteriores cubrieron las etapas de eliminación y adaptación de especies y procedencias en diferentes sectores de la Sierra peruana, en altitudes de 3.000 a 4.000 m. La fase actual debe cumplir con la etapa de comprobación de especies y procedencias seleccionadas en las fases anteriores, en los mismos sectores. La investigación se desarrolla en tres áreas experimentales y en diferentes lugares de ensayo en cada una de éstas. Las áreas experimentales son de norte a sur las siguientes:

Huaráz : A cargo del Ing. David Ocaña

Huancayo : A cargo del Ing. Ricardo Jan Llap

Cuzco : A cargo del Ing. Andrés Aguirre

En las fases anteriores se instalaron diferentes ensayos, ubicados a distintas altitudes en cada área, los cuales permitieron seleccionar para la etapa de comprobación como: *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* y *Pinus patula*; para altitudes cercanas a los 3.000 m; *Eucalyptus globulus* ssp *maidenii* y *Pinus greggii*, para altitudes cercanas a los 3.250 m; *Eucalyptus nitens* y *Pinus radiata* (o *Pinus pseudostrobus*), para 3.500 m s.n.m.; y *Eucalyptus viminalis* y *Cupressus governiana*, para los sectores más altos, con alrededor de 3.750 m s.n.m.

Simultáneamente, se están realizando ensayos de vivero, de propagación vegetativa y de plantación con algunas especies nativas de los géneros *Polylepis*, *Budleia* y otros.

— **Forestación en Zonas Áridas**

Arid Zone Afforestation (Perú)

Ing. Edmundo Merino

Instituto Nacional Forestal y de Fauna (INFOR)

Natalio Sánchez N° 220 Of. 907

Ap. Postal 11578 Jesús María

Lima - Perú

Este proyecto tiene una duración de tres años y se inició en septiembre de 1984, pero existen algunos trabajos anteriores, ya que esta investigación estaba incluida en otro proyecto más antiguo en el país (Highland Afforestation). Las actividades se desarrollan en dos Estaciones Experimentales:

Piura: A cargo del Ing. José Vilela, en la zona costera norte del país. Los principales objetivos del proyecto en esta Estación son la selección de especies para el establecimiento de plantaciones bajo riego, con aguas de desecho, y la definición de frecuencias y volúmenes de riego. Complementariamente se intenta determinar algunas técnicas silvícolas adecuadas para la regeneración y manejo de formaciones naturales de *Prosopis pallida*, *Acacia huarango* y *Capparis augulata*.

Arequipa: A cargo del Ing. Rommel Trejo, en la zona sur del país. En este sector también se está efectuando una selección de especies para plantaciones bajo riego y se están probando frecuencias y volúmenes de éste. Además, se están realizando experiencias de captación de neblinas.

– **Módulos de Producción Rural Integrada**

Rural Production Modules (México)

Ing. Luis González Leija

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

Insurgentes Sur N° 694 9º piso

México D.F. - México

Proyecto iniciado en octubre de 1985, tiene una duración de tres años y se desarrolla en tres sectores de desierto de Chihuahua, que son los siguientes:

Saltillo (Coahuila) : A cargo del Biólogo Luis Segura. Cercano a Monterrey.

Torreón (Coahuila) : A cargo del Ingeniero Sergio Ortega.

San Luis de Potosí : A cargo del Biólogo Alberto Arredondo.

El objetivo del proyecto es el establecimiento de módulos de cultivo, en los cuales se incluyen las especies herbáceas, arbustivas y arbóreas de mayor interés para cada uno de los tres sectores, con el fin de obtener el sustento económico para un grupo familiar o una pequeña comunidad. Se intenta definir el rendimiento y rentabilidad de diferentes cultivos, y combinaciones de cultivos, de especies desérticas y semidesérticas importantes para la zona. Entre éstas se destacan aquellas de los géneros Agave; para la obtención de fibras, licores y forraje; Euphorbia, para la obtención de ceras; Atriplex, para forraje; y otros.

– **Selección y Mejoramiento de Prosopis**

Prosopis (Brasil)

Ing. Helton Damin da Silva

Centro Nacional de Pesquisa Florestal (CNPQ)

Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias (EMBRAPA)

Caixa Postal 3319 - 80 000

Curitiba PR - Brasil

La propuesta fue aprobada recientemente y el proyecto podrá iniciarse próximamente. La investigación se desarrollará en la zona semiárida del noreste brasileño, en cuatro sectores definidos por diferentes niveles de pluviometría anual (bajo 500 mm; 500 a 1000 mm; 700 a 1.200 mm y 1.000 a 1.500 mm). Los objetivos principales son estudiar nuevas especies y procedencias del género *Prosopis*, efectuar una selección genética en las poblaciones existentes de *Prosopis juliflora* y desarrollar técnicas de propagación vegetativa para diferentes especies de este género.

– **Selección y Mejoramiento de Prosopis**

Ing. Olga Marsiglia

Instituto Forestal Nacional (IFONA)

Av. Pueyrredón 2446

Buenos Aires - Argentina

Se está preparando la propuesta de un proyecto orientado al mejoramiento de las poblaciones de diversas especies del género *Prosopis* en la zona árida y semiárida de Argentina. Este mejoramiento se buscaría tanto desde el punto de vista de mejorar el producto a obtener de estos recursos, mediante tratamientos silvícolas, como a través de mejoramiento genético de las diferentes especies.

La zona árida y semiárida ocupa extensos sectores de la zona central y norte del país y dispone de una gran cantidad de especies del género *Prosopis*. Se espera que este proyecto constituya un importante aporte y complemento a las investigaciones similares que se llevan a cabo en Brasil, Perú y Chile.

El proyecto contará también con la participación del Instituto Argentino de Investigación en Zonas Áridas (IADIZA), radicado en Mendoza.

– **Mejoramiento de Semillas Forestales**

Tree Seed Improvement (Ecuador)
Biólogo Francisco Cárdenas
Dirección Nacional Forestal (DINAFOR)
Ministerio de Agricultura y Ganadería
Quito - Ecuador

Proyecto iniciado en enero de 1983, ha terminado su primera fase y se ha continuado mediante una extensión por un año. La investigación se desarrolla en la región interandina del país y su principal finalidad es el mejoramiento del abastecimiento y calidad de semillas de las dos especies de mayor importancia para la región, que son *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* ssp *globulus*.

Se intenta demarcar y manejar rodales semilleros en plantaciones existentes, ubicar y manejar plantaciones para producción de semillas e implementar un Banco Nacional de Semillas que supla las necesidades de los forestadores del país.

– **Mejoramiento de Semillas Forestales**

Tree Seed Improvement (Colombia)
Ing. Julio Díaz
Corporación Nacional de Investigación
y Fomento Forestal (CONIF)
Ap. Aéreo 091676
Bogotá - Colombia

Proyecto iniciado en septiembre de 1985, tiene tres años de duración y su objetivo principal es mejorar el abastecimiento y calidad de semillas de algunas latifoliadas nativas de valor en el país. Se pretende desarrollar las más adecuadas técnicas de colección, procesamiento y almacenamiento de semillas; establecer algunos rodales semilleros; y formar un pequeño banco local de semillas para los programas de forestación.

Paralelamente se iniciará el estudio de técnicas de programación vegetativa para las especies más valiosas, con el fin de utilizarlas en el programa de mejoramiento a más largo plazo.

En el proyecto participará también el Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA) que posee actualmente un Banco Nacional de Semillas. Dentro del material seleccionado para este programa de mejoramiento, se cuentan especies de los géneros *Cariniana*, *Bombacopsis*, *Jacarandá*, *Cedrelinga*, *Tabebuia*, *Virola* y otros.

