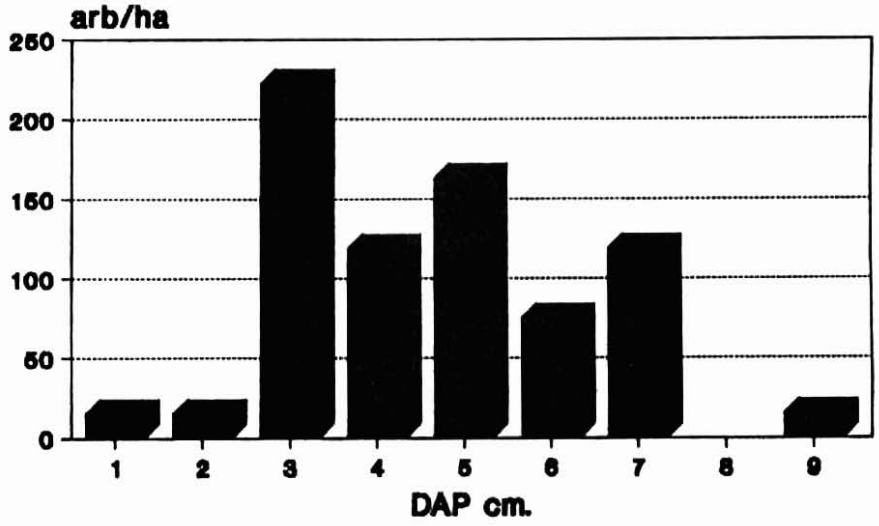
Llama la atención la respuesta baja a los tratamientos con subsolado, con resultados similares a la plantación en hoyo. Debido al uso de un arado pequeño tirado por un tractor agrícola, los resultados pueden deberse a dos causas: a) época inadecuada de aplicación; b) profundidad de trabajo insuficiente. El subsolado debiera realizarse en suelo completamente seco. Al trabajar con tractores agrícolas de baja potencia solamente es posible hacer el subsolado con una humedad superficial (en este ensayo se utilizó un tractor de mediana potencia, 80 HP). Es posible que la humedad del suelo fuese excesiva al aplicar el subsolado, como resultado de la lluvia torrencial que ocurrió previo al establecimiento de la plantación. Esto causa que el suelo no se cierre convenientemente con las lluvias siguientes ocasionando aireación en las raices. En cuanto a la profundidad, se recomienda un trabajo mínimo a 40 cm (Boden, 1984). Esto fue alcanzado solamente en algunos puntos, con un promedio de 30 cm. En tales casos es más recomendable hacer un arado superficial (Schönau, 1984b). Para un subsolado es por lo tanto recomendable usar maquinaria de mayor efectividad, como un tractor oruga.

En la figura Nº 2 se muestra la distribución diamétrica y las características más relevantes de la plantación para el tratamiento surco-control de malezas-fertilización. Estos resultados superan el desarrollo alcanzado en las parcelas antiguas de introducción de especies (CORFO-INFOR, 1986). Sin embargo, estas técnicas intensivas de establecimiento no lograron superar la mortalidad ocasionada por los períodos de sequía que son habituales en la zona.



G = 1.4 m2/ha., DAP = 4.5 cm., h = 4.2 m.
N = 740 arb/ha.

Figura Nº 2: **Eucalyptus cladocalyx (6 AÑOS). DISTRIBUCION DIAMETRICA**

INFOR

En consideración a esta experiencia se determinó la necesidad de incorporar agua adicional a las plantaciones, para lo cual se estan implementando dos lineas de acción: 1) el aprovechamiento de fuentes de agua temporales o permanentes, para dar riegos ocasionales a las plantaciones y 2) cosecha de aguas lluvia o manejo de aguas de escorrentía.

Aprovechamiento de fuentes de agua.

En la IV Región, particularmente en la provincia del Choapa, es común la ocurrencia de pequeñas fuentes de agua permanentes o temporales, en quebradas de cota superior a lugares potenciales de plantación. Surge por lo tanto la posibilidad de establecer plantaciones con técnicas intensivas de plantación, que cuenten con posibilidades de riego, para el establecimiento y períodos de sequía.

Objetivos

Implementar técnicas intensivas de forestación con fines demostrativos en áreas rurales de la provincia del Choapa, en base a la utilización de aguas temporales, que dando ciertas posibilidades de riego permitan aumentar la productividad de las plantaciones.

Metodología

Como se trata de plantaciones piloto, no se consideró un diseño experimental, dejando abierta la posibilidad de aplicar diferentes tasas de riego en subparcelas, en períodos posteriores al establecimiento.

De esta manera se establecieron en 1991 dos plantaciones piloto de 2,6 y 3,6 ha en el sector de Ilta (Tunga Norte) y Atelcura (Cabracorral) respectivamente. En cada plantación se forestó con **Acacia saligna, Eucalyptus cladocalyx** y **Eucalyptus sideroxylon** en superficies iguales.

Se preparó el suelo aplicando fajas de escarificación en la línea de plantación, mediante subsolado con tractor oruga (tres subsoladores o "ripers" separados 30 cm entre si y una profundidad de trabajo de 40 cm). La plantación se fertilizó con 1 Kg de guano de cabra por planta. Esto significa un aporte de materia orgánica de 620 g y de nutrientes N-P-K: 19g-5g-9g, respectivamente. A comienzos de primavera del primer y segundo año se limpió la taza de plantación manualmente, en un diámetro de 1 m.

INFOR

Para el riego de establecimiento y riegos de emergencia posteriores, se habilitó en cada sector un pequeño tranque de alrededor de 3 metros cúbicos de capacidad, en vertientes pendiente arriba del sitio de plantación. Los tranques se situaron a 1.000 m y 250 m de distancia de cada plantación.

El agua se hace llegar en una manguera de plástico de 1/2 pulgada de diámetro desde estos tranques. En el tendido a través de la plantación se habilitaron arranques para conectar una manguera flexible, a fin de poder llegar con el agua a cada planta.

En el primer año se aplicaron cinco riegos, distribuídos en el período seco (Noviembre 1991 a Marzo 1992). En el segundo año se aplicaron cuatro riegos, distribuídos entre Diciembre 1992 y Marzo 1993.

A la edad de un año se hizo una evaluación del prendimiento de la plantación y a la edad de dos años de crecimiento en altura.

