

ISSN 0716 - 5994

VOLUMEN 5 N° 2

**CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL**

DICIEMBRE 1991



INFOR

**INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE**

VOLUMEN 5 N° 2

**CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL**

DICIEMBRE 1991

**INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE**

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

- Director** : Tomás Balaguer Q.
- Editor** : Santiago Barros A.
- Consejo Editor** : José Antonio Prado D. Rolando Bennewitz B.
Ignacio Cerda V. Hans Grosse W.
Roland du Belloy G. Roberto Ipinza C.
- Editores Asociados** : René Alfaro (Canadá) Manuel Ortíz
Ronald Brun (Alemania) Hernán Peredo
Hernán Cortés Vicente Pérez
Fernando Cox Roland Peters
Roberto Delmastro Hernán Poblete
Claudio Donoso Juan Schlatter
Fernando Garrido Harald Schmidt
Bertram Husch Jorge Toro
Walter Kauman Antonio Vita
Roberto Melo Derek Webb (Canadá)
Eduardo Morales Daniel Wisecarver
Ramiro Morales Roy Wotherspoon
- Dirección Postal** : Huérfanos 554 Casilla 3085. Santiago Chile
Fonos 397911 - 391363
Fax 381286

El valor de la suscripción anual para 1991, que consta de dos ejemplares, es de \$ 6.000 incluido I.V.A., de \$ 3.000 para estudiantes y de US\$ 20,00 para el extranjero incluido el franqueo. El valor de cada ejemplar es de \$ 3.500, de \$ 1500 para estudiantes y de US\$ 12,00 incluido franqueo, para el extranjero.

La revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas.

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

CONTENIDO

Artículos	Pág.
Propagación Vegetativa de Tapa (Laurelia philippiana), Lingue (Persea lingue) y Mañío (Podocarpus saligna) a Partir de Estacas Rómulo Santelices	195
Obtención de Pulpa Kraft de Desechos y Astillas Comerciales de Eucalipto..... Sandra K. Rodríguez y Marco Torres	203
Secado de Aserrín en Lecho Fluidizado.... Rogelio Moreno M.	217
Un Modelo de Secado Natural de Eucalipto (Eucalyptus globulus L.) Rubén A. Ananías y Francisco P. Vergara	229
Compatibilidad y Eficiencia de Hongos Micorrízicos Vesículo-Arbusculares en Eucalyptus camaldulensis Dehnh. y Quillaja saponaria Mol. Roberto Godoy, Carlos Riquelme, Hernán Peredo y Rubén Carrillo	237
Crecimiento Juvenil de 32 Procedencias y 203 Familias de Eucalyptus globulus ssp. globulus , en la Zona Costera de la VIII Región de Chile Pedro Infante L. y José Antonio Prado D.	251
Apuntes	
Valorización de Rodales Coetaneos. Análisis y discusión de los métodos existente Iván Chacón C. y Rodolfo Neuenschwander A.	267
Apuntes sobre algunas Latifoliadas de Maderas Valiosas. 2. Paulownia spp Verónica Loewe M.	279
Mejora Genética y la Resistencia a Enfermedades y Plagas. Roberto H. Ipinza Carmona	301
Notas Bibliográficas	
La Industria del Aserrío 1990, Boletín Estadístico N° 23	

CONTENIDO

Directorio Forestal Chile - Instituto Forestal, 1991	319
Manual de Construcciones en Madera, Manual N° 10, 2da. Edición	320
Manual de Madera Laminada. Manual N° 11, 2da. Edición	320

Reglamento de Publicación

Reglamento de Publicación	321
Estructura de los Trabajos	321
Presentación de los Trabajos	323
Envío de los Trabajos	326

PROPAGACION VEGETATIVA DE TEPA (*Laurelia philippiana*), LINGUE (*Persea lingue*) Y MAÑIO (*Podocarpus saligna*) A PARTIR DE ESTACAS

Rómulo Santelices (*)

RESUMEN

*En este estudio se analiza la posibilidad de propagar vegetativamente las especies nativas Tapa (*Laurelia philippiana*), Lingue (*Persea lingue*) y Mañío (*Podocarpus saligna*), mediante el arraigamiento de estacas colectadas en primavera.*

Las estacas fueron tratadas con ácido indolbutírico (AIB) y se aplicaron tres diferentes niveles de temperatura en la base de éstas. Se las mantuvo en invernadero durante 10 meses y al final de este período se evaluó la supervivencia y la emisión de raíces. Posteriormente, se las transplantó al vivero y después de un año se evaluó la supervivencia y el crecimiento en altura y diámetro.

Se constató que las especies en estudio pueden ser propagadas vegetativamente por este método y que de los niveles de temperatura probados los más adecuados son 21°C para Tapa, 18-24°C para Lingue y 24°C para Mañío.

Palabras clave: *Propagación vegetativa. *Laurelia philippiana*. *Persea lingue*. *Podocarpus saligna*.*

ABSTRACT

*The possibility of vegetative propagation of Tapa (*Laurelia philippiana*), Lingue (*Persea lingue*) and Mañío (*Podocarpus saligna*), from rooting of cuttings collected in spring time is analyzed in this paper.*

The cuttings were treated with indolebutyric acid (IBA) and three different temperature levels were applied. Cuttings stayed 10 months in a greenhouse and later they were moved to the nursery for one year. At the end of both, the greenhouse and the nursery periods, the cuttings were controlled.

The species studied can be propagated by this methods and best results were obtained under a temperature of 21°C for Tapa, 18-24°C for Lingue and 24°C for Mañío.

Keywords: *Vegetative propagation. *Laurelia philippiana*. *Persea lingue*. *Podocarpus saligna*.*

INTRODUCCION

Tepa (*Laurelia philippiana*), Lingue (*Persea lingue*) y Mañío (*Podocarpus saligna*), son especies del bosque nativo chileno, consideradas tolerantes, que se pueden encontrar en diferentes asociaciones con otras, principalmente del género **Nothofagus**. Sus maderas son de gran valor, destacando su uso para la fabricación de chapas, tableros contrachapados y mueblería.

Debido a la gran demanda por sus maderas, los bosques con estas especies han sido sometidos a reiteradas explotaciones. Como se ha tendido a extraer lo mejor, sin un criterio silvícola, estos bosques se han empobrecido, tanto en la frecuencia como en la calidad de las especies remanentes.

Para revertir esta situación es urgente enriquecer estos bosques a través de plantaciones que servirán como complemento a la regeneración natural.

Una de las formas de reproducción es la propagación vegetativa. Esta se basa en la omnipotencia celular, es decir, las plantas son capaces de construir un organismo completo a partir de unas pocas células (cultivo meristemático) o en caso extremo a partir de una sola célula. Este método es una herramienta útil para regenerar algunas especies nativas de difícil propagación generativa.

Por ejemplo para Tepa, se lograron resultados preliminares que ya muestran la eficacia del método. Estacas de esta especie colectadas en otoño, tratadas en sus bases con temperaturas entre 20 y 25°C durante 6 meses en invernadero y posteriormente transplantadas a vivero por 1,5 años, desarrollaron una buena producción de raíces y registraron altos niveles de sobrevivencia y crecimiento (Santelices, 1990).

En el presente trabajo se amplía la investigación probando con estacas colectadas en primavera y con un mayor número de niveles de temperatura. El estudio se complementa con las especies lingue y mañío.

MATERIAL Y METODO

Diseño Experimental

El ensayo se planteó con un diseño estadístico completamente al azar, con tres tratamientos, 3 réplicas y 24 estacas por parcela.

Los niveles de temperatura en la base de las estacas (T) fueron los siguientes:

T1 : 18°C

T2 : 21°C

T3 : 24°C

Estacas

Las estacas de tepa utilizadas en el ensayo provienen del sector "Depósito" en la ribera sur-este del lago Pirehueico. Las estacas de lingue y mañío se colectaron en el área de Jauja, Precordillera Andina. El material de tepa y lingue se eligió de rebrotes de tocón. Para mañío no se encontraron tocones rebrotados, razón por la cual las estacas se seleccionaron de árboles jóvenes regenerados por monte alto bajo dosel, de una altura media de 80 cm (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1

ORIGEN DEL MATERIAL ENSAYADO

Antecedentes	Especie		
	Tepa	Lingue	Mañío
Procedencia	Depósito	Jauja	Jauja
Longitud W	71°53'	72°01'	72°01'
Latitud S	39°53'	38°06'	38°06'
Altitud (msnm)	630	790	600
Edad aproximada (años)	80	20-35	3-9
Exposición	En plano	En plano	En plano
Tipo de rebrote	Base fuste	Tocón	Regeneración
Edad de rebrote (años)	1-2	0,33	3-9
Arboles	6	5	5

Instalación del Ensayo

La metodología seguida en este trabajo se basa en los antecedentes sobre la propagación de estacas proporcionados por Silva (1968), Krussmann (1981) y Santelices (1990).

El ensayo se llevó a cabo en el invernadero y vivero del Centro Experimental Escuadrón de Forestal Mininco, ubicado 17 km al sur de la ciudad de Concepción.

La cosecha de material se realizó de madrugada en los primeros días del mes de Noviembre de 1988. Este se mantuvo siempre húmedo y se transportó ese mismo día al invernadero. Durante la noche se dejó con su base en agua y en completa oscuridad hasta el día siguiente, cuando se procedió a cortar las estacas. El primer corte se realizó 15 cm por debajo del brote apical.

Las estacas seleccionadas presentaron al menos 2 hojas y 3 brotes, de los cuales uno se localizó en sus bases. Los cortes se realizaron en un ángulo de 45° bajo agua fría, manteniéndose las estacas dentro de ésta.

El material se sumergió durante 15 minutos en una solución de AIB (1.000 ppm) mezclado con alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), tomándose las precauciones necesarias para evitar la degradación del ácido por efecto de la luz.

La temperatura en la base de las estacas fue controlada en una piscina con agua temperada. Esta se construyó con madera y como aislante se usó poliestireno. La parte interior se cubrió con polietileno. Cada nivel de temperatura fue regulado con termocalentadores eléctricos para acuarios.

A 10 cm sobre el nivel del agua se instaló una fina red sobre la cual se depositó el sustrato. Así se garantizó una óptima circulación de agua y oxígeno. El sustrato consistió en aserrín de **Pinus radiata**. Este se hirvió en agua por lo menos durante media hora para eliminar toxinas y hongos.

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

Diariamente y a cada hora se registró la temperatura ambiental y de las camas de arraigamiento. Las hojas de las estacas se mantuvieron húmedas por el uso de nebulizadores, no pasando la temperatura ambiental de los 30°C. Como medida preventiva se aplicó un fungicida sistémico y abono foliar a las hojas.

Las estacas permanecieron en las camas de arraigamiento del invernadero durante 10 meses, evaluándose finalmente esta etapa. Posteriormente fueron transplantadas al vivero, donde se mantuvieron cubiertas con malla Raschel de 50 % de cobertura para darles mayor protección.

Después de 1 año en el vivero, se controló la sobrevivencia y crecimiento de las estacas.

Durante el tiempo en el cual las estacas permanecieron en el vivero fueron sometidas a una poda horizontal de raíces, al término del período vegetativo y a una profundidad aproximada de 12 cm. Además, periódicamente se realizaron controles fitosanitarios.

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados del desarrollo de las estacas obtenido en la cama caliente de arraigamiento en el invernadero y en el vivero después de su transplante a las platabandas.

Después de permanecer 10 meses en estas camas de arraigamiento, se evaluó el desarrollo radicular de las estacas. La cantidad y longitud media de las raíces producidas por estaca se presentan en el Cuadro N° 2

Cuadro N°2

PRODUCCION MEDIA DE RAICES Y SOBREVIVENCIA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA DEL SUSTRATO

Especie	Temperatura Sustrato (°C)	Prod. Media Raíces por Estaca (1)		Supervivencia (1)
		Cantidad (N°)	Longitud (cm)	(%)
Tepa	18	16,1 a	3,9 ab	99 a
	21	16,8 a	5,6 a	92 a
	24	6,2 b	2,6 b	72 b
Lingue	18	0,6 a	0,4 a	35 a
	21	0,9 a	1,0 a	29 a
	24	2,5 a	1,5 a	35 a
Maño	18	6,2 b	1,5 b	61 a
	21	5,1 b	2,9 b	43 a
	24	7,5 a	6,7 a	26 b

(1) a, b, c: Valores medios señalados con letras minúsculas distintas se diferencian entre ellos a un nivel de confianza del 95%.

Para todas las especies estudiadas se logró inducir el desarrollo de raíces. Para tepa, el mayor número de raíces y la más alta supervivencia se obtuvo con 18 y 21°C, mientras que la mayor longitud de éstas con 21°C. Con 24°C se consiguió un moderado desarrollo radicular y supervivencia. Este último resultado difiere del presentado por Santelices (1990), quién con 25°C obtuvo una alta producción de raíces y supervivencia con estacas colectadas en otoño. Esta diferencia podría estar influenciada por la época de cosecha de las estacas. Es sabido que cada especie responde en forma diferente a los tratamientos que inducen la formación de raíces de las estacas. Uno de estos factores es la época de cosecha del mate-

rial. Es posible que estacas de tepa colectadas en primavera deban tratarse en forma diferente que aquellas obtenidas en otoño.

Para lingue no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos probados. Sin embargo, a medida que se aumentó la temperatura, se observó una tendencia a una mayor producción de raíces. Para todos los niveles de temperatura se obtuvo un baja sobrevivencia, que varió entre 29 y 35%.

Para mañío con 24°C se consiguió la más alta producción de raíces, en términos de cantidad y longitud de éstas. Con una mayor temperatura la sobrevivencia tendió a disminuir.

Para tepa el mejor desarrollo radicular se obtuvo entre los 18 y 21°C. Para lingue fue entre los 18 y 24°C, mientras que para mañío éste se consiguió con 24°C. La supervivencia baja para tepa y mañío a medida que aumenta la temperatura, en tanto que para el caso del lingue no se aprecia ninguna tendencia.

Después de cumplir la etapa en el invernadero, las estacas fueron transplantadas al vivero. Transcurrido un año se evaluó la supervivencia y crecimiento que tuvieron en ese período. Los valores medios de las variables analizadas se presentan en el Cuadro N° 3.

Las estacas de tepa tratadas en invernadero con 18 y 21°C presentaron mejor crecimiento y sobrevivencia en vivero que aquellas con 24°C. Se puede apreciar que las plantas que tuvieron mejor desarrollo y supervivencia, fueron aquellas con las cuales se logró inducir un mejor sistema radicular en invernadero. Estas plantas con una mayor masa radicular tuvieron mejores condiciones para absorber agua y nutrientes del suelo, lo que les permitió tener mayor crecimiento y supervivencia.

En vivero las estacas de lingue tuvieron una supervivencia cercana al 50%. Por efecto de la alta mortalidad y debido a que a algunas plantas se les secó el ápice, aparentemente se presenta un decrecimiento en la altura. A esto las plantas reaccionaron generando nuevos brotes. Aunque a un nivel muy bajo también se observó crecimiento diametral.

Cuadro N°3

**SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN VIVERO DE LAS ESTACAS ARRAIGADAS EN
 FUNCION DE DIFERENTES TEMPERATURAS EN INVERNADERO**

Especie	Tratamiento (°C)	Supervivencia (1) (%)	Altura (1)		Diámetro (1)	
			Inicial (cm)	Final (cm)	Inicial (cm)	Final (cm)
Tepa	18	80 a	16,5 a	24,5 a	6,4 a	8,2 a
	21	89 a	14,1 b	20,7 b	6,3 a	7,7 a
	24	50 b	13,3 b	14,4 c	6,2 a	7,0 a
Lingue	18	48 a	14,5 a	11,2 ab	3,9 a	4,4 b
	21	57 a	13,2 a	9,8 b	3,9 a	4,5 b
	24	48 a	14,4 a	12,8 a	3,9 a	4,8 a
Mañío	18	48 b	9,0 a	11,7 a	2,1 a	3,0 a
	21	74 a	7,8 a	9,4 a	2,3 a	3,0 a
	24	84 a	8,4 a	10,7 a	2,3 a	3,1 a

(1) a, b, c: Valores promedios señalados con letras minúsculas distintas se diferencian entre ellos a un nivel de confianza del 95%.

Las estacas de mañío tratadas con 21 y 24°C tuvieron una alta supervivencia en vivero. Con estos tratamientos se logró una mayor producción de raíces y, al igual que para las estacas de tepa, estas plantas pudieron captar más agua y nutrientes. El crecimiento en altura y diámetro no fue significativo.

Se puede observar que las estacas con las cuales se logró producir un sistema radicular más desarrollado en invernadero, posteriormente en vivero tuvieron mejores condiciones para absorber agua y nutrientes, razón por la cual también tuvieron un mejor crecimiento y supervivencia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones que a continuación se presentan, corresponden a resultados que se estiman preliminares y que posteriormente deben ser ampliados y afinados.

La especie tepa se puede reproducir fácilmente a partir de estacas.

Para la producción de raíces no tiene importancia si las estacas de tepa son

cosechadas en otoño o primavera, aun cuando la temperatura más adecuada podría ser diferente en uno y otro caso.

Una temperatura de 21°C en la base de las estacas de tepa colectadas en primavera resultó ser el tratamiento más adecuado para la inducción de raíces.

Lingue y mañío también se pueden reproducir vegetativamente a partir de estacas, pero tienen una mayor mortalidad y menor inducción de raíces que tepa.

No se observan diferencias significativas en la producción de raíces al aplicar temperaturas entre 18 y 24°C en la base de las estacas de tepa cosechadas en primavera, por lo cual debe ampliarse el rango de temperaturas probadas.

Para mañío la mejor inducción de raíces se logró con un nivel de temperatura de 24°C en la base de las estacas colectadas en primavera.

Es recomendable estudiar y comparar plantaciones realizadas con plantas de tepa, lingue y mañío producidas en forma generativa y vegetativa.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

Krussman, G., 1981. Die Baumschule. Paul Prey - Berlin und Hamburg. 656 pp.

Santelices, R., 1990. Propagación vegetativa de Tepa (*Laurelia philippiana*) a partir de estacas. Revista Ciencia e Investigación Forestal 4 (1). INFOR-CORFO. Chile. 61 - 68 pp.

Silva, J., 1968. Arraigamiento de estacas de Raulí (*Nothofagus alpina* Poepp. et Endl Oerstd). Tesis Universidad de Chile. Fac. de Agronomía, Escuela de Ingeniería Forestal. Chile. 23 pp.

OBTENCION DE PULPA KRAFT DE DESECHOS Y ASTILLAS COMERCIALES DE EUCALIPTO

Sandra K. Rodríguez S. (*)
Marco H. Torres U. (**)

RESUMEN

El objetivo del trabajo consiste en evaluar la aptitud pulpable de algunos tipos de desechos de eucalipto comparándolos con astillas comerciales o industriales del mismo.

Se usaron los desechos provenientes de industrias de la zona consistentes en chapas de eucalipto y despuntes de aserraderos.

Se realizaron pulpajes a distintas condiciones de cocción variando el factor H, para lo cual se varió el tiempo a temperatura, manteniendo el resto de las variables constantes. Las pulpas crudas se refinaron para posteriormente determinar sus propiedades fisicomecánicas.

Las pulpas resultaron con rendimientos clasificados entre 48.2 y 56.8% e índices Kappa entre 11 y 30. Las resistencias fisicomecánicas de las pulpas son aceptables para la especie, tanto con astillas comerciales como de desecho.

Palabras claves: *Pulpaje kraft, **Eucalyptus globulus**. Desechos. Análisis químico. Astillas. Propiedades de las pulpas.*

ABSTRACT

*The objective of this work is to compare pulping results among commercial **Eucalyptus globulus** chips and chips made of waste materials of veneers and sawnwood production.*

Different pulping processes were tried changing the relationship between time and temperature of testing. Raw pulps were refined to determine physical and mechanical properties

The results indicate classified yields on the range of 48,2% and 56,8%, and Kappa indexes ranging from 11 to 30. The physical and mechanical strength of the pulps are acceptable to the species, both from commercial and waste materials.

Keywords: *Kraft pulping. **Eucalyptus globulus**. Waste. Chemical analysis. Chips. Pulp properties.*

(*) Ingeniero Civil Químico

(**) Técnico Celulosa y Papel

Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 853, Valdivia.

INTRODUCCION

El uso de fibra corta, especialmente para la fabricación de papeles en que se requieren buena formación y características superficiales, como es el caso de papeles finos y computacionales, está cobrando gran importancia (Young, 1988). Por esta razón en los últimos años el eucalipto se ha convertido en una materia prima importante en el país y también a nivel mundial (Poblete, Foelkel et al., 1987; Foelkel, 1987; Sidaway, 1988; Zobel, 1988).

Las pulpas de eucalipto son ahora componentes comunes del abastecimiento y varían entre el 20 y 100% del suministro total. Esta trayectoria puede haber sido iniciada a causa de menores costos, pero estas pulpas están ahora siendo usadas principalmente por las excelentes propiedades que ellas imparten.

Entre los atributos de las pulpas de madera de eucalipto (***Eucalyptus globulus***) se encuentran volumen, suavidad, flexibilidad, buena formación y excelente opacidad y porosidad. Las pulpas de eucalipto son particularmente deseables para impresión y escritura y papeles tissue. Estas también tienden a tener un menor contenido de finos que otras pulpas de latifoliadas, que resultan en menor drenaje y más rápido secado (Zobel, 1988; Williams, 1988).

El crecimiento de la industria celulósica, está ejerciendo presión sobre los industriales para el desarrollo de nuevas fuentes de fibras, sean estas de madera u otro tipo. Es así como la tendencia actual en los países productores de pulpa química está dirigida al empleo de desechos como materia prima, todo esto con el objeto de mejorar el rendimiento económico de bosques y aserraderos y disminuir el gran volumen de desechos producidos en diversos procesos de conversión de madera.

El problema que se aborda en este estudio se refiere a la utilización de desechos de eucalipto provenientes de fábricas de contrachapados y aserraderos, en la producción de pulpa kraft.

Como las características de los diferentes materiales son distintas, es imprescindible conocer la variación que se produce en la calidad de la pasta química, al procesar astillas de desechos de foliado, despuntes de aserraderos y astillas que resultan de la industrialización de la madera de plantaciones de eucalipto (***Eucalyptus globulus***).

Dado que el éxito de las pulpas de eucalipto se debe en parte a la flexibilidad del proceso kraft para adaptarse a las características de la madera (Fernandez, 1988; Higgins, 1988), en el presente estudio se hace una comparación de las pulpas obtenidas con las diferentes materias primas (astillas y desechos), usando un proceso de uso actual en Chile como lo es el del sulfato.

MATERIAL Y METODO

Preparación y Caracterización de la Materia Prima

Se recolectaron desechos de foliado y aserradero de las fábricas laminadoras MASISA e INFODEMA, agrupándose los desechos del mismo tipo.

Las astillas comerciales o de exportación de eucalipto fueron donadas para el presente estudio por la Compañía Chilena de Astillas.

Las astillas de desechos, tanto de chapas como de despuntes se fabricaron manualmente. Las primeras con dimensiones aproximadas de 2,5 cm de largo y 0,5 - 0,8 mm de espesor, dado por el espesor de la chapa, y las últimas con 2,5 cm de largo y 4 mm de espesor.

Los tres tipos de astillas (chapas, despuntes y exportación) se clasificaron en un harnero vibratorio entre 7/8 y 3/16" y en seguida se almacenaron para su posterior procesamiento.

Se determinó densidad de la madera y composición química usando las siguientes normas:

Holocelulosa	: Método de Poljak
Lignina	: TAPPI T 222-om-88
Etanol-Tolueno	: TAPPI T 5-om-88
Soda	: TAPPI T 212-om-88
Cenizas	: TAPPI T 15-om-88
Agua fría	: TAPPI T 207-om-88
Agua caliente	: TAPPI T 207-om-88

Ensayos de Pulpaje

Los pulpajes se efectuaron en un digestor MK System de 6,5 litros, con recirculación forzada de licor y calefacción indirecta.

Las condiciones de cocción usadas, que fueron determinadas en base a antecedentes bibliográficos disponibles para la especie (Melo et al., 1982; Melo et al., 1991) y a trabajos realizados con anterioridad, se describen a continuación:

Alcali activo (como Na ₂ O),	(% bms)	17
Sulfidez	(% bms)	20
Temperatura máxima	(°C)	160
Tiempo hasta temperatura	(min)	100
Tiempo a temperatura max.	(min)	20-80
Razón licor/madera		4,5/1

Los valores de factor H para las combinaciones de tiempo - temperatura se dan a continuación en el Cuadro N°1.

Cuadro N° 1

RELACION FACTOR H Y TIEMPO - TEMPERATURA

Tiempo (min)	-	Temperatura (°C)	Factor H
20	-	160	225
40	-	160	358
60	-	160	490
80	-	160	623

Como respuesta de los pulpajes se midieron las siguientes características en la pulpa y licor, según las normas que se indican:

Rendimiento clasificado

Rechazo

Lignina residual o índice Kappa: TAPPI T 236-cm-85

Alcali residual : TAPPI T 625-cm-88

Sólidos totales : TAPPI T 650-pm-84

Evaluación de las Propiedades Fisicomecánicas de las Pulpas

Las pulpas se refinaron en una batidora Valley de acuerdo con la norma TAPPI T 200-om-85. A continuación se midieron las siguientes propiedades en hojas de ensayo de 60 g/m², fabricadas con pulpas a diferentes grados de refinación:

Densidad (g/cm³) : TAPPI T 220-om-88

Longitud de ruptura (km): TAPPI T 404-om-87

Factor de rasgado : TAPPI T 403-om-85

Factor de explosión : TAPPI T 414-om 88

RESULTADOS Y DISCUSION**Características de la Madera**

La distribución de tamaño de las astillas seleccionadas se muestra en el Cuadro N°2.

Cuadro N°2
DISTRIBUCION DE TAMAÑO ASTILLAS
(% PESO)

Diámetro Malla Retención (")	Tipo de Astilla		
	Exportación	Chapas	Despunte
11/4 - 7/ 8	57,3	24,5	61,7
7/8 - 5/ 8	24,4	34,4	34,2
5/8 - 3/ 8	15,9	32,7	3,8
3/8 - 3/16	2,9	8,4	0,3

La clasificación del material astillado (Cuadro N°2) muestra una distribución de tamaños variable entre las distintas clases de astillas, lo cual se debe a la distinta forma de fabricación de éstas. Las características químicas y la densidad de la madera se detallan en el Cuadro N°3.

Cuadro N°3
CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LA MADERA EN PORCENTAJE
BASE MADERA SECA

Análisis Químico	Tipo de Astilla		
	Exportación	Chapas	Despunte
Holocelulosa	73.8	73.3	70.2
Lignina	22.6	20.8	26.7
Solubles en:			
Etanol-tolueno	4.3	6.4	5.8
Agua caliente	5.6	7.7	6.9
Agua fría	2.9	3.8	3.0
Soda 1%	16.2	17.8	20.2
Cenizas	0.4	0.2	0.1
Densidad (g/cm ³)	0.61	0.51	0.65

La densidad básica de las astillas cae en el margen de densidad media para la especie (0,5 - 0,6 g/cm³) (Melo et al., 1981; Poblete, Inzunza et al., 1987). Para las astillas de chapas la densidad resulta inferior.

Las características químicas analizadas (Cuadro N°3) se determinaron en el material astillado y, por lo tanto, representan la propiedad promedio de cada tipo de astilla.

Las astillas de chapas resultaron con mayor porcentaje de extraíbles y menor de lignina.

El valor de extraíbles solubles en etanol-tolueno de las distintas astillas es alto (5,6 - 7,7) comparado con los valores obtenidos por Melo en diversos trabajos (0,99 - 2,6) (Melo et al., 1981; Paz, Melo et al., 1987; Melo et al., 1991).

El contenido de lignina más alto se obtiene en astillas de despuntes siendo éste de 26,7%.

Ensayos de Pulpaje

Las características de las pulpas; rendimiento clasificado, rechazo, rendimiento total e índice Kappa, se presentan en el Cuadro N° 4.

Cuadro N°4.

RESULTADOS DE PULPAJE

Tipo de Astilla	Pulpaje (N°)	Factor H	Rendimiento Clasificado (%bms)	Rechazo (%bms)	Rendimiento Total (%bms)	Índice Kappa	Rendimiento Volumétrico (Kg/m ³)	Sólidos Totales (%o/v)	Alcali Residual (g/l)	Alcali Consumido (%)
EXPORTACION	1	623	51.9	0.5	52.4	15	316	16.6	7.6	13.6
	2	490	51.6	1.4	53.0	16	315	16.4	8.5	13.2
	3	358	51.9	3.2	55.1	22	316	14.9	9.0	12.9
	4	225	48.2	8.6	56.8	30	294	14.9	10.4	12.3
CHAPAS	5	623	54.2	0.0	54.2	11	279	17.9	4.4	15.1
	6	490	54.6	0.1	54.7	12	281	16.1	5.6	14.5
	7	358	55.5	0.3	55.8	15	285	16.8	6.2	14.2
	8	225	56.8	1.4	58.2	26	292	15.0	6.7	14.0
DESPUNTES	9	623	50.7	0.6	51.3	15	330	17.2	3.7	15.3
	10	490	51.7	0.9	52.6	15	336	16.4	4.4	15.0
	11	358	52.6	1.2	53.8	21	342	15.5	5.6	14.5
	12	225	51.2	3.2	54.4	29	333	14.7	6.3	14.2

Los ensayos de pulpaje aplicando condiciones similares en cuanto a carga de reactivos y temperatura máxima, con tiempo de reposo variable, permiten alcanzar índices Kappa entre 11 y 30. Con astillas de chapas se obtienen los menores índices Kappa, siendo estos entre 11 y 26.

Los rendimientos son altos, fluctuando en el margen entre 48.2 y 56.8, en términos de rendimiento aceptados para la especie. No se observa gran diferencia en rendimiento entre astillas de exportación y despuntes, pero sí entre éstas y astillas de chapas. Con las últimas se alcanzaron los mayores rendimientos clasificados (54,2 y 56,8 %).

Comparativamente con astillas de exportación y despuntes se obtuvieron los mayores índices Kappa, con menor rendimiento clasificado que con astillas de chapas, lo cual se aprecia en la Figura N° 1. La relación entre rendimiento clasificado e índice Kappa para estas últimas es directamente proporcional.

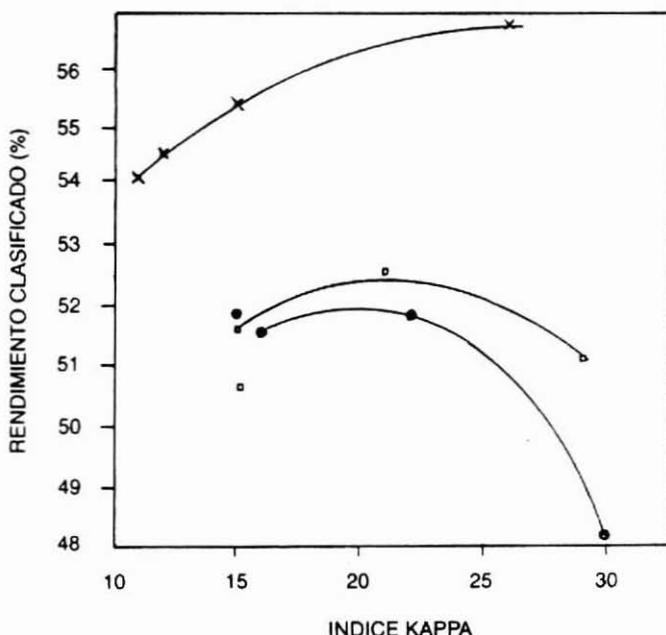


Figura N° 1. RENDIMIENTO CLASIFICADO V/S INDICE KAPPA
(x CHAPAS, o ASTILLAS EXPORTACION Y □ DESPUNTES)

Los diagramas obtenidos con las respuestas de los ensayos de pulpaje v/s factor H (Figuras N°s 2 a 4) permiten hacer una aproximación de las condiciones de proceso adecuadas para obtener pulpas, con las diferentes clases de astillas empleadas, que cumplirán con las condiciones simultáneas de máximo rendimiento e índice Kappa inferior a 25.