– **Regeneración Forestal**

Proyecto desarrollado por el Instituto Forestal, se inició en julio de 1984 y tiene como principales objetivos la creación de recursos en la zona semiárida del país, tanto mediante la selección de especies y procedencias exóticas y el desarrollo de técnicas de establecimiento de plantaciones, como a través de estudios silvícolas tendientes a la recuperación de las formaciones naturales propias de la zona.

Durante las temporadas 1984, 1985 y 1986 se han implementado tres centros experimentales, ubicados en las zonas de Illapel, Melipilla y Santa Cruz, en cada uno de los cuales se han establecido ensayos de selección de especies y procedencias, métodos de establecimiento de plantaciones, fertilización, riego, control de competencia y otros, con especies exóticas y de regeneración natural por tocón y semillas, siembra directa, métodos de viverización y establecimiento, con especies nativas.

Las principales especies en estudio son Quillay (*Quillaja saponaria*), Espino (*Acacia caven*), Boldo (*Peumus boldus*) y Algarrobo (*Prosopis chilensis*), entre las nativas, y

Aucalyptus camaldulensis, *E. cladocalyx*, *E. globulus* y sus subespecies, *E. sideroxylon*, *Acacia saligna* y otras, entre las exóticas.

El proyecto ya está generando resultados de los diferentes ensayos, su duración es de tres años y se está actualmente estudiando una prolongación por cuatro años.

— **Taninos**

Proyecto desarrollado por el Instituto Forestal, que se inició en noviembre de 1983 y tiene como principal objetivo el estudio de especies potencialmente productoras de taninos vegetales para el curtido de cueros.

Durante el período 1984-1986 se ha determinado en laboratorio los porcentajes de contenido de tanino en diferentes partes anatómicas de las principales especies, tanto exóticas como nativas, de las zonas áridas y semiáridas del país.

Las principales especies que han sido incluidas en esta investigación son: Tara (*Caesalpinia spinosa*), Albarquilla (*Balsamocarpon brevifolium*), Tamarugo (*Prosopis Tamarugo*), Algarrobo (*Prosopis chilensis*), Espino (*Acacia caven*), Quillay (*Quillaja saponaria*), Litre (*Lithraea caustica*), *Eucalyptus sideroxylon*, *Eucalyptus astringens* y *Pinus radiata* (sólo corteza).

Con aquellas especies que han registrado los niveles de contenido de curtientes más interesantes se han preparado extractos y se han efectuado curtidos experimentales, con resultados positivos en la mayoría de los casos.

Paralelamente se están realizando ensayos de viverización, plantación, regeneración natural, selección de procedencias y otros aspectos silvícolas, con el objeto de determinar las técnicas más adecuadas para la creación de nuevos recursos con las especies más destacadas.

El proyecto termina en el mes de junio del presente año, por lo que próximamente se publicarán los resultados obtenidos.

ARCOS LAMINADOS PARA INVERNADEROS. Gastón O. Cubillos Cardemil, Ingeniero Civil, U. Católica. Departamento Industrias, División Regional. Instituto Forestal. Barros Arana 121. Concepción Chile.

Introducción

La técnica del cultivo en invernaderos permite obtener durante todo el año cosechas de productos que se desarrollan en forma natural sólo en el verano. Este tipo de cultivo cubierto hace posible producir hortalizas durante el invierno, adelantar la cosecha con relación al cultivo sin protección, proteger los cultivos del peligro de heladas, plagas u otros agentes destructores, aumentar los rendimientos, producir varias cosechas durante el año y obtener grandes ventajas económicas.

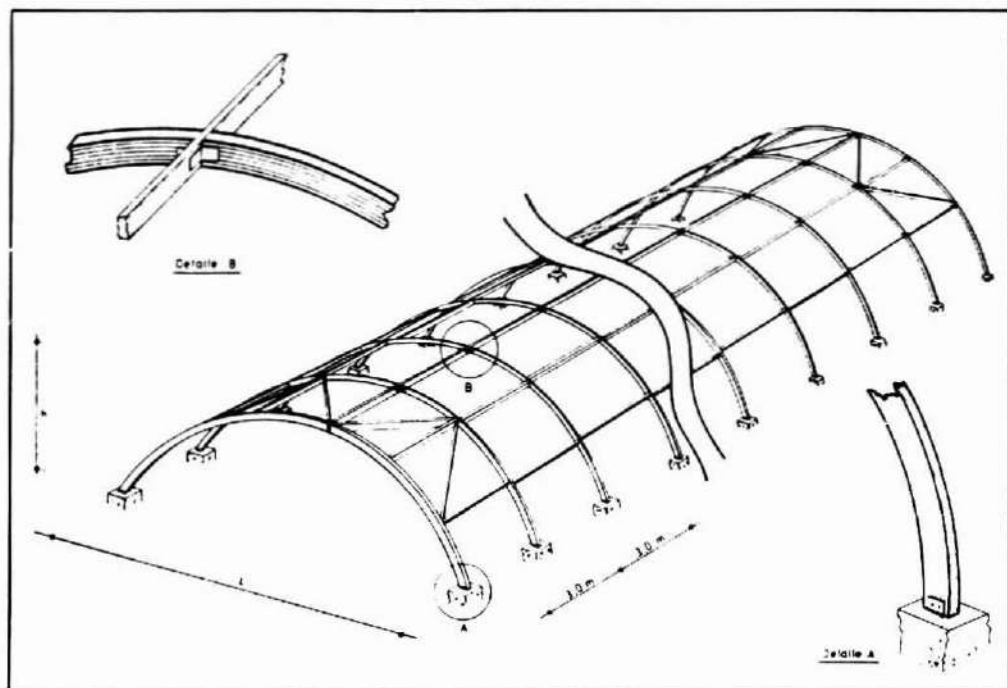
Además de los cultivos de hortalizas, los invernaderos permiten otros cultivos, tales como los de frutales, plantas de interior, almácigos y flores.

Se ha demostrado que el cultivo cubierto ofrece importantes beneficios si se aplica la tecnología agrícola adecuada. Dicha tecnología consiste fundamentalmente en proveer a los cultivos de una protección invernal apropiada y económica, que resuelva los problemas derivados de las heladas, granizos, plagas y, fundamentalmente, de la falta de calor suficiente para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En cuanto a la siembra o al tratamiento del vegetal, esta técnica no difiere en lo esencial del cultivo a campo abierto o tradicional.

Los invernaderos se construyen, tradicionalmente, mediante estructuras de madera o fie-

ro cubiertas con carpas de polietileno transparente. Por lo general las estructuras, ya sean de madera o de fierro, se diseñan en forma de túnel debido a la necesidad de oponer la menor resistencia posible al viento (ver Figura 1) y a la exigencia de que en su parte exterior no presenten "cantos vivos" que puedan originar la rotura del polietileno que las cubre.

FIGURA 1.-



Se recomienda, por lo general, colocar dos carpas de polietileno, una inferior de un espesor aproximado de 50 u y una exterior de aproximadamente 180 u.