Resultados

Para la especie **Eucalyptus cladocalyx** el prendimiento al primer año fue el siguiente:

- Plantación Ilta: 89,5 % (censo total de la plantación).
- Plantación Atelcura: 87,7 ± 6,72 %.

En la plantación Ilta se contaron todos los árboles. En Atelcura se practicó un muestreo y se calculó el error, expresado en rangos de prendimiento, para una probabilidad del 99, %.

A los dos años de edad la sobrevivencia se mantiene igual y la altura promedio es de 1,7 y 1,3 m para la plantación de Ilta y Cabracorral, respectivamente.

De acuerdo a los rendimientos estimados en la forestación y el costo de las plantas, el costo de plantación es de $ 300.000 /ha. Este valor no incluye la instalación para el riego que es de $ 65.000.- para un largo de manguera de 1.000 m y de $ 33.000.- para 500 m. Cada riego tiene un costo de $ 9.000.- (tres jornadas por ha).

INFOR

Cosecha de aguas lluvia

Antecedentes

La cosecha de aguas lluvia consiste en la utilización de las aguas de escurrimiento superficial, producto de las lluvias de tipo torrencial propias de los desiertos. La técnica consiste en la colección de estas aguas que escurren de una superficie de captación o superficie de cosecha (laderas y quebradas), que se concentran en superficies menores (superficie de colección) en donde se hacen infiltrar para mojar completamente el perfil del suelo, en una cantidad superior a lo que puede conseguirse con la precipitación directa. De esta manera se distingue la superficie de captación (superficie tributaria de la superficie de producción), en la que se pretende obtener una escorrentía superficial máxima y la superficie de acumulación o de colección (superficie de producción) en donde se hace infiltrar el agua de escurrimiento. En estas superficies de colección se efectúa la plantación.

La técnica de cosecha de agua lluvia se ha usado desde hace alrededor de 2.000 años por los Nabateos, en el desierto del Negev, en Israel, en zonas con una precipitación anual de 70 a 100 mm. Esta civilización utilizaba el agua de escorrentía de grandes superficies, agua que lograban guiar a cientos de metros de distancia hacia los valles agrícolas o superficies agrícolas en terrazas. Este sistema se reimplantó y adaptó en la estación agrícola experimental de Avdat en Israel por investigadores israelitas de la Universidad de Ben Gurion (Evenari **et al.**, 1983).

En la actualidad el Servicio Forestal del Negev, liderado por el Dr. Menachem Sachs en Israel está aplicando la técnica de cosecha de aguas lluvia para la forestación en la zona árida (Negev), es decir en regiones con una precipitación anual de 150 - 250 mm/año (similar a la IV Región en Chile), con un índice de aridez menor a 0.2, índice de aridez definido por precipitación anual/evaporación potencial anual, (Griver, 1990; Sachs, M., 1991, com. pers.). En el Negev la forestación se diseña en base al manejo integral de una cuenca, con el objeto de aprovechar al máximo el agua lluvia, y a la vez, proteger el suelo de la erosión. Las superficies de acumulación o colectores tienen un área variable desde algunas decenas hasta centenas de metros cuadrados. Un ejemplo típico de una superficie de acumulación o colector mayor es un "limán". Esta es una estructura construida de suelo en un sector bajo, con una superficie plana, sobre la que se establecen las especies arbóreas, con un dique en la parte delantera, pendiente abajo, opuesta a la boca de alimentación. Otra superficie de acumulación son los minicolectores para uno o un grupo de árboles, que pueden hacerse manualmente, y consisten en terrazas o surcos, generalmente en forma de medialuna en que se hace infiltrar o aposar el agua, respectivamente.

INFOR

De esta manera, se puede formar una sabana con 100 a 300 árboles por hectárea, sin necesidad de riego. Por lo tanto se habla de "sabanización" en lugar de forestación. Esto constituye un logro de gran importancia y debe considerarse como una herramienta para lograr revertir el proceso de desertificación.

Objetivos

Ensayar en forma preliminar la posibilidad de aplicar la técnica de cosecha de aguas lluvia, como herramienta para masificar la forestación en la IV Región, sin depender de riegos.

Metodología

En invierno de 1992, se estableció en la zona de Atelcura (Comunidad Agrícola Cabracorral) un ensayo exploratorio con **Eucalyptus cladocalyx,** consistente en una plantación en base a aguas de escorrentía, formado por dos hileras de cuatro colectores de 10 m² cada uno. En cada colector se plantaron 5 árboles. Cada colector consistió en una terraza en forma de media luna construída con piedras hacia el lado de la pendiente descendente. La superficie útil de plantación se escarificó en forma manual con un relleno de suelo y a una profundidad de 40 cm.

Los colectores disponen de una superficie tributaria de acumulación de 1.425 y 500 m² según sea en la hilera superior o inferior respectivamente. Se trazaron dos canaletas en diagonal, pendiente arriba, a fin de guiar la escorrentía de ambos extremos de la hilera de plantación hacia los cuatro colectores, aumentando de esta manera la superficie de captación.

Se hicieron además canaletas de desvíos de una quebrada para alimentar seis minicolectores con árboles individuales y un liman de 14 m², de 6 árboles, con un área tributaria de alrededor de 5 ha.

Resultados y Análisis

Los resultados y el análisis de esta experiencia preliminar son los siguientes:

- Desarrollo de las plantaciones: las plantaciones establecidas tuvieron un 100 % de prendimiento y un crecimiento al primer año de alrededor de 1,5 m de altura en promedio.

INFOR

- Agua colectada: la cantidad de agua que recibió cada colector se estima de la manera siguiente (Critchley y Siegert, 1991): Agua cosechada = área de captación x cantidad de lluvia x coeficiente de escorrentía x factor de eficiencia.

Si se considera un área de captación de 500 m² por colector, una precipitación anual de 220 mm igual a 220 litros/m² (año normal), un coeficiente de escorrentía de 0,30 y un factor de eficiencia de 0,40, se obtiene una cosecha de agua de 13.200 litros por colector, o bién 1.320 litros/m² (equivalente a una lluvia de 1.320 mm; seis veces superior a la precipitación normal). Análogamente, para los minicolectores con un área de captación de 1.495 m² (factor de eficiencia 0,3) se obtendría una cosecha de 2.960 litros/m².