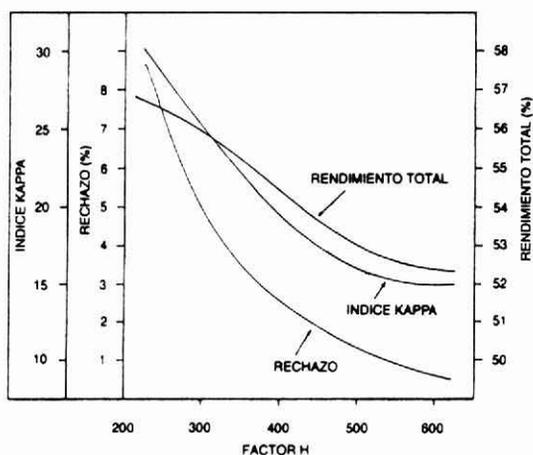


Figura N°2. RESULTADOS DE PULPAJE PARA ASTILLAS DE EXPORTACION.

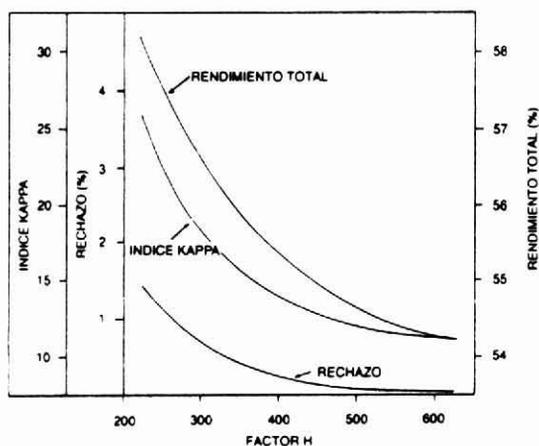


Figura N°3. RESULTADOS DE PULPAJE PARA ASTILLAS DE CHAPAS.

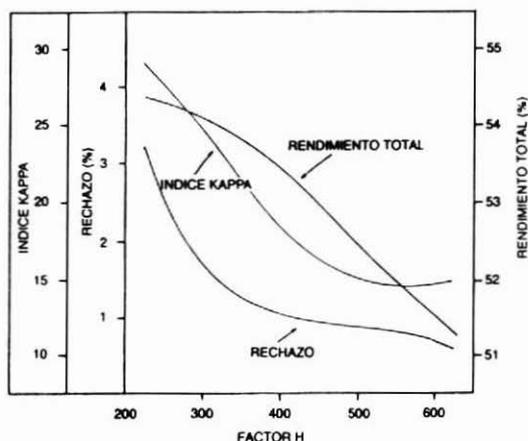


Figura N°4. RESULTADOS DE PULPAJE PARA ASTILLAS DE DESPUNTES.

Las condiciones de factor H y rendimiento total para obtener pulpas de índice de Kappa 20 se resumen en el Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5

CONDICIONES DE COCCION PARA PULPAS DE I. KAPPA 20

Tipo Astilla	Indice Kappa	Factor H	Rendimiento Total (%)
Exportación	20	400	54,0
Chapas	20	275	56,9
Despuntes	20	376	53,6

Propiedades Fisicomecánicas de las Pulpas

Las características físicomecánicas de las pulpas se muestran en los Cuadros N°s 6 a 8.

Cuadro N° 6

**CARACTERISTICAS FISICOMECAICAS DE LAS PULPAS
ASTILLAS DE EXPORTACION**

Pulpaje N°	Tiempo de batido (min)	Drenaje (°SR)	Densidad (g/cm ³)	Longitud Ruptura (km)	Factor Explosión	Factor Rasgado	Blancura (%)
1	0	16	0,44	2,4	13	43	40
	5	18	0,47	3,6	23	59	39
	17	25	0,59	6,4	44	93	37
	29	35	0,67	8,8	65	102	36
	36	45	0,78	10,0	74	103	35
2	0	15	0,40	1,7	14	32	40
	5	16	0,45	3,9	20	51	39
	23	25	0,63	8,0	50	87	37
	35	35	0,71	9,5	69	92	36
	45	45	0,76	9,9	78	94	33
3	0	15	0,43	3,0	14	47	39
	5	18	0,45	3,7	23	65	38
	21	25	0,58	7,2	54	90	38
	37	35	0,73	9,6	68	98	35
	43	45	0,77	10,5	74	97	35
4	0	13	0,38	1,9	8	30	39
	5	15	0,43	3,1	15	46	38
	25	25	0,63	7,6	50	83	37
	37	35	0,72	9,5	68	96	36
	44	45	0,77	10,4	77	100	34

La resistencia mecánica de las pulpas está en el margen aceptable para la especie. Los valores máximos son más bajos para astillas de exportación comparadas con las astillas de desechos. Las pulpas obtenidas con desechos de chapas (Cuadro N° 7) se caracterizan por su alto factor de rasgado (valor máximo 136) superior en todos los casos a las restantes clases de astillas.

Por otra parte las pulpas de desechos de despuntes tienen alta longitud de ruptura y factor de explosión, con valores máximos 10,7 km y 84, respectivamente (Cuadro N° 8).

La mayoría de las pulpas, a 25°SR sobrepasan el valor 90 para factor de rasgado, excepto la pulpa N° 2 obtenida con astillas de exportación. A ese mismo valor de drenaje las pulpas alcanzan sobre 6 km de longitud de ruptura, cumpliendo de esta forma con las exigencias de resistencia fisicomecánica para papeles de impresión.

Cuadro N° 7

**CARACTERISTICAS FISICOMECAICAS DE LAS PULPAS
ASTILLAS DE CHAPAS**

Pulpaje N°	Tiempo de batido (min)	Drenaje (°SR)	Densidad (g/cm ³)	Longitud Ruptura (km)	Factor Explosión	Factor Rasgado	Blancura (%)
5	0	16	0,41	2,5	18	52	37
	5	17	0,47	3,8	28	83	36
	27	25	0,62	7,2	57	115	35
	41	35	0,70	9,0	72	127	34
	46	45	0,73	9,4	75	125	34
6	0	15	0,43	3,6	17	57	38
	5	17	0,46	4,6	26	69	37
	23	25	0,63	9,3	75	114	36
	42	35	0,71	10,7	79	122	34
	47	45	0,74	9,2	64	121	31
7	0	16	0,42	3,0	17	61	36
	5	17	0,45	4,5	26	77	36
	25	25	0,60	8,1	61	117	35
	40	35	0,68	9,6	74	128	35
	47	45	0,71	10,3	78	128	34
8	0	14	0,40	1,9	12	58	35
	5	15	0,42	2,6	18	68	34
	28	25	0,60	7,2	52	117	34
	42	35	0,70	8,9	72	132	33
	50	45	0,74	9,3	80	136	32

Cuadro N° 8
**CARACTERISTICAS FISICOMECAICAS DE LAS PULPAS
 ASTILLAS DE DESPUNTES**

Pulpaje N°	Tiempo de batido (min)	Drenaje (°SR)	Densidad (g/cm ³)	Longitud Ruptura (Km)	Factor Explosión	Factor Rasgado	Blancura (%)
9	0	17	0,47	3,1	19	59	38
	5	19	0,50	3,6	27	76	37
	23	25	0,68	6,4	53	103	35
	38	35	0,78	9,1	76	116	34
	45	45	0,81	9,8	81	118	33
10	0	17	0,46	3,4	22	53	38
	5	19	0,53	3,9	31	66	35
	24	25	0,69	8,0	57	100	33
	39	35	0,79	10,5	73	114	33
	45	45	0,83	11,2	81	119	30
11	0	17	0,49	2,6	22	60	36
	5	18	0,56	5,0	28	71	34
	25	25	0,70	6,9	55	112	33
	39	35	0,79	9,0	75	123	32
	45	45	0,83	9,9	84	120	30
12	0	15	0,45	2,4	16	55	37
	5	16	0,50	3,5	25	68	36
	25	25	0,67	7,5	56	97	35
	43	35	0,77	9,6	74	110	33
	52	45	0,82	10,7	80	109	31

CONCLUSIONES

Las características químicas de la madera se encuentran dentro del margen conocido para la especie **Eucalyptus globulus**, a excepción del alto contenido de extraíbles solubles en etanol-tolueno que se observó en los tres tipos de astillas estudiadas.

Se obtuvieron pulpas con rendimientos clasificados e índices Kappa aceptables para la especie. Resultando mayormente deslignificadas las pulpas provenientes de astillas de chapas, para igual factor H.

Las resistencias fisicomecánicas de las pulpas resultan aceptables para la especie, tanto para astillas de exportación como de desechos, e incluso estas últimas

superan a las primeras.

Los tres tipos de astillas y en especial los obtenidos de desechos presentan buenas aptitudes para ser usadas en la obtención de pulpa kraft para la fabricación de papeles.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Fernandez, A., 1988. Latin American Notes. Tappi Journal 71(12):25-26.

Foelkel, C., 1987. "Los eucaliptos en la fabricación de celulosa y papel en Brasil". Celulosa y Papel 3(5):9-12.

Higgins, H. G., 1988. Letter from Australia. Tappi Journal 71(12):20-22.

Melo, R.; Paz, J.; Solis, A.; Carrasco, V.; Rojas, M.; Rivera, G.; y Barriga A., 1981, "Evaluación de Recursos Fibrosos en la Subregión Andina". II Parte: "Los Eucaliptos en Chile". Laboratorio de Productos Forestales. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Facultad de Ingeniería. Universidad de Concepción 37p.

Melo, R.; Rojas, M. y Fuentes, L., 1982. Obtención de Pulpas Semi químicas de eucalipto (*Eucalyptus spp.*). Laboratorio de Productos Forestales, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción. 55p.

Melo, R.; Paz, J.; Solis, A. y Carrasco, V., 1991. Ensayos de pulpage y blanqueo de madera de eucaliptos (*Eucalyptus spp.*). Celulosa y papel 7(1):10-19.

Paz, J.; Melo, R. et al., 1987. "Nuevas especies en la producción de celulosa". Celulosa y Papel 3(1):13-15.

Poblete, A.; Foelkel, C.; Alamo, S. y Rojas, P., 1987. Mesa Redonda I. Eucaliptos: ¿Fibra del Futuro?. Celulosa y Papel 3(4):14-15.

Poblete, H.; Inzunza, L. y Fernandez, A., 1987. Determinación del peso específico y densidad anhidra en madera de *Eucalyptus spp.* para exportaciones de chips. Informe de Convenio N° 133. Inversiones Forestales CCA - Universidad Austral de Chile.

Sidaway, S., 1988. The availability and use of *Eucalyptus* pulps. Tappi Journal 71(12):47-51.

Williams, W. C., 1988. International Scene. Tappi Journal 71(12):24.

Young, J., 1988. Bleaching said to be key to CTMP from *Eucalyptus*. Tappi Journal 71(12):11,14.

Zobel, B., 1988. *Eucalyptus* in the forestry industry. Tappi Journal 71(12):42-46.

SECADO DE ASERRIN EN LECHO FLUIDIZADO

Rogelio Moreno M. (*)

RESUMEN

En este trabajo se dan a conocer los resultados experimentales obtenidos para el secado de aserrín en lecho fluidizado.

Para tal efecto se construyó un banco de ensayos de transferencia de calor y materia con el fin de obtener las curvas y tiempos de secado del material particulado.

Adicionalmente, se proporcionan algunos indicadores sobre la capacidad de producción y de consumo de energía.

El empleo de la técnica será ventajoso en la medida que se disponga de energía calórica gratuita disponible en productos de combustión, por ejemplo.

Palabras claves: *Aserrín. Secado. Fluidización.*

ABSTRACT

This paper provides the experimental results obtained for sawdust drying in fluidized bed.

An experimental fluidized bed both for heat and mass transfer was built with this purpose, so as to get the curves and times of drying of the granular material.

In addition, some indicators are provided to show the production capacity and energy consumption.

The use of this technique will be advantageous if free caloric energy is available in, for example, combustion products.

Keywords: *Sawdust. Drying. Fluidization.*

(*) Ingeniero Civil Mecánico, M. Sc. Ing. Mec. Instituto de Materiales y Procesos Termomecánicos, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia.

INTRODUCCION

Una de las alternativas que se vislumbran como factibles para el uso racional del aserrín es la combustión con el fin de generar energía y al mismo tiempo evitar la creciente acumulación de este desecho forestal (Wagemann, 1984 a). Sin embargo, debido a los altos contenidos de humedad que posee, especialmente en la zona sur del país donde se da en mayores cantidades, se produce una utilización ineficiente de su poder calorífico y se requiere de mayores volúmenes de cámaras de combustión para realizar el proceso.

En Chile, hay pocos estudios tendientes a encontrar una solución técnica y económicamente atractiva para el secado de aserrín y así quemarlo en mejores condiciones.

Por otro lado, el empleo de la técnica de la fluidización en el secado de productos, ha cobrado gran importancia en los últimos años, debido a las características del contacto sólido-gas que origina altas velocidades de transporte de calor y materia entre ambos medios y, por tanto, reduce notablemente los tiempos de proceso.

La fluidización consiste en mantener en suspensión o flotación a los sólidos que en este caso particular se desean secar, por medio de una corriente de aire ascendente tal como se muestra en la Figura N° 1. Así, el aire, además de tener adecuadas condiciones psicrométricas (temperatura y humedad) debe poseer una velocidad suficientemente alta para producir una fuerza de arrastre (F_a) sobre los sólidos, de igual magnitud al peso efectivo de ellos (peso menos empuje). En Apéndice N° 1 se indica la nomenclatura utilizada.

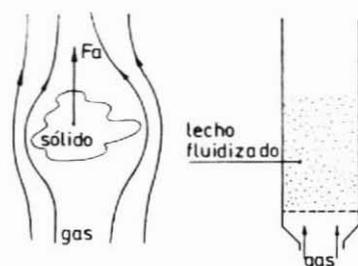


Figura N° 1. ESQUEMA BASICO DE LA FLUIDIZACION.

Muchos son los parámetros que intervienen en la calidad y velocidad del proceso, algunos relacionados con el mecanismo interno de circulación de agua en los sólidos y otros relacionados con las condiciones exteriores tales como temperatura, humedad y velocidad del gas. También influye el tamaño y forma de las partículas, la geometría del lecho, y la distribución del gas, entre otros factores.

No obstante el desarrollo de la técnica que ha dado origen a una gran cantidad de información teórico-experimental relacionada con el tema (Vanecek et al., 1966 a; Kunii et al., 1969; Davidson et al., 1985, entre otros), en el caso particular de sólidos tan irregulares como el aserrín no parece confiable basar el diseño o proyecto de unidades de secado en ecuaciones o resultados obtenidos para sólidos de otras características físicas y geométricas y bajo otras condiciones de operación.

Así lo demuestran los resultados obtenidos por el autor en estudios experimentales relacionados con caracterización de sólidos y comportamiento fluidodinámico de un lecho fluidizado de aserrín (Moreno, 1989; Moreno, 1990). Se detectaron importantes desviaciones entre los valores experimentales y los que predicen correlaciones entregadas por la literatura para parámetros relevantes, como velocidad mínima de fluidización, velocidad de arrastre y pérdidas de carga. Las distorsiones se atribuyen principalmente a la irregularidad de los sólidos, en cuanto a granulometría y forma de partículas, y a la tendencia a la aglomeración que tienen las partículas, especialmente las de pequeño tamaño y gran contenido de humedad.

En base a lo anteriormente expuesto, el objetivo de este trabajo consiste en obtener experimentalmente resultados relativos al secado de aserrín en lecho fluidizado en un equipo de laboratorio.

Aunque el trabajo no representa una respuesta completa al problema, pues se deben realizar estudios a escala mayor, se obtienen bajos tiempos de secado debido a las altas tasas de transferencia de calor y materia que se producen entre el aserrín y el aire.

MATERIAL Y METODO

El desarrollo del trabajo se efectuó en un banco de ensayos de transferencia de calor y materia al cual se le introdujeron las muestras de aserrín de Pino Insigne previamente caracterizadas. Estas provenían del proceso de aserrado de madera en la sierra múltiple del Aserradero Vista Alegre de la Universidad Austral de Chile.

Las condiciones de operación del equipo se establecieron en base a trabajos previos del autor mencionados anteriormente. Específicamente, para el diseño del calefactor eléctrico se consideraron velocidades de operación entre 1 y 4 m/s y temperaturas normalmente empleadas en el proceso de secado, es decir, 50 a 110°C. Con estos antecedentes se construyó el calentador de aire con una capacidad variable entre 0 y 2 Kw.

Por otro lado, debido a la diversidad de tamaño de las partículas de aserrín, se debió realizar una caracterización de ellas, ya que esta variable juega un papel importante en el dimensionamiento de unidades de lecho fluidizado.

Uno de los procedimientos seguidos para efectuar estudios granulométricos de materiales particulados polidispersos, es el empleo de tamices (Vanecek et al., 1966 b). El tamaño de una fracción x_i de partículas retenidas entre dos tamices de aberturas d_1 y d_2 , se calculó como:

$$dp_i = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

El diámetro medio de una muestra se obtuvo mediante la expresión que proporciona el valor medio ponderado con el peso.

$$dp = \frac{\sum m_i g dp_i}{\sum m_i g} = \sum x_i dp_i$$

Se efectuaron ensayos con tamices normalizados ASTM y muestras de aserrín previamente caracterizadas y con humedad higroscópica. Estas muestras correspondían a una parte del aserrín posteriormente colocado en el lecho. En la Figura N° 2 se muestra la distribución de tamaño de dos muestras de aserrín y en la Figura N° 3 el equipo experimental.

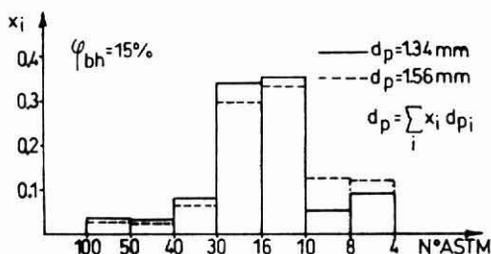


Figura N° 2 DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS.

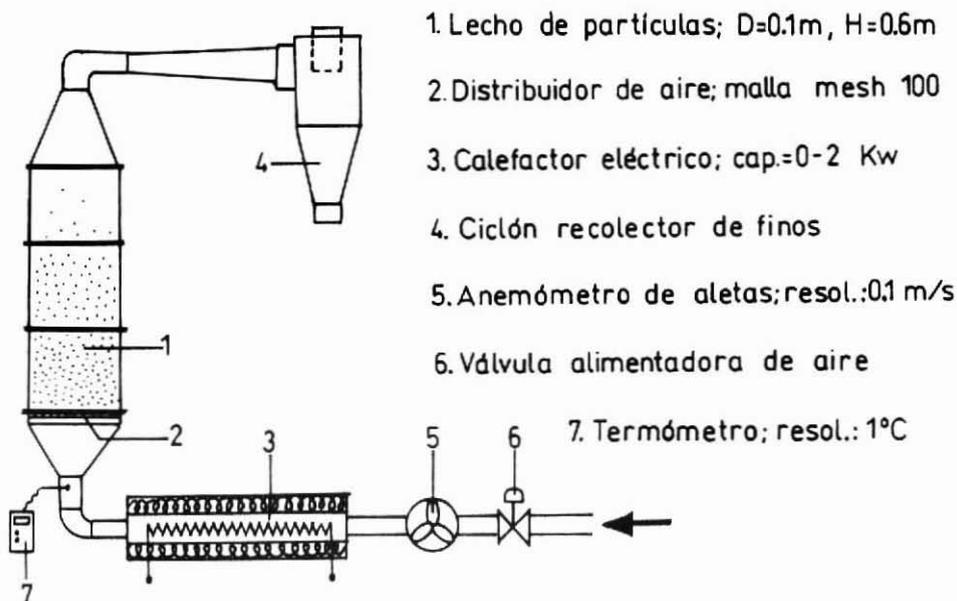


Figura N° 3 ESQUEMA GENERAL DEL EQUIPO EXPERIMENTAL.

Los parámetros seleccionados para los ensayos fueron temperatura del fluidizante (aire) y tamaño de partículas. En cuanto a la velocidad de operación del lecho (velocidad superficial del aire), se puede decir que producto de la aglomeración de sólidos que se origina para altos contenidos de humedad de ellos, en el inicio del proceso de secado se realiza con el lecho en reposo, no siendo posible la fluidización aún empleando altas velocidades. A medida que el proceso avanza y disminuye la humedad del aserrín, la calidad de la fluidización crece, pasando a una fluidización tipo pistón y fluidización canalizada para finalizar con una fluidización prácticamente completa.

Dicho fenómeno hizo necesario el empleo de altas velocidades superficiales al inicio del proceso, para luego ir disminuyendo gradualmente y así evitar, en cierto grado, el arrastre de sólidos más finos que van perdiendo humedad. A medida que transcurría el tiempo de secado se extrajeron pequeñas muestras de sólidos del lecho y se llevaron al laboratorio para la determinación de su humedad a través de secado y diferencia de pesadas. Se construyeron así las curvas de secado para diferentes valores de temperaturas del aire y varios tamaños de partículas.

RESULTADOS

Los resultados se muestran en las Figuras N° 4 y N° 5; en el primer caso se trata de aserrín polidisperso, con un diámetro medio ponderado de partículas igual a 1.34 mm y temperaturas variable entre 60 y 110°C. En el segundo caso se trabajó con una temperatura del aire constante y con aserrín de tamaños seleccionados por tamizado. Se verifica que el empleo de altas temperaturas acelera el proceso y que el secado de aserrín de partículas pequeñas es más rápido debido a las altas superficies de intercambio de calor y materia que presentan los sólidos en relación al fluidizante.

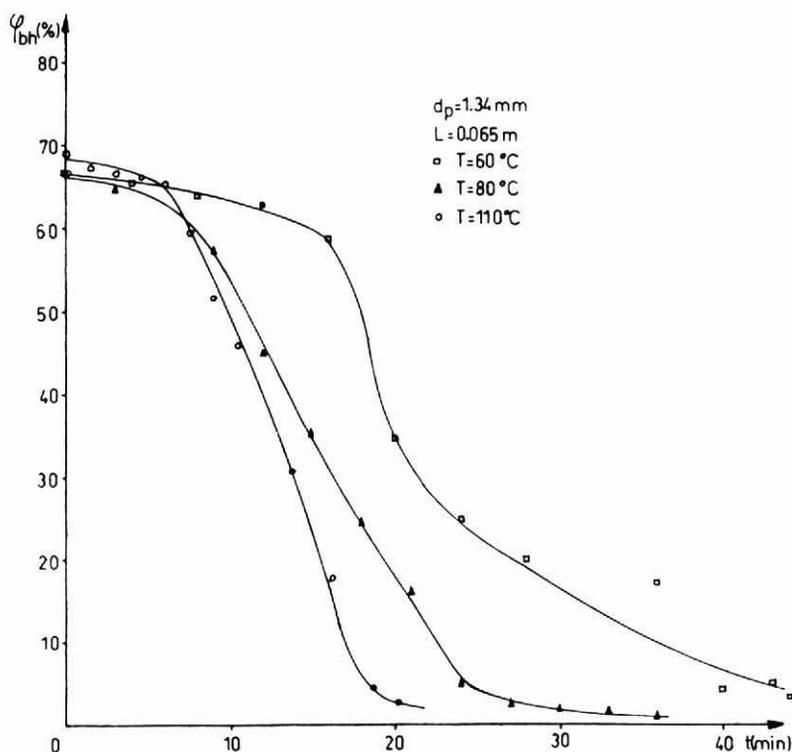


Figura N° 4 CURVAS DE SECADO PARA DIFERENTES TEMPERATURAS DEL AIRE.

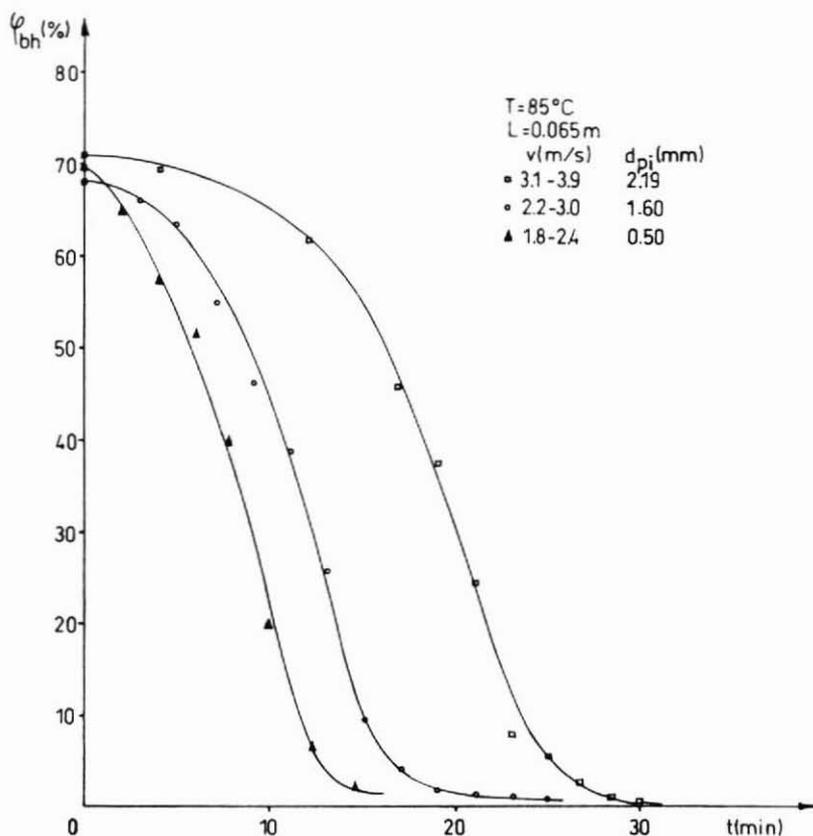


Figura N° 5 CURVAS DE SECADO PARA DIFERENTES TAMAÑOS DE PARTICULAS.

DISCUSION

Es importante señalar que las diferencias entre las curvas de la Figura N° 5 están atenuadas en cierto grado ya que para tamaños grandes de partículas, aunque el tiempo requerido es mayor, este efecto es compensado parcialmente por el hecho de tener que emplear mayores velocidades y por una menor tendencia a la aglomeración.

Los breves tiempos requeridos para el secado desde humedades del orden de 65 - 75% (base húmeda) hasta la humedad de equilibrio de 10 - 16%, le otorgan una capacidad de producción al equipo de 32 Kg/h de producto seco polidisperso por m² de sección transversal del lecho, empleando 80°C de temperatura del aire y una altura de lecho de 0,1 m. Este resultado es muy superior al obtenido por medio de un secador eólico solar cuya capacidad de producción fue de 2 Kg/m² día (Wagemann, 1984 b). Esto se atribuye a que en el segundo caso el aserrín se secó en lecho fijo y sólo eventualmente, cuando se presentaban grandes vientos se producía una tendencia a la fluidización y a la separación de los sólidos en el secador. En el primer caso la fluidización se consiguió mecánicamente acelerando considerablemente el proceso de extracción de humedad hasta conseguir la evaporación de 72 Kg/h de agua por m² de lecho.

En cuanto al consumo de energía del proceso, por un lado se tiene la energía calórica necesaria para calentar el aire y, por otro, la energía mecánica requerida para producir el fenómeno de la fluidización por medio de un ventilador.

En el primer caso los consumos fueron elevados, alrededor de 2.500 Kcal/Kg de agua evaporada, consiguiéndose un rendimiento térmico de secado de 25%. (parámetro que no fue evaluado en el trabajo de Wagemann). Por tanto, desde el punto de vista de la rentabilidad, el empleo de la fluidización en el secado será justificable si se dispone de energía calórica, por ejemplo en gases de combustión de algún otro proceso industrial.

En todo caso, cualitativamente se espera que en unidades de gran tamaño puedan emplearse mayores alturas de lecho, ya que no se tendrá el efecto de pared que se tuvo en el caso aquí presentado, por tratarse de un equipo de laboratorio de pequeño diámetro. Este efecto de pared produce una mayor tendencia a la aglomeración de los sólidos. El empleo de mayores alturas de lecho obviamente aumentará la capacidad de producción, disminuirá el consumo específico de energía y aumentará la eficiencia de la unidad pues el aire se evacuará al ambiente a menores temperaturas. En términos cuantitativos no hay abundante información al respecto, solo se sabe que hay algunas unidades de secado de aserrín operando con capacidades del orden de 150 - 200 Kg/h de agua evaporada por m² de lecho y consumos específicos de calor de 850 - 1250 Kcal/Kg de agua evaporada (Vanecek et., al 1966 c).

En relación al consumo de energía del ventilador, aún no hay claridad absoluta, pues sólo se conocen los valores de pérdidas de carga correspondientes al lecho (Moreno, 1989), quedando pendiente aún la evaluación del sistema (intercambiador de calor, ductos, etc). Esto último dependerá en gran medida del tamaño de la unidad.

Los resultados obtenidos en este estudio también pueden ser de interés en el

proceso de fabricación de briquetas de aserrín, donde se requiere que el material particulado tenga una humedad del orden de 15 a 20%.

CONCLUSIONES

Aunque la fluidización del aserrín es posible de obtener, hay una gran tendencia a la aglomeración de partículas cuando su contenido de humedad supera el 45 -50%. Esto produce fenómenos de flujo pistón y canalización, los que se pueden atenuar en algún grado si se emplean bajas alturas de lecho (inferiores a 0.1 m) en equipos de pequeño diámetro (0.1 m).

A través de la fluidización del aserrín se obtienen tiempos de secado considerablemente inferiores, en relación a los conseguidos con secadores que emplean energía natural (eólico-solar). Se requieren tiempos inferiores a 1 hora para reducir la humedad de los sólidos desde 65 - 75% hasta 10 - 15%.

La capacidad de producción del proceso, en su fase experimental, es del orden de 32 Kg/h de producto seco, por m² de sección transversal de lecho, cuando se emplean 80°C de temperatura del aire, alturas de lecho de 0.1 m y partículas polidispersas de aserrín con un promedio ponderado de 1.34 mm.

El consumo de energía calórica es elevado por lo que el proceso será rentable si se dispone de calor residual de algún otro proceso productivo industrial.

Se deben realizar estudios a gran escala para obtener resultados más completos sobre el tema. Una idea también interesante, debido a los bajos tiempos de secado del material particulado, consiste en intentar quemar aserrín húmedo en un lecho fluidizado pues debería ser más atractivo que quemarlo en calderas convencionales donde el combustible se quema en reposo y por tanto en forma lenta.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias al apoyo brindado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile al Proyecto de Investigación S-89-31.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Davison, J.F. et al., 1985. Fluidization, Academic Press, Inc., London.

Kunii, D. et al., 1969. Fluidization Engineering, John Wiley & Sons, Inc., New-York.

Moreno, R., 1989. Comportamiento hidrodinámico de un lecho fluidizado de aserrín. Anales X Congreso Brasileiro de Engenharia Mecánica, 1: 359 - 362, Rio de Janeiro.

Moreno, R., 1990. Fluidización de aserrín: Experimentación y estudio de correlaciones. Anales IV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, 332 - 343, Santiago.

Vanecek, V et al., 1966 a. Fluidized Bed Drying, Leonard Hill, London.

Vanecek, V. et al., 1966 b. op. cit., pp. 20.

Vanecek, V. et al., 1966 c. op. cit., pp. 156 - 157

Wagemann G., 1984 a. Problemas en la utilización de desechos de madera en Chile, Anales Segunda Semana de la Energía, 1:59 - 69, Temuco.

Wagemann, G., 1984 b. Problemas de Secado del Aserrín, Anales Segunda Semana de la Energía, 1: 71-82, Temuco.

APENDICE N° 1

- d_p : Diámetro medio de partículas ponderado con el peso (mm).
- dp_i : Diámetro promedio de partículas entre dos tamices consecutivos (mm).
- d_1, d_2 : Tamaños de dos aberturas consecutivas de tamices (mm)
- D : Diámetro de la columna del lecho (m)
- F_a : Fuerza de arrastre (Kg)
- H : Altura de la columna del lecho (mm)
- L : Altura del lecho de partículas (m)
- t : Tiempo de secado (min)
- T : Temperatura de entrada del aire al lecho (°C)
- v : Velocidad superficial del aire (m/s)
- x_i : Fracción de partículas de tamaño dp_i
- ϕ_{bh} : Humedad de partículas base húmeda (%)

UN MODELO DE SECADO NATURAL DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus* L.)