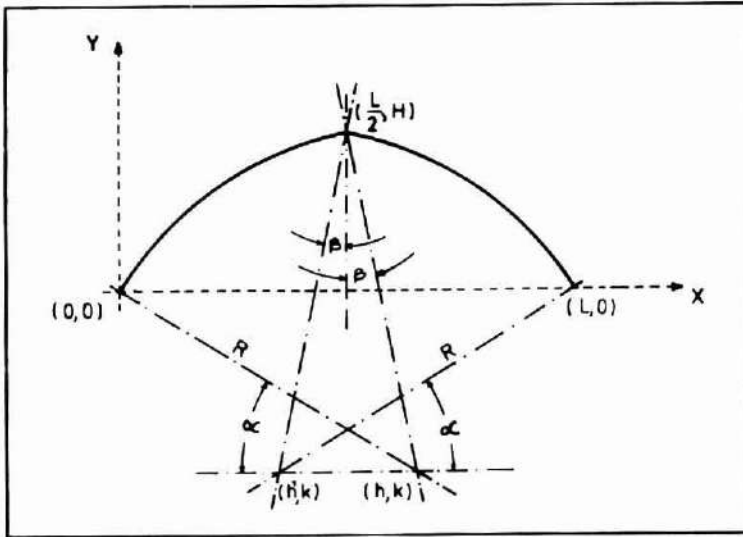
Durante 1978, en Canadá, se experimentaron cultivos cubiertos en invernaderos cuya estructura estaba constituida por arcos de madera laminada encolada. La ventaja de este tipo de estructura radica en la duración de su vida útil, superior a la de materiales alternativos, en la facilidad de montaje, en la reducción de los costos y en la posibilidad de proporcionar las luces y alturas requeridas como para introducir elementos de trabajo (tractores, arados, personas, etc.).

Diseño y Cálculo

Diseño de los Arcos. La estructura de los invernaderos se realiza mediante dos arcos triarticulados, separados entre sí por una distancia de tres metros y unidos a una viga principal. Dichos arcos se unen entre sí mediante costaneras para su arriostramiento, así como los dos primeros de cada extremo tienen diagonales con el mismo propósito (ver Figura 1). La fundación se realiza con poyos de hormigón, los cuales tienen insertadas placas metálicas para realizar la unión arco-fundación mediante pernos (ver Detalle A en Figura 1).

Para el diseño de los arcos son datos del proyecto la luz (L), la altura (H) y el radio de curvatura (R). Para este último, la experiencia obtenida en la Planta Piloto de Madera Lamina-da del Instituto Forestal indica que para el Pino radiata "R" debe ser mayor o igual a 350 veces el espesor de las láminas.

FIGURA 2



De la geometría del arco (Figura 2), se obtienen todos los parámetros necesarios para el diseño.

$$h = \frac{L}{4} + \frac{H}{2} \sqrt{\frac{16 R^2}{4H^2 + L^2} - 1}$$

$$k = \frac{H}{2} - L \sqrt{\frac{R^2}{4H^2 + L^2} - \frac{1}{16}}$$

$$h' = L - h$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{|k|}{h} \right)$$

$$\beta = \arccos \left(\frac{H + |k|}{R} \right)$$

en que:

- h = abscisa del centro de curvatura
- k = ordenada del centro de curvatura
- h' = abscisa del centro de curvatura
- L = luz del arco
- H = altura del arco
- R = radio de curvatura del arco

Conocidos los parámetros geométricos de la estructura, interesa saber las cargas a las cuales estará sometido el arco. Estas son, básicamente, el peso propio y el viento, y eventualmente la nieve y el sismo.

Una vez determinados los esfuerzos a los que estará sometido el arco debido a las cargas que lo solicitan, se procede al diseño propiamente tal. Para ello se determinan primero las tensiones de diseño del Pino radiata laminado encolado, de la siguiente forma (de acuerdo con la Norma Chilena NCh 1198)..

- 1) Se obtienen las tensiones básicas del pino para el estado seco (H=12%).
- 2) Se multiplican las tensiones básicas por la razón de resistencia del pino que es 0,5 y se obtienen las tensiones admisibles.
- 3) Las tensiones admisibles se multiplican por los siguientes factores de modificación.
 - i) Corrección por humedad
 - ii) Por duración de la carga
 - iii) Por peligro de pudrición (cuando existe)
 - iv) Por laminación
 - v) Por curvatura (sólo la flexión),
obteniéndose así las tensiones de diseño.

El diseño del arco debe cumplir con las siguientes prescripciones:

$$\begin{aligned}
 \text{i)} \quad & \frac{\sigma_{f, \text{tr}}}{\sigma_{f, \text{dis}}} + \frac{\sigma_{\text{cp, tr}}}{\sigma_{\text{cp, dis}}^{\text{P}}} \leq 1.0 \\
 \text{ii)} \quad & \frac{3\sigma_{f, \text{tr, R}}}{\tau_{\text{cz, dis}}} \leq 1.0 \\
 \text{iii)} \quad & \frac{\tau_{\text{cz, tr}}}{\tau_{\text{cz, dis}}} \leq 1.0
 \end{aligned}$$

en que:

$$\sigma_{f, \text{tr}} = \text{tensión de trabajo a la flexión, Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{f, \text{dis}} = \text{tensión de diseño a la flexión, Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{cp, tr}} = \text{tensión de trabajo a la compresión paralela, Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{cp, dis}}^{\text{P}} = \text{tensión de diseño a la compresión paralela por pandeo, Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{f, \text{tr, R}} = \text{tensión radial de trabajo a la flexión, Kg/cm}^2$$

$$\tau_{\text{cz, tr}} = \text{tensión de trabajo al cizalle, Kg/cm}^2$$

Ejemplo de Cálculo. Se requiere diseñar un invernadero de 9 metros de luz, 3.0 metros de altura y 5 metros de radio de curvatura mediante arcos de madera laminada encolada. Se tienen láminas de Pino radiata de 14 mm de espesor con un contenido de humedad de 15%b.

Las cargas que lo solicitan son:

Peso propio : 10 Kg/m² durante 10 años
 Viento : 60 kg/m² durante 1 hora

Solución:

a) Geometría:

$$\begin{aligned} \text{con } R &= 5 \text{ m} & h &= 4.58 \text{ m} \\ L &= 9 \text{ m} & \Rightarrow k &= -2.00 \text{ m} \\ H &= 3 \text{ m} & h' &= 4.42 \text{ m} \\ & & \alpha &= 23.6^\circ \\ & & \beta &= 1.0^\circ \end{aligned}$$

b) Esfuerzos internos:

Del análisis estructural del arco se obtienen los siguientes valores para los esfuerzos internos.

$$\begin{aligned} M \text{ máx} &= 35.000 \text{ Kg} \cdot \text{m} \\ N \text{ máx} &= 140 \text{ Kg} \\ Q \text{ máx} &= 400 \text{ Kg} \end{aligned}$$

c) Tensiones de diseño:

SOLICITACIONES (Kg/cm ²)					
ITEM	Flexión	Comp.//	Cizalle	\bar{E}_t	OBSERVACIONES
T. Básica	212	148	23	85.200	H = 12°/o
RR	0,5	0,5	0,5	—	Por norma
FM ₁	0,85	0,85	0,91	0,94	Por humedad
FM ₂	1,47	1,47	1,47	1,47	Por durac. carga
FM ₃	1,1	1,1	1,2	1,2	Por laminación
FM ₄	1,98	—	—	—	Por curvatura
T. de Diseño	142,8	101,7	18,5	141.275	H = 15°/o

d) Diseño por flexo-compresión:

$$\text{Sea } b = 5 \text{ cm} \Rightarrow i_{mín} = 1.44 \text{ cm}$$

$$S_t = 5h \text{ cm}^2$$

$$W = \frac{5h^2}{6} \text{ cm}^3$$

$$\lambda = \frac{L_p}{i_{\min}} \quad \text{con } L_p = \text{distancia entre costaneras} = 150 \text{ cm}$$

$$\therefore \lambda = \frac{150}{1.44} = 104.2$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{\pi^2 \times 141.275}{2 \times 101.7}} = 82.8$$

$$\therefore \lambda > \lambda_0 > 38 \Rightarrow \text{columna larga}$$

$$\sigma_{c, \text{dis}}^P = \frac{0.33 \times \pi^2 \times 141.275}{(104.2)^2} = 42.4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\therefore \frac{\sigma_{f, \text{tr}}}{\sigma_{f, \text{dis}}} + \frac{\sigma_{c, \text{tr}}}{\sigma_{c, \text{dis}}^P} \leq 1.0$$

$$\sigma_{f, \text{tr}} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{35.000}{5h^2} = \frac{7.000}{h^2} \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{f, \text{dis}} = 142.8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{c, \text{tr}} = \frac{N}{S_t} = \frac{30}{5h} = \frac{6}{h} \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{7.000}{142.8 h^2} + \frac{6}{42.4 h} \leq 1.0 \Rightarrow h \geq 7.1 \text{ cm}$$