Esto significaría una cantidad enorme de agua, considerando un coeficiente de escorrentía y factor de eficiencia moderados. La estimación adecuada de estos coeficientes es fundamental para poder estimar el potencial de forestación con esta técnica. La estimación de la escorrentía es compleja y depende de los factores (Dunne y Leopold, 1978; Yair **et al.**, 1989; Itschak, 1989; West, 1990; Critchley y Siegert, 1991; Gillis, 1992):

a) intensidad de las lluvias, mientras más intensas, mayor el coeficiente de escurrimiento.

b) Textura y estructura del suelo, teniendo cada tipo de suelo una curva de infiltración en función del tiempo y la intensidad de la lluvia.

c) Humedad inicial del suelo, alcanzando un valor constante en la medida que el perfil del suelo se satura.

d) Origen, profundidad y posición en la pendiente: el escurrimiento es superior en suelos rocosos, con una posición idealmente favorable para los colectores en la zona de transición entre la ladera rocosa y el suelo coluvial.

e) La cubierta vegetal, siendo mayor el escurrimiento en suelos cubiertos con vegetación microfitica (algas cyanobacterias, líquenes y musgos), comparados a la cubierta vegetal de macrofitas (árboles, arbustos, pastos anuales y perennes) que favorecen la infiltración.

Por estas razones se recomienda el establecimiento de parcelas para medir directamente la escorrentia. Estas parcelas tienen un tamaño mínimo de 3 a 4 m de ancho por 10 a 12 m de largo, que se orientan longitudinalmente según la pendiente (Critchley y Siegert, 1991). En razón a que la precipitación varía en cantidad e intensidad de año en año, se recomienda medir la escorrentía durante varias temporadas.

INFOR

En cuanto a la eficiencia del escurrimiento, Ben-Asher (1988) estimó para un tipo de suelo de Loess en el Negev, que la eficiencia del escurrimiento es directamente proporcional a la pendiente (grado de pendiente) e inversamente proporcional al largo de esta. De esta manera determinó una curva en que la eficiencia varío entre 70 y 8 % para áreas de captación de 0,01 a 10 ha, respectivamente.

No obstante se trata de un experimento preliminar, los resultados indican que esta técnica es muy promisoria para la forestación en la zona.

Resumen Resultados Norte Area de Estudio

La experimentación desarrollada con **Eucalyptus cladocalyx** en la IV Región permite anotar los logros siguientes:

- **Eucalyptus cladocalyx** es una especie de buena adaptación en la Región, con capacidad de tolerar períodos de sequía y reaccionar favorablemente ante el mejoramiento de las condiciones climáticas.

- La forestación con **Eucalyptus cladocalyx** con técnicas intensivas de establecimiento y riegos iniciales mínimos, se traduce en un desarrollo inicial satisfactorio. Por lo tanto, significa una alternativa de interés para la comunidad rural, permitiendo la creación de bosques de superficie pequeña.

- El establecimiento de esta especie mediante la técnica de cosecha de aguas lluvia ha presentado resultados preliminares auspiciosos. El énfasis en esta línea de investigación debiera ser prioritraria para resolver el problema de la masificación de la forestación en la Región.

SUR DEL AREA DE ESTUDIO.

Antecedentes:

Las experiencias de la zona sur del área del estudio se localizan en el secano interior de Colchagua, VI Región. En esta región existen formaciones aisladas de **Eucalyptus camaldulensis** junto al estero Lolol y Pumanque, resultado de su introducción hace decenas de años atrás.

Sin embargo, en contraste con la situación costera, no existen forestaciones masivas en el secano interior. Solamente en estos últimos años se han hecho algunos intentos de forestación masivos con **Eucalyptus globulus**, cerca del límite con el sector costero (zona de Lolol, Ranguil). Se puede apreciar un desarrollo inicial

INFOR

vigoroso en suelos de aptitud agrícola, pero con necesidad de riego inicial en sitios de aptitud ganadero-forestal. En todo caso, de acuerdo a las experiencias establecidas desde 1985 en Nerquihue (34° 41' Lat S; 71° 30' Long W, 300 m alt.), en el secano interior de Lolol, debe considerarse a la especie **Eucalyptus camaldulensis** más apta para la zona.

Características Ambientales de la Región

El clima corresponde al tipo Csb1 según Koeppen (Fuenzalida, 1965a) o al tipo Mediterráneo Semiárido transición a Subhúmedo según Emberger (Di Castri y Hajek, 1976). Se caracteriza por una precipitación invernal que en promedio alcanza 650 mm en la localidad de Pumanque (Almeyda y Saez, 1958) y una evaporación anual de 1730 mm (INIA, 1989) con 6 a 7 meses secos al año. Las precipitaciones en los años 1988 a 1991 fueron de 511; 468; 398 y 583 mm, respectivamente (según datos estación meteorológica del predio Nerquihue, establecida por INFOR).

El suelo es del tipo Pardo no Cálcico según los Grandes Grupos de Suelo. El origen de los suelos es metamórfico (IREN, 1973).

Control de la Competencia

Numerosos estudios señalan la importancia del control de malezas en el establecimiento de Eucalipto. En las experiencias en la zona árida y semiárida de Chile esto ha quedado demostrado en las experiencias de INFOR. Al analizar diferentes factores en las técnicas de establecimiento, tales como preparación de suelo, fertilización y control de competencia, se determinó que este último factor tiene una importancia primordial (Prado y Wrann, 1988; Wrann e Infante, 1988).

En los años 1986-87 INFOR desarrolló un proyecto de investigación en herbicidas para el estblecimiento de plantaciones forestales. Entre los ensayos de campo se incluyó una experiencia en Nerquihue, secano interior dse Colchagua. En dicho ensayo se probaron 16 mezclas de diferentes herbicidas y un control manual. Los mejores resultados se obtuvieron con dosis similares de atrazina y paraquat o bien con atrazina y fluazifop-butil y control manual. Basado en estos resultados se estableció un ensayo con **Eucalyptus camaldulensis**, con diferente intensidad de aplicación de la mezcla atrazina con fluazifop-butil y control manual.

Objetivo

Ensayar diferentes intensidades de aplicación de la mezcla de herbicida más eficiente, comparado con el control manual, para investigar la eficiencia operativa en plantaciones de secano.

INFOR

Metodología

La mezcla de herbicidas consistió en Gesaprim 8 litros/ha (i.a. atrazina 3,83 Kg/ha) con Hache Uno Super 2 litros/ha (i.a. fluazifop-butil 0,70 Kg/ha). La solución preparada fue de 5,2 % de atrazina y 1,3 % de fluazifop-butil, con una aplicación de 15,4 cm^3/m^2.