Rubén A. Ananías (*)
Francisco P. Vergara (**)

RESUMEN

*Se propone un modelo de secado natural para describir la pérdida de humedad en madera aserrada de eucalipto (*Eucalyptus globulus* L.) de 25 mm de espesor.*

La madera es expuesta por un año a las condiciones ambientales en un patio de secado natural de una planta industrial de la Octava Región. La pérdida semanal de humedad en la madera es relacionada con las variables climáticas obtenidas de una caseta meteorológica especialmente construida.

El modelo predice el tiempo de secado al aire y permite el desarrollo de un calendario tentativo de secado al aire para la zona en estudio.

Palabras claves: Secado natural. Tiempo de secado. *Eucalyptus globulus*.

ABSTRACT

*An air - drying model is proposed for describing moisture content losses of 25 mm thick eucalypts (*Eucalyptus globulus* L.) timber.*

The timber is exposed for about one year to the environment in an air - drying yard. The weekly rate of timber moisture loss is related with the meteorological data measured in a weather station installed in the air - drying yard.

The model predicts air - drying times for which an air - drying schedule can be developed, for the climatic zone studied.

Keywords: Air - drying time. *Eucalyptus globulus*.

(*) Magister en Tecnología de la Madera, Profesor Asistente, Departamento Ingeniería en Maderas, Facultad Ingeniería, Universidad del Bío - Bío, Concepción, Chile.

(**) Ingeniero Civil en Industrias Forestales. Asesor Gerencia Producción, Industrias Colcura Ltda. Lota, Chile.

INTRODUCCION

La madera aserrada de eucalipto es secada comúnmente mediante un proceso combinado de secado al aire hasta aproximadamente el punto de saturación de la fibra y posteriormente un secado en horno hasta el contenido de humedad final deseado.

La pérdida de humedad durante el secado al aire depende básicamente de las condiciones climáticas, la especie y la escuadría de la madera. Para optimizar esta relación deben tenerse presente los costos asociados a la mantención del inventario y la eventual pérdida en calidad de la madera. Esto significa encontrar el punto de equilibrio entre la disminución del contenido de humedad y el incremento de los costos de secado al aire, lo cual ocurre cuando la pérdida de humedad se reduce fuertemente y presenta un comportamiento irregular.

La determinación en forma regular del contenido de humedad en la madera durante el secado al aire libre se vuelve muchas veces impracticable como consecuencia del gran número de mediciones a ejecutar. Esta necesidad de manejar una gran cantidad de información para conducir en forma adecuada el secado de madera ha llevado a la formulación de diversos modelos matemáticos. En este sentido Dening y Wengert (1982), desarrollan una expresión matemática para estimar el tiempo de secado al aire en función del contenido de humedad inicial y las variables climáticas, demuestran que las precipitaciones y la velocidad del aire tienen un efecto limitado sobre la pérdida de humedad durante el secado de maderas duras con un contenido de humedad inicial bajo el 80%.

El cálculo del tiempo de secado al aire de la madera es influenciado por las características de las variables consideradas, que afectan en cierto grado el rango de validez de las estimaciones. No obstante, se establece generalmente la expresión que se ajusta de la mejor forma al comportamiento de la madera en la situación real. En este trabajo se propone un modelo que predice el tiempo de secado al aire de la madera aserrada de eucalipto radial de 25 mm de espesor, en la zona de Concepción.

METODOLOGIA

La madera es obtenida a la salida de la mesa de clasificación del aserradero. Se recogen 24 lingas (paquetes con separadores) de madera que se ubican en el patio de secado en 5 castillos diferentes. Se utilizan 3 rangos de escuadrías de acuerdo con la producción. Los ensayos se inician en verano.

El comportamiento del contenido de humedad de la madera en secado al aire se mide a través del empleo de muestras testigos de 50 cm de largo con sus puntas selladas convenientemente. El contenido de humedad inicial de las muestras testigo se determina con probetas extraídas de la misma tabla. Con estos valores y mediante pesadas semanales de las muestras se estima periódicamente la pérdida de humedad.

Una caseta meteorológica construida en el mismo patio de secado al aire, permite obtener las temperaturas máxima y mínima y la humedad relativa del ambiente de secado. El registro se efectúa 3 veces al día de acuerdo a las especificaciones meteorológicas.

Durante un año se estudia la evolución de la pérdida de humedad semanal de la madera sometida al proceso de secado al aire. El resultado de estas observaciones se lleva a una correlación del tipo:

$$CH/t = f(CHt; T^{\circ}; H)$$

Donde:

CH/t = pérdida semanal humedad (%/semana)

CH/t = contenido humedad en cualquier instante t (%)

T° = Temperatura media semanal (°C)

H = Humedad específica media semanal (%)

Un análisis de regresión múltiple permite estimar cuál es la relación funcional que predice de mejor forma el comportamiento de la pérdida semanal de humedad en la madera durante el secado al aire libre.

Las predicciones del modelo obtenido permiten la construcción de un calendario de secado y hacer estimaciones del comportamiento de la humedad de la madera en el tiempo. Tales estimaciones presentan limitaciones dadas por la época de inicio, la zona en estudio y el número de observaciones experimentales, puesto que corresponden a un ensayo de secado al aire, entre Febrero y Diciembre de 1988, en cancha de secado de una empresa de la zona de Concepción (Octava Región, Chile).

RESULTADOS Y DISCUSION

El comportamiento de la pérdida semanal de humedad durante el secado al aire

de madera aserrada de eucalipto radial de 25 mm de espesor queda descrito por la relación:

$$CH/t = -13,0594 + 0,5256 T^{\circ} - 0,0426 H + 0,0019 CHt$$

$$r^2 = 0,48.$$

CHt, T°, H y CHt definidos anteriormente.

En el Cuadro N° 1 y Figura N° 1 se muestra la evolución del secado natural durante un año en base al modelo propuesto. Se presenta la pérdida semanal de humedad para madera aserrada de eucalipto desde un 80% de humedad inicial. Se observa que las estaciones más frías y húmedas dificultan el secado natural bajo 30% de humedad y que para alcanzar esta humedad existe una diferencia de 35 días en favor de las maderas que comienzan a secarse en época de verano.

Cuadro N° 1

CALENDARIO DE SECADO AL AIRE EN LA ZONA DE CONCEPCION PARA MADERA DE EUCALIPTO RADIAL DE 25 MM DE ESPESOR

MES DE FINICIO		CONTENIDOS DE HUMEDAD DE LA MADERA AL COMENZAR EN LOS PATIOS DE SECADO NATURAL (CONCEPCION)											
SECADO	DIA del MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
ENERO	1	80											
	8	65											
	15	55											
	22	48											
	29	43											
FEBRERO	5	38	80										
	12	30	65										
	19	25	55										
	26	20	48										
	26	20	42	80									
MARZO	4	20	38	80									
	11	27	35	65									
	18	26	33	49									
	25	24	31	45									
	11	23	29	39	80								
ABRIL	8	22	27	36	80								
	15	23	26	34	55								
	22	22	26	52	49								
	29	22	26	31	44	80							
	6	23	26	31	41	66							
MAYO	13	25	25	29	39	57							
	20	23	25	29	36	50							
	27	24	26	29	35	46							
	3	23	25	28	34	43	80						
	10	24	25	28	32	39	64						
JUNIO	17	24	26	28	31	37	57						
	24	24	25	27	31	36	51						
	1	25	25	28	30	34	47	80					
	8	26	26	28	30	34	43	57					
	15	26	27	29	30	33	41	50					
JULIO	22	26	26	27	30	32	39	51					
	29	25	25	26	29	31	37	46	80				
	5	25	25	26	28	29	35	42	66				
	12	24	25	28	27	29	35	39	57				
	19	25	25	26	27	28	32	37	50				
AGOSTO	26	24	24	25	26	28	30	35	45				
	2	24	24	24	25	27	30	33	41	60			
	9	24	24	24	25	26	29	31	39	45			
	16	23	23	24	25	26	27	30	36	57			
	23	24	24	24	24	25	27	30	35	50			
SEPTIEMBRE	30	24	24	24	25	25	28	29	33	45	60		
	7	23	23	24	24	25	27	30	31	41	45		
	14	23	23	23	24	25	26	28	30	38	56		
	21	23	23	23	23	24	25	26	29	36	50		
	28	23	23	23	23	24	24	26	28	34	45	80	
OCTUBRE	4	22	22	23	23	24	24	25	27	32	41	64	
	11	21	22	22	23	23	24	24	26	30	37	56	
	18	21	21	21	22	23	23	25	28	34	49		
	25	20	21	21	22	22	23	24	27	31	44		
	2	20	20	20	21	21	22	22	25	28	30	40	80
NOVIEMBRE	9	20	20	20	20	21	22	21	25	28	37	65	
	16					20	20	21	22	23	24	34	55
	23						20	20	19	21	22	32	46
	30								19	21	23	25	43
TIEMPO de SECADO NATURAL (en semanas)		49	46	42	38	35	31	26	23	19	17	19	18

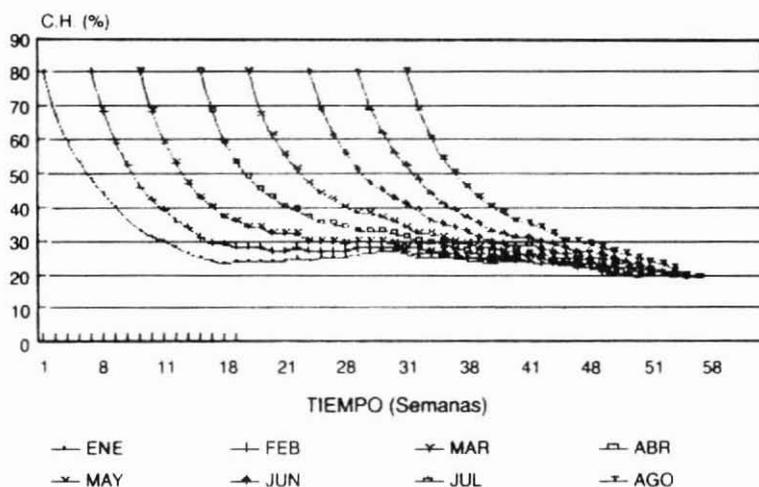


Figura N° 1 CURVAS DE SECADO NATURAL ESTIMADAS EN LA ZONA DE CONCEPCION PARA EUCALIPTO RADIAL DE 25 MM DE ESPESOR

En el Cuadro N° 2 se indica la duración del secado al aire del eucalipto en relación a la época de inicio del proceso y al contenido de humedad final deseado. De ahí es posible predecir que existe secado durante toda la época de verano, lo que permite estimar el número de días efectivos de secado para cada mes del año y construir el calendario de secado que se muestra en Cuadro N° 3.

Cuadro N° 2

TIEMPO ESTIMADO DE SECADO NATURAL EN EUCALIPTO RADIAL DE 25 MM DE ESPESOR

Epoca Inicio Secado	Tiempo (semanas)		
	CH 30%	CH 25%	CH 20%
Otoño	14	27	41
Invierno	15	23	31
Primavera	12	15	19
Verano	10	13	19

El calendario de secado indica 240 días efectivos de secado anual para la especie, el espesor, la localidad y el año de estudio. No obstante, si es conocido el número de días que requiere para su secado al aire cualquier otra especie o espesor, el calendario de secado puede ser útil, considerando las limitaciones derivadas de las variaciones climáticas y de localización geográfica.

Cuadro N° 3
DIAS EFECTIVOS DE SECADO AL AIRE DURANTE EL AÑO 1988 EN LA ZONA DE CONCEPCION

Mes	Días de Secado Mensual
Enero	30
Febrero	30
Marzo	25
Abril	15
Mayo	10
Junio	5
Julio	10
Agosto	15
Septiembre	20
Octubre	25
Noviembre	25
Diciembre	30

Por otra parte en la Figura N° 2 se observó la curva de secado natural real y estimada, en ambas curvas la pérdida semanal de humedad presenta una tendencia similar. Los datos experimentales para la construcción de la curva de secado real se recogen de ensayos iniciados en época de verano y corresponden a los resultados promedios obtenidos para los 3 rangos de anchos o escuadrías consideradas. De igual forma la curva estimada se construye en base al modelo general propuesto que es independiente del ancho de las piezas, ya que una correlación similar es obtenida para cada ancho de acuerdo con Vergara (1990). El modelo general simplifica en la práctica su operación y aplicaciones.

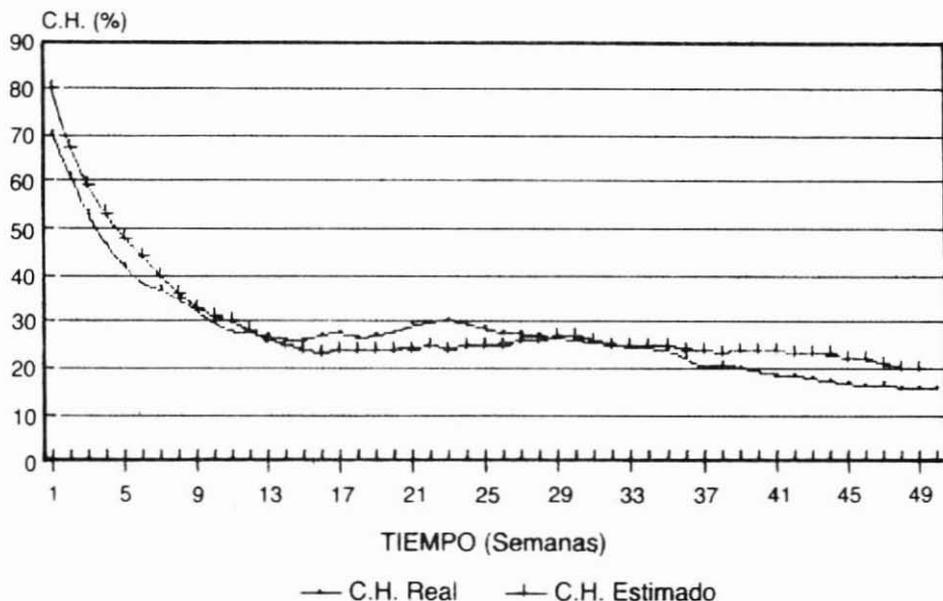


Figura N° 2 CURVAS DE SECADO AL AIRE REAL Y ESTIMADA PARA EUCALIPTO RADIAL DE 25 MM DE ESPESOR

CONCLUSIONES

El modelo de secado al aire propuesto describe el comportamiento de la pérdida semanal de humedad en madera de eucalipto radial de 25 mm de espesor.

El tiempo de secado estimado para madera de eucalipto radial de 25 mm de espesor es de 70 días efectivos.

El calendario de secado al aire indica 240 días de secado anual para la especie, según las variables consideradas, esto es espesor, localización geográfica y época de inicio del proceso.

El modelo propuesto es una contribución preliminar para el cálculo del tiempo de secado al aire del eucalipto en cualquier lugar y para cualquier escuadría.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Denig, J.; Wengert, E., 1982. Estimating air-drying moisture content losses for red-oak and yellow - poplar lumber. *Forest Prod. J.* 32(2):26-31.

Rietz, R., 1972. A calendar for air-drying lumber in the upper midwest. U.S.D.A. Forest Service. Research Note FLP-0224. Madison, Wis.

Vergara, F., 1990. Estudio del secado natural. Determinación de curvas de secado. Modelación del secado natural. Proyecto Titulación, Depto Ingeniería en Maderas, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile.

COMPATIBILIDAD Y EFICIENCIA DE HONGOS MICORRIZICOS VESICULO - ARBUSCULARES EN *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. y *Quillaja saponaria* Mol.

Dr. Roberto Godoy (*)
Prof. Carlos Riquelme (*)
Dr. Hernán Peredo (**)
Mag. Rubén Carrillo (*)

RESUMEN

Se desarrolla un ensayo de inoculación controlada en invernadero con 6 cepas comerciales de hongos micorrizicos vesículo-arbusculares en dos especies seleccionadas para la zona semiárida de Chile: *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria*.

La detección de colonización primaria por los simbioses a las 8 semanas de la inoculación, registró asociaciones en todos los tratamientos a excepción de *Gigaspora margarita* en *Eucalyptus camaldulensis*.

Al término del ensayo (20 semanas) se determinó el grado de micorrización y se midieron variables morfométricas para establecer la eficiencia de las cepas micorrizicas mediante el índice de calidad de las plántulas. Todos los tratamientos inoculados presentaron asociación simbiótica con ambos hospedantes. El análisis de las variables morfométricas para *Eucalyptus camaldulensis* determina que *Glomus versiforme* y *Glomus intraradices* resultan con valores de significación superiores al control, sin embargo el índice de calidad no estableció diferencia estadística. Para *Quillaja saponaria* estos valores fueron similares en *Glomus aggregatum* y *Glomus intraradices* teniendo este último un índice de calidad estadísticamente significativo.

Palabras claves: Micorrizas. Inoculación. *Eucalyptus camaldulensis*. *Quillaja saponaria*.

(*) Instituto de Botánica
(**) Instituto de Silvicultura
Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia-Chile.

ABSTRACT

A essay of controlled inoculation is performed in greenhouse conditions with 6 strains of commercial vesicular-arbuscular mycorrhizae fungi in two selected host from semiarid zone of Chile: ***Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.** and ***Quillaja saponaria* Mol.**

The detection of primary colonization for symbionts, at 8 weeks, recorded mycorrhizae associations occurring in all the treatments except those of ***Gigaspora margarita*** in ***Eucalyptus camaldulensis***.

At the end of the essay (20 weeks), the mycorrhizal association degree was determined and morphometric variables were measured to establish the efficiency of strains mycorrhizae by means of the quality index of seedlings. In both host species symbiotic associations were seen occur in all inoculation treatments. The statistic analysis of morphometric variables for ***Eucalyptus camaldulensis*** determined that ***Glomus versiforme*** and ***Glomus intraradices*** result with values of significance higher than the control, however, the quality index not establish statistic differences. For ***Quillaja saponaria*** similar values in ***Glomus aggregatum*** and ***Glomus intraradices*** were found, nevertheless just the last strain has significant quality index.

Keywords: Mycorrhizas. Inoculation. ***Eucalyptus camaldulensis***. ***Quillaja saponaria***.

INTRODUCCION

Si bien es cierto que las mayores superficies de plantaciones y extracción volumétrica en Chile corresponden a **Pinus radiata**, se visualiza en este último tiempo un marcado interés por incrementar la participación de las especies de **Eucalyptus** debido a la importancia comercial y probada adaptabilidad de este género a las diferentes condiciones de suelo y clima (INFOR-CORFO, 1986, 1989; Barros, 1990). Sin embargo, se ha planteado la necesidad de un desarrollo armónico que asegure un crecimiento sostenido, para lo cual es imprescindible implementar nuevas técnicas silviculturales que consideren además especies nativas (Latorre, 1990; Torres, 1990).

La probada adaptabilidad de **Eucalyptus camaldulensis** a condiciones hídricas restrictivas y su potencial uso en programas de reforestación en la zona semiárida de Chile, hacen de ésta una de las especies introducidas de mayores proyecciones (Barros, 1990). Por otro lado debido a la necesidad de reforestar con especies nativas adaptadas al sitio, se han iniciado diversas forestaciones con árboles y arbustos (Torres, 1990) y particularmente con uno de los componentes importantes del bosque esclerófilo como lo es **Quillaja saponaria** (Vita, 1990).

Actualmente en esta región la reforestación ha arrojado resultados parciales y con serios problemas de establecimiento, atribuidos a factores climáticos y edáficos, estos últimos acentuados por los marcados niveles de degradación de los suelos (INFOR-CORFO, 1986; Latorre, 1990; Vita, 1990).

Uno de los aspectos de gran relevancia enfatizados en la última década, es considerar en las prácticas de manejo silvicultural y de restauración ecológica en áreas degradadas, el estudio de la rizósfera, en particular la aplicación de hongos micorrízicos (Perry et al., 1987; Danielson, 1988; Mc Fee and Fortin, 1989). Lo anterior en base a que plantas micorrizadas logran un mejor desarrollo frente a diversos factores bióticos y abióticos, lo que favorece la estructura y estabilidad del ecosistema (Grime et al., 1989; Read et al., 1989; Harley, 1989).

El presente estudio tiene por objetivo evaluar la eficiencia y compatibilidad de 6 cepas comerciales de Hongos Micorrízicos Vesículo-Arbusculares (HMVA) en plántulas de **Eucalyptus camaldulensis** y **Quillaja saponaria**, para definir la posibilidad de utilizarlos en programas silviculturales en la zona semiárida de Chile.

Este estudio se realizó mediante un Convenio entre el Instituto Forestal (Filial CORFO) y la Universidad Austral de Chile, como parte de las actividades del Proyecto Regeneración Forestal, financiado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID, organismo gubernamental de Canadá.

MATERIAL Y METODO

Con el objeto de cuantificar la variabilidad del inóculo comercial procedente de Canadá, se desarrolló el Método del Número más Probable (MNMP) propuesto por Daniels and Skipper (1982). El inóculo utilizado contenido en sustrato turboso, corresponde a las siguientes especies: **Glomus aggregatum** Schenk et Smith, **Glomus fasciculatum** (Thaxter, Sensa, Gerdemann) Gerdemann et Trappe, **Glomus intraradices** Schenk et Smith, **Glomus monosporum** Gerdemann et Trappe, **Glomus versiforme** (Karsten) Berch y **Gigaspora margarita** Becker et Hall. Para la tinción de raíces se procedió de acuerdo a Koske and Gemma (1989). La interpretación de los resultados se realizó usando la Tabla de Mc Cready (Alexander, 1965).

Para el ensayo de compatibilidad y eficiencia de las cepas micorrízicas en **Eucalyptus camaldulensis** y **Quillaja saponaria** el suelo fué tamizado y fumigado con bromuro de metilo.

La inoculación se realizó en maceteros de 1,5 litros de volumen para cada tratamiento por especie vegetal. Un volumen de 120 cc de inóculo fué adicionado a cada macetero debidamente homogenizado con suelo y una cantidad equivalente de turba sin inóculo para cada control.

Con el propósito de obtener el mayor número de plántulas coetáneas se realizaron ensayos de germinación en **Eucalyptus camaldulensis** con semillas procedentes de Australia (15027) y **Quillaja saponaria** obtenidas en la Zona Central de Chile, ambas proporcionadas por el Instituto Forestal-Filial Corfo (INFOR), Santiago. Las semillas fueron seleccionadas bajo lupa estereoscópica y posteriormente esterilizadas. Las plántulas así obtenidas fueron transplantadas con un tamaño de 5 cm y su posterior desarrollo fué realizado en invernadero.

Para evaluar el desarrollo del ensayo, se realizó un control de la infección primaria a la octava semana de iniciada la inoculación. En cada tratamiento se eligieron al azar 5 plántulas, de las cuales se extrajo el sistema radicular para ser fijado y teñido según Koske and Gemma (1989). La detección de la presencia-ausencia de asociación micorrízica fue establecida considerando las siguientes estructuras: hifas, arbusculas y vesículas, que fueron observadas bajo microscopio óptico.

Al finalizar el experimento (20 semanas) se midió la intensidad y frecuencia de asociación simbiótica de acuerdo al método indicado en Godoy (1989), cuyo análisis fué considerado con cinco individuos para cada tratamiento por especie inoculada. Se midieron variables morfométricas (longitud de tallo y raíz, peso-seco de tallo y raíz y diámetro del cuello de la raíz) de 20 individuos, elegidos al azar en

cada tratamiento por hospedante, para estimar la eficiencia y compatibilidad de las diferentes cepas en los hospedantes utilizados en el ensayo. Además se estimó el índice de calidad de acuerdo a Ritchie (1984). El análisis estadístico se realizó usando el Test de ANOVA y la discriminación de los mejores tratamientos fué obtenida por contrastes ortogonales (Little y Jackson- Hills, 1976) con un nivel de significación de 0.05.

RESULTADOS

Del bioensayo realizado para determinar la viabilidad del inóculo comercial, se desprende que **Glomus monosporum** presentó el mayor número de esporas viables con un valor de 264/100 g. En cambio la menor viabilidad obtenida correspondió a **Glomus fasciculatum** con un valor de 20 esporas/100 g (Cuadro N° 1).

La evaluación primaria de colonización por cepas de HMVA mostró que ambas especies presentaron asociación micorrízica con todos los tratamientos, excepto **Gigaspora margarita** en **Eucalyptus camaldulensis** (Cuadro N° 2). Para **Eucalyptus camaldulensis** se detectó la presencia de hifas, arbusculas y vesículas con los simbiontes **Glomus intraradices**, **Glomus versiforme** y **Glomus fasciculatum**, a diferencia de **Glomus aggregatum** y **Glomus monosporum** en los cuales hubo un registro parcial de las estructuras. Sin embargo, en **Quillaja saponaria** se observaron las tres estructuras en las cepas de **Glomus aggregatum**, **Glomus versiforme** y **Glomus monosporum**. En el caso de **Gigaspora margarita** y **Glomus intraradices** se constató la presencia de hifas.

Cuadro N° 1

VIABILIDAD DE LAS CEPAS DE HMVA DETERMINADA EN EL ENSAYO DE MNMP

Cepas	Esporas Viables en 100 g de Inóculo
<i>Glomus fasciculatum</i>	20
<i>Glomus intraradices</i>	37
<i>Gigaspora margarita</i>	57
<i>Glomus aggregatum</i>	202
<i>Glomus versiforme</i>	202
<i>Glomus monosporum</i>	264

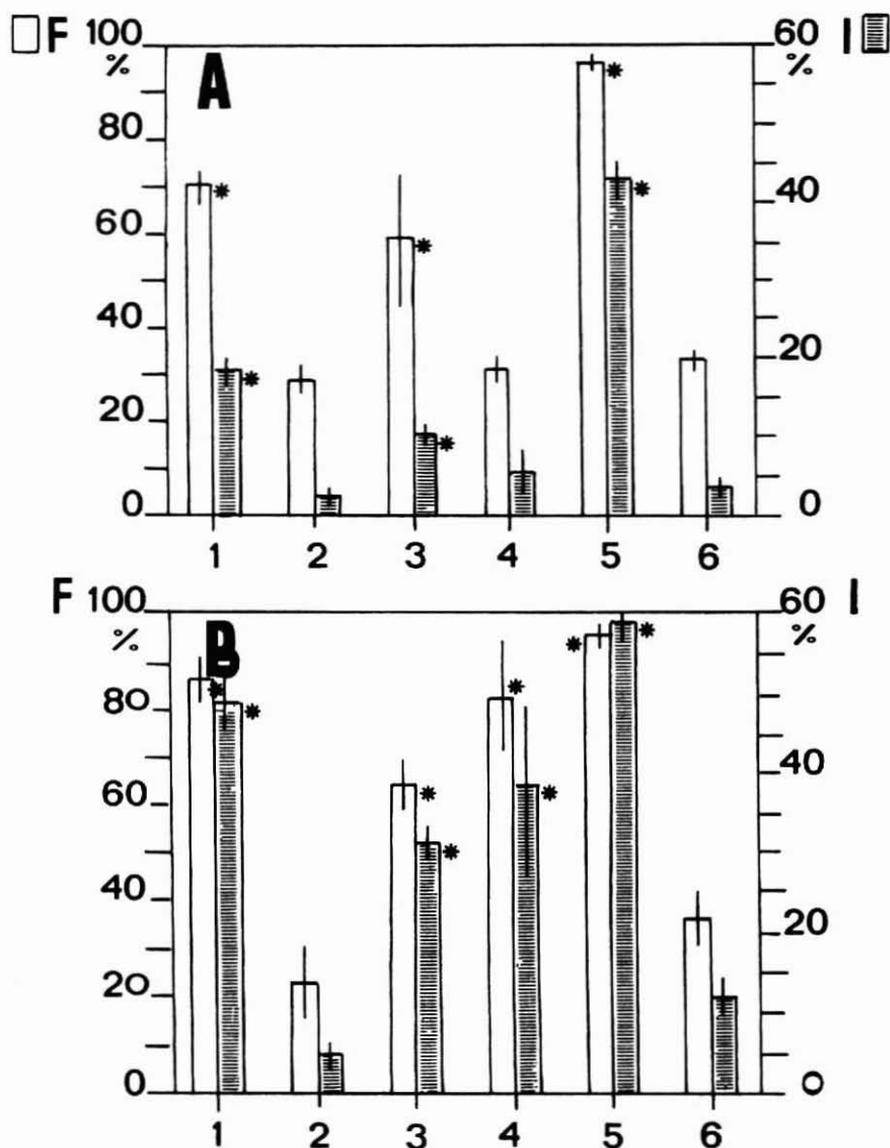


Figura N° 1. FRECUENCIA (F) E INTENSIDAD (I) DE MICORRIZACION SEGUN TRATAMIENTO, EN A: *Eucalyptus camaldulensis* B: *Quillaja saponaria* * SIGNIFICACION P = 0,05

Cuadro N° 3

**EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN LAS VARIABLES
MORFOMETRICAS EN PLANTULAS DE *Eucalyptus camaldulensis***

Variables	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
Diám. cuello raiz					*	
Longitud tallo	*	*			*	*
Longitud raiz	*					
Peso fresco tallo	*				*	*
Peso fresco raiz			(*)	(*)		*
Peso seco tallo					*	*
Peso seco raiz			(*)	(*)		*
Biomasa				(*)	*	*

(* P = 0.05). * = superior (*) = inferior

40 % de las variables consideradas. Por el contrario, se presentaron con valores significativamente inferiores al control los tratamientos correspondientes a **Glomus fasciculatum** y **Glomus aggregatum**.

El índice de calidad para las plántulas de ***Eucalyptus camaldulensis*** muestra que sólo **Glomus versiforme** y **Glomus intraradices** presentan un valor mayor respecto del control, pero no tienen diferencia estadística (Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4

**INDICE DE CALIDAD EN PLANTULAS DE *Eucalyptus camaldulensis*
PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS CON CEPAS DE H M V A**

Tratamientos	Indice de Calidad (Media - Dv. Stand)
1 <i>Glomus monosporum</i>	0.012 +/- 0.003
2 <i>Gigaspora margarita</i>	0.012 +/- 0.003
3 <i>Glomus fasciculatum</i>	* 0.012 +/- 0.002
4 <i>Glomus aggregatum</i>	* 0.011 +/- 0.004
5 <i>Glomus versiforme</i>	0.017 +/- 0.004
6 <i>Glomus intraradices</i>	0.016 +/- 0.004
7 Control	0.014 +/- 0.006

(*) p = 0.05).

Del análisis realizado para **Quillaja saponaria** se desprende que **Glomus aggregatum** y **Glomus intraradices** presentan significación de 60 y 85 % de las variables, respectivamente. Por el contrario, los tratamientos de **Glomus monosporum** y **Glomus fasciculatum** presentaron una variable significativamente inferior al control (Cuadro N° 5).

En el Cuadro N° 6 se muestra el índice de calidad de las plántulas de **Quillaja saponaria** para los diferentes tratamientos, donde **Glomus intraradices** alcanza el mayor valor medio del índice de calidad (0.012), estableciendo significación estadística respecto al control. Las restantes cepas utilizadas tienen valores iguales o superiores al control pero sin significación.

Cuadro N° 5

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN LAS VARIABLES MORFOMETRICAS EN PLANTULAS DE Quillaja saponaria

Variables	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
Diám. cuello raíz		*		*		*
Longitud tallo		*		*		*
Longitud raíz						
Peso fresco tallo		*		*		*
Peso fresco raíz	(*)		(*)			*
Peso seco tallo	*	*		*		*
Peso seco raíz						*
Biomasa				*		*

(* p = 0.05). (*) = superior. * = inferior.

Cuadro N° 6

INDICE DE CALIDAD EN PLANTULAS DE Quillaja saponaria PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS CON CEPAS DE H M V A

Tratamientos	Índice de Calidad (Media - Dv. Stand)
1 Glomus monosporum	0.010 +/- 0.003
2 Gigaspora margarita	0.009 +/- 0.002
3 Glomus fasciculatum	0.010 +/- 0.002
4 Glomus aggregatum	0.010 +/- 0.003
5 Glomus versiforme	0.009 +/- 0.003
6 Glomus intraradices	* 0.012 +/- 0.002
7 Control	0.009 +/- 0.004

(* p = 0.05).