Tomando 6 láminas de 14 mm $\Rightarrow h = 84$ mm, luego, la escuadría del arco será 50 x 84 mm.

e) - Verificación por curvatura:

$$\sigma_{f, \text{tr}, R} = \frac{3M}{2Rbh} = \frac{3 \times 35.000}{2 \times 500 \times 5 \times 8.4} = 2.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\therefore \frac{\sigma_{f, tr, R}}{\tau_{cz, dis}} = \frac{2.5}{18.5} = 0.14 < 1.0 \quad \text{O.K.}$$

f) Verificación por corte:

$$\tau_{cz, tr} = \frac{1.5 \times Q}{bh} = \frac{1.5 \times 400}{5 \times 8.4} = 14.3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\therefore \frac{\tau_{cz, tr}}{\tau_{cz, dis}} = \frac{14.3}{18.5} = 0.77 < 1.0 \quad \text{O.K.}$$

Especificaciones de Fabricación

- i) Especie maderera: Pino radiata (Pinus radiata D. DON)
- ii) Contenido de humedad: $15 \pm 1\%$. Se puede medir con un xilohigrómetro calibrado para la especie.
- iii) Escuadría de las piezas: El ancho debe tener un exceso de por lo menos 15 mm sobre el ancho final del arco laminado. El espesor debe ser menor a $R/350$, siendo R el radio de curvatura del arco.
- iv) Uniones de extremo: Para obtener el largo deseado de las láminas, éstas se deben unir por sus extremos mediante el sistema denominado "finger-joint". La distancia mínima entre dos uniones en láminas adyacentes deben ser de 46 cm.
- v) Estado de superficies a encolar: Cepilladas, sin lijar y limpiar. El tiempo que debe mediar entre el cepillado y el encolado no debe superar las 24 horas.
- vi) Adhesivo: Se debe usar un adhesivo para exteriores tal como el Resorcinol-Formaldehído, el cual debe ser aplicado en una cantidad equivalente a 600 gr/m^2 por línea de cola.
- vii) Presión de prensado: Debe ser constante a lo largo del arco y a través de todo el tiempo de prensado. Esta debe ser igual a 7 Kg/cm^2 .
- viii) Grado de terminación: Cepillado y lijado por las cuatro caras.
- ix) Tolerancias: Se acepta una tolerancia de $\pm 1 \text{ mm}$ en el ancho y alto y de $+ 5 \text{ mm}$ en el largo.
- x) Protección: Se debe aplicar barniz del tipo Madison a todo el arco de acuerdo a las prescripciones del fabricante.
- xi) Certificación de calidad: Todo arco laminado debe llevar un sello de calidad otorgado por organismo competente, que acredite calidad de fabricación y de resistencia.

Montaje .

Para el montaje de los arcos laminados en el terreno se deben realizar las siguientes actividades:

Instalación de Faenas. Consiste en ubicar dentro de la obra zonas destinadas a bodegas, oficinas, camarines, casetas sanitarias, etc., según lo requiera la magnitud de las faenas. La bodega es necesaria, debido a que en ella se deben almacenar los materiales requeridos para la construcción del invernadero (cemento, arena, fierro, clavos, pernos, polietileno, etc.) y además los arcos laminados para protegerlos de la intemperie.

Es importante ubicar estas zonas en áreas donde no dificulten el movimiento interno de la obra y donde pueda realizarse una fácil manipulación de los materiales y arcos. El costo de traslado incide en el costo total en un cierto porcentaje no despreciable, por lo cual es necesario hacer estudios de tiempo vs recorrido en la obra.

Replanteo. En esta etapa se procede a materializar el plano de fundaciones. Para ello, lo primero que se debe realizar es nivelar el terreno. Luego se colocan estacas de manera que formen dos ejes perpendiculares entre sí, y se procede a trazar los ejes de las fundaciones con cal.

Fundaciones. Una vez realizado el replanteo, se excavan los dados para las fundaciones y luego se hormigonan colocando la pletina metálica de unión arco-fundación nivelándola de acuerdo con la pendiente que pueda existir en el terreno.

Estructura auxiliar. Para montar los arcos es necesario instalar una estructura auxiliar en la cual se apove la viga central del arco. Esta estructura auxiliar puede ser tan simple como un andamio.

Montaje de los arcos. Se coloca primero un semi-arco en la pletina metálica de la fundación, se marcan las perforaciones para los pernos de unión y se hacen dichas perforaciones. Luego se levanta el arco, colocan las escuadras metálicas de la unión de cumbrera y se procede a hacer lo mismo con el otro semi-arco.

Arriostramientos. Se realizan a medida que se levantan los arcos. La operación consiste en colocar costaneras a una distancia de 1.0 y 1.5 m entre una y otra, según sea el desarrollo del arco. Los dos primeros y los dos últimos arcos se deben arriostar además mediante diagonales tal como se indica en la Figura 1. Tanto las costaneras como las diagonales van clavadas.

Accesos y Ventilación. Una vez que se ha levantado el total de la estructura y se ha arriostrado completamente, se procede a la ejecución de los accesos y ventilación. Estos se realizan en los dos extremos del invernadero, de acuerdo con las necesidades del caso.

Colocación del Polietileno. La colocación del polietileno se realiza de acuerdo a lo tradicional, cuidando que las uniones queden lo más estancas posible.

Costos de Fabricación

El costo de fabricación de un arco laminado, por metro cúbico terminado, se desglosa de la siguiente forma:

i) Materiales:

Madera	:	\$	18.000/m ³
Adhesivo	:	\$	22.000/m ³
Barniz	:	\$	7.800/m ³

ii) Mano de Obra:

Supervisor	:	\$	8.500/m ³
Jornales	:	\$	2.800/m ³
Carpinteros	:	\$	3.600/m ³

APUNTES

iii) Maquinaria y equipos:	\$ 12.000/m ³
iv) Energía:	\$ 2.200/m ³
v) Gastos Generales:	\$ 14.600/m ³
TOTAL :	\$ 91.500/m ³

El arco del ejemplo de cálculo, cuya luz es de 9 metros, tiene una escuadría de 50x 84 mm, lo que da un volumen de 0,0966 m³, con lo cual el precio de dicho arco es de \$ 8.839. Si con este tipo de arco se quisiera cubrir una longitud de 51 m se obtiene una superficie cubierta de 459 m² a un costo de \$ 346,6/m² por concepto de estructura laminada.

SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES. Santiago Barros A. Ingeniero Forestal, U. de Chile. División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554, 3er. Piso. Santiago - Chile.