Los tratamientos se aplicaron en septiembre de 1988, después de la plantación de julio del mismo año. Estos fueron: **1)** mezcla sobre la parcela total; **2)** aplicación de la mezcla en fajas de 1,2 m de ancho sobre la línea de plantación; **3)** aplicación de la mezcla en la taza de plantación de un circulo de 1 m de diámetro; **4)** limpia manual de la taza de plantación (circulo de 1 m de diámetro). La aplicación del herbicida se realizó con bomba de espalda calculando el tiempo para completar la cantidad de solución por metro cuadrado. Al año siguiente se aplicó control manual a todos los tratamientos del año de plantación. El diseño es de bloques al azar con tres repeticiones y una unidad experimental de una parcela de 36 plantas a un espaciamiento de 3 por 3 m.

La plantación se realizó sobre líneas preparadas con un subsolador tirado por un tractor agrícola, con una penetración de 30-40 cm. Se aplicó una mezcla de fertilizantes de 210 g por planta consistente en: 110 g urea (46% N); 50 g superfosfato triple (20,1% P) y 50 g sulfato de potasio (50% K). Se aplicó un riego de 5 litros por planta en octubre de 1988 y otro igual en febrero de 1989.

Resultados

Se evaluó el efecto fitotóxico en la plantación, al mes de aplicar el herbicida, comprobándose que fue nula.

La evaluación del crecimiento se realizó a los dos años después de la plantación, determinándose una respuesta mejor en el tratamiento de mayor intensidad, esto es en el tratamiento sobre la parcela total. El crecimiento fue de 60 % más alto en términos del índice de crecimiento (D^2H = diámetro basal al cuadrado por altura) según el cuadro Nº 2.

INFOR

Cuadro Nº 2

ENSAYO APLICACIÓN HERBICIDA.

Lugar ensayo: Nerquihue. Eucalyptus camaldulensis edad 2 años.				
Tratamiento	Sobrev. (%)	Altura (m)	Diám. Basal (cm)	D^2H Prom (dm^3)
he. taza planta	87	2.70	4.30	6.41
he. hilera	87	2.70	4.20	7.91
limpia manual	93	2.70	4.10	6.48
he. parcela compl.	94	3.00	4.80	10.29

Preparación de Suelos

Objetivo

Determinar la influencia de diferentes técnicas de preparación de suelo con arados livianos tirados por un tractor agrícola, en el desarrollo inicial de **Eucalyptus camaldulensis** en el secano interior.

Metodologia

Se estableció en invierno de 1989 (julio) un ensayo de preparación de suelo con los tratamientos siguientes: **1)** escarificado con arado cincel con tres cuchillas separadas 30 cm entre si; **2)** surco con arado de tres discos; **3)** subsolado liviano normal; **3)** subsolado con arado subsolador con dos vertederas que forman un camellón sobre la línea de subsolado. El diseño es de bloques al azar con tres repeticiones con una unidad experimental de una parcela de 100 plantas a un distanciamiento de 3 x 3 m. La parcela de medición esta conformada por las 36 plantas interiores (6 x 6 hileras).

A la plantación se le aplicó fertilizante (60 g de urea, 60 g de superfosfato triple y 30 g de sulfato de potasio por planta). Se efectuó un control manual de pastos y malezas en la taza de plantación (circulo de 1 m de diámetro) en el año de la plantación y al año siguiente.

INFOR

Resultados

En la evaluación a la edad de 4 años, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, en favor de la preparación en surco, con una biomasa de un 50 % superior (Cuadro Nº 3). Es interesante destacar que tambien se observan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre bloques, con un crecimiento inferior en un bloque con suelo de textura arcillosa con acumulación de agua en invierno.

Cuadro Nº 3

ENSAYO PREPARACIÓN SUELO

Lugar ensayo: Nerquihue
Eucalyptus camaldulensis edad 4 años

	D^2H acumulado (dm^3)			
Tratamiento	Bl 1	Bl 2	Bl 3	Promedio
Arado cincel	1517	1907	1208	1544.00
Subsol. normal	1203	551	341	698.33
Surco	2530	732	2789	2017.00
Subsol. con vertederas	2855	445	1106	1468.67

Plantación Piloto

Basado en la experiencia que se tenía en ese año, se estableció en invierno de 1988 una plantación piloto de **Eucalyptus camaldulensis** (procedencia Lake Albacutya, Estado de Victoria, Australia). La plantación tiene una superficie de 1,1 ha y se localiza en un piedmont en el predio Nerquihue.

INFOR

Objetivo

Implementación de técnicas de establecimiento en el secano interior de Colchagua.

Metodología

Se estableció una plantación piloto con la especie **Eucalyptus camaldulensis**, aplicando una preparación de suelo con subsolado liviano tirado por un tractor agrícola en hileras cada 3 m. El espaciamiento de la plantación fue de 3 x 3 m. La penetración del arado fue de 30-40 cm. Una semana después de la plantación se aplicó fertilizante N-P-K por planta: 110 g de urea (46% N), 50 g superfosfato triple (20,1% P) y 50 g sulfato de potasio (50% K). A comienzos de primavera se hizo una limpia manual de la taza de plantación (1m de diámetro) y que se repitió al año siguiente. Se aplicaron dos riegos de 5 litros por planta en Octubre de 1988 y Febrero de 1989.

La evaluación se realizó a los cinco años (en Abril de 1993) en base a cinco parcelas de 1/20 de ha, en que se midieron los diámetros a la altura del pecho (DAP) y se determinó una relación altura - DAP de los árboles.

Resultados y Análisis

La sobrevivencia fue satisfactoria con un 87%. Los resultados de la plantación a la edad de 5 años se resumen en la Figura Nº 2, en que se muestra la distribución diamétrica. El área basal es de 2,02 m²/ha; el árbol medio del área basal tiene un DAP de 5,2 cm y una altura de 5,3 m. Se estimó el volumen (total sin corteza) en base a la tabla de volúmen para diámetros delgados según la estimación de Ugalde y Otarola (1984):

$$\ln v = 1.444 \ln d + 1.518 \ln h - 10.369,$$

donde: v = volúmen total sin corteza.
d = diámetro a la altura del pecho (cm).
h = altura total del árbol (m).

Obteniéndose así asi un volúmen total de 5,1 m³/ha (Figura Nº 3).