DISCUSION

Al término del bioensayo del MNMP la viabilidad de los inóculos fué muy variable, ya que **Glomus monosporum**, **Glomus versiforme** y **Glomus aggregatum** presentaron valores marcadamente altos con respecto a sus congéneres. Esto se debería a la existencia de factores intrínsecos, como diferentes estados de latencia y germinación, que estarían influenciando notoriamente su comportamiento (Bowen, 1987; Louis and Lim, 1988; Safir et al., 1990). El tiempo y las condiciones de almacenaje a que fué sometido el inóculo, son considerados factores determinantes en la viabilidad (Louis and Lim, 1988). Con posterioridad al desarrollo del ensayo se ha documentado que un almacenamiento del inóculo a +5 °C y un pretratamiento a bajas temperaturas, permiten una sincronización y un mayor potencial de germinación (Safir et al., 1990).

El comportamiento de compatibilidad de las distintas cepas en **Eucalyptus camaldulensis** y **Quillaja saponaria** se correlaciona proporcionalmente con los altos valores de viabilidad de los inóculos, a excepción de **Glomus fasciculatum** que arrojó el valor mínimo de viabilidad y, durante la detección de colonización, fue relativamente destacado. Por otro lado, **Gigaspora margarita** respondió con una baja presencia. Los distintos grados de colonización con HMVA serían atribuibles a la eventual diferencia en los ritmos de germinación de las esporas y la compatibilidad con los hospedantes (Bowen, 1987).

Con respecto al grado de micorrización (frecuencia e intensidad) en los diferentes tratamientos para ambos hospedantes, se destacaron significativamente aquellas plántulas inoculadas con **Glomus monosporum**, **Glomus fasciculatum** y **Glomus versiforme** y, en el caso particular de **Quillaja saponaria**, se agrega además el alto porcentaje registrado por **Glomus aggregatum**. Este comportamiento indica diferencia en el grado de compatibilidad de los inóculos utilizados en el ensayo y en la dependencia que presentan los hospedantes por el simbionte (Plenchette et al., 1981; Fairweather and Parbery, 1982; Furlan et al., 1983; Cuenca et al., 1990).

El análisis de las variables morfométricas mostró diferencias entre los distintos tratamientos respecto del control, destacándose como buenos parámetros las variables derivadas del tallo. En contraposición, las variables longitud y diámetro del cuello de la raíz se presentaron con baja frecuencia en su grado de significación. Cabe destacar que, en general, el conjunto de variables consideradas es de uso frecuente en trabajos similares tendientes a cuantificar la efectividad en ensayos de micorrización (Furlan et al., 1983; Bowen, 1987; Cuenca et al., 1990; Peredo et al., 1990).

En el caso particular de **Eucalyptus camaldulensis**, las respuestas con mayor frecuencia de significación en las variables consideradas respecto del control, fueron los tratamientos 5 y 6, correspondientes a **Glomus versiforme** y **Glomus intraradices**, respectivamente. Sin embargo, al analizar los valores correspondientes al índice de calidad de las plántulas, éstos presentaron valores superiores al control que no lograron diferenciarse en forma significativa.

Del mismo modo, en **Quillaja saponaria** se observó que **Glomus intraradices** presentó la mayor frecuencia de variables significativas respecto del control, destacándose además **Glomus aggregatum** en forma menos importante.

La presencia de valores inferiores al control ha sido documentada anteriormente como una reducción en la efectividad de la micorrización. Particularmente el comportamiento de la cepa **Glomus aggregatum** en **Eucalyptus camaldulensis**, cuyo resultado fué significativamente inferior al control en variables que se reflejan, además, en el índice de calidad, ello podría ser atribuído al efecto de ciertos componentes abióticos del suelo, producto de la fumigación del mismo (Cuenca et al., 1990). Por otro lado, las condiciones de humedad, textura, pH, contenido de O₂ y CO₂ del suelo, son factores que han sido considerados como determinantes en la asociación simbiótica (Furlan et al., 1983; Bowen, 1987; Harley, 1989).

Una mejor comparación de la eficiencia de las cepas de HMVA utilizadas se espera obtener en la segunda fase en desarrollo de la presente investigación, cuyo objetivo es evaluar el establecimiento de las plantas inoculadas en la zona semiárida del país.

CONCLUSIONES

La detección de asociación micorrízica a las 8 semanas de la inoculación, se correlaciona en forma directa con los resultado obtenidos en el MNMP.

La cuantificación de la frecuencia e intensidad micorrízica al término del ensayo, mostró diferencias significativas entre los tratamientos y hospedantes, destacándose **Glomus versiforme**, **Glomus monosporum** y **Glomus fasciculatum**, con los mayores porcentajes en ambos hospedantes. En el caso de **Quillaja saponaria** se destacó además **Glomus aggregatum**.

Del conjunto de variables consideradas en el análisis para determinar la efectividad de las cepas micorrizicas, se concluye que las variables derivadas del tallo constituyen un parámetro significativo para la mayoría de los tratamientos. Por el contrario, las variables longitud y diámetro del cuello de la raíz no permiten establecer mayores diferencias.

En el análisis de las variables morfométricas en plántulas de ***Eucalyptus camaldulensis***, se obtuvo que los tratamientos correspondientes a ***Glomus versiforme*** y ***Glomus intraradices*** fueron estadísticamente superiores al control en la mayoría de las variables analizadas. Sin embargo, el índice de calidad no logró superioridad estadística. En cambio, ***Glomus aggregatum*** resultó, en ambos casos, estadísticamente inferior al control.

En ***Quillaja saponaria*** las cepas de ***Glomus intraradices*** y ***Glomus aggregatum*** se presentaron estadísticamente superiores al control, en un mayor número de variables morfométricas, destacándose significativamente ***Glomus intraradices*** como el mejor tratamiento respecto al índice de calidad de sus plántulas.

RECONOCIMIENTOS

Este estudio se realizó gracias al financiamiento de CIID (Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá). Las cepas de micorrizas fueron enviadas por CIID a través del Dr. André Fortin, de la Universidad de L'Aval de Canada, al Instituto Forestal. El trabajo se efectuó mediante convenio INFOR-UACH-1990.

Los autores agradecen también al Profesor G. Vergara por su asistencia en el análisis estadístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alexander, M., 1985.** Most-Probable Number Method for Microbial Populations. In : Black, C. (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* American Soc. of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. 1467 - 1472.
- Barros, S., 1990.** Ensayos de Procedencia de *Eucalyptus camaldulensis* Dhehn. en la zona semiárida de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal* 4(2): 171-182.
- Bowen, G., 1987.** The biology and physiology of infection and its development. In: SAFIR, G. (ed.) *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants.* C.R.C Press. 223 p.
- Cuenca, G.; Herrera, R. and Meneses, E., 1990.** Effects of VA mycorrhiza on the growth of cacao seedlings under nursery conditions in Venezuela. *Plant and Soil* 126: 71 - 78.
- Daniels, R. and Skipper, H., 1982.** Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In: N.C. Schenk (ed.). *Methods and principles of Mycorrhizal Research.* The American Phytopathology Soc. 29 - 35.
- Danielson, R., 1988.** Mycorrhizae in forestry: The state of the art in land reclamation. In: Lalondre, M. and Piche, y. (Eds.). *Canadian Workshop on Mycorrhizae in Forestry,* 39 - 41.
- Fairweather, J. and Parbery, G., 1982.** Effects on four vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on growth of tomato. *Trans. Br. mycol. Soc.* 79 (1): 151 - 153.
- Furlan, V.; Fortin, J. and Plenchette, C., 1983.** Effects of different vesicular -arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Fraxinus americana*. *Can. J. For.* 13: 589 - 593.
- Godoy, R., 1989.** Beeinflussung der mykorrhiza von Representanten der Krautschicht eines Melico-Fagetum durch gasformige immissinen. Verlag Tanja Maraun, Frankfurt-Main, 120 p.
- Grime, J.; Mackey, J.; Hillier, S. and Read, D., 1989.** Floristic diversity in a model system using experimental microcosm. *Nature* 328: 420 - 422.
- Harley, J., 1989.** The significance of mycorrhiza. *Mycol. Res.* 92 (2): 129 - 139.
- INFOR-CORFO, 1989.** *Eucalyptus.* Principios de Silvicultura y manejo. Santiago - Chile. 199 p.
- Koske, R. and Gemma, J., 1989.** A modified procedure for staining roots to detect VA Mycorrhizae. *Mycol. Res.* 92 (4): 486 - 488.
- Latorre, J., 1990.** Reforestation of arid and semi-arid zones in Chile. *Agric. Ecosystems Environ.* 33: 111-127.



- Little, T. M. and Jackson-Hills, F., 1976.** Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Mexico, Trillas. 269.
- Louis, I. and Lim, G., 1988.** Effects of storage of inoculum on spore germination of a tropical isolate of *Glomus clarum*. *Mycología* 80 (2): 157 - 161.
- Mc Fee, B. and Fortin, J., 1989.** Ectomycorrhizal colonizations on black spruce and jack pine seedlings outplanted sites. *Plant and Soil* 116: 9 - 17.
- Peredo, H.; Alonso, O. and Valenzuela, E., 1990.** Mycorrhizal inoculation of *Pinus ponderosa* seedlings in a forest nursery from Junin de los Andes, Argentina. In: Werner, D. and Mueller, P. (eds.) *Fast growing trees and nitrogen fixing trees*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart - New York 323 p.
- Perry, D.; Molina R. and Amaranthus, M., 1987.** Micorrizae, micorrhizoesferas and reforestation: current knowledge and research needs. *Can. J. For. Res.* 17: 929-940.
- Plenchette, C.; Furland, F. and Fortin, A., 1981.** Growth stimulation of apple in unsterilized soil under field conditions with mycorrhiza inoculation. *Can. J. Bot.* 59: 2003 - 2008.
- Read, D.J.; Leake, J. and Langdale, A., 1989.** The nitrogen nutrition of mycorrhizal fungi and their host plants. In: L. Boody, R. Marchant and D. Read. *Nitrogen, Phosphorus and Sulphur utilization by fungi*. Brit. Mycol. Soc. Symposium Series Univ. of Birmingham: 181 - 204.
- Ritchie, G., 1984.** Assessing seedling quality. In: Duryea, M. and Landis, T. eds. *Forest Nursery Manual: production of bareroot seedlings*. The Hague, Martinus Nijhoff Dr. Junk. 243 - 259.
- Safir, G.; Coley, S.; Siquera, J. and Carlson P., 1990.** Improvement and synchronization of VA mycorrhiza fungal spore germination by short-term cold storage. *Soil. Biochem* 22 (1): 109 - 111.
- Torres, J., 1990.** Determinación e identificación de micorrizas vesículo arbusculares (MVA) en plantas leñosas de vivero de especies de interés para forestación en zonas áridas. Tesis Fac. Cs. Agr. y For., Universidad de Chile. 115 págs.
- Vita, A., 1990.** Ensayo de reforestación con Quillay (*Quillaja saponaria*) Illapel. IV Región, Chile. *Ciencias Forestales* 6 (1) : 37-48.

CRECIMIENTO JUVENIL DE 32 PROCEDENCIAS Y 203 FAMILIAS DE *Eucalyptus globulus ssp. globulus* EN LA ZONA COSTERA DE LA VIII REGION DE CHILE

Pedro Infante L. (*)
José Antonio Prado D. (*)

RESUMEN

*La supervivencia y desarrollo de 32 procedencias y 203 familias de **Eucalyptus globulus ssp. globulus**, que cubren gran parte de la distribución natural de la especie, se evalúan en un ensayo de procedencias y progenies establecido en la provincia de Arauco, Chile.*

Veinte meses después de la plantación se encuentran diferencias significativas entre procedencias y familias, tanto en altura como en diámetro.

Aún cuando no hay un patrón de variación geográfica bien definido, estos resultados indican que las mejores procedencias corresponden al sudeste de Tasmania, las islas Cape Barren y Flinders, en el Estrecho de Bass y Otway, en Victoria.

La fuente de semillas local fue superada por 15 procedencias naturales.

Palabras claves: ***Eucalyptus globulus**. Procedencias. Progenies.*

ABSTRACT

*Survival and growth of 32 provenances and 203 families of **Eucalyptus globulus ssp. globulus** from almost the whole range of the natural occurrence of the species, where assessed in a progeny test established in Arauco province, Chile.*

Twenty months after planting there was significant variation among provenances and families, both in height and diameter.

Eventhough there is not a well defined pattern of geographical variation, these first results indicate that the best provenances are those from south east Tasmania; Cape Barren Island and Flinders Island in Bass Strait; and Otway, Victoria.

The local seed source was outperformed by 15 natural provenances.

Keywords: ***Eucalyptus globulus**. Provenances. Progeny.*

INTRODUCCION

La creciente demanda mundial por productos forestales y particularmente por madera de fibra corta para la industria de pulpa y papel, ha despertado un gran interés por plantar especies del género *Eucalyptus*, tanto en Chile como en otros países del mundo.

En Chile gran parte de la producción de materia prima y de productos elaborados está destinada a ser vendida en el mercado externo, donde la competitividad es un factor fundamental. Mantener esta posición en el mercado significa producir al mínimo costo, proceso que se inicia obteniendo el máximo de productividad de los suelos forestales. Para esto es necesario aplicar técnicas intensivas de establecimiento, una adecuada selección de la especie a emplear y un proceso de mejoramiento genético que permita lograr la máxima productividad que su base genética pueda entregar.

Con este objetivo, el Instituto Forestal está desarrollando un programa de mejoramiento genético de varias especies del género *Eucalyptus*, entre ellas ***Eucalyptus globulus ssp. globulus***, una de las especies de mayor importancia en Chile, por su adaptación a sitios muy diversos, por su gran capacidad de retoñación, que la hace adecuada para un manejo en rotaciones cortas, y especialmente por la alta calidad de su madera para la producción de pulpa.

Eucalyptus globulus ssp. globulus es una especie originaria de Australia, específicamente de los Estados de Victoria y Tasmania, incluyendo las islas del Estrecho de Bass donde se la encuentra formando bosques mixtos con varias especies, entre las que se pueden mencionar ***Eucalyptus viminalis***, ***Eucalyptus obliqua***, ***Eucalyptus delegatensis*** y ***Eucalyptus regnans*** (Boland et al. 1984).

Existen además tres especies estrechamente relacionadas, por lo que Kirkpatrick (1975) las agrupa en una especie con cuatro subespecies. El grupo está constituido por ***E. globulus ssp. globulus***, ***E. globulus ssp. bicostata***, ***E. globulus ssp. maidenii*** y ***E. globulus ssp. pseudoglobulus***.

Aún cuando la distribución de la especie no es muy amplia, en comparación a otras especies del género, dentro de su rango de ocurrencia natural se pueden encontrar condiciones muy variadas, dando origen a procedencias de semillas que pueden producir grandes diferencias, tanto en el desarrollo de los árboles (Volker and Orme, 1988) como en la calidad de la materia prima (Turner et al., 1983).

A esta variación producida por condiciones de sitio diferentes, se agrega la variabilidad que existe entre árboles de una misma especie aún creciendo en condiciones semejantes.

Gran parte de esta variabilidad se reúne en los ensayos de procedencias y progenes de **E. globulus ssp. globulus** que ha establecido el Instituto Forestal. La intensiva selección a que esta población será sometida en los próximos años permite esperar una importante ganancia genética en características tales como crecimiento, densidad de la madera, rendimiento en pulpaje, resistencia al frío, resistencia a plagas y enfermedades u otras características que pueden ser de importancia a futuro.

El presente trabajo constituye una primera indicación en cuanto a las posibilidades de mejoramiento que ofrece la base genética existente. Al comparar el desarrollo de varias familias con la población local, representada por semilla comercial obtenida en el Centro de Semillas de Chillán, ya se visualiza una importante ganancia en crecimiento, que en un mediano plazo puede ser incorporada a las plantaciones industriales que se efectúen.

OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo entregar las primeras indicaciones en relación a las procedencias más adecuadas para la plantación de **Eucalyptus globulus ssp. globulus** en la zona costera central de Chile, a través del análisis de uno de los ensayos de procedencia y progenie que ha establecido el Instituto Forestal como parte de su programa de mejoramiento genético de varias especies del género **Eucalyptus**.

MATERIAL Y METODO

Antecedentes de la Colección de Semillas

Eucalyptus globulus ssp. globulus es originario de Australia, específicamente de la zona sur del Estado de Victoria, de las Islas del Estrecho de Bass y Tasmania (Figura N° 1).

La colección de semillas empleada en el ensayo es una muestra que representa parte importante del área de distribución natural de la especie (Cuadro N° 1 y

Figura N° 1). Las semillas se encuentran individualizadas según lugar de origen (procedencia) y árbol madre (familia). La colección incluye 32 procedencias y 203 familias australianas, a las que se agregaron como testigos dos procedencias nacionales (Talca y Cañete), una muestra de huerto semillero (APPM, Tasmania, Australia), una procedencia de *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*, una procedencia de *E. globulus ssp. maidenii* y una familia de *E. globulus ssp. pseudoglobulus*.

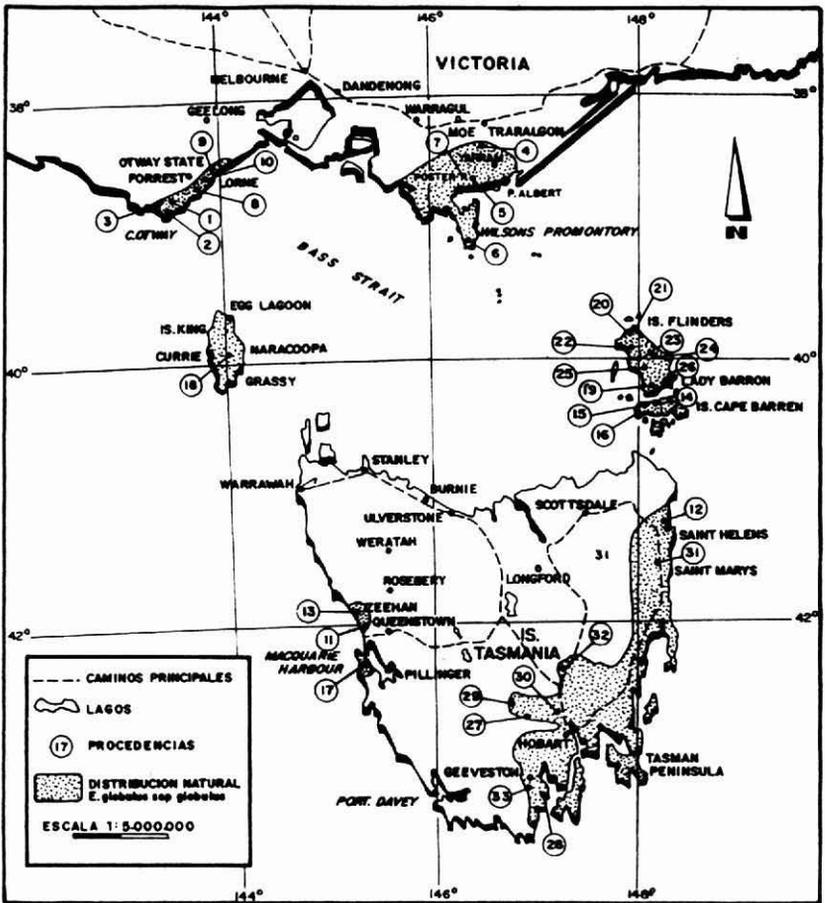


Figura N° 1. DISTRIBUCION NATURAL Y PROCEDENCIAS ENSAYADAS DE *Eucalyptus globulus ssp. globulus*

Cuadro N° 1.

PROCEDENCIAS DE *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* ENSAYADAS EN ARAUCO - CHILE

N°	Cod. CSIRO	Lugar de Origen	N° (1)	Lat.	Long.	Alt	Precipitación			Temp.		
							(2) (%)	(3) (%)	Total (mm)	(4) (°C)	(5) (°C)	
1	16223	Calder Otway	VIC	4	38°46'	143°32'	200	37	63	870	17	10
2	16224	Parker Rd Otway	VIC	7	38°49'	143°34'	145	37	63	870	17	10
3	16240	Otway State Forest	VIC	15	38°25'	143°27'	150	37	63	870	17	10
4	16319	Jerralang North	VIC	30	38°19'	146°36'	220	40	60	1388	17	6
5	16398	Hogson Hedley	VIC	3	38°38'	146°30'	20	39	61	607	-	-
6	16399	Wilson Promontory	VIC	9	39°08'	146°25'	60	-	-	-	-	-
7	16400	Longstaffs Toora	VIC	2	38°37'	146°21'	180	39	61	607	-	-
8	16402	Kennett River	VIC	6	38°39'	143°48'	250	36	64	928	18	9
9	16406	NW. of Lorne	VIC	6	38°31'	143°57'	210	36	64	928	18	9
10	16407	Henderson Lorne	VIC	9	38°31'	143°56'	210	36	64	928	18	9
11	16410	Badgers Creek	TAS	7	41°59'	145°18'	120	40	60	2460	16	6
12	16411	Binalong Bay	TAS	5	41°16'	148°18'	120	46	64	788	18	7
13	16412	Little Henty River	TAS	6	41°56'	145°12'	10	40	60	2460	16	6
14	16417	N. of Cape Barren Is.	TAS	5	40°22'	148°13'	20	42	58	785	18	9
15	16419	NW. of Cape Barren Is.	TAS	7	40°21'	148°07'	20	42	58	785	18	9
16	16421	SW. of Cape Barren Is.	TAS	4	40°26'	148°03'	40	42	58	785	18	9
17	16422	Macquarie Harbour	TAS	2	42°20'	145°20'	20	42	58	2527	-	-
18	16424	King Island	TAS	4	40°00'	144°00'	60	34	66	901	17	10
19	16425	S. of Flinders Is	TAS	3	40°14'	148°08'	120	42	58	785	18	9
21	16427	N. of Flinders Is	TAS	3	39°45'	147°57'	40	42	58	763	18	9
22	16429	Central Flinders Is	TAS	5	39°55'	147°57'	40	42	58	763	18	9
23	16431	Central Flinder Is.	TAS	8	40°02'	148°01'	190	31	69	736	-	-
25	16433	Central Flinders Is.	TAS	3	40°04'	148°04'	200	31	69	736	-	-
26	16434	S. of Flinders Is.	TAS	3	40°16'	148°10'	40	42	58	785	18	9
27	16470	Moogara	TAS	16	42°47'	146°55'	500	43	57	1031	13	5
28	16471	Dover	TAS	3	43°16'	146°59'	190	39	61	878	17	6
29	16472	Ellendale	TAS	5	42°38'	146°82'	460	43	57	1031	13	5
30	16473	New Norfolk	TAS	3	42°43'	147°09'	300	52	48	790	7	1
31	16474	Saint Marys	TAS	5	41°34'	148°12'	400	52	48	716	18	9
32	16475	Jericho	TAS	5	42°25'	147°16'	500	49	51	567	16	5
33	16476	S. of Geeveston	TAS	7	43°12'	146°54'	250	39	61	878	17	6
35	16478	Tasman Peninsula	TAS	2	43°04'	147°50'	20	46	54	774	-	-
36		Talca VII Región	CHILE		35°26'	71°04'		13	87	735	23	8
38		Huerto APPM	TAS		41°20'	145°10'		86	64	920	17	9
39	12653	E. glob. ssp bicostata										
		S. Traralgon	VIC		38°22'	146°31'	290	41	59	915	18	9
40		E. glob. ssp maidenii										
		South Coast	NSW		36°13'	150°09'	400	55	45	944	20	11
	Sitio Ensayo	Predio Los Hermanos Costa VIII Región	CHILE		37°41'	73°66'	100	21	79	1360	19	7

- (1): Número de árboles madres o familias en la procedencia
 (2): Precipitación media anual para el período Noviembre - Abril (%)
 (3): Precipitación media anual para el período Mayo - Octubre (%)
 (4): Temperatura media máxima anual (° C)
 (5): Temperatura media mínima anual (° C)

La selección de los árboles y la colecta de semilla fue realizada por CSIRO, en los años 1987 y 1988, siendo ésta parte de la colección "1988 Seed Collections of *Eucalyptus globulus ssp. globulus* for Tree Improvement Purposes" (Gardiner y Granford, 1988). Entre los criterios considerados en la selección de los árboles se encuentran: tamaño y vigor del árbol; forma del fuste; tipo de copa y tipo de ramas. Junto a esto se reunió información de sitio, que incluye ubicación geográfica (latitud, longitud y altitud), exposición, pendiente, y algunas características del suelo, como textura, color y pH.

Diseño experimental

El diseño experimental empleado es conocido como bloques de familias compactas o de parcelas divididas, en donde la parcela principal es la procedencia. Dentro de cada procedencia se distribuyen al azar las familias en subparcelas de 4 plantas en línea. Cada procedencia cuenta con 10 repeticiones, constituyendo igual número de bloques. Cada bloque se encuentra rodeado con dos hileras de aislación.

Establecimiento

El ensayo se estableció a fines de Agosto de 1989 en el predio Los Hermanos, de propiedad de Bosques Arauco, a pocos kilómetros de Antihuala, en la zona costera de la VIII Región del país (37°41' LS y 73°66' LW).

El sitio presenta una topografía plana a levemente inclinada en algunos sectores. Anterior a la plantación, el suelo tuvo uso agrícola, empleándose en el cultivo de cereales y praderas.

La producción de plantas se llevó a cabo en Santiago, en el vivero que para estos fines dispone INFOR. Se emplearon bolsas plásticas de 500 cm³ de volumen de sustrato. Las plantas fueron marcadas con etiquetas de aluminio con el objeto de mantener la identificación de las familias durante todo el proceso de establecimiento.

Tres meses antes de la plantación se efectuó la preparación del suelo empleando un tractor agrícola. Primero se roturó el suelo con subsolador sobre las hileras de plantación (60 cm de profundidad) y posteriormente se laboreó toda la superficie con arado de disco. Debido al uso anterior de la tierra y a la maquinaria empleada, la preparación del sitio resultó muy homogénea.

Una vez plantado el ensayo se aplicó fertilizante a cada planta, en una mezcla de NPK (Urea 80 g, Superfosfato Triple 50 g y Sulfato de Potasio 15 g). El control de maleza se realizó durante los dos primeros años de establecimiento de la plantación, manteniendo las plantas libres de competencia, principalmente de vegetación herbácea de carácter anual.

Mediciones

El ensayo ha sido medido en tres ocasiones; en Septiembre de 1989, inmediatamente después de la plantación; en Abril de 1990 y en Abril de 1991. En cada medición se registró sobrevivencia, altura total, diámetro del cuello y estado de las plantas.

Análisis Estadístico

Con el objeto de comprobar la presencia de diferencias en el desarrollo de las plantas según su lugar de origen y árbol madre, se sometieron los datos a análisis de varianza y al test de comparaciones múltiples de Tukey. El análisis se realizó tanto a nivel de procedencias como de familias. Se emplearon para esto los datos tomados durante el tercer control del ensayo, realizado 20 meses después del establecimiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Sobrevivencia

La sobrevivencia de las plantas en ensayo es alta (96%) debido a las condiciones ambientales favorables para la especie y a la intensiva silvicultura aplicada en el establecimiento, especialmente al efectivo control de la competencia. Sólo las procedencias N^{os} 26 y 5, situadas en Flinders Island y Hogson, respectivamente, presentan una sobrevivencia inferior a un 80 % (Cuadro N^o 2).

Crecimiento

Para evaluar el crecimiento de las plantas se utilizaron las variables altura total (H), diámetro de cuello (D) y el índice D^2H , que combina las anteriores y es un buen estimador del crecimiento en volumen.

Los resultados del análisis de varianza indican que existen diferencias estadísticas significativas (para un nivel de confianza de 0.01) en el crecimiento de las plantas según la procedencia de las semillas, para las tres variables analizadas.

Las mejores procedencias, a la edad de 20 meses, corresponden a: Central Flinders Island (N^{os} 25 y 23), Calder Otway (N^o 1), Lorne (N^o 9), Geeveston (N^o 33) y Cape Barren Island (N^o 15). Por otra parte, las procedencias de menor crecimiento resultaron ser: Wilson Promontory (N^o 6), Hogson (N^o 5), Macquarie Harbour (N^o 17) y Saint Marys (N^o 31) (Cuadro N^o 2).

Al comparar los valores extremos se observa que las plantas provenientes de la parte central de la Isla Flinders crecieron dos veces más en altura que las plantas de semillas traídas de Wilson Promontory en Victoria.

Sin embargo, aun cuando se advierten diferencias importantes asociadas al lugar de origen de las semillas, no se observa en forma clara un patrón geográfico de variación en el crecimiento de las plantas. Un buen ejemplo de esto se aprecia en el caso de la Isla Flinders donde se observan procedencias de alto desarrollo (N^{os} 25 y 23) y, a su vez, procedencias de más bajo crecimiento (N^{os} 21 y 6). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Volker y Orme (1988) en ensayos de procedencias de esta especie realizados en Tasmania.

Con el fin de contar con una visión más global del efecto de las fuentes de semillas sobre el crecimiento de los árboles, se agruparon las procedencias por zonas geográficas. Los resultados se entregan en la Cuadro N^o 3 y corresponden a valores medios ponderados según el número de familias de cada procedencia. Se observa que las mejores fuentes de semillas, después de 20 meses de instalado el ensayo, corresponden a aquellas del sur-este de Tasmania, en las Islas Cape Barren y Flinders, en el Estrecho de Bass, y en Otway, en Victoria.

No existe correlación entre estos resultados y los obtenidos en etapa de vivero, donde las procedencias de Cape Otway presentaban los mayores desarrollos y las procedencias de Flinders Island los más bajos (Infante y Prado, 1989).

Por otra parte, con el objeto de analizar la variabilidad entre familias se realizaron análisis de varianza (ANDEVA), esta vez al interior de cada procedencia. En la mayor parte de los casos los resultados indican que existen diferencias signifi-

cativas entre las familias en ensayo. Es así como la procedencia Lorne (N° 9) de Victoria, presenta una variación, para el índice de crecimiento D²H, que va desde 2627 cm³ (familia N° 84) hasta 4874 cm³ (familia N° 87). Sin duda que la presencia de esta variabilidad adquiere importancia desde el punto de vista de las ganancias genéticas esperables a partir de la selección de árboles en el ensayo.