Entre los días 6 y 10 de abril recién pasado se realizó en Buenos Aires, Argentina, el Simposio Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales. El encuentro contó con la participación de más de 300 invitados y delegados de Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Chile, Francia, Inglaterra, Italia, México, Nueva Zelandia, Sudáfrica y Uruguay.

Se presentaron y discutieron algo más de 90 trabajos, concitando la mayor atención e interés aquellos referidos a programas y técnicas de mejoramiento genético de especies de los géneros Pinus, Eucalyptus, Populus y Salix.

El simposio fue organizado por CIEF (Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales), contando con el apoyo de IFONA (Instituto Forestal Nacional) y el auspicio de diversas empresas privadas del sector forestal argentino.

Distintas instituciones y empresas chilenas estuvieron representadas en el simposio; como las Escuelas de Ingeniería Forestal de la Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Valdivia, el Instituto Forestal, la Corporación Nacional Forestal, Forestal Río Vergara, Forestal Mininco y Celulosa Constitución. Especialmente invitados asistieron los profesores de la Universidad Austral de Valdivia Sres. Roberto Delmastro y Juan Schlatter.

El Instituto Forestal edita regularmente, publicaciones y estudios de investigación y desarrollo forestal. En esta sección damos a conocer las publicaciones más recientes, al tiempo que se comenta su contenido y se publica su valor de venta.

1.— APLICACION DE ESTIMULANTES Y RENDIMIENTOS DE OLEORRESINA EN DOS RODALES DE PINO RADIATA. Informe Técnico N° 99. División de Industrias, Instituto Forestal, Santiago, Chile, 1987. 49 págs.

La extracción de oleorresina de los bosques de Pino radiata, representa en la actualidad una alternativa de interés en el marco de la utilización integral del recurso forestal. Por ello es necesario investigar y desarrollar métodos de extracción y utilización, que sean técnica y económicamente adecuados.

Sobre la base anterior, la Corporación de Fomento de la Producción, por intermedio de su Gerencia de Desarrollo, encargó este estudio al Instituto Forestal, institución esta última que por este intermedio lo coloca a disposición de profesionales y empresarios del Sector Forestal.

El documento de 49 págs., proporciona antecedentes generales acerca de la oleorresina como subproducto del bosque y determina el rendimiento de los procesos de resinación mediante la aplicación de tres diferentes estimulantes químicos. En los primeros capítulos se presentan antecedentes generales relativos a las diversas técnicas de obtención de la oleorresina, y los productos y derivados que es posible obtener a partir de ella. Luego se describen diversos métodos de resinación, en especial el que actualmente se aplica en Chile, al mismo tiempo que se caracterizan los ensayos que se desarrollaron para probar las técnicas propuestas.

Dichos ensayos se realizaron durante dos temporadas consecutivas de resinación (períodos estivales 1984/85 y 1985/86) y tuvieron lugar en dos rodales de pino muy diferentes, ubicados en la provincia de Valparaíso, Quinta Región.

En ambos rodales, el mayor rendimiento de oleorresina se obtuvo con un nuevo estimulante a base de ethrel, al 80/o de concentración.

Este estudio de gran interés para los profesionales, empresarios y propietarios de predios forestales, está disponible para consulta en la Biblioteca del Instituto Forestal.

Valor del ejemplar: \$ 1.500.-

2.— EL MERCADO FORESTAL MUNDIAL. UNA VISION GLOBAL. Serie Informática N° 31. División de Estudios Económicos, Instituto Forestal, Santiago - Chile, 1986. 56 págs.

Siendo Chile una nación forestal, debido principalmente a la abundancia de suelos de aptitud forestal y de la enorme superficie cubierta con plantaciones forestales de alta productividad, la mayor proporción de su producción futura debe comercializarse en el mercado internacional.

Por ello entonces, resulta de gran interés estudiar y conocer la estructura del Mercado Forestal Mundial, para lo cual el Instituto Forestal ha editado un interesante documento con los antecedentes básicos que permiten conocer en forma precisa y breve este importante sector. El estudio que damos cuenta en esta oportunidad forma parte del proyecto denominado Diagnóstico sobre demanda y perspectivas para los productos forestales de Chile en el mercado latinoamericano a mediano y largo plazo, contratado a INFOR, por la Corporación de Fomento de la Producción.

Respecto de las perspectivas que presentará, el estudio señala que el balance de la oferta y la demanda de rollizos para el abastecimiento industrial estará equilibrado al año 2.000. Según se establece la industria del aserrío será la principal demandante de madera rolliza con una participación que disminuirá respecto del total de la industria primaria, al 500/o el año 2.000. Un 400/o lo consumirá la industria de la pulpa y el papel periódico, rubros en los cuales la materia prima chilena basada en pino radiata mostrará interesantes efectos.

El documento analiza además las características del comercio mundial comparado con el forestal; el comercio mundial de madera rolliza industrial, madera aserrada, pulpa, papel periódico y tableros de madera; la evolución de los precios de los principales productos forestales, las perspectivas mundiales del abastecimiento de trozos industriales; las perspectivas mundiales y de América Latina de la producción de productos forestales primarios.

En sus 56 páginas, incluidas los anexos, este documento deja establecida las principales variables que caracterizan el comercio y la



producción de los principales productos forestales, lo cual le permite al profesional, empresario y autoridad, proyectar la importancia que podría tener la actividad forestal chilena, en el mercado forestal mundial.

Valor del ejemplar \$ 1.600.-

3.- VOCABULARIO FORESTAL UNITÉRMINO. Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1987. 43 págs.

La Biblioteca del Instituto Forestal, desde que éste fuera creado, ha incorporado una abundante cantidad de información técnica y miscelánea, vinculada a temas forestales y madereros, constituyéndose en la más completa colección de títulos nacionales y extranjeros existentes en el país.

La más reciente información sobre el particular, estableció que el patrimonio bibliográfico de esta Biblioteca alcanza a más de 4.000 libros, a 415 publicaciones periódicas, 490 títulos de publicaciones seriadas y más de 6.000 documentos nacionales y extranjeros. Teniendo en cuenta la multiplicidad y diversidad de los documentos depositados en ella, ha sido necesario desarrollar una terminología para identificar y recuperar los documentos, procesado a través de un sistema creado para tal efecto denominado UNITÉRMINO.

Precisamente, el VOCABULARIO FORESTAL UNITÉRMINO está constituido por términos que representan conceptos o combinaciones de conceptos, los cuales cubren todos los aspectos referentes a silvicultura y manejo del bosque, así como a áreas afines a la actividad forestal, constituyéndose en un útil y fácil sistema para acceder a la más completa colección nacional de publicaciones seriadas y documentos extranjeros de títulos forestales.

El Vocabulario Forestal Unitérmino, contiene 3.400 términos en la actualidad y fue íntegramente procesado por los profesionales de la Biblioteca de INFOR, encabezados por la Bibliotecaria Jefe, buscando responder eficazmente a las necesidades de los numerosos usuarios nacionales y extranjeros, que concurren en busca de información.

Esta publicación de 43 páginas, 30 de las cuales están dedicadas a entregar los términos ordenados alfabéticamente, constituye una valiosa herramienta para profesionales, ejecutivos, autoridades y estudiantes, interesados en conocer las diferentes materias de bibliografía extranjera que la biblioteca del Instituto Forestal tiene a disposición de los interesados.

El VOCABULARIO FORESTAL UNITÉR-

MINO está a disposición de los interesados en las Oficinas del Instituto Forestal, en Santiago (Huérfanos 554) y Concepción (Barros Arana 121).