Estos resultados indican que la especie sería una alternativa de forestación interesante, en consideración a las limitantes de las condiciones de suelo y clima de la región. Los rendimientos pueden aumentarse con un control de malezas más intenso y una preparación de suelo en surco, según se observa de los resultados de

INFOR

las experiencias anteriormente descritas. Esto puede significar un 50% de rendimiento mayor.

Otro factor de interés a considerar es la elección del sitio para la forestación, como quedó demostrado en la experiencia anterior de técnicas de preparación de suelo, en que la textura extremadamente arcillosa afectó significativamente el desarrollo. En otra experiencia establecida en 1985 en este predio se obtuvieron los resultados siguientes: en terrenos de laderas con suelos delgado, el crecimiento a los 6 años de edad fue de 5,2 m de altura media y un diámetro basal medio de 5,7 cm. En cambio en suelos planos bajos la altura media fue de 8,9 m y el diámetro basal medio de 8,6 cm.

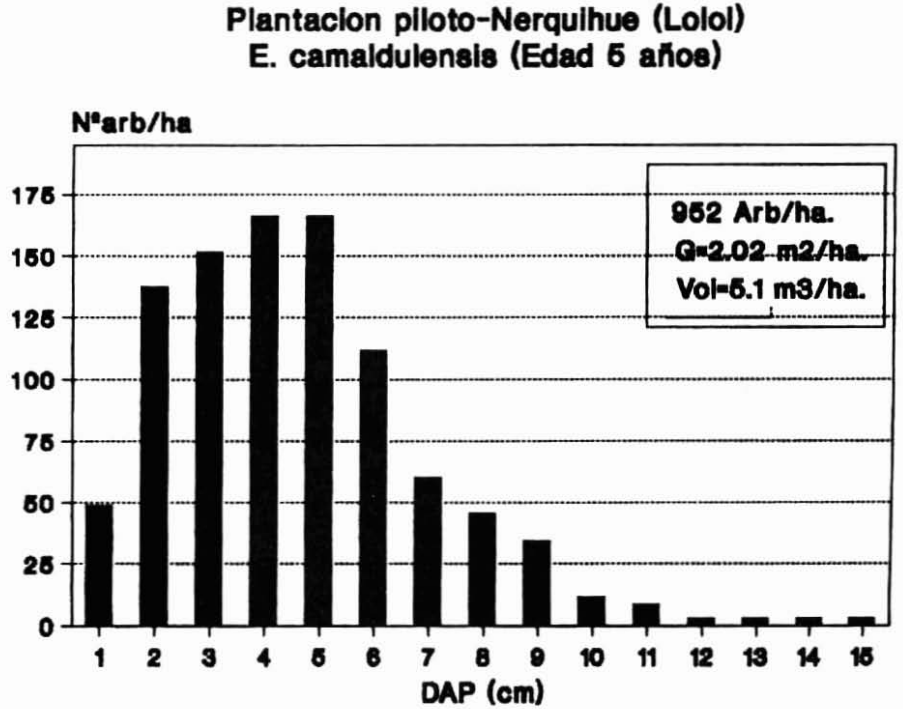


Figura Nº 3.

INFOR

Resumen Resultados Sur Area de Estudio

Las experiencias con **Eucalyptus camaldulensis** en el secano interior de la VI permiten destacar los logros siguientes:

- **Eucalyptus camaldulensis** es una alternativa interesante para la forestación en la zona, en reeemplazo de **Eucalyptus globulus**.

- La forestación con esta especie debe hacerse con técnicas intensivas de estabelcimiento, esto es una preparación de suelo en surco y control de malezas. Aún cuando no se ha demostrado la dosis óptima de fertilización inicial, ésta es recomendable para permitir un desarrollo inicial apropiado.

- Para la forestación con esta especie son apropiados los sitios de piedmont bajos y que no son aptos para la agricultura. Deben evitarse los suelos de texturas excesivamente pesadas y los de poca profundidad.

AGRADECIMIENTOS

Estas experiencias se desarrollaron en el Proyecto "Regeneración Forestal", financiado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canada (CIID) y por la Corporación de Fomento de la Producción de Chile (CORFO).

REFERENCIAS

Almeyda, E. y Saez, F., 1958. Recopilación de Datos Climáticos de Chile y Mapas Sinópticos Respectivos. Ministerio de Agricultura, Santiago. 195 p.

Backstrom, P., 1981. Site Preparation in Swedish Forestry. In: Forest Regeneration Proc. Symposium on Engineering Systems for Forest Regeneration. American Society of Agricultural Eng., Michigan USA. p. 208-216.

Ben-Asher, J., 1988. A Review of Water Harvesting in Israel (draft). Working Paper for World Bank's Sub-Saharan Water Harvesting Study.

INFOR

Boden, D.I., 1984. Early Response to Different Methods of Site Preparation for Three Commercial Species. In: Proc. IUFRO Symposium on site and productivity of forest growing plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa. p. 556-578.

CORFO-INFOR, 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. CORFO, Gerencia de Desarrollo AF 86/32, Santiago. 168 p.

Critchley, W. and Siegert, K., 1991. Water Harvesting. FAO, Roma. 133 p.

Di Castri, F. y Hajek, E., 1976. Bioclimatología de Chile. Universidad Católica de Chile, Santiago. 128 p.

Dunne, T. and Leopold, L.B., 1978. Water in Environmental Planning. WH. Freeman and Co., San Francisco. 818 p.

Evenari, M., Shanan, L. and Tadmor, N. H., 1983. The Negev: The Challenge of a Desert, 2d. ed., Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Fuenzalida, F., 1965a. Clima Cap. IV. En: CORFO, 1965, Geografía Económica de Chile, Santiago. p. 99-151.

Fuenzalida, F., 1965b. Suelos Cap VI. En: Geografía Económica de Chile, CORFO, Santiago. p. 200-226.

Gillis, A.M., 1992. Israeli Researchers Planning for Global Climate Change on the Local Level. Bioscience, 42: 587-589.

Griver, S., 1990. Stemming the desert. Israel Science June, 1990. p. 12.

INIA, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. Santiago. 221 p, mapas.

IREN, Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales., 1973. Estudio Integrado de los Recursos Naturales de las Provincias de O'Higgins y Colchagua. Santiago. 529 p., mapas, anexos.

Itschak, M., 1989. Plantings by Run-off Harvesting in the Negev. Allgemeine Forstzeitschrift, 24-26: 638-642.