Cuadro N° 2

SOBREVIVENCIA, ALTURA, DIAMETRO Y D²H PROMEDIO, A LA EDAD DE 20 MESES, EN ENSAYO DE PROCEDENCIAS DE E. globulus ssp. globulus ARAUCO - CHILE

N°	PROCEDENCIA	Sobr. (%)	Altura (m)	Diam. (cm)	D ² H (cm ³)	(1)	(2)
25	Central Flinders Is	TAS	98	2.62	3.80	4505.4	**
1	Calder Otway	VIC	95	2.65	3.55	4202.7	ns
9	NW. of Lorne	VIC	96	2.59	3.64	4097.2	**
38	Huerto APPM	TAS	100	2.68	3.66	4032.1	—
39	E. glob. ssp. bicoostata	VIC	100	2.54	3.65	3852.7	**
33	S. of Geeveston	TAS	98	2.46	3.57	3846.7	**
15	NW. of Cape Barren Is	TAS	96	2.45	3.59	3778.0	*
23	Central Flinders Is	TAS	98	2.36	3.57	3694.5	**
14	N. of Cape Barren Is	TAS	98	2.43	3.59	3616.7	**
7	Longstaffs. Toora	VIC	84	2.60	3.43	3449.0	ns
10	Henderson. Lorne	VIC	98	2.38	3.35	3231.2	**
2	Parker Rd. Otway	VIC	98	2.31	3.27	3146.7	**
4	Jerralang North	VIC	97	2.32	3.32	3110.9	**
28	Dover	TAS	95	2.39	3.25	3069.4	ns
27	Moogara	TAS	97	2.28	3.37	3068.5	**
22	Central Flinders Is	TAS	98	2.20	3.33	3004.6	**
36	Talca	CHILE	100	2.34	3.23	2970.7	—
19	S. of Flinders Is	TAS	95	2.16	3.26	2965.2	**
30	New Norfolk	TAS	95	2.14	3.31	2833.0	*
12	Binalong Bay	TAS	96	2.19	3.25	2826.9	ns
35	Tasman Peninsula	TAS	88	2.21	3.21	2800.1	*
3	Otway State Forest	VIC	98	2.31	3.11	2750.9	**
8	Kennett River	VIC	97	2.30	3.03	2737.2	**
20	E. glob. ssp. pseudoglob.	TAS	100	1.95	3.37	2534.5	—
16	SW. Cape Barren Is	TAS	99	2.02	3.26	2526.4	**
32	Jencho	TAS	97	2.17	3.09	2518.6	**
18	King Island	TAS	98	2.08	3.06	2497.9	*
11	Badgers Creek Quarry	TAS	98	2.12	3.11	2481.3	*
29	Ellendale	TAS	96	2.09	3.18	2478.7	*
13	Little Henty River	TAS	100	2.14	3.07	2410.1	**
40	E. glob. ssp. maidenii	NSW	76	2.13	3.12	2391.8	—
21	N. of Flinders Is	TAS	100	2.07	3.13	2374.6	**
26	S. of Flinders Is	TAS	74	2.08	2.99	2266.6	ns
31	Saint Marys	TAS	90	1.89	2.88	1955.0	*
17	Macquarie Harbour	TAS	95	1.94	2.65	1733.8	ns
5	Hogson. Hedley	VIC	77	1.41	2.00	867.0	ns
6	Wilson Promontory	VIC	95	1.33	2.17	801.0	**
	PROMEDIO		96	2.24	3.25	2939.0	

- (1) Diferencias estadísticas significativas entre familias dentro de la procedencia.
 ns No Significativo
 * Significativo
 ** Muy Significativo
- (2) Barras indican grupos de medias sin diferencias significativas.
 Test de Tukey, $\alpha = 0.05$

Cuadro N° 3

PROCEDENCIAS ENSAYADAS AGRUPADAS POR REGIONES GEOGRAFICAS
E. *globulus ssp. globulus*. ARAUCO - CHILE EDAD 20 MESES

Región Geográfica		N° Familias	Altura (m)	D ² H (cm ³)	Rango Variación (cm ³)
Tasmania Sur-Este	TAS	10	2.5	3623	3099-3847
Islas Cape Barren	TAS	16	2.3	3413	2526-3776
Lorne Otway	VIC	21	2.4	3338	2737-4097
Islas Flinders	TAS	25	2.3	3237	2266-4505
Jerralang, Traralgon	VIC	30	2.3	3111	—
Cape Otway	VIC	26	2.5	3081	2751-4203
Tasmania Central	TAS	29	2.2	2864	2479-3099
Península de Tasmania	TAS	2	2.2	2800	—
Isla King	TAS	4	2.1	2498	—
Tasmania Este	TAS	10	2.1	2390	1955-2827
Tasmania Oeste	TAS	15	2.1	2353	1734-2481
Yarran	VIC	5	1.9	1899	867-3449
Wilson Promontory	VIC	9	1.3	801	—

Cuadro N° 4

ALTURA, DIAMETRO Y D²H DE LAS MEJORES 25 FAMILIAS DE
***Eucalyptus globulus ssp. globulus* EN ARAUCO-CHILE**
EDAD 20 MESES

Familia	Proc. (N°)	Altura (m)	Diámetro (cm)	D ² H (cm ³)	Lugar de Origen	
162	23	2.7	4.2	5574	Central Flinders	Est. Bass
84	9	2.8	3.7	5206	Lorne	Victoria
167	25	2.7	4.1	5099	Central Flinders	Est. Bass
165	25	2.7	3.9	4879	Central Flinders	Est. Bass
90	10	2.8	3.8	4843	Lorne	Victoria
216	33	2.6	4.1	4745	Geeveston	Tasmania
86	9	2.8	3.8	4712	Lorne	Victoria
130	15	2.7	3.9	4641	Capen Barren	Est. Bass
3	1	2.8	3.7	4631	Calder Otway	Victoria
215	33	2.7	4.0	4585	Geeveston	Tasmania
121	14	2.6	4.0	4575	Cape Barren	Est. Bass
131	15	2.6	3.8	4452	Cape Barren	Est. Bass
214	33	2.4	3.7	4433	Geeveston	Tasmania
52	4	2.7	3.8	4384	Jerralang	Victoria
96	10	2.7	3.7	4327	Lorne	Victoria
160	23	2.5	3.9	4295	Central Flinders	Est. Bass
212	33	2.5	3.8	4266	Geeveston	Tasmania
150	22	2.6	3.8	4254	Central Flinders	Est. Bass
120	14	2.5	3.8	4253	Cape Barren	Est. Bass
7	2	2.5	3.7	4251	Parker Otway	Victoria
177	27	2.5	3.9	4242	Moogara	Tasmania
157	23	2.5	3.7	4208	Central Flinders	Est. Bass
2	1	2.6	3.5	4205	Calder Otway	Victoria
8	2	2.6	3.6	4193	Parker Otway	Victoria

La fuente de semilla nacional, Talca, usada como testigo en el ensayo, se sitúa en una posición intermedia respecto de las procedencias de Australia. Esta situación indica que, si se mantiene esta tendencia en el crecimiento de los árboles, será preferible utilizar semillas de las fuentes australianas de mejor desarrollo en reemplazo de las procedencias locales, en este caso representadas por semilla comercial del Centro de Semillas Chillán. Esto es válido siempre que la semilla local mantenga sus características y no cuente con un mayor grado de mejoramiento. La otra procedencia local, identificada como Cañete, presenta un muy buen desarrollo, pero ha sido excluida del análisis, debido a una condición diferente de las plantas al momento del establecimiento, ya que éstas fueron producidas en macetas con un volumen 5 veces superior a las empleadas para el resto de las plantas.

Desde el punto de vista del mejoramiento genético, los resultados no son argumento suficiente para descartar la raza local como material base de un programa de esta naturaleza. Es importante notar que los valores presentados en el Cuadro N° 2 son valores promedio. Puede ocurrir que la variabilidad de la raza local incluya la variabilidad encontrada en las fuentes naturales. En el caso de ocurrir esto, bastaría con emplear como productores de semillas árboles seleccionados en las plantaciones comerciales existentes en el país. Esto es poco probable, ya que es de suponer que la base genética de las plantaciones locales puede ser bastante restringida.

En la Figura N° 2 se muestra la distribución de frecuencias de la altura de los árboles para las procedencias de Talca y Central Flinders (N° 25). La curva que representa a Flinders se extiende más hacia la derecha que la de Talca indicando la presencia de un grupo de árboles superiores en altura, los cuales podrían ser seleccionados, teniendo en cuenta la heredabilidad del carácter, para la producción de semillas, desechando de este modo los de la raza local. Esto mismo se puede observar en la Figura N° 3 donde se comparan los mejores árboles de las procedencias australianas sobresalientes y de la fuente nacional, Talca.

A pesar de estas diferencias, no es posible afirmar que las procedencias naturales cuentan con un mayor potencial, frente a perspectivas de ganancias genéticas, si se considera que la muestra nacional usada en el ensayo cuenta con pocos individuos y solo representa una procedencia (Talca). Además, el crecimiento de las plantas es solo uno de los atributos a considerar en la selección de árboles. Es común analizar otros caracteres como densidad de la madera, forma del fuste, adaptabilidad y rendimiento pupable, entre otros, con una ponderación que dependerá del producto final a obtener del bosque.

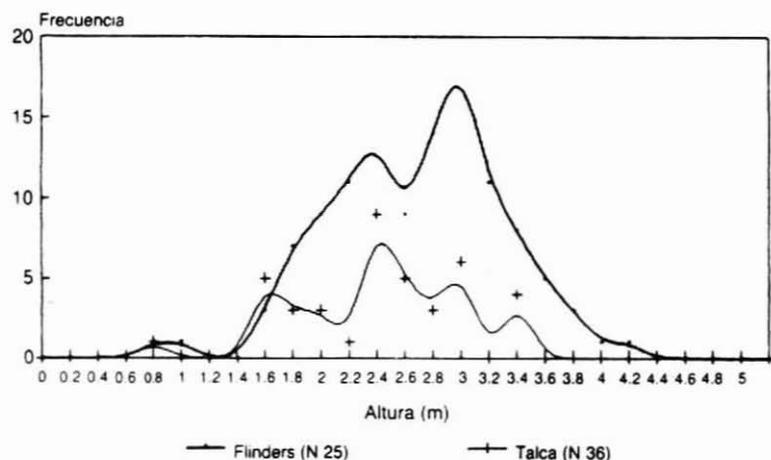


Figura N° 2. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PROCEDENCIAS FLINDERS Y TALCA (20 MESES DE EDAD)

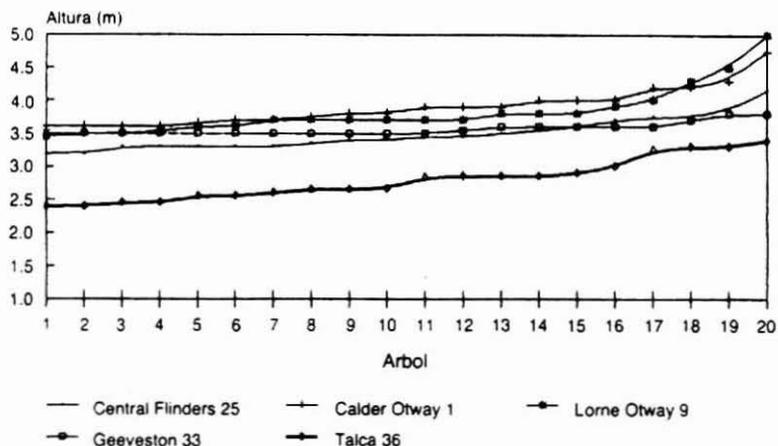


Figura N° 3. MEJORES 20 ARBOLES DE LA PROCEDENCIA TESTIGO Y DE LAS MEJORES PROCEDENCIAS AUSTRALIANAS. (20 MESES DE EDAD)

La semilla procedente del huerto semillero de APPM ubicado en Tasmania ha demostrado ser de muy buena calidad al situarse entre las procedencias de mejor crecimiento. En este caso se debe considerar que cuenta con un mayor grado de mejoramiento y que representa los resultados obtenidos de ensayos en Australia.

También resulta interesante destacar el crecimiento logrado hasta el momento por **E. globulus ssp. bicostata**, ubicándose entre las 5 mejores. Plantaciones anteriores con las subespecies de **E. globulus** ubican a **E. globulus ssp. bicostata** por debajo de **E. globulus ssp. globulus** y **E. globulus ssp. maidenii** (Prado, 1988).

La evaluación de la calidad de la pulpa y su relación con el origen de la semilla es un aspecto de gran importancia a considerar en la futura evaluación del ensayo. Estudios llevados a cabo en Australia indican grandes variaciones en el rendimiento pulpable y en la cantidad de reactivo empleado en el proceso de fabricación de pulpa química (Turner et al., 1983). Los resultados de esta investigación indican que las procedencias ubicadas en la zona Oeste de Tasmania, Henty y Macquarie Harbour, consideradas en este y otros estudios entre las menos apropiadas debido a su bajo crecimiento, son las de mejores características pulpables. En el proceso se utilizó, para la procedencia de Henty, un 50 % menos de reactivo y un 30 % menos de madera en relación a la procedencia de Rheban, para producir una misma cantidad de pulpa. Por otra parte, las procedencias del sur-este de Tasmania, indicadas por algunos autores como la fuente de semillas que dio origen a las plantaciones de **E. globulus** fuera del territorio australiano, se sitúan en una posición intermedia para estas características.

CONCLUSIONES

A la edad de 20 meses se observaron importantes variaciones en crecimiento de las plantas según el origen de la semilla. Estas diferencias se encuentran a nivel de procedencia y familia las que, de mantenerse, permitirán obtener altas ganancias genéticas en la futura selección de árboles a partir del ensayo.

Aun cuando no se manifiesta una tendencia geográfica clara, las mejores fuentes de semillas, dado el crecimiento de las plantas, se encontrarían al sur-este de Tasmania, en las islas Flinders y Cape Barren en el Estrecho de Bass y en la zona de Otway en Victoria.

La semilla utilizada como testigo, procedente de Talca y adquirida en el Centro de Semillas de Chillán, se ubica en una posición intermedia respecto al crecimiento de las plantas. A pesar de esto, no es posible afirmar, en base a estos resultados, que la raza local es inferior o superior a las fuentes naturales. Para esto será necesario conocer su variabilidad, la que difícilmente está totalmente comprendida en la muestra empleada en este ensayo. Es probable que en definitiva se utilicen ambas fuentes de semillas en los programas de mejoramiento genético con horizontes a largo plazo.

Al tomar una decisión sobre las fuentes de semillas más apropiadas para el establecimiento de plantaciones con **E. globulus**, como asimismo en la selección de árboles con fines de mejoramiento genético, no sólo se deben considerar caracteres relacionados con el crecimiento y forma de los árboles, sino que además aparece como de gran importancia tomar en cuenta, entre otros, caracteres asociados a la calidad de la pulpa, cuando este es el objetivo de producción.

RECONOCIMIENTOS

El Instituto Forestal agradece la colaboración prestada por la Empresa Bosques Arauco S.A. para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Boland, D.J.; M.I. Brooker, G.N. Chippendale; N. Hall, B.P. Hyland, R.D. Johnston, D.A. Kleining e I.D. Turner, 1984. Forest Trees of Australia- Nelson-CSIRO, 687 p.

Gardiner, C.A. y D.F. Granford. 1988. Seed Collections of **Eucalyptus globulus ssp. globulus** for Tree Improvement Purposes. Australian Tree Seed Centre. CSIRO. Canberra. Australia.

Infante P. y J.A. Prado, 1989. Crecimiento de 35 procedencias de **Eucalyptus globulus ssp. globulus** en la etapa de vivero. Ciencia e Investigación Forestal N° 7: 83 - 89.

Kirkpatrick, J.B., 1975. Geographical variations in **Eucalyptus globulus** - Forestry and Timber Bureau. Bulletin 47. Canberra-Australia 64 p.

Prado, J.A. 1988. Selección de Procedencias de varias especies del género **Eucalyptus** para la zona centro-sur de Chile. En: Actas Simposio manejo Silvícola del Género **Eucalyptus**. Corporación de Fomento de la Producción. Instituto Forestal, Viña del Mar. Chile, Junio 1988, 32 p.

Turner, C.H; V. Baladis y G.H. Deam, 1983. Variability in pulping quality of **Eucalyptus globulus** from Tasmania provenances. *Appita*. Vol 36 N° 5: 371- 376.

Volker P. and Orme, 1988 - Provenance trials of **Eucalyptus globulus** and related species in Tasmania. *Australian Forestry*, 51 (4): 257 -265.

VALORIZACION DE RODALES COETANEOS. Análisis y discusión de los métodos existentes. Iván Chacón C. y Rodolfo Neuenschwander A. Ingenieros Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad de Talca. Casilla 747, Talca, Chile.

RESUMEN

En el presente artículo se expone una revisión de los métodos tradicionales empleados en la valorización de bosques coetáneos: valor comercial, valor de costo y valor económico, planteándose algunos alcances sobre los mismos, a la vez que se efectúa una aplicación práctica numérica con el fin de mostrar la forma de cálculo para cada método y estimar cifras que permiten su análisis posterior.

Los resultados muestran que el valor de costo es el más apropiado cuando se trata de rodales jóvenes, siendo recomendable el empleo de una tasa alternativa más alta que el costo de oportunidad del capital. En rodales cercanos a su madurez se puede usar el valor comercial o el económico, cuyos resultados son muy cercanos entre sí. Finalmente, en edades intermedias la determinación del precio depende de la capacidad negociadora del comprador y del vendedor y de la cantidad de información que ellos posean.

ABSTRACT

A revision of the three classical methods of even-aged timber stands valuation is made: cost value, economic or expected value and commercial value. Together with some comments on these methods an hypothetical case is presented.

The results show that the cost value is appropriate for young stands but the use of an alternative rate of interest higher than the opportunity cost of capital is recommended. For mature or near to maturity stands economic and commercial value have very similar figures and both of them can be used. Finally, for intermediate ages the determination of the price depends on the negotiation capacity of buyer as well as seller, besides the amount of information known by each one.

INTRODUCCION

Con el sostenido desarrollo del sector forestal en los últimos veinte años, las transacciones comerciales de bosques coetáneos, especialmente de **Pinus radiata**, han pasado a ser operaciones cada vez más frecuentes en el país. Muchos propietarios de terrenos forestales que efectuaron plantaciones motivados por los beneficios ofrecidos por el D.L. 701 de 1974 o por la modalidad de Convenios de Forestación, en la actualidad no están interesados en invertir en faenas de aprovechamiento, o bien carecen de los recursos financieros necesarios, por lo que están dispuestos a vender sus bosques a terceros. Los compradores por su parte, son empresarios de diferentes tamaños, propietarios de aserraderos y barracas, empresas industriales de aserrío y pulpa, o bien exportadores de madera rolliza y astillas.

Las negociaciones de compraventa comúnmente se rigen por el juego de la oferta y la demanda. En otras palabras, el precio alcanzado en las transacciones de vuelos forestales corresponde al valor de mercado, el cual refleja aproximadamente el valor de los productos que el bosque es capaz de generar. Sin embargo, cuando se trata de bosques que no han alcanzado la madurez, es necesario hacer consideraciones que reflejen tanto su valor potencial como las inversiones efectuadas en el mismo, dado que aún su capacidad productiva se encuentra en desarrollo.

El presente artículo pretende describir los métodos básicos para valorizar un vuelo forestal, a la vez que analizar y discutir los alcances de los mismos por medio de una aplicación práctica en la que se consideran cifras habituales de costo para las intervenciones silviculturales.

METODOS DE VALORIZACION DE VUELOS FORESTALES

En forma clásica se ha reconocido la existencia de tres métodos para valorizar rodales coetáneos: valor comercial o de consumo, valor de costo, también llamado de reposición, y valor económico o potencial, denominado asimismo valor de espera o esperado. A continuación se describirá sucintamente cada uno de ellos.

Valor comercial

Se denomina valor comercial de un vuelo al precio de mercado de la madera en pie. Las especies más comunes tienen precio de mercado para una unidad de volumen de madera en pie, frecuentemente metro cúbico. Dado entonces, un volumen estimado para el bosque, el producto del precio del metro cúbico en pie por el volumen total expresado en la misma unidad, entrega el valor comercial del bosque completo. El origen de esta forma de estimación proviene del método denominado "valor residual de la madera en pie", que consiste en partir del precio de mercado de la unidad de volumen puesta en algún centro de consumo y descontar, paso a paso, los costos de transformación, transporte y utilidades de todas las etapas hasta llegar, por diferencia, al valor de la unidad volumétrica en pie (Gregory, 1972). En la práctica, al estar estandarizados tanto los costos como los márgenes de utilidad de todas las etapas de transformación, se llega a valores relativamente conocidos, al menos entre los agentes habituales de la producción maderera.

El método del valor comercial también ha sido denominado valor de consumo, debido a que se supone válido para bosques con existencia maderera susceptible de ser aprovechada de inmediato, razón por la cual su principal limitación es la edad del rodal. Sólo es aplicable a bosques con disponibilidad inmediata de algún producto, esto es desde los 13 ó 14 años para **Pinus radiata** en Chile y dependiendo de la calidad del sitio, que como se sabe, es decisiva en el volumen existente en un rodal.

Valor de costo

El método del valor de costo, como lo indica su nombre, consiste en cuantificar el valor de un rodal desde el punto de vista de lo que ha costado formarlo, independientemente de su valor comercial y de su potencialidad productiva.

En forma práctica, consiste en identificar todos los costos de formación, tales como: plantación, replante, limpiezas o desbroces, podas, raleos, administración anual y costo de oportunidad del capital, el que opera bajo la forma de una tasa de interés mediante la cual se capitalizan todos los demás costos ya mencionados, desde la fecha en que ocurren hasta la edad de valorización (Clutter et al., 1983). Asimismo, si durante este período han tenido lugar ingresos, como por ejemplo venta de productos de un raleo practicado a una edad no muy temprana, éstos deberán descontarse o, dicho de otro modo, incluirse en la ecuación de cálculo con signo negativo y debidamente capitalizados.



Una expresión general para el método puede escribirse de la siguiente forma:

$$VCe = \sum_{j=0}^e C_j(1+i)^{e-j} + \frac{a[(1+i)^e - 1]}{i} - \sum_{j=0}^e l_j(1+i)^{e-j}$$

- donde: VCe = valor de costo a la edad "e", (\$).
 e = edad del rodal a la fecha de la valorización (años).
 C_j = costo de una intervención silvicultural en un año "j" cualquiera ($j < e$), (\$).
 i = costo de oportunidad del capital o tasa de interés real en valor decimal.
 a = gastos de administración anual constante, que incluye vigilancia, mantención de cercos y cortafuegos, seguros e impuestos fijos, tal como el impuesto territorial, (\$).
 l_j = ingresos monetarios para un año "j" cualquiera ($j < e$), (\$).

En este punto es necesario precisar dos alcances, uno en relación con el tratamiento de la inflación y el otro sobre la elección del tipo de costo según propietario. Respecto del primero, debe aclararse que, para trabajar siempre con moneda del mismo valor y eliminar el efecto de la inflación, todos los cálculos de los costos deben hacerse con cifras del año en que se practica la valorización, es decir, moneda del mismo poder adquisitivo. Un error frecuente en este sentido, es intentar calcular cifras nominales del año en que se efectuó el respectivo gasto, para luego reajustar el valor hasta la fecha de valorización, lo que además de engorroso, es equivocado, ya que los precios de los factores de costo no necesariamente se reajustan según el índice de precios al consumidor.

Respecto del segundo alcance, los costos a considerar para una intervención silvicultural determinada deben ser estándares y no el costo histórico o efectivamente incurrido por el propietario. De este modo, se eliminan distorsiones producidas por los diferentes niveles de eficiencia que los propietarios pudieron tener al manejar su bosque. Esta idea es importante, dado que pudiera darse la paradoja de que un propietario ineficiente que gastó más de lo debido, valore más alto su bosque.

La naturaleza del método descrito lo hace particularmente apto para bosques muy jóvenes, de edades inferiores a aquella en que comienza a producirse volumen comercial, aproximadamente 8 años para ***Pinus radiata*** en Chile. Es frecuente su uso por compañías aseguradoras contra incendios u otros siniestros.

Es pertinente hacer la observación a la denominación valor de reposición, empleado como sinónimo para este método y cuyo empleo los autores consideran inexacto. En efecto, los valores comúnmente obtenidos mediante el valor de costo difícilmente alcanzarían para reponer al propietario un rodal de las mismas características, ya que en general el precio de mercado de los bosques, exceptuando posiblemente los primeros años, habitualmente se encuentran por sobre el valor de costo. El término reposición que proviene de la valorización de obras civiles no debiera aplicarse a un "stock" en crecimiento como lo es un bosque.

Valor Económico

El valor económico de un rodal está basado en el concepto teórico de valor económico de cualquier bien de capital, es decir, la capacidad de éste para producir beneficios futuros. Así como una fábrica, una máquina o un mineral valen, en términos económicos, tanto como los beneficios netos futuros que prodigarán a sus propietarios, el valor económico de un bosque es el valor actual de todos sus ingresos futuros menos los costos en que será necesario incurrir para administrarlo y cosecharlo, incluyendo el costo de oportunidad del capital.

La expresión matemática del método es:

$$VEe = \frac{Rr}{(1+i)^{r-e}} + \frac{l_j}{(1+i)^{j-e}} - \frac{C_j}{(1+i)^{j-e}} - \frac{a[(1+i)^{r-e} - 1]}{i(1+i)^{r-e}}$$

- Donde: VEe = valor económico del rodal a la edad "e", (\$).
 Rr = rendimiento monetario neto a la edad de cosecha "r", (\$).
 r = edad de cosecha o rotación, años.
 i = tasa de interés o costo de oportunidad del capital en valor decimal.
 l_j = ingreso neto en un año "j" cualquiera entre "e" y "r", (\$).
 C_j = costo a la edad "j", siendo j > e, (\$).
 a = gasto de administración anual constante, (\$).

La expresión anterior muestra que el método considera solamente los costos e ingresos que ocurrirán entre la edad de valorización del bosque y la edad en que se realizará la cosecha, correspondiente a la edad de rotación, dejando de lado todos los costos e ingresos ocurridos antes de la fecha de valorización. En otras palabras, el bosque se valoriza por lo que es capaz de rendir y no por lo que ha costado formarlo. El costo de formación es, en este sentido, histórico (Fontaine, 1983).

Ciertos textos han señalado como valor de porvenir a un método consistente en capitalizar todos los costos e ingresos desde la fecha en que ocurrieron hasta la edad de rotación, descapitalizando luego la cifra así obtenida hasta la edad en que se está valorizando. Dicho método puede ser útil para saber si el propietario ha hecho un buen negocio con su inversión, pero no expresa el valor económico del rodal.

Así como el valor de costo es utilizable en rodales jóvenes, el método del valor económico es útil para rodales mayores, de edades cercanas a la edad de rotación, o bien cuando existe la posibilidad cierta de estimar razonablemente el rendimiento futuro. Hoy en día, la disponibilidad de modelos de simulación de rodales hace más accesible el método, incluso para rodales más jóvenes. Para el caso chileno del **Pinus radiata** el método resulta bastante seguro desde los 14 ó 15 años de edad.

APLICACION A UN CASO PRACTICO

Con el fin de ilustrar el cálculo de los tres métodos reseñados, así como comparar y analizar los resultados obtenidos, se desarrolla un caso práctico para un rodal supuesto de **Pinus radiata** cuyos costos e ingresos a lo largo de su vida se asumen como sigue.

Edad (años)	Tipo de intervención	Monto (\$/ha)
0	Plantación	(60.000)
1	Replante	(8.500)
2	Limpia o desbroce	(7.500)
3	Fertilización	(6.000)
6	Poda y raleo a desecho	(24.000)
8	Poda	(20.000)
14	Raleo comercial	150.000
22	Cosecha	1.949.900
	Administración anual	(8.300)

Costo de oportunidad del capital: 7 % real anual.

Edad de la valorización : 12 años.

i) Cálculo del valor de costo (VC).

$$\begin{aligned} VC(12) &= 60.000 (1,07)^{12} + 8.500 (1,07)^{11} + 7.500 (1,07)^{10} + \\ & 6.000 (1,07)^9 + 24.000 (1,07)^6 + 20.000 (1,07)^4 + \\ & 8.300 [(1,07)^{12} - 1] / 0,07 \\ &= 389.515 \text{ \$/ha} \end{aligned}$$

En consecuencia, hasta los 12 años, el costo de formación del bosque es de \$ 389.515 por hectárea.

ii) Cálculo del valor económico (VE).

$$\begin{aligned} VC(12) &= \frac{1.949.900}{(1,07)^{10}} + \frac{150.000}{(1,07)^2} - \frac{8.300 [(1,07)^{10} - 1]}{0,07 (1,07)^{10}} \\ &= 1.063.950 \text{ \$/ha} \end{aligned}$$

Por tanto, el valor actualizado a los 12 años de edad de todos los ingresos netos futuros del rodal es \$ 1.063.950 por hectárea, lo que constituye su valor económico.

La diferencia entre las cifras obtenidas por ambos métodos es de \$ 674.435. Dado que este valor es mayor que cero, el propietario del bosque puede sentirse satisfecho pues ha hecho un buen negocio. Efectivamente, la actualización de la cifra 674.435 al año cero alcanza a la suma de \$ 299.457, que es el valor actual neto (VAN) y que por ser superior a cero prueba que la inversión es rentable.

iii) Cálculo del valor comercial.

Para determinar el valor comercial es necesario identificar un antecedente adicional: que a los 12 años el rodal tiene 215 metros cúbicos por hectárea. Si se asume un precio del metro cúbico en pie de \$ 3.700, el valor comercial es de \$ 795.500 por hectárea.

Ampliando el ejemplo, en el Cuadro N° 1 se desarrolla el cálculo de los valores de costo, económico y comercial para toda la vida del rodal. La información utilizada para la construcción del cuadro es la misma ya usada en los cálculos anteriores. Se asume una edad de rotación de 22 años.

Cuadro N° 1

**RENDIMIENTO VOLUMETRICO Y VALORIZACION DEL RODAL
PARA DIFERENTES EDADES**

EDAD (Años)	VOLUMEN (m ³ /ha)	VALOR DE COSTO (\$/ha)	VALOR ECONOMICO (\$/ha)	VALOR COMERCIAL (\$/ha)
1	-	81 000	392 920	-
2	-	102 470	437 819	-
3	-	123 943	484 791	-
4	-	140 919	533 447	-
5	-	159 083	579 088	-
6	-	202 519	627 924	-
7	-	224 995	705 859	-
8	68	269 045	763 569	251 600
9	100	296 178	846 719	370 000
10	137	325 211	914 289	506 900
11	178	356 275	986 589	658 600
12	215	389 515	1 063 950	795 500
13	254	425 081	1 146 727	939 800
14	260	313 136	1 235 298	962 000
15	300	343 356	1 169 569	1 110 000
16	333	375 691	1 259 783	1 232 100
17	367	410 289	1 356 220	1 357 900
18	401	447 309	1 459 456	1 483 700
19	433	486 921	1 569 917	1 602 100
20	463	529 306	1 688 112	1 713 100
21	495	574 657	1 814 579	1 831 500
22	527	623 183	1 949 900	1 949 900

Los antecedentes volumétricos utilizados son supuestos, aunque bastante cercanos a la función de rendimiento para la Zona de Crecimiento N° 5, VII Región, Clase de Sitio I, manejado (INFOR, 1985).

Igualmente, se asume un precio neto constante de la madera en pie de \$3.700 por metro cúbico, cifra bastante conservadora en comparación con los precios que actualmente se observan en el mercado.

El desarrollo de los valores calculados puede ser apreciado con mayor claridad en la Figura N° 1 construída con los mismos antecedentes del cuadro y que se presenta a continuación.

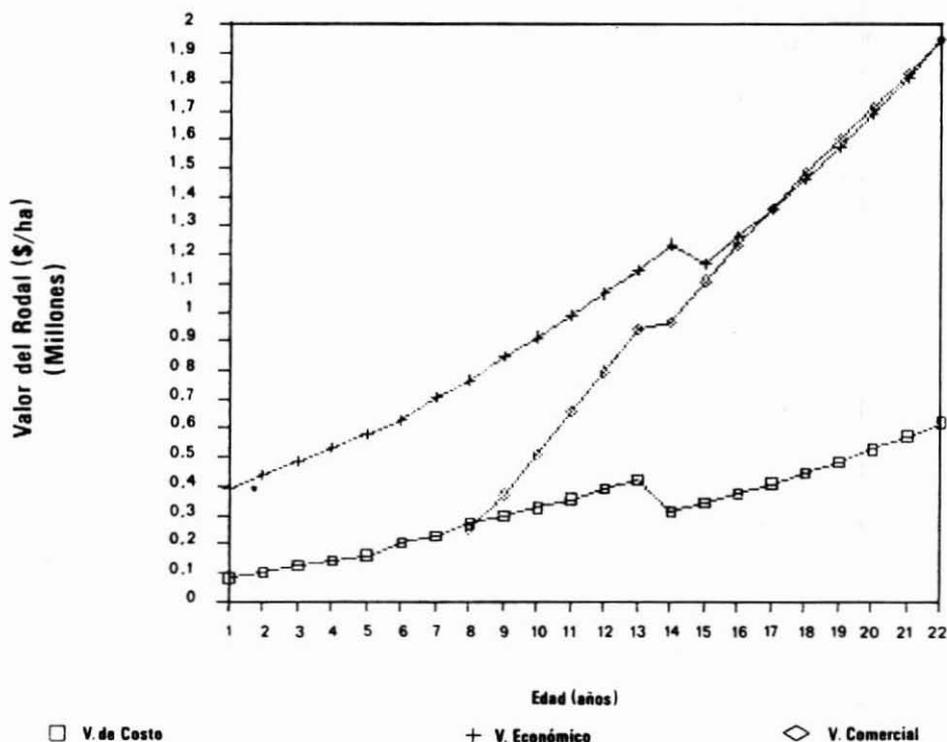


Figura N° 1 VALORIZACION DEL RODAL SEGUN EDAD

ANALISIS Y DISCUSION

Los antecedentes evidenciados en el cuadro y la figura indican que los valores de costo y económico se mantienen a una apreciable distancia entre sí a lo largo de toda la vida del rodal, lo que no constituye sorpresa, ya que como se ha señalado antes, dicha diferencia es indicador de la bondad de la inversión. En este ejemplo, elaborado con datos estándares conservadores respecto de los ingresos, esto también se muestra con claridad. La diferencia entre ambos valores se hace mayor a medida que se acerca la edad de rotación ya que los costos, una vez

pasado el período de formación más intensiva del bosque, crecen principalmente debido al costo de oportunidad del capital. El valor económico, en cambio, más dependiente del rendimiento futuro del rodal, aumenta a medida que se acorta el período que resta para la cosecha final.