Valor del ejemplar \$ 500.-

4.- PUERTO RICO: PERSPECTIVAS DE EXPORTACION DE MADERA ASERRADA Y PAPEL PERIODICO DE PINO RADIATA CHILENO. Cuaderno de Mercado Nº 1. Gerencia Técnica, Instituto Forestal. Santiago-Chile, 1987. 49 págs.

El sector forestal chileno se encuentra desde ya abocado a la tarea de conquistar y consolidar nuevos mercados en el exterior, buscando así colocar los volúmenes de madera de que se dispone en la actualidad, los cuales se incrementarán de manera considerable en los próximos años.

En esa perspectiva, el Instituto Forestal ha centrado especial atención en Latinoamérica, región que por razones geográficas constituye el mercado natural de nuestros productos forestales. Puerto Rico, en particular, ha sido identificado como uno de los mercados más promisorios, en el cual nuestro país está efectuando ya colocaciones desde hace varios años.

Esta publicación de INFOR, que se enmarca dentro del Proyecto "Diagnóstico sobre demanda y perspectivas para los productos forestales de Chile en el mercado latinoamericano a mediano y largo plazo", presenta información indispensable para el potencial exportador a Puerto Rico, referente a las necesidades de importación del país, participación de Chile en el mercado, características de los sectores destinatarios de la madera, etc.

Puerto Rico presenta en la actualidad un Producto Interno Bruto per cápita de US\$ 6.000, nivel similar al de los países europeos, que se ha conseguido como resultado de un importante proceso de desarrollo, en el cual el sector construcción ha jugado un papel relevante. El país, sin embargo, sólo posee un recurso forestal de escasa importancia.

En las importaciones que el país efectúa para satisfacer prácticamente la totalidad de sus necesidades de productos forestales, Chile ha venido cobrando una importancia creciente. En la actualidad, nuestro país ha logrado conquistar el 37% del mercado de madera aserrada de coníferas, con un volumen de 36.000 m³, y el 6,4% del mercado de madera elaborada. Las proyecciones señalan

además que en el futuro la demanda de Puerto Rico se expandirá considerablemente, de modo que ese mercado representará para Chile grandes posibilidades de colocaciones futuras, junto con constituir la puerta de entrada al extenso mercado de Estados Unidos, por su condición de Estado Libre Asociado.

Con este documento de 49 págs., el Instituto Forestal inicia una serie especial de publicaciones, denominada "*Cuadernos de Mercado*", que tendrá por objetivo proporcionar estudios sucesivos referentes a los diversos mercados. De este modo se espera entregar a las personas vinculadas al sector, especialmente a los exportadores y a las autoridades, la información que se requiere para concretar exitosamente la colocación de los productos forestales chilenos en el mercado internacional.

Este documento, de gran interés para los exportadores forestales chilenos, profesionales y empresarios, está disponible para adquisición y consulta en el Instituto Forestal.

Valor del ejemplar: \$ 1.500.-
Precio para estudiantes: \$ 800.-

5.— SISTEMA DE INFORMACION DE EXPORTACIONES FORESTALES CHILENAS. División de Estudios Económicos, Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1987. 12 fasc.

Como parte de la política de apertura al comercio exterior que ha impulsado el supremo gobierno en los últimos años, el sector forestal chileno ha colocado en los mercados internacionales volúmenes crecientes de diversos productos, generando así montos importantes de divisas y llegando a ser uno de los sectores exportadores más dinámicos.

El desafío de conquistar y consolidar nuevos mercados ha obligado a las empresas del sector a desplegar grandes esfuerzos de venta, en un escenario de alta competitividad en el cual los productos chilenos deben enfrentarse con los que provienen de países con una larga tradición forestal, para satisfacer la demanda de compradores cada vez más exigentes, que requieren productos de alta calidad adecuados para usos específicos.

En los próximos años, los mercados externos no sólo mantendrán, sino que intensificarán significativamente sus exigencias de calidad a la producción forestal chilena. Si a lo anterior se agrega la gran disponibilidad de madera en pie que ya existe en el país y que se incrementará en forma considerable en un futuro próximo, superando ampliamente las necesidades del mercado interno, se puede

visualizar la enorme importancia que a la gestión exportadora se otorga en la actualidad. En este contexto, la información de comercio exterior del sector constituye para el exportador actual o potencial una herramienta de apoyo indispensable para profesionalizar la comercialización externa de sus productos en las condiciones de mercado del momento. Asimismo, dicha información resulta fundamental para las autoridades responsables de diseñar y poner en marcha las políticas más adecuadas para impulsar el desarrollo de los diversos sectores productivos del país.

Consciente de esta realidad, el Instituto Forestal, por encargo de la Corporación Nacional Forestal, ha venido desarrollando desde hace varios años el Sistema Informático de Exportaciones Forestales, que tiene por objetivo recopilar, procesar y difundir toda la información básica referente a la gestión exportadora del sector forestal chileno. A través del desarrollo de este Sistema de Información abierto a los interesados de Chile, el INFOR ha llegado a ocupar una posición de liderazgo en este campo, lo cual le permite en la actualidad proporcionar a los suscriptores de este servicio información completa, precisa y oportuna, en términos de volumen y valor de los embarques, mercados de destino, precios medio y empresas exportadoras.

La información de Exportaciones Forestales es actualizada mensualmente con los últimos datos disponibles, difundidos a través de una publicación mensual que se distribuye mediante suscripción.

Cada publicación proporciona las cifras acumuladas al mes respectivo, así como la comparación con la gestión realizada en el mismo período del año anterior. La información incluye todos los productos que el sector vende en el exterior, analizando en forma más detallada los de mayor importancia. Datos más desagregados que los publicados se encuentran también a disposición de los suscriptores del Sistema, en el computador, además de la asesoría en esta materia, de los profesionales de INFOR.

Los interesados en suscribir a este completo y oportuno sistema de información de comercio exterior forestal, deben remitir sus antecedentes incluyendo un cheque nominativo y cruzado a la orden del Instituto Forestal.

Valor de la suscripción: \$ 50.000.-

6.— MANUAL DE CALCULO DE CONSTRUCCIONES EN MADERA. Manual N° 13.

División de Industrias. Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1978. 2a Ed. 478 págs.

Como resultado de los constantes progresos alcanzados en el campo de la tecnología de la madera, ésta constituye en la actualidad un material adecuado para una gran variedad de usos en la construcción, de amplias posibilidades estéticas, capaz —cuando ha sido convenientemente procesada— de ofrecer una alta durabilidad y resistencia a los factores ambientales y de costo comparativamente bajo frente a otros materiales alternativos.

El aprovechamiento más eficiente de las múltiples posibilidades que la madera ofrece para la construcción hace necesario que los profesionales de este sector dispongan de información completa, precisa y clara referente al diseño y cálculo de elementos constructivos capaces de satisfacer exitosamente los requerimientos a los que se verán sometidos en servicio.

Respondiendo al creciente interés de estos profesionales, la División Industrias del Instituto Forestal elaboró el "*Manual de Cálculo de Construcciones en Maderas*", que proporciona toda la información necesaria para diseñar elementos estructurales de madera de uso corriente en la construcción.

Los métodos y procedimientos de cálculo que este Manual da a conocer son los especificados en la norma chilena "*Madera. Construcciones en Madera. Cálculo*" (NCh 1198E Of.77), publicada por el Instituto Nacional de Normalización, complementados con toda la información adicional que el calculista pueda requerir.

A lo largo de 478 páginas, que incluyen gran cantidad de tablas y figuras, se estudian las Propiedades Físicas, Mecánicas y Geométricas de la madera; el diseño y cálculo de diversos tipos de Vigas, Columnas, Marcos, Cerchas, Diafragmas y Sistemas Constructivos Especiales; las disposiciones que deben cumplir diferentes tipos de Uniones (Clavadas, Apertadas, con Conectores y otras); la fabricación, aplicaciones y especificaciones que rigen el uso de la Madera Laminada, junto con el diseño y cálculo de elementos construidos con este material.