Perez, V.A., 1982. Características Fisico-mecánicas de Diez Especies de Eucalyptus Crecidas en Chile. Santiago, 8p., Anexos gráficos, tablas. (Informe Técnico Nº ~~48~~ 84, Instituto Forestal).

INFOR

Prado, J.A. y Wrann, J., 1988. La Importancia de la Preparación del Sitio y la Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de Eucalyptus. En: Actas Simposio CORFO-INFOR, Manejo Silvicola del Género Eucalyptus, Junio 1988, Viña del Mar Cap XII. p. 19.

Rovira, P. 1984. Geografía de Chile, Tomo V, Geografía de los Suelos. Instituto Geográfico MIlitar, Santiago. 177 p.

Schönau, A.P.G., Verloren van Themaat, R. and Boden, D.I., 1981. The Importance of Complete Site Preparation and Fertilizing in the Establishment of **Eucalyptus grandis.** In: Symposium on Establishment in Modern Silviculture 50th Aniversary of Forestry Education in South Africa, University of Stellenbosch, September 1982. p. 19.

Schönau, A.P.G., 1984-a. Silvicultural Considerations for High Productivity of **Eucalyptus grandis.** Forest Ecology and Management. 9: 295-314.

Schönau, A.P.G., 1984-b. Fertilization of Fast Growing Broadleaved Species. In: IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing PLantations; Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa. 30 April - 11 May 1984, Vol 1: 253-268.

Ugalde, L.A. y Otarola, A., 1984. Tablas de Volúmen para **Eucalyptus camaldulensis** en Nicaragua. Turrialba. Vol. 34, 3: 377-384.

West, N.E., 1990.: Structure and Function of Microphytic Soil Crusts in Wildland Ecosystems of Arid and Semi-arid Regions. Adv.. Ecol. Res., 20: 180-223.

Wrann, J. y Infante, P., 1988. Métodos para el Establecimiento de Plantaciones de **Eucalyptus camaldulensis** y **Quillaja saponaria** en la Zona Arida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal, 2, (3): 13-25.

Wrann, J., 1990. Efectos de Diferentes Métodos de Plantación en el Desarrollo Inicial de **Eucalyptus camaldulensis, E. cladoxalyx y E. sideroxylon** en la Zona Arida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal, 4 (1): 69-88.

Yair, A., Shachk, M. and Schereiber, K-F., 1989. Hillslope Minicatchments: The Use of Surface Run-off Water to Increase Primary Production in Rocky Desert. Allgemeine Forstzeitschrift., 24-26: 642-647.

INFOR

ANTECEDENTES SOBRE RESISTENCIA AL FRIO DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS DE Eucalyptus globulus ssp. globulus.

José Antonio Prado D. (*)
Patricio Parra S. (*)
María Paz Molina B. (*)
Roberto Ipinza C. (*)
Veronica Loewe M. (*)

RESUMEN

Un estudio de resistencia al frío bajo condiciones controladas fue realizado en 121 familias de 35 procedencias de ***Eucalyptus globulus ssp. globulus****, utilizando plantas de 6 meses de edad.*

Al someter las plantas a temperaturas de -1 a -6°C, se comprueba que la severidad del daño al follaje, hasta los -4°C es leve, inferior al 28%. A -5 y -6°C, la incidencia es máxima, afectando al 90% de los árboles, con daño al follaje que compromete el crecimiento.

Las procedencias de las islas del Estrecho de Bass, King y Cape Barren, son definitivamente sensibles al frío. En cambio, una de las procedencias probadas del sur de la Isla Flinders (Nº 26), es la que presenta el menor daño al follaje.

(1) Instituto Forestal. Huerfanos 554, Santiago. Chile

INFOR

INTRODUCCION.

Durante los últimos años se ha producido un notable incremento en la tasa de plantación con especies del género Eucalyptus. De una cifra cercana a las 2.000 ha. por año en la década pasada, ha subido a casi 40.000 ha en 1992 (INFOR, 1993).

La especie **Eucalyptus globulus ssp. globulus** es la que más se ha plantado en Chile por diversas razones, entre las que se pueden mencionar su tasa de crecimiento, su excelente forma, su gran capacidad de retoñación, la facilidad existente para obtener semilla, entre otras.

Desde que se despertó el interés por plantar eucaliptos para la producción de pulpa, ha quedado de manifiesto la gran limitación que presenta esta especie: su escasa resistencia al frío. La elección de esta especie sin reconocer esta limitación, ha conducido a grandes pérdidas en plantaciones establecidas en el valle central y precordillera desde la VIII a la X Región del país.

Como consecuencia, nuevas especies, con mayor resistencia al frío, están tomando mayor importancia. Entre estas se destacan **E. nitens, E. delegatensis,** y **E. viminalis.**

A pesar de esto, parece importante explorar las posibilidades de extender el área de distribución de esta especie, hacia zonas donde, en las condiciones actuales, se ve fuertemente afectada por las heladas, ya que el **Eucalyptus globulus ssp. globulus** está considerado entre las especies de mejor calidad para la producción de pulpa y ya tiene una posición solida en el mercado.

La manera de lograr esta ampliación del área de distribución es a través del mejoramiento genético, identificando familias o individuos que demuestren clara superioridad en relación a esta característica, que es la resistencia al frío.

Con este objetivo, el Instituto Forestal decidió analizar la resistencia al frío de 121 familias de **Eucalyptus globulus ssp. globulus,** con plantas de 6 meses de edad, sometiéndolas a frío bajo condiciones controladas.

Trabajos realizados por AFOCEL (Marien, 1979) señalan que se puede lograr un cierto grado de mejoramiento en este sentido, ya que existen algunas procedencias de Tasmania que pueden soportar temperaturas de hasta -8°C, manteniendo un buen crecimiento.

INFOR

Aún cuando varios estudios sobre la resistencia al frío de estas especies enfatizan la relación entre esta capacidad y la procedencia de la semilla, encontrándose una lógica relación entre esta característica y las procedencias de mayor altitud, se debe considerar que aparentemente existen otros factores involucrados, que aún no han sido claramente identificados.

Los mecanismos que rigen la resistencia al frío de las especies leñosas aún no son bien conocidos; por lo tanto, estos trabajos de selección de procedencias, familias o individuos de mayor resistencia constituyen una línea de trabajo interesante. Factores tales como la variabilidad estacional (Tibbits y Reid, 1987), la evolución con la edad de las plantas, la relación entre la resistencia al frío y el vigor, complican la obtención de resultados (Cauvin, 1987).