El valor comercial, por su parte, aparece recién en el octavo año, con el inicio de las existencias madereras y se ubica entre los otros dos hasta alcanzar cifras semejantes al valor económico.

Para edades superiores a los 14 años, aproximadamente, y dependiendo de cada caso, la estrecha diferencia entre los valores económico y comercial permite escoger cualquiera de los dos sin temor a equivocarse. A esta edad, además, el valor de costo es completamente descartable sin necesidad de mayor análisis, ya que el potencial maderero del rodal se encuentra bien definido.

En edades inferiores a los 8 años, antes de la aparición de volumen comercial, si bien hay una importante diferencia entre los valores de costo y económico, los precios de transacción debieran acercarse al primero, ya que el valor económico del bosque a esa edad es de muy difícil pronóstico. Tanto es así, que en este caso, antes de los 6 años aún no se ha ejecutado parte importante del manejo que definirá la suerte futura del rodal, especialmente el tipo de bienes que será capaz de producir. Sin embargo, un propietario que esté dispuesto a vender a una edad temprana difícilmente se contentará con recibir por su bosque el valor de costo, ya que eso significaría para él algo equivalente a haber ahorrado su dinero a la tasa del costo de oportunidad del capital sin tomar en cuenta el riesgo que ha afrontado su inversión. Lo pertinente, entonces, es recalcular el valor de costo con una tasa de interés más alta que la oportunidad del capital, obteniendo así una renta por la inversión. Dicha tasa debiera superar en 4 ó 5 por ciento a la tasa alternativa del capital.

Finalmente, las edades intermedias del rodal entre los 8 y 14 años, aproximadamente, constituyen el período de mayor dificultad para establecer un precio que permita, tanto al vendedor como al comprador, iniciar una negociación. En este lapso se observa una diferencia clara entre los valores de costo y económico, con el valor comercial entre ambos variando desde cifras cercanas al primero hasta valores parecidos al segundo. El problema entonces, es qué valor escoger.

Desde el punto de vista del vendedor, el precio deberá ser lo más alto posible, partiendo de la base del valor de costo, cifra mínima bajo la cual no debiera aceptar negociación alguna. Si es posible identificar el volumen comercial del rodal y el precio de mercado para los productos principales del mismo, entonces el valor comercial pasará a ser el mínimo aceptable para el vendedor.

Desde el punto de vista del comprador, por su parte, el precio de compra debiera ser el más bajo posible, aceptando el valor económico del bosque como límite

máximo a pagar por él, ya que de sobrepasar esa cifra, su inversión no le arrojaría rentabilidad. El precio final se encontrará entre el valor económico y el valor de costo o el comercial si éste es claramente identificable y el trato se cerrará más cerca de una u otra cifra según la fuerza negociadora que tengan tanto el comprador como el vendedor, la que a su vez dependerá de las respectivas necesidades de comprar y vender, por una parte, y de la información que cada cual posea del bosque, del mercado y del estado de la tecnología existente, pero sobre todo, del grado de conocimiento que cada uno tenga de su oponente.

Ilustrando esta última afirmación, si el vendedor sabe que el comprador tiene acceso a tecnología que le permite aprovechar mejor el potencial maderero del rodal y obtener, por tanto, mayores ganancias que aquellas de conocimiento común en el medio maderero, podrá elevar el precio por encima incluso del valor calculado para sí mismo, ya que él sabe que el valor potencial del bosque es más alto para su oponente.

La situación que ilustra el ejemplo anterior es una muestra de una gama de otros antecedentes que pueden ser conocidos o ignorados por las partes involucradas en una negociación de compraventa de bosque en pie y que serán la base sobre la cual se acordará el precio definitivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Clutter, J. et al., 1983. Timber Management: A Quantitative Approach. John Wiley & Sons, USA.

Fontaine, E., 1983. Evaluación Social de Proyectos. Ediciones Universidad Católica. Santiago, Chile.

Gregory, G., 1972. Forest Resource Economics. The Ronald Press Company. New York, USA.

INFOR, 1985. Manual N° 14. Compendio de Tablas Auxiliares para el Manejo de Plantaciones de Pino Insigne. Instituto Forestal. Santiago, Chile.

APUNTES SOBRE ALGUNAS LATIFOLIADAS DE MADERAS VALIOSAS. 2. *Paulownia* spp. Verónica Loewe M., Ingeniero Forestal. División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554, Santiago, Chile.

INTRODUCCION

Paulownia es el único género arbóreo de la familia **Scrophulariaceae**. En China está representado por 9 especies (**P. catalpifolia**, **P. elongata**, **P. kawakamii**, **P. fargesii**, **P. fortunei**, **P. australis**, **P. albiphloea**, **P. tomentosa** y **P. taiwaniana**), que se distribuyen naturalmente en China, excepto **P. fortunei** que se extiende hasta Vietnam y Laos y **P. tomentosa** que además crece en Korea y Japón (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Estas especies son utilizadas en China desde hace más de dos milenios, aprovechando su madera y su valor ornamental (las plantaban alrededor de las casas con fines paisajísticos y para atraer al Fénix, ave fabulosa que según las antiguas leyendas era la única de su género; vivía varios siglos, se dejaba quemar en una hoguera y renacía de sus cenizas), y su cultivo responde a un concepto ecológico incorporado en la filosofía cotidiana. Actualmente existen allí 1.300.000 ha plantadas, siendo las dos especies principales **P. elongata** y **P. fortunei** (Op. cit).

El género **Paulownia** fue llamado así por Von Siebold en honor a la princesa rusa Ana Paulovna, hija del Zar Pablo I (Collingwood y Brush, 1964; San Miguel, 1985).

Especies del género son cultivadas tanto en Europa como en Norteamérica. En Australia son usadas con fines ornamentales en zonas costeras, ya que resisten los vientos marinos. También han sido introducidas en Rhodesia (Streets, 1962).

Estas especies son muy adaptables y de crecimiento extremadamente rápido. Bajo condiciones normales un árbol de 10 años puede medir 30-40 cm de DAP y, en condiciones óptimas, pueden producir madera utilizable a los 5-6 años (Chinese Academy of Forestry, 1986).

La madera es liviana, pero resistente. Se seca sin problemas, tiene un veteado hermoso y no se raja ni deforma fácilmente. Es fácil de trabajar y tiene excelentes propiedades de aislación, por lo que se le dan numerosos usos.

Las hojas son caducas, grandes y pecioladas en su juventud, más pequeñas en la madurez (Collingwood y Brush, 1964) y emergen tardíamente. Su sistema radicular es profundo. Por las razones expuestas estas especies son considera-

das adecuadas para combinarlas con cultivos intercalados, en cuyo caso se ha visto que mejoran el microclima para los cultivos agrícolas y que los rendimientos aumentan considerablemente (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Las inflorescencias son grandes, azules o blancas según la especie y muy aromáticas, por lo que constituyen una fuente interesante para la producción melífera (Chinese Academy of Forestry, 1986; Collingwood y Brush, 1964; Donald, 1990). Las flores aparecen en primavera, un poco antes que las hojas (Streets, 1962), y al igual que las hojas son ricas en Nitrógeno, por lo que sirven como fertilizante y como forraje. También poseen muchas propiedades medicinales.

Por lo anteriormente expuesto dichas especies son adecuadas tanto con fines ornamentales como productivos; se pueden emplear tanto en zonas con pendiente como en áreas urbanas e industriales y también pueden ser usadas para la recuperación de suelos degradados por la actividad minera (Op. cit).

Genéticamente son especies muy variables y se propagan fácilmente, tanto sexual como vegetativamente, lo que ha posibilitado un rápido desarrollo de su silvicultura.

CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO

El rápido crecimiento es una característica de las especies del género **Paulownia**. Bajo un régimen de manejo adecuado se pueden obtener árboles maderables en solo 5-6 años (Chinese Academy of Forestry, 1986).

En el este de Honan, bajo condiciones normales, el incremento diamétrico anual es de 3-4 cm, con máximos de 8-9 cm en algunos años (Op. cit).

En los Cuadros N°s 1, 2 y 3 se, indican las características de crecimiento de algunas especies, siendo posible observar las notables magnitudes de incremento que presentan.

Estos árboles poseen un sistema radicular profundo y bien desarrollado, las raíces superiores son numerosas, delgadas y ramificadas dicotómicamente, y las raíces absorbentes tienen un espesor de 1-5 mm y hasta 60 cm de longitud (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Cuadro N° 1

DESARROLLO DE ALGUNOS EJEMPLARES DE BUEN CRECIMIENTO

Especie	Localidad	Edad (años)	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)	Ubicación	
						Lat. N	Long. E
P. elongata	Lan - Kau Country Provincia de Honan	19	104.0	17.1	4.81	34°51'	115°50'
P. elongata	Minchuan Country Provincia de Szechuan	13	73.0	17.5	2.50	34°50'	115°55'
P. fortunei	Yeng Jang Country Provincia de Szechuan	31	100.5	21.7	6.65	28°06'	108°55'
P. fortunei	Gui Lin City Provincia de Kwangsi	11	75.1	22.0	3.69	25°00'	109°50'
P. fortunei	De Jiang Country Provincia de Kweichow	80	202.0	49.5	34.00	26°13'	108°45'

Fuente: Chinese Academy of Forestry, 1986.

Cuadro N° 2

CRECIMIENTO DE 4 ESPECIES DE Pawlonia A LOS 5 AÑOS DE EDAD EN WU

Especie	D.A.P.		Altura		Volumen		Incidencia enfermedades (%)	
	Medio	Incremento anual (cm)	Media	Incremento anual (m)	Medio (m ³)	Incremento (%) (P. glabrata = 100)	Esco-ba Brujas	Quemadur-as.
P. elongata	18.0	3.6	11.1	2.2	0.1191	275	10	0
P. tomentosa	15.3	3.0	9.5	1.9	0.0716	165	30	10
P. fortunei	14.7	2.9	9.3	1.9	0.0696	161	0	0
P. glabrata	12.9	2.6	7.9	1.6	0.0433	100	50	40

Fuente: Chinese Academy of Forestry, 1986.

Cuadro N° 3

CRECIMIENTO DE 4 ESPECIES DE Paulownia A Los 10 AÑOS DE EDAD EN JUAN CHENG

Especie	D.A.P		Altura		Volumen	
	Media	Incremento Anual (cm)	Media	Incremento Anual (m)	Medio (m ³)	Incremento % (P. glabrata = 100).
P. elongata	39.6	4.0	13.2	1.3	0.6232	306
P. catalpifolia	25.0	2.5	11.5	1.2	0.2996	148
P. tomentosa	28.1	2.8	10.2	1.0	0.2496	120
P. glabrata	27.3	2.7	9.9	1.0	0.2020	100

Fuente: Chinese Academy of Forestry, 1986.

Con respecto al crecimiento del fuste, a continuación se detallan algunas características de las dos especies más difundidas:

a) *Paulownia elongata*

El crecimiento del fuste en altura es intermitente, verificándose cada 2-4 años, por lo que un individuo de 10 años de edad ha pasado por 3-4 períodos rítmicos de crecimiento. Generalmente el primer periodo es el de mayor crecimiento alcanzando 3-4 m, siendo los sucesivos de menor incremento (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Bajo condiciones normales, la tasa máxima de incremento volumétrico se alcanza entre los 8 y los 13 años, período en el cual el incremento anual es igual al crecimiento total de los primeros 6 años y, posteriormente, dicho incremento disminuye paulatinamente.

En el Cuadro N° 4 se muestra una tabla de crecimiento de un rodal en la provincia de Henan.

Cuadro N° 4

TABLA DE RODAL *P. elongata* EN LA PROVINCIA DE HENAN

Edad (años)	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen del fuste (m ³)	Incremento volumétrico anual	Factor de Forma
4	17.1	7.5	0.0809	0.0202	0.4696
5	20.5	8.4	0.1250	0.0250	0.4508
6	23.8	9.2	0.1783	0.0297	0.4356
7	26.9	10.0	0.2409	0.0344	0.4239
8	30.0	10.7	0.3125	0.0391	0.4132
9	33.0	11.4	0.3932	0.0437	0.4033
10	35.9	12.0	0.4829	0.0483	0.3976
11	38.8	12.6	0.5815	0.0529	0.3903
12	41.6	13.2	0.6890	0.0574	0.3840
13	44.3	13.7	0.8054	0.0620	0.3814
14	47.1	14.2	0.9307	0.0665	0.3462
15	49.8	14.8	1.0647	0.0710	0.3693
16	52.4	15.3	1.2075	0.0755	0.3660
17	55.1	15.7	1.3590	0.0799	0.3631
18	57.6	16.2	1.5192	0.0844	0.3599
19	60.2	16.7	1.6882	0.0889	0.3552
20	62.8	17.1	1.8658	0.0933	0.3523

Fuente: Chinese Academy of Forestry, 1986.

b) *Paulownia fortunei*

En esta especie una de las dos ramas dicotómicas es más, vigorosa que la otra, siendo la principal la responsable del crecimiento del fuste (Chinese Academy of Forestry, 1986). Debido a este fenómeno los individuos poseen un tronco recto y durante los primeros años el incremento en altura es rápido.

Se ha visto que el incremento volumétrico máximo en *P. fortunei* es generalmente 18 -36% mayor que en *P. elongata* para un mismo diámetro. Así mismo, se ha observado que el incremento volumétrico máximo de las plantaciones se alcanza mucho antes que en las formaciones naturales (Op. cit).

REQUISITOS ECOLOGICOS

Temperatura

Las especies se pueden adaptar a un amplio rango de temperaturas, siendo el límite inferior en su distribución natural de -5 °C.

Las especies tienen diferentes reacciones a las bajas temperaturas, algunas especies como **P. tomentosa** pueden soportar hasta -20 °C en plena dormancia, mientras que otras solo soportan hasta -10 °C. **P. catalpifolia** y **P. elongata** pueden resistir hasta -15 a -18 °C. **P. fortunei**, **P. australis**, **P. kawakamii** y **P. fargesii** resisten hasta -5 a -10 °C y **P. albiphloea** soporta solamente hasta cerca de -5 °C. Un buen crecimiento de las especies está estrechamente unido a la temperatura, iniciándose éste a temperaturas de alrededor de 8 °C. Todas las especies sin excepción son sensibles al frío en la época de crecimiento vegetativo (Chinese Academy of Forestry 1986; Donald, 1990).

En el Cuadro N° 5 se señalan la distribución geográfica y las principales condiciones ecológicas en que se desarrollan las diferentes especies en su país de origen. China.

Cuadro N° 5

DISTRIBUCION Y CONDICIONES ECOLOGICAS DE *Pawlonia* EN CHINA

Especies	Distribución			Temperatura			Precipitación		Suelo	
	Lat. N	Long. E	Altitud (m s n m)	Max (°C)	Min (°C)	Media (°C)	Anual (mm)	meses secos	pH	Textura
<i>P. tomentosa</i>	28-40°	105-128°	1500	40	20	17-11	1500- 500	3- 9	5.0-8.5	arcillo-arenoso
<i>P. elongata</i>	28-36°	112-120°	1200	40	15	17-12	1500- 600	3- 9	5.0-8.5	limo-arenoso
<i>P. catalpifolia</i>	32-36°	113-120°	800	38	15	15-12	1300- 700	4- 8	6.0-8.0	arcillo-arenoso
<i>P. fortunei</i>	18-30°	105-122°	1100	40	10	23-15	2500-1200	2- 3	4.5-7.5	arcillo-arenoso
<i>P. taiwaniana</i>	22-25°	120-122°	1000	39	2	20-23	2300-1800	2- 3	4.5-7.0	arcillo-arenoso
<i>P. albiphloea</i>	28-30°	110-122°	600	41	3	18-20	900-1400	3- 4	4.5-7.5	arcillo-arenoso
<i>P. australis</i>	22-30°	110-122°	700	38	6	14-20	900-2100	2- 3	4.5-7.0	arcillo-arenoso
<i>P. kawakamii</i>	22-30°	110-122°	800	38	8	14-20	1100-2200	2- 4	4.5-7.5	arcillo-arenoso
<i>P. fargesii</i>	23-31°	100-110°	2000	34	11	13-18	1200-1900	1- 2	4.5-6.5	arcillo-arenoso

Fuente: Chinese Academy of Forestry, 1986.

Varios experimentos han mostrado que la temperatura óptima para el crecimiento, tanto en diámetro como en altura es similar y es de unos 24-29 °C (temperatura media diaria). Por lo tanto, el crecimiento de **Paulownia** tiende a responder mejor en regímenes de altas temperaturas (Chinese Academy of Forestry, 1986).

El rango de temperaturas en el que las especies dejan de crecer varía enormemente: **P. tomentosa** 20 °C, **P. elongata** 18 °C y **P. kawakamii** 15 °C (Op. cit).

Precipitación

Un adecuado nivel de humedad es muy importante para un buen crecimiento, ya que las hojas son grandes, la tasa de transpiración alta y el sistema radicular bien desarrollado. Sin embargo, las especies se distribuyen naturalmente o son cultivadas en zonas con un amplio rango de variación, desde un mínimo de 500 hasta un máximo de 2000-3000 mm anuales (como en Taiwan). Hay casos en que **P. elongata** y **P. tomentosa** crecen bastante bien en zonas con menos de 500 mm anuales, aun sin irrigación artificial, pero solo si se presentan lluvias en verano, la estación de mayor crecimiento y en consecuencia de mayor requerimiento de agua (Chinese Academy of Forestry, 1986; Donald, 1990).

La resistencia a la sequía de las diferentes especies, en orden decreciente, es: **P. elongata**, **P. fortunei**, **P. kawakamii**, **P. catalpifolia**, **P. australis** y **P. fargesii** (Op. cit).

Luminosidad

Son especies intolerantes y por lo tanto no aptas para ser mezcladas con otras especies eliófilas. Tanto la germinación de las semillas como el crecimiento de las plántulas exigen luz intensa. En forma natural regeneran solo en áreas abandonadas o quemadas, donde pueden ser consideradas especies pioneras (Chinese Academy of Forestry, 1986).

La poda natural es bastante intensa. Si un árbol recibe sombra por uno de sus lados se puede deformar, o aún más, dañarse totalmente (un 70% de sombra puede llegar a ser fatal) (Op cit).

Competencia

Son especies muy sensibles a la competencia de malezas por nutrientes, luz y agua. Las malezas, además de competir por los elementos mencionados, constituyen un hábitat para insectos y roedores que pueden dañar los árboles (Beckjord, 1984).

Por lo anterior se debe eliminar esta vegetación competidora durante los primeros años, evitando dañar los troncos, operación que se puede efectuar en forma mecanizada, manual, o usando herbicidas de contacto.

Viento

El viento es el principal agente dispersor de las semillas, las que pueden llegar a viajar 0,5 - 1,0 km desde el árbol madre (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Las hojas de los árboles jóvenes, por ser excesivamente grandes, son fácilmente dañadas por vientos fuertes, por lo que se recomienda evitar las situaciones más expuestas (Donald, 1990).

Suelos

Las especies son muy tolerantes con respecto al tipo de suelo, pudiendo prosperar bien aun en suelos de mala calidad. Los mejores crecimientos se obtienen en suelos frescos, profundos y bien drenados, con la napa freática al menos un metro bajo la superficie. Un buen drenaje es esencial, ninguna de las especies soporta las aguas estancadas. El crecimiento se ve afectado si el contenido de sal en el suelo supera el 1% (Beckjord, 1984; Chinese Academy of Forestry, 1986; Collingwood y Brush, 1964; Donald, 1990).

En forma natural se encuentran principalmente en suelos arenosos y arcillosos, variando el porcentaje de arcilla tolerado para cada especie (**P. fortunei**: 15-25%; Otras especies menos de 10%).

Con respecto al pH, existe un amplio rango de variación, observándose los

siguientes valores:

P. elongata y P. tomentosa	: 5.0 - 8.9
P. fargesii y P. albiphloea	: 5.0 - 6.0
P. fortunei	: presenta buenos crecimientos, tanto en suelos ácidos como en suelos básicos (pH 8.0).
P. tomentosa	: 5.5 - 7.5
P. elongata	: Amplio rango.

El género es endomicorrízico, pero no son especies muy dependientes de los hongos simbióticos.

Todas las especies parecen responder bien a la fertilización, pero hay poca información disponible al respecto (Donald, 1990). Los experimentos realizados (Chinese Academy of Forestry, 1986) muestran que es conveniente aplicar un abono completo (N-P-K) alrededor de los 8 - 10 años de edad.

SILVICULTURA

Propagación

Existen diferencias en la edad de floración de las distintas especies de **Paulownia**; **P. tomentosa** y **P. kawakamii**, generalmente florecen al segundo año después de la plantación, mientras que **P. fortunei** y **P. catalpifolia** florecen solo después de 5-6 años (Chinese Academy of Forestry, 1986).

La floración dura generalmente un mes en todas las especies y las yemas florales se forman en el verano anterior.

El polen almacenado es viable aún después de 6 meses a temperatura ambiente (15-20 °C) y puede ser conservado por más de un año a bajas temperaturas (0 °C) (Op. cit).

Las especies pueden ser propagadas por semillas o por estacas de raíces o tallos (Donald, 1990). La fácil propagación de estas especies es la mayor ventaja para el rápido desarrollo de su cultivo. Los métodos más empleados para reproducirlas es a través de estacas de raíz, estacas de tallos y semillas.

Propagación por estacas de raíz

Estas especies pueden ser propagadas por estacas de raíz de plántulas de 1 - 2 años o de árboles maduros. Es un método rápido de crecimiento uniforme, con un alto porcentaje de sobrevivencia, fácil de ejecutar y con otras ventajas adicionales. Es el método de propagación más ampliamente usado.

Propagación por estacas de plántulas

En el tallo de las plantas y en las ramas de árboles maduros se desarrollan yemas radicales que brotan y producen raíces adventicias. Aunque este método es más dificultoso que el anterior, es igualmente empleado.

Propagación por Semillas

Este método es de gran importancia, ya que presenta varias ventajas, como un mejor desarrollo radicular, obtención de plantas más robustas y crecimiento más rápido.

La siembra se efectúa en almácigos, en líneas de siembra separadas por 25 cm, durante los meses de septiembre y octubre. Al año siguiente se realiza el trasplante a vivero, colocando las plantas a 25 cm sobre la línea y a 80 cm entre las filas (Carnevale, 1955).

Las plantas crecen rápidamente y, según otros autores (Chinese Academy of Forestry, 1986), pueden ser trasplantadas durante el mismo año si se hace un manejo adecuado.

La experiencia indica que las semillas generalmente están libres de patógenos y las plántulas obtenidas son sanas. Las semillas son muy pequeñas (1.000 de ellas pesan solo 0,17 - 0,25 g) y germinan rápidamente. El número de semillas por fruto varía desde varios cientos a algunos miles y un kilogramo de semilla contiene 4 - 6 millones de unidades (Op. cit).

ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

La selección de los sitios a reforestar es esencial para obtener resultados exitosos y debe ser realizada en función de los diferentes requerimientos ecológicos de las especies (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Paulownia se adapta bien en general, salvo en los lugares con demasiada arcilla o en suelos secos o pobres expuestos a vientos muy fuertes. Tampoco acepta los suelos alcalinos ni salinos, mal drenados o con napas freáticas demasiado altas (1,5 m de profundidad es el límite), ni las zonas con temperaturas mínimas bajo los -20°C . Se desarrolla bien tanto en llanuras como en las regiones montañosas, hasta los 2.000 msnm (Op. cit).

Se pueden realizar plantaciones a gran escala como así también en pequeñas superficies (como por ejemplo cerca de habitaciones o poblados, o a lo largo de caminos o de canales de regadío) y en fajas o manchones.

Espaciamientos Recomendados

En condiciones normales, el espaciamiento inicial debe oscilar desde 6 x 6, 5 x 5 a 5 x 4 m y se debe realizar un raleo a los 5 - 6 años, eliminando hileras alternas, para tener espaciamientos finales de 6 x 12, 5 x 10 ó 5 x 8 m. En las plantaciones en hileras el espaciamiento debe ser de 4 - 5 m sobre estas. (Chinese Academy of Forestry, 1986).

En China y Taiwan generalmente usan espaciamientos de 5 x 5 ó 6 x 6 m, mientras que en Sud Africa han instalado ensayos a 6 x 4 m (Donald, 1990).

En las llanuras, cuando se instala en forma asociada a cultivos agrícolas, el espaciamiento inicial debe ser de 5 x 10 m y el raleo se deberá realizar a los 6 -7 años (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Beckjord (1984) indica espaciamientos desde 2 x 2 hasta 3 x 3 m, bastante más estrechos que los citados por otros autores.

Preparación del Sitio

Se recomienda un arado tendido y, donde sean posibles sólo casillas, éstas deben ser de al menos 0.5 x 0.5 x 0.5 m (Donald, 1990), o mejor aún, de 0.7 - 0.8 x 0.5 - 0.6 m.

Plantación

La plantación se realiza en invierno, aunque se ha visto que también en otoño se obtienen buenos resultados. Durante este periodo las plantas requieren de mucha atención, son muy sensibles a la competencia de malezas, por lo que hay que controlarlas durante los 3 primeros años (Donald, 1990). Esta operación puede ser realizada en forma mecanizada, manual, mediante la aplicación de herbicidas de contacto, o también mediante un mulching de corteza de pino, desaconsejándose los materiales oscuros (por ejemplo plástico), pues irradian calor alrededor de las plantas, lo que no es recomendable (Beckjord, 1984).

Al momento de la plantación se pueden aplicar fertilizantes en pellets o tabletas (1 - 2/árbol). Diversos factores van a determinar la necesidad de fertilizaciones sucesivas, pero se debe recordar que la fertilización también estimula el crecimiento y desarrollo de las malezas (Beckjord, 1984).

MANEJO SILVICOLA

Para favorecer un crecimiento rápido y una producción interesante se debe cuidar y manejar el bosque establecido especialmente durante los primeros 3-4 años (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Protección

La corteza de las plantas es muy delgada, por lo que hay que protegerlas de los agentes dañinos (animales, frío, heridas etc). En las áreas sujetas a vientos, será necesario emplear tutores para enderezar los fustes (Op. cit).

Riego

Algunos riegos deben ser proporcionados en la estación seca, además de un riego después de 7 - 8 días de la plantación (Chinese Academy of Forestry, 1986), ya que el agua es el elemento crítico y determinante para la sobrevivencia de estas especies (Beckjord, 1984).

Podas

Deben empezarse al tercer o cuarto año, según las características del crecimiento, y su objetivo es mejorar las características del fuste y favorecer un rápido crecimiento en altura (Op. cit).

El empleo de plantas vigorosas y de buena forma asegura un fuste recto, pero para eliminar los nudos hay que efectuar podas. Si se producen bifurcaciones dentro de los 4 m inferiores es necesario ejecutar una poda correctiva. Las especies de mayor tendencia a bifurcar son **P. kawakamii** y **P. tomentosa** (Donald, 1990).

Durante la época de crecimiento se desarrollan yemas vegetativas en la porción axial del fuste y alrededor de los peciolo también. Estas yemas pueden ser desprendidas manualmente evitándose así el desarrollo de ramas y, en consecuencia, la necesidad de una poda posterior (Beckjord, 1984).

Raleos

Estos árboles son típicamente pioneros, de rápido crecimiento e incapaces de tolerar la sombra, por lo que un raleo oportuno es importante para mantener un incremento diamétrico máximo. Una reducción del 50% de los individuos es suficiente para una rotación de 10-12 años, pero si ésta es alargada será necesario un raleo ulterior, 5 - 6 años después de la plantación y eliminando filas alternas (Donald, 1990).

Prácticas Agroforestales

Se ha visto que estos árboles tienen un efecto positivo sobre muchos cultivos agrícolas, incluyendo los cereales. Generalmente se usan maíz, trigo y otros.

P. elongata posee un sistema radicular particularmente profundo, encontrándose el 76% de las raíces absorbentes entre los 40 y 100 cm de profundidad, y solo el 12% en la zona cultivada. Contrariamente, el sistema radicular de los cultivos se distribuye principalmente en la capa superficial, lo que impide que se verifique una fuerte competencia por agua o por nutrientes (Chinese Academy of Forestry, 1986; Donald, 1990).

El efecto principal de los árboles es la reducción de la velocidad del viento y por lo tanto de la transpiración y evaporación, manteniendo una temperatura más estable en el cultivo.

En el período seco los árboles son capaces de captar aguas subterráneas, humidificando el aire a través de la transpiración, lo que es benéfico para el crecimiento de los cultivos (Chinese Academy of Forestry, 1986). Además, las copas de los árboles de **Paulownia** son delgadas y un monto bastante alto de luz puede pasar a través de ellas, por lo que los cultivos pueden recibir una cantidad suficiente de luz durante todo el año. Las hojas aparecen más tarde respecto a otras especies arbóreas, lo que favorece el crecimiento de los cultivos durante la primavera, y caen posteriormente lo que los protege de eventuales heladas (Op.,cit).

Así mismo, los cultivos intercalados reciben efectos positivos en el microclima, como disminución de la velocidad del viento, reducción de las tasas de evaporación, mayor contenido de humedad en el suelo, etcétera (Op. cit).

El follaje y las flores constituyen un excelente forraje y las hojas reducen las necesidades de aplicar fertilizantes inorgánicos (Donald, 1990).

En China se ha visto un incremento en los rendimientos de cereales, pequeños cambios en los rendimientos de algodón y soya, y una reducción del rendimiento de sésamo y camote (Donald, 1990).

Pero la ventaja principal de estas combinaciones no es el incremento de la productividad de los cultivos, sino que la producción adicional obtenida con la componente arbórea. Si se plantan 50 árboles/ha, se van a obtener en 10 años fustes de 1.0 - 1.5 m en los sitios buenos, y al menos de 0.5 m en los sitios pobres. Además, un árbol de esa edad proporciona 30-40 Kg de leña (Donald, 1990).

En el Cuadro N° 6 se indican las características energéticas de la madera de varias especies, pudiéndose observar la buena posición ocupada por **Paulownia**.

CUADRO N° 6

COMPARACION DE LA ENERGIA PROPORCIONADA POR ESPECIES DE DIFERENTES GENEROS

Género	Materia Seca (GJ/ton)
Betula	22,09
Fraxinus	20,70
Pawlonia	19,60
Populus	19,00
Platanus	13,40
Pinus	12,75

Silvicultura en Pequeñas Propiedades Rurales

En las plantaciones comerciales los espaciamientos deben ser amplios y se deben ejecutar raleos intensos y regulares para asegurar un incremento diamétrico máximo.

En un contexto rural esto es siempre válido, pero el espaciamiento inicial puede ser menor si se dan otros usos a los árboles raleados. Así mismo se pueden realizar plantaciones en hileras a lo largo de cercos, caminos o poblados, o si hay suficiente espacio disponible, junto a otros cultivos (Donald, 1990).

Si el espaciamiento inicial es de 3 x 3 m, se deberá raleo el 50% después de 4-5 años. A esta edad el DAP será de 20-25 cm y entonces ya se podrán vender las trozas basales destinándose la parte superior del árbol a leña y las hojas a forraje o como fertilizante.

Uno de los atractivos que presentan estas especies en el ámbito rural es su fuerte capacidad de retoñar. Los retoños no compiten significativamente con los árboles originales y en dos estaciones de crecimiento pueden producir postes de unos 5 m de largo.

Después de otros 4 - 5 años se debe realizar un segundo raleo (50%). En las plantaciones lineares la reducción debe ser sólo de un 30%, ya que la competencia se verifica solo dentro de las filas, siendo el valor de los productos de este raleo mucho mayor.

La cosecha se debe realizar a los 12 - 15 años, cuando los árboles tienen un DAP de 60 cm y un valor de unos US\$ 300/m³ (Donald, 1990).