El manual se ha estructurado de tal modo que contenga todos los datos necesarios para realizar cualquier cálculo de elementos estructurales de madera. Entre la información complementaria que se entrega para tal efecto, se incluyen normas detalladas para el diseño de elementos sometidos a diferentes tipos de cargas y se proporciona además una completa tabla de conversión de unidades.

Con el fin de aumentar el valor didáctico

de esta obra, y a objeto de transformarla en una fuente de consulta permanente, se entregan más de sesenta problemas resueltos que abarcan todas las materias tratadas en la norma nacional de cálculo para maderas, además de un extenso glosario de terminología.

Esta publicación está disponible para consulta en las oficinas del Instituto Forestal en Santiago (Huérfanos 554) y en Concepción (Barros Arana 121).

Valor del ejemplar: \$ 1.500.-

7.— COMPENDIO DE TABLAS AUXILIARES PARA EL MANEJO DE PLANTACIONES DE PINO INSIGNE. Manual Nº 14. Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1985. 140 págs.

El sector forestal chileno se enfrenta en la actualidad a la necesidad creciente de contar con más y mejor información sobre el manejo de las plantaciones con la especie *Pinus radiata*, recurso que ha aumentado considerablemente en los últimos años y que se incrementará aun más en un futuro próximo, como resultado de la política de fomento a la forestación puesta en marcha hace ya algún tiempo.

Chile ha logrado generar una gran cantidad de información dendrométrica de alta calidad, que constituye un apoyo fundamental para mejorar la eficiencia de la planificación y la toma de decisiones de manejo de la especie señalada. Sin embargo, este gran esfuerzo de investigación desplegado por las Universidades e instituciones públicas y privadas no se ha aprovechado convenientemente, porque sus resultados permanecían hasta ahora dispersos y no se habían difundido entre sus potenciales usuarios.

Esta publicación, preparada por la División Silvicultura del Instituto Forestal, como parte de un proyecto financiado por la Corporación de Fomento de la Producción, reúne y codifica la información disponible acerca de distintas técnicas, métodos, ecuaciones y tablas desarrolladas en Chile para *Pinus radiata*. Este trabajo persigue un doble objetivo: hacer accesible esta información a los encargados de la evaluación física y del manejo de las plantaciones de pino insignie y contribuir a la normalización y unificación de los métodos y técnicas que se aplican en la medición y el manejo de la especie.

Combinando datos científicos y precisos con información práctica, esta publicación de 140 páginas proporciona a través de nume-

rosas tablas y figuras gran parte del conocimiento acerca del tema generado en el país, incluyendo información obtenida de una serie de proyectos que ha desarrollado el Instituto Forestal, con el objetivo de mejorar las técnicas de manejo de plantaciones. Este compendio de tablas auxiliares pretende convertirse en una fuente de consulta permanente; por su carácter de manual, el énfasis está puesto en los métodos y prácticas de medición más sencillos.

Las tablas auxiliares se presentan agrupadas en cuatro capítulos: el primero corresponde a los antecedentes dendrométricos de la especie a nivel del árbol individual; el segundo proporciona información a nivel de rodal; el tercero datos relativos a conversión de unidades, transformación de productos, equivalencias, etc., y el cuarto información general sobre algunos aspectos del comercio exterior de madera aserrada y rollizos de *Pinus radiata*, incluyendo un glosario de los términos más usados.

El "Compendio de Tablas Auxiliares para el Manejo de Plantaciones de Pino Insigne" se encuentra a disposición de los interesados en las oficinas del Instituto Forestal en Santiago (Huérfanos 554) y Concepción (Barros Arana 121).

Valor del ejemplar: \$ 2.000.-

8.- ESPECIES FORESTALES EXOTICAS DE INTERES ECONOMICO PARA CHILE. División de Silvicultura, Instituto Forestal. Santiago - Chile. 1986. 168 págs.

Desde su creación, el Instituto Forestal ha concedido gran importancia a las especies forestales exóticas, como recurso de rápido crecimiento adecuado para satisfacer la demanda de productos específicos que no pueden ser generados con el bosque nativo, por sus reducidas tasas de crecimiento, o bien porque las actuales condiciones de mercado y precios de las maderas duras no justifican las inversiones que serían necesarias para poner en producción las áreas de bosques naturales explotables que existen en el país.

En 1962, INFOR dio inicio a su programa de Introducción de Especies Forestales, con el objetivo de seleccionar aquellas especies exóticas más adecuadas para establecer en el país un nuevo recurso boscoso, incorporar a la producción forestal terrenos subutilizados y hacer posible una diversificación de las plantaciones.

Hasta el año 1974 se habían establecido ya

7.665 parcelas en 61 lugares de ensayo, ubicados entre las regiones IV y XI del país. El número de especies ensayadas superaba las 160, cifra que asciende a casi 400 si se incluyen las subespecies, variedades, cultivares y procedencias.

En la actualidad, Chile ya dispone de 1,1 millones de hectáreas plantadas con especies exóticas, de las cuales casi un 90% corresponde a *Pinus radiata* D. Don. En estas circunstancias, el establecimiento de nuevas plantaciones con especies introducidas sigue constituyendo una alternativa altamente recomendable, como una forma de discontinuar el monocultivo de *Pinus radiata*, reduciendo así el riesgo de problemas fitosanitarios, y de iniciar la puesta en producción de extensas superficies de suelos forestales que actualmente se encuentran subutilizados y que por no ser adecuadas para la plantación de *Pinus radiata* no han sido consideradas en planes de forestación a gran escala.

Este documento, elaborado por la División Silvicultura de INFOR, responsable del proyecto, proporciona los resultados más significativos obtenidos en los 25 años del programa, con el fin de que los forestadores dispongan de la información indispensable referente a las especies más recomendables para distintas condiciones de clima y suelo y para la obtención de diversos productos finales. Junto con entregar la información sobre supervivencia y desarrollo, se define la cobertura geográfica de los resultados obtenidos.

La publicación, de 168 páginas e impresa a todo color, entrega a través de numerosos cuadros, figuras y mapas los resultados correspondientes a catorce unidades edafoclimáticas del país, además que permite el acceso a información complementaria que se encuentra en la base de datos desarrollada como uso de los resultados del proyecto. Se incluyen también monografías de las once principales especies seleccionadas, en las cuales se entregan antecedentes relativos a las áreas sugeridas para forestar con ella, entre otras materias.

Para los profesionales, silvicultores, propietarios y ejecutivos de empresas interesadas en adquirirlo, se les informa que este valioso documento se encuentra disponible para consulta y venta en las oficinas del Instituto Forestal, en Santiago (Huérfanos 554) y Concepción (Barros Arana 121).

Valor del ejemplar. \$ 1.500.-

REGLAMENTO DE PUBLICACION

“INFOR-CHILE CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL, es una publicación técnica seriada del Instituto Forestal de Chile, que publica trabajos originales e inéditos o avances de investigación de sus profesionales y de aquellos que deseen difundir sus experiencias sobre Silvicultura, Manejo Forestal, Industria Maderera, Economía Forestal y Madera en la Construcción.

“La publicación aceptará colaboraciones sólo en dos idiomas: Español e Inglés. El texto de los artículos deberá redactarse en un lenguaje universal, que pueda ser comprendido no sólo por profesionales, en atención a que la publicación tiene por objetivo traspasar conocimiento y experiencia al sector forestal en general. Los artículos o trabajos, que transgredan esta disposición, serán devueltos a sus autores, para lo cual se dispondrá de 4 semanas desde la fecha de recepción, para comunicarlo.