Por otro lado, el frío es un fenómeno bastante más complejo de lo que normalmente se cree, ya que no sólo hay que considerar la temperatura mínima absoluta sino que también la velocidad de caída de la temperatura, la duración del frío por debajo de un cierto umbral, la amplitud térmica diaria, la temperatura del suelo, la humedad relativa del aire, la velocidad del viento, la presencia o ausencia de nieve y el estado vegetativo de las plantas al momento de la ocurrencia del frío, entre otros factores (De Champs, 1985).

Entre estos factores es importante destacar la variación que experimenta la resistencia al frío de una especie a lo largo del año. Esta característica varía considerablemente, en relación directa con la presencia de bajas temperaturas. Por ejemplo Tibbits y Reid (1987), trabajando con **Eucalyptus nitens**, encuentran variaciones de 8°C entre las temperaturas que provocan daño a la especie en verano y en pleno invierno. Durante el otoño, cuando las temperaturas comienzan a bajar, se produce un paulatino "endurecimiento" de las planta s que las hace más resistentes, lográndose el máximo cuando se producen las más bajas temperaturas. Cuando estas comienzan a subir, con la llegada de la primavera, se produce el proceso inverso. Es por esto que las heladas de otoño y primavera son las más dañinas.

El presente trabajo presenta los resultados de un estudio realizado con plantas de seis meses de edad, en una cámara frigorífica, donde sólo la condición de frío puede simularse. Los otros factores que de alguna manera inciden en el daño por frío no han sido controlados. Por lo tanto, los resultados entregados constituyen una primera aproximación a lo que puede ser la selección de procedencias, familias o individuos con mayor resistencia al frío.

INFOR

MATERIAL Y METODO.

Material.

El material empleado en el ensayo forma parte de una colección de familias de **Eucalyptus globulus ssp. globulus** que cubren gran parte del área de distribución natural de la especie. Antecedentes sobre el origen de las semillas se presentan en el Cuadro Nº1. Las plantas fueron producidas en el vivero del Instituto Forestal, escogiéndose plantas de 6 meses de edad, con crecimientos homogéneos y de aspecto vigoroso.

Diseño experimental.

El ensayo, conformado por 35 procedencias, representadas por 121 familias de **E. globulus ssp. globulus,** fue establecido bajo un diseño experimental completamente aleatorizado, con parcelas de un árbol y 10 repeticiones. Las plantas fueron sometidas a 6 temperaturas mínimas: desde -1 hasta -6°C. Para fines del análisis, cada evaluación constituye un evento independiente.

Con el fin de manejar las plantas en forma fácil, estas se distribuyeron al azar en 25 cajones, con 48 plantas cada uno.

Para la simulación de las heladas se utilizó una cámara de frío, de temperatura controlable, dentro de la cual se construyó una cámara de plástico, a modo de evitar los flujos de aire frío y de esta manera homogeneizar las condiciones a las que se estaba sometiendo a las plantas.

Para el control de la temperatura se colocó un termómetro a la altura del tercio superior del follaje. También se controló la temperatura del sustrato de las macetas, colocándose un sensor a 3 cm de profundidad. Dado que las condiciones del sustrato no son comparables con las del suelo, las macetas se cubrieron con aserrín con el fin de evitar que la temperatura bajase demasiado, provocando daño a las raíces.

Con el fin de simular las heladas, se comenzó a bajar paulatinamente la temperatura, de modo que se demorara una hora en llegar a 0°C. Luego se empleó el mismo tiempo para descender en un grado de temperatura. Una vez lograda la temperatura mínima requerida, esta se mantenía durante una hora, para simular el efecto de una helada y luego, en igual lapso, se volvía a 0°C.

Los ensayos fueron realizados durante el invierno, periodo en que las plantas presentan su mayor resistencia al frío (Tibbits y Reid, 1987).

INFOR

Cuadro N° 1.

RESUMEN DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS DE *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* y LUGAR GEOGRÁFICO DE ORIGEN EN AUSTRALIA, EN ENSAYO DE RESISTENCIA AL FRÍO.

PROC.	LUGAR DE ORIGEN		FAMILIA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
1	W Apollo Bay	VIC	2 a 4	38°46'	143°32'	200
2	SW Apollo Bay	VIC	5-7-9-11	30°49'	143°34'	145
3	Otway State Forest	VIC	13-15-17 20-22-23 26 a 27	38°25'	143°27'	150
4	Jeeralang North	VIC	32 a 37	38°19'	146°36'	220
5	Hodgson Hedley	VIC	61-64	38°38'	146°30'	20
6	Wilsons Promontory	VIC	68 a 70 72 a 73	39°08'	146°25'	60
7	N Toora	VIC	75 a 76	38°37'	146°21'	180
8	W Kennett River	VIC	77 a 79	38°39'	143°48'	250
9	NW of Lorne	VIC	83 a 85	38°31'	143°57'	210
10	W Lorne	VIC	91 a 92 94 a 96	38°31'	143°56'	210
11	Badgers CK Quarry	TAS	98-102 104 a 105	41°59'	145°18'	120
12	Binalong Bay	TAS	107 a 109 111	41°16'	148°18'	120
13	Litle Henty River	TAS	115-118-119	41°56'	145°12'	10
14	N Cape Barren Is.	TAS	120-122-124	40°22'	148°13'	20
15	NW Cape Barren Is.	TAS	126-128 130 a 131	40°21'	148°07'	20
16	SW Cape Barren Is.	TAS	132-134-135	40°26'	148°03'	40
17	Macquarie Harbour	TAS	136	42°20'	145°20'	20
18	King Island	TAS	139 141 a 142	40°00'	144°00'	60
19	S Flinders Island	TAS	144	40°14'	148°08'	120
20	NW Flinders Island	TAS	146	39°46'	147°52'	20
21	N Flinders Island	TAS	147 a 149	39°45'	147°57'	40
22	Central Flinders I	TAS	150-155 156 a 157	39°55'	147°57'	40
23	Central Flinders I	TAS	158 a 160	40°02'	148°01'	190
25	Central Flinders I	TAS	167	40°04'	148°04'	200
26	S Flinders Island	TAS	169	40°16'	148°10'	40
27	Moogara	TAS	171-172-175 176-179 182 a 184	42°47'	146°55'	500
28	NW Dover	TAS	187	43°16'	146°59'	190
29	Ellendale	TAS	190-192 194 a 196	42°38'	146°42'	460
30	New Norfolk	TAS	197-198-200	42°43'	147°09'	300
31	N State Marys	TAS	202-204	41°34'	148°12'	400
32	SW Jericho	TAS	206 a 210	42°25'	147°16'	500
33	S Geeveston	TAS	211-213-216	43°12'	146°54'	250
34	N Geeveston	TAS	220	43°08'	146°57'	200
35	Tasmania Peninsula	TAS	221	43°04'	147°50'	20
36	Talca	CHILE	226	35°26'	71°40'	97

VIC : Victoria.
TAS : Tasmania.