PROTECCION

En China estas especies son atacadas por diversas plagas y enfermedades (Chinese Academy of Forestry, 1986) las principales de las cuales se indican a continuación.

Escoba de Brujas

Es una enfermedad bastante grave que produce una deformación particular de la planta, impidiendo el crecimiento y desarrollo de los árboles, y que puede llegar a causar la muerte de plantas y árboles en estado juvenil.

La enfermedad es causada por numerosos micoplasmas, de diferentes formas y tamaño. Normalmente se difunde a partir de material vegetal infectado, así como también por medio de algunos insectos tales como **Empoasca flavescens**.

En vista de la complejidad de la enfermedad se recomienda implementar las siguientes medidas de control integrado:

a).- Propagar material (por ejemplo, estacas de raíz) de árboles sanos. También es recomendable el empleo de semillas para obtener nuevo material. Así mismo, los viveros que han sido usados para reproducir plántulas de **Paulownia** no deben ser usados nuevamente sino hasta varios años más tarde.

b).- Se deben imponer estrictas medidas de cuarentena a las estacas o plántulas transportadas desde una zona afectada a otras áreas que se desean controlar. Las estacas deben ser pretratadas con agua caliente a 45 - 48 °C por 20 min o productos químicos (soluciones de antibióticos; 500 a 1000 unidades de terramicina, tetraciclina neomicina u otros) si van a ser transferidas a otras localidades.

c).- Debe aplicarse control de insectos en las áreas gravemente afectadas, especialmente de **Empoasca flavescens** y **Cicadalla viridis**. Se deben practicar medidas silviculturales rigurosas, tales como plantación de árboles sanos y vigorosos en localidades apropiadas, con distanciamientos aconsejados y efectuando podas oportunas, evitando el daño de máquinas o herramientas.

Antracnosis

Es una de las enfermedades más importantes en las plantas, dañando tanto los brotes como las hojas. Su agente causante es un conjunto de hongos imperfectos. Para efectuar su control se recomienda:

a).- Establecer los viveros en zonas alejadas a las plantaciones y transferirlos a otras zonas una vez que la enfermedad se haya manifestado. La época de siembra se debe determinar de acuerdo a las condiciones del clima local, de manera que el nacimiento de las plántulas no coincida con la estación húmeda.

b).- El manejo se debe dirigir a obtener plantas sanas vigorosas y resistentes a la enfermedad.

c).- El suelo debe tratarse con pentaclorito de benceno o sulfato ferroso (8 g/m²), 3-5 días antes de la siembra. Las semillas se deben enjuagar en una solución de acetato de fenilmercurio, al 0,2% por 30 minutos, y se debe aplicar a las plántulas una mezcla de caldo bordelés, al 0,5-0,7% cada 15 días, lo que constituye una efectiva medida de control.

Sphaceloma paulowniae

Es una enfermedad común que daña tanto las plantas como los árboles en estado juvenil. Sus manifestaciones son similares a las provocadas por la antracnosis y las medidas de control las mismas.

Damping-off

Afecta principalmente las plántulas. Es una enfermedad muy compleja, cuyos agentes causantes principales son **Rhizoctonia solani** y **Fusarium spp.**

Las medidas de control son:

a).- Desinfección de las platabandas con una solución de sulfato ferroso (FeSO₄) al 3%. La siembra se debe efectuar 7 días más tarde;

b).- Para evitar la infección se puede fumigar con una solución de caldo bordelés cada 10-15 días. En caso de una infección manifiesta se puede utilizar metil topsina radical al 50%.

Otros hongos que afectan **Paulownia** son: **Phyllactinia imperialis** Miyabe, **Uncinula clintonii** Peck, **Cercospora paulowniae** Hori, **Mycosphaerella paulowniae** Shirai et Hara, **Valsa paulowniae** Miyabe et Hemmi, **Septobasidium tanakae** (Miyabe) Boed et Steinm. Estos patógenos no son muy comunes y no causan mayores daños.

Además hay dos especies de **Loranthus**, parásitos de los tallos, que pueden causar daños considerables. Ellos son: **L. parasiticus** (Linn) Merr y **L. yodoriki** Sieb.

Los principales insectos que atacan **Paulownia** son los siguientes: **Agrotis ypsilon** (Rott.), **A. toxionis** Butler, **Euxoa segetum** Schiff, **Serica orientalis** Matsch, **Anomala corpulenta** Matsch, **Holotrichia diomphalia**, **Gryllotalpa unispina** Saussure, **G. africana** Palisot de Beauvois, **Empoasca flavescens** (Fabricius), **Cicadalla viridis** L., **Cryptotothlea variegata** Snellen, **Psilogramma menephron** Cramer, **Batocera horsfieldi** Hope, **Megopis sinica** White y **Basiprionota bisignata** Boh. Los daños producidos por estos insectos varían en intensidad y magnitud en diferentes localidades.

UTILIZACION

La madera de **Paulownia** es liviana, su densidad es de 0,26 - 0,33 g/cm³ según la especie y las condiciones del sitio (Chinese Academy of Forestry, 1986). Es suave, de fibra recta de colores claros y sin olor (Donald, 1990). Es fácil de trabajar y de aserrar y posee una veta y un color hermoso.

Es una madera poco resistente y por lo tanto poco apta para componentes estructurales. Sin embargo, es bastante resistente a la pudrición y sus productos no se curvan ni se deforman fácilmente. Posee buenas propiedades de aislación y se seca fácilmente, pudiendo alcanzar un 10% de humedad en 25 días a temperatura ambiente. Presenta buena resonancia y conductividad del sonido, por lo que tradicionalmente se ha usado para hacer instrumentos musicales (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Es usada ampliamente en la construcción de casas en elementos no estructurales como techos, puertas, ventanas, recubrimientos, tableros, etcétera. También se la usa en muebles, especialmente mesas y sillas, y para embalajes (como es cerca de un 40% más liviana que las maderas comunes, el volumen empleado puede ser aumentado sin problemas) (Donald, 1990). Es una madera promisoría para la producción de pulpa y papel, produciendo pulpa de buena calidad y resistente.

También es usada para construir panales de abejas, ya que por su reducido peso se facilita el transporte, y también porque reduce las temperaturas en verano y las incrementa en invierno, mejorando la producción de miel (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Así mismo se le dan otras aplicaciones, tales como la elaboración de implementos agrícolas, artesanía y medicamentos. Los medicamentos extraídos de la hojas, frutos y de la madera de **Paulownia** son usados en casos de bronquitis y para el tratamiento del asma.

Las grandes hojas juegan un rol importante en la purificación del aire del polvo y del humo, por lo que son usadas en las zonas con problemas de contaminación, a la que es muy resistente. Así mismo, tanto las hojas como las flores son un buen alimento para cerdos, ovejas y conejos.

COMERCIALIZACION

En Sud Africa se la ha cultivado con éxito (Donald, 1990), pero existe incertidumbre sobre su comercialización local.

En la India, Brasil, Argentina, Alemania, Rumania, Paraguay y otros países se han establecido plantaciones piloto y es en China y otros países asiáticos, como Taiwan y Corea, donde el conocimiento de su silvicultura y la investigación para su mejoramiento genético son más amplios y profundos (San Miguel, 1985).

Uno de los compradores principales es Japón, país en donde fué introducida hace varios siglos. La madera alcanza un precio de US\$ 300/m³, pero podría disminuir en el futuro, visto que otros países la están cultivando (principalmente Brasil).

En los Estados Unidos se extendió naturalmente en el siglo pasado y actualmente su cultivo se está ampliando. En la década de 1970-1980 se

instalaron plantaciones experimentales debido al interés demostrado por numerosos empresarios a raíz de los valores interesantes que alcanzaban las trozas de los árboles crecidos en forma silvestre.

Con respecto a la posibilidad que estas especies se puedan convertir en invasoras, hay varios elementos a analizar. Producen semillas en grandes cantidades, pero estas tienen una vida corta (no presentan dormancia) y pueden colonizar generalmente sólo áreas sin vegetación competidora. Por ejemplo **P. tomentosa** se ha extendido naturalmente en muchas partes de los EEUU y estos árboles silvestres están siendo vendidos a Japón a muy buenos precios. Por su fuerte capacidad de retoñar los individuos no deseados se podrían eliminar con herbicidas. En su conjunto se cree que el cultivo de estas especies no generaría grandes problemas al respecto (Donald, 1990).

P. tomentosa, también llamada "Arbol Princesa," Paulownia Real o Imperial o Kiri (San Miguel, 1985; Webb et al., 1984), se ha plantado en los EEUU como especie ornamental hasta la latitud de Nueva York, pues sobre esa latitud las yemas florales mueren durante el invierno, y se ha expandido espontáneamente en varias localidades (Forest Service, 1974; Collingwood y Brush 1964). Para esta especie se citan producciones anuales de 25-35 m³/ha (Webb et al., 1984).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Beckjord P.R., 1984. **P. tomentosa**: a brief guide for the tree, farmer. University of Maryland. Miscellaneous publication N° 984.

Carnevale J.A., 1955. **Arboles Forestales**. 689 p.

Chinese Academy of Forestry Staff., 1986. **Paulownia** in China: Cultivation and Utilization. 65 p.

Collingwood G.H. y Brush W.D., 1964. **Knowing your Trees**.

Donald D.G.M., 1990. **Paulownia**, the tree of the future?. South African Forestry J. N° 154.

Forest Service, 1974. **Seeds of Woody Plants in the USA**. Agricultural Handbook N° 450.

San Miguel A.A., 1985. Germinación, siembra, producción de plantitas, estaquillado y crecimiento de **P. tomentosa**. (Thunb) Steud. Comunicaciones INIA. Serie Recursos Naturales N° 37 Madrid. Pp 5-20.

Streets R.J., 1962. Exotic trees in the British Commonwealth. 750 p.

Stringer J. W., 1986. A practical method for production of **P. tomentosa**. Tree Planters' Notes. Spring, 11.

Webb D.B.; Wood P.J.; Smith J.P.; Sian Henman G., 1984. A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. Tropical Forestry Paper N° 15. Oxford.

MEJORA GENÉTICA Y LA RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y PLAGAS. Roberto H. Ipinza Carmona, Dr. Ingeniero Forestal. División Silvicultura. Instituto Forestal. Huérfanos 554. Santiago. Chile.

INTRODUCCION

A medida que progresan los programas de mejora genética, la mejora para la resistencia a plagas y enfermedades forestales se torna cada día más importante. Esto se debe a que uno de los objetivos prioritarios de la gestión o manejo de masas forestales ha sido alcanzar producciones elevadas y estables, tanto en calidad como en cantidad de madera. Conseguirlo ha sido posible al alterar los bosques primitivos y establecer masas homogéneas de reducida diversidad genética. Esto se ha conseguido a través de monocultivos heterocigotos, de plantas alóctonas y autóctonas, y de cultivos de plantas monoclonales, prácticas que han conducido a un alejamiento de la adaptación al medio y sus plagas y enfermedades.

Los cultivos se establecen con una baja densidad de árboles y por tanto de genotipos, lo que conduce a una acentuación de los efectos selectivos de los agentes naturales. Estos se muestran favorables para la evolución de la masa arbórea cuando actúan sobre una abundante regeneración natural, como la que se observa comúnmente en el género **Nothofagus** y son negativos cuando se reduce la variabilidad genética de las poblaciones. Los monocultivos y más aún los cultivos clonales, representan teóricamente el ideal para una fácil propagación de los patógenos o la presencia de daños generalizados en situaciones climáticas adversas, siendo máxima cuando están representados por uno o pocos genotipos.

Con la selección y clonación para el incremento de la producción se reduce drásticamente la diversidad de la base genética de las especies. Al disminuir la variabilidad defensiva se desestabiliza el equilibrio coevolutivo y se incrementa la vulnerabilidad de los árboles frente a la acción del medio ambiente, biótico o abiótico.

Sin embargo, la inmunidad de las especies climáticas, alcanzada por una teórica máxima adaptación y evolución conjunta, no es sino un supuesto que podría ser correcto en otras situaciones donde estuviera ausente la alteración causada por el hombre. Así en España, las masas de quercíneas sufren extensos y graves daños ocasionados por **Lymantria dispar** y **Tortrix viridana**. En EE.UU., Namkoong (1979) describe la dinámica genética de especies de insectos que producen epidemias cíclicas. Las poblaciones endémicas responden a la presión de selección variando la frecuencias génicas mediante la deriva genética.

Para Zobel y Talbert (1984), la aplicación de una silvicultura intensiva, como en cualquier otro cultivo, puede dar lugar a la aparición de nuevos ataques, o a que

estos sean más importantes; a menudo no porque sean nuevos, sino por no haber sido observados previamente o ser sus daños tradicionalmente aceptados. La preparación del terreno previo a la plantación, el laboreo, las claras y la fertilización pueden, algunas veces propiciar una mayor susceptibilidad de las masas forestales, si bien, en otros casos, las hacen más resistentes. Un ejemplo de lo anterior son los escolítidos parásitos de las coníferas; los rodales vigorosos son más resistentes que los densos, envejecidos o situados en lugares marginales; por el contrario un raleo excesivo puede provocar una mayor susceptibilidad al viento y un parcial desarraigo de los árboles, provocando un debilitamiento de la masa que, junto a la apertura de la luz, conlleva una mayor atracción para los escolítidos. En ***Pinus radiata***, el hongo ***Sphaeropsis sapinea*** (= ***Diplodia pinea***) da lugar a ataques más severos en rodales no raleados (Ipinza, 1979).

Finalmente, aunque una especie se encuentre exenta de daños, siempre existe la posibilidad de nuevas alteraciones a las que se pueda mostrar sensible. En Chile, hay dos ejemplos notables de adaptación a ***Pinus radiata***, estos son: ***Ormiscoles cinnamomea*** y ***Bacunculus phyllopus***, el primero es un lepidóptero nativo de los bosques de ***Nothofagus*** y el segundo es un palote autóctono que ha demostrado una alta capacidad de adaptación a los pinares. Levieux (1987) señala un ejemplo muy ilustrativo en Madagascar, isla desprovista de coníferas indígenas y que posee un lepidóptero ***Lymantridae*** propio de las Angiospermas, el cual ha sufrido una adaptación progresiva a los pinos, para causar daños considerables en las plantaciones. La introducción de patógenos puede ser causa de daños importantes bien porque se encuentre frente a hospedantes sin genes de resistencia, como ocurre en los olmos frente a la grafiosis agresiva; o por la ausencia de los mecanismos de control presentes en sus lugares de origen, como es el caso del cerambicido australiano ***Phoracantha semipunctata*** en los eucaliptares de Chile, y del insecto ***Rhyacionia buoliana*** sobre ***Pinus radiata***.

OBJETIVOS

En la actualidad existe experiencia en la acumulación de resistencia debido tanto al éxito de los antiguos programas de mejora holandeses (Wageningen) como de los más recientes de América del Norte para controlar la enfermedad producida por la roya ***Cronartium quercuum* fs. *fusiforme*** sobre ***Pinus taeda*** y ***Pinus elliottii***.

La vulnerabilidad resultante de la existencia de cultivos monoespecíficos, altamente productivos, basada en la introducción de especies o procedencias, o en el uso de variedades mejoradas genéticamente, obligan a una reevaluación de los

programas de mejora. El mantenimiento o ampliación de la heterogeneidad defensiva debe ser reconocido como objetivo secundario de los programas de mejora, para evitar una gran dependencia de los cultivos de las técnicas tradicionales de control de plagas y enfermedades.

Ante la amplitud de las pérdidas ocasionadas en los bosques de diversas partes del mundo, son considerables los esfuerzos desplegados en la búsqueda de resistencia a plagas y enfermedades. Conseguir una recuperación del estrato arbóreo o arbustivo en extensas zonas marginales, en la actualidad deforestadas y en regresión edáfica, puede ser sólo posible si se poseen ejemplares adaptados a condiciones adversas de suelo y clima.

El objetivo general de reducir pérdidas o permitir nuevas reforestaciones se alcanza mediante la manipulación genética de las especies forestales sujetos de la mejora (Callaham et al., 1966). La adaptación al medio que se produce al eliminar o reducir la selección natural, debe ser reemplazada por la labor del mejorador, enfocada a reagrupar en un conjunto de genes, o combinaciones de ellos, los efectos favorables para las resistencias buscadas en la selección.

La selección y mejora para la resistencia a organismos o medios adversos no varía sustancialmente de la mejora para otros rasgos (Allard, 1980). En consecuencia, una vez que han sido hallados los genes que proporcionan resistencia, cualquiera de los métodos de la mejora genética pueden ser empleados.

La resistencia puede ir acompañada de modestos crecimientos o fustes deformes, tal como lo señala Wilcox (1982) para un clon de **Pinus radiata** resistente a **Dothistroma septospora** (= **D. pini**). Zobel y Talbert (1984) establecen que la gran mayoría de los rasgos económicamente importantes, como la rectitud o la calidad de la madera, son genéticamente independientes de la resistencia a parásitos o medios adversos. De esta manera se pueden mejorar paralelamente rasgos de crecimiento y de resistencia. Si no, inicialmente se mejoraría en resistencia y, posteriormente, en caracteres de rendimiento. En muchas ocasiones se ha preferido mejorar los rasgos de crecimiento y en una segunda fase los de resistencia, esto ha permitido alcanzar situaciones de compromiso en donde para ganar resistencia se ha tenido que perder crecimiento. El caso histórico más relevante es el reemplazo de **Cupresus macrocarpa** por **Cupresus lusitánica**, especie resistente al cancro de **Monochaetia (Rhynchosphaeria cupressi)**, pero de inferior producción de madera.

El desarrollo de programas específicos de resistencia dependerá del tamaño de las superficies a forestar y de la posibilidad o conveniencia del uso de otras técnicas de control de los patógenos. La obtención de variedades resistentes es costosa, requiere especial habilidad y tiempo, pero alcanzada la resistencia, esta

es de fácil uso y de bajo costo para el silvicultor y además no es contaminante. Este proceso es económicamente justificado en el control del tizón de la banda roja debido a los elevados costos del control con Oxícloruro de Cobre. Sin embargo, las poblaciones de patógenos pueden reaccionar a los cambios introducidos en las poblaciones de árboles, por lo que la mejora de las resistencias se convierte en un proceso dinámico, donde se van incorporando nuevas resistencias u otros caracteres.

BASES DE MEJORA

Para llevar a cabo con éxito un programa de resistencia se deben reunir varias condiciones:

- Importancia económica de la plaga o enfermedad.
- Existencia de variabilidad, es decir existencia de ejemplares resistentes.
- Posibilidad de transmisión de la resistencia.

La probabilidad de encontrar resistencias será mayor cuando más variables sean las poblaciones objeto de búsqueda, y su posterior propagación acorde con que los rasgos determinantes de la resistencia se encuentran bajo control genético. Como la resistencia a organismos patógenos envuelve a los sistemas genéticos del parásito y el hospedante, y cada uno es el resultado de la interacción del genotipo y del medio ambiente, la base puramente genética de la mejora queda desbordada por los aportes necesarios de otras disciplinas (patología, entomología, ecología, fisiología, etc.). Un buen conocimiento de la acción de los patógenos y de los mecanismos de resistencia en las plantas, unido a la variabilidad de éstos, constituyen los elementos básicos de la mejora para la resistencia.

RESISTENCIA

Frente a la acción perturbadora del medio que les rodea, los árboles presentan una amplia tolerancia derivada de la larga asociación establecida en su evolución conjunta, en la que son eliminados los genotipos altamente sensibles por la selec-

ción natural. Esta tolerancia es especialmente elevada en las especies forestales, dada la longevidad de los individuos, pues durante su existencia los árboles soportan la acción de gran número de generaciones de patógenos, fluctuaciones climáticas o tentativas para colonizar nuevos medios.

La expresión de la resistencia puede ser mecánica o química. La primera se refiere a la defensa estructural del perímetro de la planta y sus aberturas o de sus tejidos internos. La segunda implica la producción de sustancias tóxicas para el patógeno, en general, relacionada con el valor nutritivo de los tejidos. En ambos tipos de defensas, estas pueden ser preexistentes, normales en las plantas intactas o, inducidas como respuesta a la acción de un organismo o de un daño mecánico. En cualquier caso se encuentran caracteres anatómicos y morfológicos, o con sustancias químicas que confieren ventajas adaptativas, cuya presencia no ha sido general en el conjunto de la especie.

Defensa mecánica

La acción de los patógenos implica en primer lugar su forma de acceder a la planta y los fenómenos de reconocimiento del hospedante, para, una vez en él, ser capaces de vencer las resistencias establecidas. La estructura de la hoja y la disposición en ella de los estomas; en cuanto a número, forma, situación o funcionalidad (ritmo de apertura y cierre); la capacidad para formar células de suber en las heridas, o la compartimentalización, constituyen mecanismos específicos de resistencia.

Epidermis y peridermis protegen a la planta de la acción del clima y constituyen barreras eficaces frente a los microorganismos, cuya entrada en la planta se realiza preferentemente a través de estomas u otras aberturas que, a su vez, son la vía de penetración de las sustancias tóxicas presentes en la atmósfera. Los rasgos morfológicos y anatómicos que limitan el intercambio gaseoso con el exterior, como menor número de estomas por unidad de superficie, tricomas densos y largos, o cierre de los estomas rápido y eficaz, son típicos de las plantas de ambientes secos, y se muestran eficaces para reducir la entrada de sustancias tóxicas como el anhídrido sulfuroso; por lo que, en general, las plantas adaptadas a la sequía son resistentes a la polución, aspecto que es muy notorio en la especie **Schinus molle**.

Las esporas de los hongos para germinar y las bacterias para desplazarse necesitan agua en la superficie de la planta. Una gruesa cutícula hidrófoba constitu-

ye un obstáculo para su desarrollo, que ha sido superado en las enfermedades transmitidas por insectos, como las inoculadas por chinches o pulgones. El transporte por otros organismos permite vencer otras barreras como en la grafiosis del **Ulmus**, el cancro de los **Platanus** y la chalariopsis de los **Quercus**, cuyas esporas, mal adaptadas a su dispersión por el viento, son introducidas por los escolitidos.

La resistencia de **Pinus monticola** al ataque de la roya **Cronartium ribicola** a sido atribuida a muchos tipos de resistencia mecánica, incluyendo reacciones de hipersensibilidad condicionadas por un gen dominante mayor (resistencia vertical). Por otro lado se ha sugerido que la resistencia a esta enfermedad esté bajo un control poligénico aditivo (resistencia horizontal).

Defensa química

EL mecanismo más importante de resistencia lo constituyen sustancias químicas, tóxicas a parásitos o patógenos, o que confieren ventajas adaptativas, tales como alcoholes polihidroxilados que proporcionan resistencia a las heladas. Su mayor eficacia la proporcionan frente a las enfermedades, pues los insectos poseen sistemas más especializados de localización de las plantas hospedantes y de sobrepasar sus barreras mecánicas.

Estos productos son secreciones, en principio, no necesarias para el normal desarrollo de la planta y que forman parte del metabolismo secundario, muy diferentes de unos vegetales a otros, a los que confieren individualidad bioquímica. Fundamentalmente son fenoles, pero también derivados terpénicos o alcaloides. Pueden estar presentes como tales, almacenados en forma inactiva en tejidos intactos, o incrementar su concentración en el momento de un ataque (las cumarinas son compuestos aromáticos donde los fenoles se encuentran unidos a glucosa u otro azúcar, formando glucósidos, que por acción de las glucosidasas de los patógenos liberan fenoles).

Se denominan fitoalexinas a sustancias formadas en presencia del patógeno. Metabolitos del hospedante interaccionan con receptores específicos de organismos tales como hongos, bacterias o nematodos, para dar lugar a un inductor que conlleva a la biosíntesis de la fitoalexina. Suelen ser desde compuestos sencillos como el ácido benzoico (formado en **Malus pumila** frente a **Nectria galligena**) hasta isoflavonoides o derivados terpénicos o de ácidos grasos. Otro ejemplo lo constituyen las mansononas, fitoalexinas producidas como respuesta de los olmos al ataque de la cepa no-agresiva de **Ceratocystis ulmi**, pero incapaces de frenar al avance de las cepas agresivas.

Además de la naturaleza estructural o bioquímica que permite la defensa de la planta, se han de considerar las interacciones que pueden dar lugar a una falsa resistencia, donde la falta de éxito del ataque de un patógeno sobre un árbol potencialmente sensible es debida a causas transitorias (Painter, 1966). Las plantas pueden escapar a la infección si su etapa susceptible ocurre en ausencia del patógeno, este se encuentra en cantidades insuficientes o cuando son desfavorables las condiciones ambientales para el patógeno.

De lo anterior se deduce que el desarrollo de las resistencias requiere un nivel de cooperación interdisciplinaria. Una comprensión global del modo que afecta a la estructura y fisiología de la planta, la acción del medio, y del complejo de organismos parásitos, obligados o facultativos, son la base necesaria para un programa de mejora genética de resistencia. Además, se ha de añadir la variabilidad y el potencial genético de la planta hospedante, la biología del patógeno y su ciclo vital, y las interacciones entre hospedante, patógeno y ambiente (Van der Plank, 1968). Por último, se ha de considerar la difícil predicción e identificación de futuros problemas, como los debidos a nuevas introducciones. Por ejemplo, la entrada a Chile, procedente de Norteamérica, de **Endocronartium hardknesii** supondría un duro revés para el cultivo del pino insigne.

VARIABILIDAD

Las masas forestales naturales son ricas en heterocigotos y su diversidad genética es elevada. Conkle (1979) señala a los árboles forestales como los poseedores de la mayor variabilidad genética de todas las plantas e incluso, de todos los organismos.

La variabilidad individual es la más importante en la resistencia a plagas y enfermedades. En un rodal atacado no todos los árboles sufren los daños con igual intensidad y algunos permanecen indemnes pese a las agresiones sufridas. Por ejemplo, en la selección de **Pinus radiata** realizada en la Sexta, Séptima y Octava Región, gran número de fenotipos muestran escaso a muy leve ataque del hongo **Sphaeropsis sapinea**, pero entre ellos existe variación en el tipo de sintomatología.

La variabilidad geográfica de las especies con área de distribución extensa permite el muestreo de procedencias que, en función de las características climáticas o edáficas de su entorno, han sufrido presiones de selección muy diferentes. Es el caso de **Nothofagus dombeyi**, cuya variabilidad racial también se traduce

en diferencias de sensibilidad a enfermedades, como la causada por el hongo **Gloeosoma vitellinum**, donde las procedencias de coigüe de la séptima y octava región muestran una resistencia significativa al patógeno. El género **Nothofagus** con sus estrictos parásitos, los hongos del género **Cyttaria** presentan una especificidad muy marcada.

También es importante destacar la variabilidad geográfica de **Eucalyptus camaldulensis** en Australia, que ha permitido al programa de mejora de eucalipto del Instituto Forestal concentrar para el secano interior procedencias de la zona Lake Albacutya del estado de Victoria.

Las especies que exhiben una reducida dispersión en su zona de origen también puede mostrar variabilidad. Es así que se ha encontrado una considerable variación en la susceptibilidad de **Pinus radiata var. radiata** al ataque de **Dothistroma septospora var. septospora** (= **D. pini**). La procedencia Cambria es la más susceptible. La de Monterey y Año Nuevo son similares; y estas dos últimas son significativamente más resistentes que Cambria (Ades y Simpson, 1991).

Patrones geográficos similares han sido hallados en otras especies. En **Pinus nigra**, la variabilidad austríaca presenta estirpes de gran resistencia al frío. Stephen (1973) encuentra grandes diferencias en la sensibilidad a **Rhabdocline pseudotsuga** entre las diferentes procedencias de **Pseudotsuga menziesii**, siendo las meridionales las más susceptibles. En **Pinus sylvestris**, las procedencias más septentrionales se han mostrado, en Noruega, más sensibles a **Scleroderris sp** (Dietrichson, 1968).

Las diferentes resistencias a nivel específico son bien conocidas. **Ginkgo biloba** o **Taxus baccata** son ejemplos de árboles a los que pocas bacterias, virus, hongos o insectos les atacan. El empleo de **Tamarix sp** en suelos salinos, la adaptación al viento marino de los **Pinus pinaster** litorales o la tolerancia específica a la contaminación de las plantaciones urbanas son algunos ejemplos. La relativa resistencia a la grafiosis de las especies asiáticas de olmos apuntan al origen en dicho continente de la enfermedad y hacen posible las hibridaciones interspecificas como medio de transferir genes de resistencia a las especies sensibles. **Eucalyptus gunnii** es utilizado en Francia por su resistencia al frío y su tolerancia a suelos salinos (Afofel, 1986).

La tolerancia a parásitos y medios adversos es posible de encontrar. Los genes de resistencia se pueden localizar en regiones donde la planta ha sido cultivada a gran escala en situaciones que se han mostrado desfavorables o mediante una búsqueda extensiva entre sus poblaciones naturales. Los diferentes niveles de variabilidad dentro y entre las especies debe ser objeto de estudio. Para Nam-

koong (1986) es preciso responder a preguntas fundamentales sobre la estructura genética de la especie, las razones por las que distintos genes o combinaciones de genes puedan ser normales en algunas zonas y raros en otras y en que grado están relacionados esos modelos con la estrategia de supervivencia de la especie.

TRANSMISION DE LA RESISTENCIA

Al constatar la diferente sensibilidad a las plagas, enfermedades y agentes abióticos entre diversos clones, procedencias o especies, se refuerza la necesidad de conocer los mecanismos implicados en esas adaptaciones. Así, el genetista podrá aplicar el control genético que haga posible el aislamiento de los genes de resistencia para su empleo en los programas de mejora. Aunque existe un fuerte control genético, la presencia de quintrales o muérdagos del género **Mizodendron** sobre **Nothofagus** comúnmente se asocia a lugares pobres o rodales envejecidos. En relación a los muérdagos de coníferas, Zobel y Talbert (1984) reseñan trabajos en los que se ha encontrado cierta resistencia si bien de menor entidad que para otros tipos de daños, así como resistencias específicas importantes a **Viscum** en los álamos, donde **Populus trichocarpa** es muy susceptible y **Pinus nigra** resistente, mientras que los tipos intermedios entre ambos presentan infecciones graduales.

Es preciso conocer la capacidad que un individuo seleccionado por su fenotipo posee para transmitir su resistencia a la progenie. La heredabilidad de un carácter no es una constante, depende, como ya se apuntó, tanto de la estructura genética de la población como del medio. La selección de olmos resistentes a la grafiosis no agresiva en la Península Ibérica dio lugar al clon **Buisman**, pero al ser plantado en Holanda, su utilización fue desechada por su sensibilidad en el mencionado país a **Nectria cinnabarina**. La importancia de los efectos de la interacción entre el patógeno y el medio ha sido señalada por Schreiner (1966), al mostrar tales efectos en los clones de **Populus**, uno de los géneros que sufren mayor número de enfermedades en el campo forestal, pero en el que amplias ganancias de resistencia son posibles. Al respecto cabe destacar la gran capacidad de adaptación de algunos clones, como I-124, a muy diversas condiciones de crecimiento, con una permanencia de su potencial de crecimiento que no ha envejecido tras el casi medio siglo que viene utilizándose. Circunstancia todavía más patente si se piensa en los ochenta años de existencia del clon **Robusta** o los doscientos años transcurridos desde la primera selección de **P. euroamericana cl. serotina**. El

rejuvenecimiento que conlleva la propagación clonal a través del enraizamiento de estaquillas se tiene como causa del fenómeno. Asimismo, clones seleccionados por su resistencia a **Melampsora sp.** o a **Venturia populina** no han perdido su capacidad de resistencia, incluso los estragos causados por **Marsonnina brunnea** van siendo evitados con nuevos clones resistentes.

Genéticamente, la resistencia que una determinada especie presenta frente al ataque de enfermedades se puede clasificar en una serie gradual entre dos conceptos extremos: las resistencias vertical y horizontal (Van der Plank, 1963), conceptos en la actualidad muy controvertidos (Nelson, 1982). En ellas, el control de la resistencia iría desde unos pocos genes mayores tal como se presenta en la resistencia monogénica de las piceas al pulgón formador de agallas, **Adelges abietes** (Levieux, 1986), o de la **Thuja plicata** a la marchitez foliar causada por **Didymascella thujina** (Soegaard, 1966), hasta las más frecuentes, donde la resistencia se debe al efecto acumulado e indisociable de un gran número de genes, algunos de los cuales son menores (Gibson et al., 1982). También existen casos de herencia citoplasmática, como en el **Larix sp** a la marchitez de las acículas (Lag-ner, 1952).