“La publicación consta de 3 secciones:

a) Artículos: trabajos que contribuyan a ampliar el conocimiento científico y/o tecnológico, como resultado de una investigación o serie de experiencias, que se hayan efectuado siguiendo el método científico.

b) Apuntes: Comentarios y/o análisis sobre un tema en particular que presente un enfoque metodológico novedoso, o que corresponda a un avance de investigación en ejecución o dé cuenta de la realización de reuniones técnicas que permita especializar el conocimiento sobre el bosque y sus productos.

c) Bibliografía: Comentario sobre el contenido de libros, documentos o artículos, chilenos o extranjeros, de cuyo conocimiento puedan derivarse avances científicos y/o tecnológicos para el país.

Todos los artículos publicados, dará derecho al autor a recibir 20 reproducciones del mismo, para su empleo y distribución. Cantidades adicionales se deberán solicitar junto a la aprobación del texto, debiéndose considerar el importe respectivo por ello.

ESTRUCTURA Y PRESENTACION DE LAS COLABORACIONES

a) Artículos: Todos los trabajos presentados a esta sección deberán contener: Resumen (en español e inglés), Introducción, Material y Método, Resultado y Discusión, Referencias Bibliográficas. Eventualmente podrá incluirse un capítulo de agradecimientos, el que se incluirá antes de las Referencias Bibliográficas.

El título deberá ser representativo del efectivo contenido del artículo, construido con el mínimo de palabras, evitando el empleo de verbos, y abreviaciones.

El Resumen deberá contener el objetivo del trabajo, el material o metodología (en término genérico) empleada y los resultados fundamentales. Su extensión máxima será de 1 carilla o el equivalente a 20 líneas. Al final de cada resumen, el autor deberá entregar a lo menos 3 “palabras claves”, para lograr una adecuada clasificación bibliográfica de su contenido, para lo cual se empleará el Vocabulario Forestal Unitérmino de INFOR. El abstract, la traducción al inglés del resumen ya definido.

En la Introducción se incluirá la revisión bibliográfica efectuada, orientada a definir el estado actual del conocimiento sobre el tema, la importancia que implica su divulgación y la compatibilización de los principales resultados con su objetivo. Aquí no podrá incluirse cuadros ni figuras.

Los puntos relativos a material y método, deberán desarrollarse cuidando entregar información precisa y completa, que permita una visión clara de la metodología y materiales empleados en la investigación o estudios que originará el trabajo. Cuando la metodología no es original, deberá citarse con claridad su procedencia. Todas las citas taxonómicas deberán entregarse con el nombre científico subrayado (entre paréntesis) luego de citar el nombre vernáculo de la especie. Sólo se aceptarán cuadros y figuras que no repitan informaciones y se excluirán aquellas que registren antecedentes que hayan sido suficientemente desarrolladas en el texto. Las abreviaturas, magnitudes y unidades corresponderán a las aceptadas por organismos científicos, preferentemente las del Instituto Nacional de Normalización (INN).

En la sección Resultados, deberán aparecer todos los obtenidos, sin duplicar tablas ni figuras. Respecto de la discusión, corresponderá analizar aquí la relación entre el estado actual del problema planteado en la introducción y los resultados. No se incluirán nuevos resultados.

Las Referencias Bibliográficas se harán de acuerdo a las normas del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) de OEA, adaptadas al sistema "autor-año".

b) Apuntes: Los trabajos presentados a esta sección se estructurarán siguiendo el siguiente esquema:

- primero, descripción breve del método, fenómeno, avance o hecho que da cuenta, dando a conocer todos los elementos ambientales circunstanciales o técnicos, en el que se presente.
- luego, comentario sobre la trascendencia que representa para la actividad forestal chilena y para el desarrollo de la Ciencia Forestal.
- finalmente, análisis u opiniones respecto de su evolución o desarrollo futuro, así como también, el desafío que representa para los profesionales vinculados a la ciencia forestal y maderera.

El título no podrá exceder de siete palabras, deberá ser representativo de lo que se informa. Se aceptará redacción personal. El nombre del autor, así como su título o grado profesional e institución o empresa que trabaje, se incluirá luego del título del trabajo.

c) Bibliografía: Los análisis de artículos, libros, documentos técnicos a incluir en esta sección, se estructurarán cuidando explicar el objetivo de la publicación, análisis de la metodología empleada, comentario de sus resultados desde el punto de vista de su trascendencia para la ciencia forestal y maderera y breve reseña de la estructura, cuando se trate de un comentario de un libro o documento técnico.

El título de esta colaboración será el mismo de la publicación que analiza, seguido del nombre del o los autores, nombre de la editorial o revista o institución editora, año de publicación, extensión.

Al final del comentario, que será redactado en forma objetiva, se podrá incluir el nombre del autor o redactor, su especialidad y grado profesional e institución o empresa a la que pertenece.

PRESENTACION DEL ESCRITO

Para el caso exclusivo de ARTICULOS, todo el trabajo deberá escribirse en papel tamaño carta con 20 líneas por página, presentando en la primera página el título del trabajo, el nombre completo del autor, su título profesional, grado académico, el nombre y dirección de la institución o empresa a la que pertenece, y fecha de remisión del mismo.

En la segunda página se incluirá el resumen en español con una extensión no superior a 20 líneas, acompañado de 3 palabras claves para su clasificación, debiéndose emplear para ello el Vocabulario Forestal Unitérmino de INFOR. En la tercera página se entregará el resumen en in-

glés. En la cuarta página se desarrollará la Introducción, y así sucesivamente, en páginas nuevas, se iniciará cada sección del trabajo (Material y Método, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Bibliografía citada).

La extensión de los artículos será de 35 carillas tamaño carta como máximo y de 10 carillas como mínimo.

Los escritos correspondientes a Apuntes y Bibliografía se entregarán indicando en una primera página el título (más referencias bibliográfica para el segundo de los casos), el nombre del autor, su título profesional y grado académico, nombre de la institución o empresa a la que pertenece. A partir de la segunda página se desarrollará el texto del comentario.

Su extensión no podrá exceder las 15 carillas y tendrá como mínimo una extensión de 3 carillas en total.

Todos los cuadros, figuras, fotos o similares se enumerarán correlativamente a lo largo del trabajo. Todas las lecturas o notas explicativas, se entregarán en páginas separadas, cuya extensión no supere las 10 líneas, evitando duplicar información con el texto.

Los cuadros, gráficos y figuras, así como las fotos, respetarán la fuente de origen de la información que contiene o la autoría que representan, debiendo citarla al final de cada uno, o de la nota explicativa. Cada cuadro, gráfico o figura, se entregará en original más una fotocopia, en páginas separadas del texto mismo.

La posición ideal de cuadros, tablas, figuras y fotos la indicará el autor al margen del escrito, a la altura del texto donde sea sugerido, razón por la cual se dejará un margen de 5 cms. en cada página del texto.

Las fotos y figuras llevarán al reverso el número correlativo que corresponda, hecho con lápiz grafito, debiendo citarla al final de cada uno, o de la nota explicativa.

Sólo se reproducirán fotos en blanco y negro, siempre que reúnan buenas características de contraste, brillo y nitidez y sus dimensiones no sean inferior a 12 x 18 cms.

RECEPCION DE COLABORACION

Deberán enviarse en original y dos copias al Editor de la publicación, a Huérfanos N° 554, Piso 3º, Santiago, Chile.