La resistencia vertical, en la mayoría de los casos, proporciona un alto nivel de protección frente a razas o variedades específicas del patógeno. Se caracteriza por una íntima relación entre los genes del hospedante y del patógeno, vinculados cuantitativamente entre sí conforme a la teoría propuesta por Flor (1972) y conocida como del gen para gen, aplicable fácilmente a sistemas mono y oligogénicos. Cuando el patógeno posee un alto nivel de variabilidad genética, este tipo de resistencia es inestable, al ser fácilmente sobrepasada por el patógeno, pues basta que modifique unos pocos genes para soslayar la protección.

Cronartium ribicola, **C. quercuum** y **Melampsora larici-populina** son ejemplos de enfermedades que modifican con frecuencia el estado de resistencia o susceptibilidad del hospedante. Los terpenos, cuya síntesis en la planta está controlada por pocos genes, son tóxicos para gran número de insectos. Para otros, como los escolítidos, también son sustancias atrayentes que les permiten detectar las plantas que las emiten. Frente a estos insectos, la resistencia depende de la composición de sus resinas, de su cristalización o, como suponen Waring y Pitman (1980), de la reserva de carbohidratos de la planta atacada. No obstante, los genes de resistencia vertical pueden ser aislados, fácilmente estudiados en cruzamientos apropiados y transmitidos a las progenies.

Mientras la resistencia vertical basada en genes mayores ha sido utilizada exitosamente en la agricultura, la resistencia horizontal, derivada de un complejo de genes menores, es probablemente más apropiada para los usos forestales. Esto se debe a que los cultivos forestales ofrecen buenas oportunidades de realizar selección en terreno y sus patógenos son más apropiados para este enfoque.

La resistencia horizontal proporciona cierta cantidad de protección frente a una amplia gama de razas del patógeno, extendiéndose a varios de ellos, y en particular a los parásitos de la debilidad, de tanta importancia en la silvicultura. La protección nunca es al mismo nivel que la resistencia vertical, pero presenta la ventaja de su estabilidad y, por tanto, es más eficaz a largo plazo y útil en la silvicultura, donde los árboles pueden ser atacados o afectados por muy diversos organismos o variaciones climáticas adversas durante su vida. Existen algunos ejemplos de desmoronamiento de la resistencia horizontal en enfermedades forestales como es el caso de la grafiosis del olmo. En otros casos se ha explotado la resistencia horizontal mediante la propagación vegetativa, alcanzándose una rápida utilización del material genético deseable. Un buen ejemplo de esto, lo constituye el exitoso desarrollo de la resistencia al cancro ocasionado por el hongo **Cryphonectria cubensis** sobre eucalipto.

La transmisión y variación del grado de resistencia dependerá del tipo y cantidad de genes resistentes de los progenitores.

En el caso de las especies propagadas por semilla los sistemas poligénicos son más difíciles de utilizar, ya que tras la reproducción sexual puede tener lugar una dispersión de las combinaciones deseables de resistencia. La mayor eficacia se alcanza con los árboles que exhiben una elevada aptitud de combinación general. Cuando esta es pequeña se acude a la propagación vegetativa o a cruces controlados (Palmberg, 1980).

CRITERIOS DE SELECCION

El efecto neto de la selección es una reducción de la diversidad genética al limitarse a un pequeño número de árboles. Cuando se desconoce el tipo de resistencia buscada y la variabilidad de los patógenos, es preciso conservar una diversidad mayor de la que, tal vez, se necesite en último término, entonces se podrán eliminar sin peligro las variaciones innecesarias. Disponer de una amplia base genética disminuye la probabilidad de aparición de factores indeseables en las generaciones posteriores y permite acumular diferentes genes de resistencia. Un gran número de éstos permite su combinación para adquirir niveles más altos. Por otro lado, la diversidad reduce la posibilidad de que mutaciones de los parásitos superen la resistencia adquirida (Dinoor, 1975).

Cuando se conocen las causas o factores que proporcionan resistencia, la selección se realizará en dicho sentido. Si éstos se desconocen, la selección para la

resistencia hereditaria en contra de plagas y enfermedades ha de considerar los siguientes aspectos (Zobel y Talbert, 1984):

- La selección se ha de realizar en rodales afectados por el parásito o medio adverso. Si los árboles son escogidos en lugares poco afectados, la posibilidad de un escape es grande. El escape se debe a una falsa resistencia, el árbol elegido estaba libre de daños por estar separado, en el espacio o en el tiempo, de la acción del patógeno. Las progenies derivadas de estos árboles no mostrarán especial resistencia.
- Otra consideración es la edad de los árboles en que se realiza la selección. La susceptibilidad a un factor adverso puede cambiar con la edad de la planta. Cambios morfológicos o fisiológicos hacen al vegetal más resistente o susceptible. Constituye una restricción importante para plagas o enfermedades de árboles maduros, como los insectos perforadores que requieren una elevada proporción de corteza y raramente atacan a plantas jóvenes. De igual forma sucede con los **Aphylllophorales** en el bosque nativo de Chile que requieren árboles con una proporción importante de duramen.
- Una última consideración se refiere a las selecciones realizadas en experiencias de pruebas genéticas y al nivel de infección ensayada, pues si este no es el adecuado la distinción entre individuos y progenies no será satisfactoria y los resultados de las pruebas carecerán de valor. Los ataques o inoculaciones forzadas dan una información precisa sobre la resistencia, pero son difíciles de llevar a cabo con algunos insectos.

Como ya se señaló, la selección para la resistencia vertical es problemática en las especies forestales, pues, dada su larga rotación, los genes de resistencia vertical pueden ser fácilmente sobrepasados por nuevas razas de parásitos, pudiendo dar paso al efecto "vertifolia", en que además se comprueba que la resistencia horizontal es muy baja. La resistencia vertical carece de la importancia que posee en agronomía, si bien existen casos concretos de aplicación. En **Picea sitchensis**, la selección basada en individuos con una elevada temperatura de congelación del agua extracelular representa un mecanismo difícilmente salvable por el áfido chupador **Elatobium abietinum** (Parry, 1982).

Ante las largas rotaciones de la silvicultura, la selección para la resistencia horizontal proporciona mayores protecciones en grandes poblaciones donde será posible encontrar resistencia para más de un patógeno al mismo tiempo. Siempre, pero en particular para la resistencia vertical, deberá ser realizada la selección considerando las condiciones del medio en que se desenvolverán las futuras plantaciones y se debe comprobar la resistencia antes de su difusión. Levieux (1986)

señala como la elección de los individuos más tardíos en iniciar el crecimiento anual es un criterio para evitar los ataques de la especie cuarentenaria **Lymantria monacha** en las piceas, así como daños por heladas, pero, por el contrario, facilita el ataque del himenóptero **Lygaenomatus abietinus**, dando lugar a severos daños.

Finalmente un criterio que asegura la estabilidad de la selección es aquel que permite explorar la variabilidad del parásito por su agresividad y virulencia para así explotar la de la planta hospedante que le es simétrica (Pinon, 1986).

ESTRATEGIA DE MEJORA

La efectividad de la selección es el factor crítico para cualquier programa de mejora genética. La selección recurrente reconoce la necesidad de distinguir entre una población de mejora con una base genética relativamente amplia y una población de producción con una base relativamente restringida.

Las ganancias en la acumulación de resistencia pueden alcanzarse mediante selección directa o indirecta, en este trabajo solo se indicará la primera aproximación.

La respuesta a la selección directa para la resistencia a enfermedades puede ser estimada utilizando la genética cuantitativa. La ganancia en resistencia de una progenie obtenida de cruces de progenitores seleccionados dentro de una población base se puede expresar como:

$$G = i h^2 \sqrt{p}$$

donde G = ganancia genética esperada

- i = intensidad de selección
- h^2 = heredabilidad del rasgo que representa la enfermedad
- \sqrt{p} = desviación estándar fenotípica (o $\sqrt{\sigma^2}$) donde σ^2 es la varianza poblacional para el rasgo resistencia a la enfermedad.

Los parámetros i, h^2 , y \sqrt{p} se muestran en la Figura N° 1, donde ellos se relacionan a la selección en una población de genotipos normalmente distribuidos para el rasgo de resistencia a la enfermedad alrededor de una media A con una

varianza \sqrt{p} . La selección se aplica a la población base, a una intensidad i , para seleccionar grupos de individuos resistentes a la enfermedad con media C . Los grupos seleccionados se cruzan entre si para producir una progenie (parte inferior de la Figura N° 1) con una media de C para la resistencia a la enfermedad. La ganancia de la progenie (G) es igual a la diferencia entre A y B .

La transmisión de la resistencia desde los progenitores a la progenie (heredabilidad) se representa por el cociente de la diferencia entre A y B , y la diferencia entre A y C . La heredabilidad (h^2) y la desviación estandar (\sqrt{p}) son características del rasgo en cuestión, en la población específica y en el ambiente particular, y se les puede expresar a nivel de individuo, clon o familia. En términos generales la heredabilidad individual en sentido restringido (h^2) en rasgos de resistencia de árboles forestales es superior a $h^2 = 0.3$.

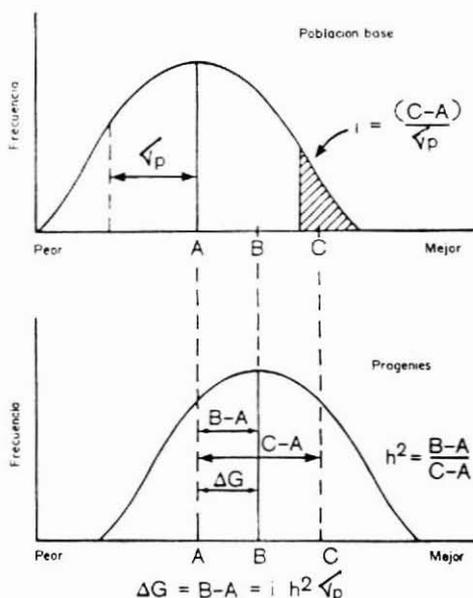


Figura N° 1.-

Ganancia esperada de la selección recurrente: G (es igual a $B-A$) es la ganancia genética en la población mejorada; i es la intensidad de selección expresada en unidades de desviación estandar; h^2 es la heredabilidad del rasgo que representa la resistencia de la enfermedad; y \sqrt{p} es la desviación estandar fenotípica del rasgo de resistencia en la población base. A es la media de la población base para el rasgo de resistencia. C es la media de la población seleccionada, y B es la media de la progenie (Fuente: Carson y Carson, 1989).

Este método de selección directa ha sido muy exitoso en la mejora de **Pinus taeda** resistente a la roya **Cronartium quercuum fs fusiforme** con un $h^2 = 0.3$ y en **Pinus radiata** resistente a **Dothistroma septospora** con un $h^2 = 0.24$. A través de la ecuación de ganancias genéticas esperadas se han alcanzado reducciones de hasta un 35% en infecciones del fuste en familias de **Pinus taeda** resistente a la roya. En familias de **Pinus radiata** resistentes al tizón de la banda roja se ha logrado reducir hasta un 16% el daño de la copa.

Por último, es necesario recordar que la expresión de los rasgos de interés económico varía de acuerdo al sitio, es decir de la interacción genotipo ambiente. En los rasgos de resistencia existe una complicación adicional debido a que el patógeno puede variar en virulencia de acuerdo al ambiente y que la población de patógenos puede tener diferentes frecuencias de genes de virulencia por región. Ambas situaciones pueden provocar distintas escalas de resistencias para el hospedante en cuestión. Sin embargo, para algunas enfermedades, como el tizón de la banda roja, existen algunos antecedentes que indican que la varianza atribuida a la interacción genotipo ambiente es muy pequeña comparada a la varianza entre familias, lo que indica que el efecto de la interacción genotipo ambiente no es lo suficiente grande como para afectar la estrategia de selección.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ades, P. y Simpson, J., 1991. Variation in susceptibility to Dothistroma Needle Blight among Provenances of **Pinus radiata var. radiata**. *Silvae Genetica* 40, 1:6 - 13 p.

Afocel, 1986. **Eucalyptus** en France. R.F.F XXXVIII - n sp: pp. 170 -171.

Allard, R., 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Cuarta edición. Omega -Barcelona. 498 p.

Callaham, R., Goddard, R., Heybroek, H., Hunt, C., McDonald, G., Pitcher, J., Winieski, J., y 1966. General guidelines for practical programs toward pest - resistant tree. En: *Breeding pest - resistant trees*. (Edited by H. D. Gerhold., E. J. Schreiner., R. E. McDermott., J. A. Winieski). Pergamon Press. pp. 489 - 493.

Carson, S. y Carson, M., 1989. Breeding for resistance in forest trees - A quantitative genetic approach. *Annu. Rev. Phytopathol.* 27:373 - 395.

Conkle, M., 1979. Amount and distribution of isozyme variation in various species. 17th Meet. Can. For Tree Assoc. Gander. Newfoundland:pp. 109 - 117.

- Dietrichson, J., 1968.** Provenances and resistance to **Scleroderris lagebergii (Cromenula abietina)**. The International Scots Pine Prov. Expt. of 1938 at Matrand. Rep. Norw. For. Res. N° 92. 25 (6): 398-410.
- Dinoor, A., 1975.** Evaluation of sources of disease resistance. En: Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow IBP 2. Frankley, O. H. y Hawkes, J. G. (Eds.), Cambridge University Press. pp. 201-210.
- Flor, H., 1942.** Inheritance of pathogenicity in **Melampsora lini** Phytopathology, 32: 653-6659.
- Gibson, I., Burley, J. y Speight, M., 1982.** The adoption of agricultural practices for development of hereditary resistance to pests and pathogens in forest crops. En: Resistance to disease and pest in forest tree. H. M. Heybroek, B.R. Stephan y K. von Weissenberg (Eds.). Proc. Workshop. Wageningen, 14-21 September 1980. Pudoc. pp. 9-21.
- Gil, L. y Ipinza, R., 1988.** La selección y mejora de la resistencia a enfermedades, plagas y factores abióticos. En: Mejora Genética de Especies Arbóreas Forestales. (Editado por José Alberto Pardos). FUCOVASA, MADRID. pp. 133 - 149.
- Ipinza, R., 1979.** Algunos aspectos de la muerte apical. **Diplodia pinea** (Desm.) Kickx., en relación con la estructura de un bosque no manejado de pino insigne (**Pinus radiata** D. Don.). Ciencias Forestales V. 1 (4): 24-34.
- Lagner, W., 1952.** Reziprok unterschiedliches Verhalten von Larchen bastarden geogen eine Nadelkrankung. Z. Forstgenetik. 1: 78-81.
- Levieux, J., 1986.** Exemples d'études de la résistance génétique des arbres forestiers aux attaques d'insectes. R.F.F. XXXVIII N° sp.:pp. 234-238.
- Levieux, J., 1987.** La défense des forest contre les insectes. Approches actuelles et perspectives. Ann. Sci. For., 44 (3): 277-302.
- Namkoong, G., 1979.** The dynamics of population genetics in forest insects. En: Population Dynamics of Forest Insects at Low Levels. N.C. State Univ. pp. 6-8.
- Namkoong, G., 1986.** La genética y los bosques del futuro. Unasyiva 152, 38 (2): 2-18.
- Nelson, R., 1982.** On genes for disease resistance in plants. En: Resistance to disease and pest in forest trees. H.M. Heybroek, B.R. Stephan y K. von Weissenberg (Eds.). Proc. Workshop. Wageningen, 14-21 September 1980. pp. 84-93.
- Painter, F., 1966.** Lessons to be learned from past experience in breeding plants for insect resistance. En: Breeding pest-resistant trees. (Edited by H. D. Gerhold., E.J. Schreiner., R.E. McDermott., J. A. Winieski), Pergamon Press. pp. 489-493.

- Palmberg, C., 1980.** Mejora de árboles para resistencia a las enfermedades. En: La Mejora Genética de los árboles forestales. Estudios FAO. Montes 20: 236-247.
- Parry, W., 1982.** Variability in conifer needle freezing as resistance factor to aphids. En: Resistance to disease and pest in forest trees. H.M. Heybroek, B.R. Stephan y K. von Weissenberg (Eds). Proc. Workshop, Wageningen, 14-21 September 1980.
- Pinon, J., 1986.** La sélection pour la résistance aux maladies. R.F.F. XXXVIII N° sp: 228-233.
- Schreiner, E., 1966.** Future needs for maximum progress in genetic improvement of disease resistance in forest trees. En: Breeding pest-resistant trees. (Edited by H. D. Gerhold., E.J. Schreiner., R.E. McDermontt., J.A. Winieski), Pergamon Press. pp. 456-446.
- Simpson, J. y Ades, J., 1990.** Variation in susceptibility of **Pinus muricata** and **Pinus radiata** to two species of aphidoidae. Silvae 3 Genetica 39,5: 202-206. 6-13 p.
- Soegaard, B., 1966.** Variation and inheritance to attack by **Didymascella thujina** in western red cedar and related species. En: Breeding pest-resistant trees. (Edited by H. D. Gerhold., E. J. Schreiner., R. E. McDermontt., J.A. Winieski), Pergamon Press. pp. 83-88. Press. pp. 83-88.
- Stephen, B., 1973.** Über Anfälligkeit und Resistanz von Douglasien Herkunften gegenüber **Rhabdocline pseudotsugae** Silvae. Gen. 2 (5-6): 149-153.
- Van Der Plank, J., 1963.** Plant disease, epidemics and their control. Academic Press. London. 349 p.
- Van Der Plank, J., 1968.** Disease resistance in plants. Academic Press, New York. 206 p.
- Waring, R. y Pitman, G., 1980.** A simple model of lost resistance to bark beetles. For. Res. Lab. Research. Note 65. Oregon State University School of Forestry.
- Wilcox, M., 1982.** Genetic variation and inheritance of resistance to **Dothistroma** needle blight in **Pinus radiata**. New Zealand Journal of Forestry Science 12 (1): 14-35.
- Zobel, B. y Talbert, J., 1984.** Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons. N. Y. 505 p.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

El Instituto Forestal edita regularmente diversas publicaciones técnicas referidas a Estadísticas Básicas, Estudios de Mercado, Estudios Sectoriales, Precios de Productos Forestales, Silvicultura del Bosque Nativo y de Plantaciones, Construcción en Madera, Especies Forestales exóticas, entre otros temas. En esta oportunidad se entregan antecedentes de 4 publicaciones de interés. disponibles para consulta o adquisición en las oficinas de INFOR en Santiago (Huérfanos 554) y en Concepción (Barros Arana 121).

1. LA INDUSTRIA DEL ASERRIO 1990. Boletín Estadístico N° 23.

El informe denominado "LA INDUSTRIA DEL ASERRIO 1990", constituye un completo análisis de la gestión productiva de este importante rubro de la actividad forestal chilena, a partir de la información obtenida mediante un censo de la industria forestal primaria, realizado el primer trimestre de 1991, por INFOR.

Este estudio que forma parte del proyecto permanente "Inventario y Mantenimiento de Estadísticas Básicas del Sector Forestal", entrega en sus 200 páginas de texto, cuadros y gráficos una caracterización y cuantificación de la industria de transformación mecánica de la madera nacional, en términos de su estructura productiva, generación de productos, abastecimiento, ocupación, aspectos tecnológicos, económicos y de participación sectorial, considerada como información básica y necesaria para las personas interesadas en esta actividad.

En su primera parte, dichos antecedentes se proporcionan a nivel nacional y, a continuación, detalladamente a

nivel de cada una de las regiones comprendidas entre la IV y XII, con sus respectivas desagregaciones provinciales.

2. DIRECTORIO FORESTAL CHILE. Instituto Forestal, 1991.

El Instituto Forestal, en un esfuerzo conjunto con el Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN, presenta esta reciente publicación, única en su género en el país, destinada a facilitar y agilizar los contactos comerciales necesarios para una eficaz gestión en las múltiples actividades del sector forestal chileno.

Este directorio constituye un aporte al desarrollo de la industria maderera nacional, con interesante información histórica y actual del sector forestal, aspectos tecnológicos y estadísticos (producción, especies, mercados, etc.) de alrededor de 2.500 empresas individualizadas por razón social, con sus datos de dirección y descripción de la planta y gerencia, en las áreas de pulpa y papel, madera aserrada, tableros y chapas, cajones, debobinados o foliados y astillas.

Con 400 páginas en excelente impresión a todo color, en castellano e inglés, este documento tiene como fuente de información los antecedentes recopilados por el último censo 1991 de la industria forestal primaria, efectuado por INFOR, y los provenientes de los registros de exportación de la dirección general de aduanas.

El valor de la publicación es de \$ 20.000 IVA incluido para el país, y de US\$ 155 para el extranjero incluyendo despacho vía couriers.

3. MANUAL DE CONSTRUCCION EN MADERA. Manual N° 10, 2da. Edición.

Este manual, que contiene 650 páginas en 2 volúmenes, es una revisión y actualización del editado en 1978 por el Instituto Forestal.

El Manual cubre detalladamente tanto los aspectos físicos como los mecánicos de la madera en la construcción, abarcando capítulos tales como. Estructura y propiedades de la madera, usos en la construcción para las maderas chilenas, perfiles, maderas reconstituídas, dimensionamiento de piezas estructurales, métodos de secado y preservación de madera, tipos de preservantes, normalización relacionada con la construcción en madera, aislaciones acústicas, térmicas y contra humedad, y una revisión detallada de diversos sistemas constructivos en madera.

4. MANUAL DE MADERA LAMINADA. Manual N° 11, 2da. Edición.

Este manual es una actualización del editado en 1979 por el Instituto Forestal.

El manual incluye una descripción detallada del proceso de fabricación de la madera laminada, las especificaciones de diseño y cálculo, el predimensionamiento y figuras con distintos tipos de estructuras a base de madera laminada.

Se entregan también las tensiones admisibles que permiten diseñar estructuras en madera laminada y ejemplos resueltos de diseño. Finalmente se ha incluido un capítulo especial relacionado con el diseño de los elementos de unión para estructuras de madera laminada.

REGLAMENTO DE PUBLICACION

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una publicación técnica seriada del Instituto Forestal de Chile, que publica trabajos originales e inéditos, o avances de investigación de sus profesionales y de aquellos profesionales del Sector Forestal que deseen difundir sus experiencias en el área de la silvicultura, el manejo forestal, la industria de la madera, problemas ambientales y otros temas relacionados con la actividad y desarrollo del Sector.

La publicación cuenta con un consejo editor que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores. Se cuenta además con un selecto grupo de profesionales de diversas especialidades, que actúan como editores asociados. De acuerdo al tema, los trabajos son enviados a uno o más editores asociados para la calificación especializada de estos. Para los efectos de esta calificación se mantiene en reserva tanto el nombre del autor como el de los editores asociados.

La publicación cuenta de tres secciones:

- **Artículos:** Trabajos que contribuyan a ampliar el conocimiento científico o tecnológico como, resultado de investigaciones que hayan seguido un método científico.
- **Apuntes:** Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigaciones, informen sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de interés dentro del Sector Forestal.
- **Notas Bibliográficas:** Informan sobre publicaciones recientes, en el país o en el exterior, comentando su contenido e interés para el Sector, en términos de desarrollo científico y tecnológico o como información básica para la planificación y toma de decisiones.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

- Artículos:

Todos los trabajos presentados para esta sección deberán contener: Resumen, Abstract, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. Si es necesario se podrán incluir adicionalmente Apéndices y Anexos.

El título deberá ser representativo del efectivo contenido del artículo y se deberá construir con el mínimo posible de palabras.

En el Resumen se hará una breve descripción de los objetivos del trabajo, de la metodología utilizada y de los principales resultados y conclusiones. La extensión máxima del Resumen será de una carilla y, al final de este punto, se incluirán al menos tres palabras claves que faciliten la clasificación bibliográfica del contenido de la publicación. El Abstract será evidentemente la versión en inglés del Resumen.

En la Introducción se describirá el estado actual del conocimiento sobre el tema, con el debido respaldo de la bibliografía revisada, y se discutirá la importancia que tiene lograr y divulgar avances al respecto. En este punto no se incluirán cuadros ni figuras

En el punto Objetivos se plantearán brevemente los fines generales del trabajo o la línea de investigación y se enunciarán los objetivos específicos del trabajo presentado.

En Material y Método se explicará cuidadosamente como se desarrolló el trabajo. En forma precisa y completa se dará una visión clara de la metodología aplicada y los materiales empleados en las investigaciones y estudios que han dado origen al trabajo presentado. Cuando la metodología no es original se deberán citar con claridad las fuentes de información. Se podrán incluir cuadros y figuras, pero se deberá cuidar que la información que se entrega por esta vía no sea repetitiva con aquella incluida en el texto.

El punto Resultados estará reservado para todos los resultados obtenidos, estadísticamente respaldados. No se deberán duplicar cuadros ni figuras y los comentarios que se incluyan en este punto serán sólo los indispensables para la fácil comprensión de la información presentada.

En Discusión y Conclusiones se analizarán los resultados obtenidos, sus limitaciones y su trascendencia, se relacionarán con la información bibliográfica previamente reunida y se podrán plantear necesidades de trabajos futuros que aumenten el conocimiento sobre el tema. Las Conclusiones rescatarán lo más valiosos o consistente de los resultados y aquellos aspectos más débiles, que requieran de mayor trabajo o investigación.

Reconocimientos es un punto optativo, destinado, cuando sea necesario, a los créditos correspondientes a instituciones, colaboradores, fuentes de financiamiento, etc. Es obvio que se trata de un punto de muy reducida extensión.

En las Referencias se identificarán todas las fuentes de información del trabajo. Sólo se incluirán aquellas citadas en el documento.

Los Apéndices y Anexos se deben incluir sólo si su contenido es considerado indispensable para la cabal comprensión e interpretación del trabajo o si se considera que la información adicional que presentan es un real aporte. Se deberá recordar que los Apéndices incluyen información o trabajo original del autor, en tanto que los Anexos están constituidos por información complementaria elaborada por terceros.

- Apuntes

Los trabajos para esta sección tendrán en principio la misma estructura que los Artículos, pero en este caso de acuerdo al tema, el grado de avance de las investigaciones o actividades y, en general, de la información disponible en cada caso, se podrán obviar los puntos que no correspondan y adoptar una estructura más simple.

- Notas Bibliográficas

En las Notas Bibliográficas se identificará detalladamente la publicación, se explicarán sus objetivos y la metodología empleada y se comentarán los principales resultados en función de su importancia o trascendencia para el Sector. El título de la nota bibliográfica será el de la publicación que se comenta e irá seguido del nombre del o los autores y la identificación de la institución y el editor. Se anotará asimismo el año de publicación y su extensión.

Al final de la nota se podrá incluir el nombre del autor de esta, su título y especialidad y la institución a la que pertenece.

PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

La publicación aceptará colaboraciones sólo en español, redactadas en lenguaje universal, que pueda ser entendido no sólo por los especialistas, ya que el

objetivo es transferir conocimientos al Sector Forestal en general. No se aceptará redacción en primera persona.

El formato de los trabajos debe ser tamaño carta a espacio simple y doble espacio entre párrafos. La letra deberá ser tipo Courier paso 10. Al inicio de cada párrafo se dará una tabulación de tres espacios (sangría). No se numerarán páginas.

La extensión máxima de los trabajos será de 35 carillas para los Artículos, de 20 carillas para los Apuntes y de 2 carillas para las Notas Bibliográficas.

En la primera página se incluirá el Título en mayúsculas, negrita y centrado. Inmediatamente después, dos espacios abajo y pegado al margen derecho, se ubicará el nombre del o los autores y a pie de página se indicará título (s), institución(es) y dirección (es). En esta página se ubicará también el Resumen y, si el espacio es suficiente, el Abstract. Ambos con su título en mayúsculas negrita y centrado. Si el Abstract no cabe en esta página, se ubicará en página nueva y tanto éste como el resumen se centrarán en la o las páginas de acuerdo a su extensión.

En el caso de los Apuntes el título se pondrá en mayúsculas, negrita y pegado al margen izquierdo, anotándose a continuación el nombre del o los autores, su profesión, institución y dirección, todo esto último en minúsculas y letra corriente. A continuación, en la misma página se iniciará el desarrollo del trabajo.

De similar modo se procederá con las Notas Bibliográficas, con la diferencia que si se considera pertinente mencionar al autor de la Nota, éste se identificará al final.

En página nueva se iniciará la Introducción y a continuación se desarrollarán los siguientes puntos, sin cambiar necesariamente página desde Objetivos en adelante, pero dejando doble espacio antes y después de cada título principal.

Los títulos de los puntos principales (Introducción, Objetivos, etc.) se escribirán en mayúsculas, negrita y pegados al margen izquierdo. Los títulos de segundo orden se escribirán con minúsculas, negrita y en la misma ubicación, en tanto que los de tercer orden se ubicarán de igual modo, se escribirán en minúsculas y en letra corriente, no negrita. Si se requieren títulos de cuarto orden, se usará letra corriente en minúsculas, se dará una tabulación de cinco espacios (sangría) y se antepondrá un guión antes de estos. No se numerarán los títulos.

Los nombres científicos de especies vegetales o animales se destacarán en letra negrita, con la primera letra del género en mayúscula y las restantes en minúsculas.

Las citas bibliográficas se anotarán en minúsculas y letra corriente, mediante el sistema autor, año. Las referencias bibliográficas se ordenarán alfabéticamente en el punto Referencias, separadas por doble espacio. En este punto se usarán letras minúsculas en negrita para autor (es) y año y minúsculas corrientes para el resto de la identificación bibliográfica. Las normas para esta identificación bibliográfica serán las del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Cuando los autores son tres o más se podrá anotar el nombre del primero seguido de et al, en el texto, pero en el punto Referencias se deberán mencionar todos los autores, en el orden en que aparecen en la publicación.

Los cuadros no deberán repetir información proporcionada en el texto, estarán enmarcados en línea simple y centrados, se numerarán correlativamente y en letras mayúsculas y en negrita se identificarán al centro en la parte superior, dejando un espacio entre el título y el marco. Tablas y otras formas similares de mostrar información se presentarán como cuadros.

Las figuras se identificarán de igual modo que los cuadros, si es posible tendrán un marco y se identificarán al centro y en la parte inferior. Gráficos, diagramas, fotos y similares se presentarán como figuras.

Tanto cuadros como figuras se citarán en texto como Cuadro N° o Figura N°. Además, cuando la información que se presenta en cuadros o figuras no es original, se citará la fuente correspondiente al pie del marco, en letra corriente, en minúsculas y entre paréntesis. Información esta que, además se anotará completa en el punto Referencias. Si son necesarias aclaraciones de símbolos u otros elementos de cuadros y figuras se procederá de igual forma que con los antecedentes referentes a la fuente de información.

Se aceptarán fotos sólo en blanco y negro, siempre que reunan las características mínimas de contraste y resolución como para ser satisfactoriamente reproducidas y su tamaño máximo sea de 12 cm (ancho) x 18 cm (alto).

Las abreviaturas, magnitudes y unidades corresponderán a las aceptadas por la norma NCh 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se utilizará en todo caso el sistema métrico decimal.

Si se hacen necesarias aclaraciones u observaciones a pie de página, estas se numerarán correlativamente en cada página, con número entre paréntesis ubicado donde sea necesario, y bajo una línea trazada al pie de página se proporcionará en igual orden correlativo la aclaración u observación correspondiente, en letra pequeña y corriente, no negrita. Esta nota de pie de página deberá estar siempre al pie de la misma página en la cual el texto la hizo necesaria.

ENVIO DE LOS TRABAJOS

Los trabajos se deberán enviar al Editor de Ciencia e Investigación Forestal, Instituto Forestal, Huérfanos 554 4° piso. Santiago.

Se agradecerá enviar original y una copia, además del original en diskette 5¼* 360 Kb 2S/2D, procesador de texto Word Perfect WP 5.0.

Los cuadros y figuras se enviarán incluidos en el texto y, cuando sea necesario para una mejor reproducción, se adjuntarán originales en papel poliéster, especialmente en el caso de las figuras.

Todas las páginas, así-como cuadros y figuras que se adjunten, deberán estar numeradas e identificadas con el nombre del autor por el envés con lápiz grafito.



instituto forestal