INFOR

Mediciones.

Para evaluar el efecto de las temperaturas mínimas alcanzadas en cada ensayo se empleó la variable "Daño al Follaje (DF)". Para esto se contabilizó, en cada una de las plantas, el número total de hojas, entre las cuales se diferenciaron hojas sanas; hojas con daño parcial, cuando este afectaba menos de un 50% de la superficie foliar y hojas con daño total, cuando más del 50% de la hoja estaba severamente afectado.

Con el fin de que el daño por frío se manifestase completamente, las evaluaciones se realizaron una semana después de realizado cada experimento.

Análisis estadístico.

Con el fin de establecer si existen diferencias significativas entre procedencias y familias, en relación al DF, se efectuaron análisis de varianzas (ANDEVA) para cada uno de los ensayos, es decir para cada una de las temperaturas mínimas aplicadas. En caso de existir diferencias estadísticamente significativas, se empleó la prueba de Duncan, para definir entre que tratamientos se producían.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Procedencias.

En el Cuadro Nº 2 se resumen los resultados de los 6 ensayos a que las plantas fueron sometidas, indicándose los resultados de los ANDEVA realizados en cada caso. Estos mismos resultados, pero más en detalle se presentan en los Figuras Nº1 al 6.

INFOR

Cuadro Nº 2

RESUMEN ANALISIS DE VARIANZA ENTRE PROCEDENCIAS PARA LA VARIABLE DE DAÑO AL FOLLAJE

TEMPERATURA	ANDEVA ENTRE PROCEDENCIAS(1)	PROCEDENCIAS INFERIORES AGRUP. SEGÚN DUNCAN. (2)	PROCEDENCIAS SUPERIORES AGRUP. SEGÚN DUNCAN. (2)	PROMEDIO ARBOLES AFECTADOS RANGO % MIN - MAX	PROMEDIO FOLLAJE DAÑADO RANGO % MIN - MAX
-1ºC	n s	----------	----------	0 - 16	0 - 27
-2ºC	*	(18)(14)	(25-20-19-4-33-22-3-30-26-10)	10 - 52	9 - 24
-3ºC	*	(18-9)(17)(28-35)	(36)(11)(10-6-25-4-9-3)	38 - 100	11 - 28
-4ºC	*	(18)(19)(35-17)	(36-34)(11)(3-6)	59 - 100	10 - 28
-5ºC	*	(35)(18)(14)	(6-36)(11-3)(4)	90 - 100	18 - 31
-6ºC	*	(19-20)(21)(25-14)	(26)(17)(6-29-11)	100	49 - 94

(1) Diferencias estadísticas significativas entre procedencias:
ns = no significativas
* = significativo ($p < 0.05$).

(2) Procedencias:
Procedencias Superiores = Menor Daño Follaje
Procedencias Inferiores = Mayor Daño Follaje

En el primer ensayo, cuando las plantas fueron sometidas a una temperatura de -1°C, aún cuando se produjo cierto daño, que alcanzó hasta el 16% de los árboles en una procedencia, no se produjeron diferencias significativas para la variable DF.

En el segundo ensayo, donde la temperatura se llevó hasta -2°C, ya se producen ciertas diferencias significativas. Las procedencias Cape Barren Is. (Nº14) y King Is. (Nº18) presentan la mayor incidencia, hasta con un 52% de las plantas afectadas, pero con un daño moderado, del follaje que no va más allá de un 24%.

INFOR

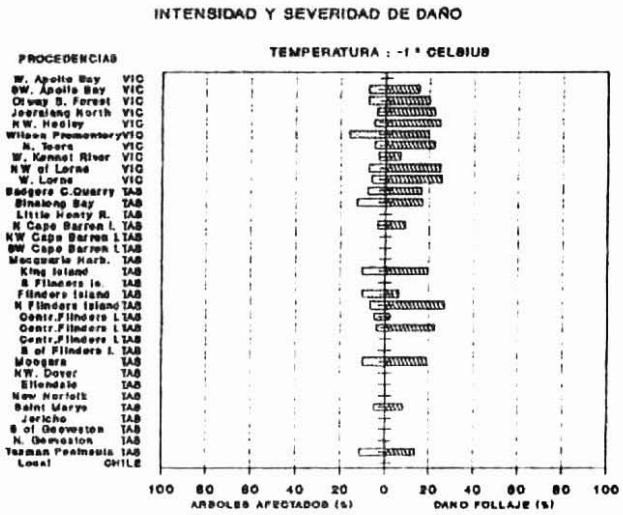


Figura Nº 1: **INTENSIDAD Y SEVERIDAD DE DAÑO TEMPERATURA: -1° CELSIUS**

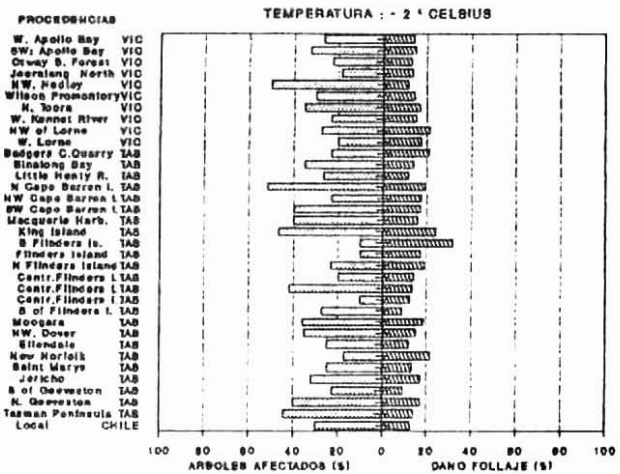


Figura Nº 2: **TEMPERATURA: -2° CELSIUS**

INFOR

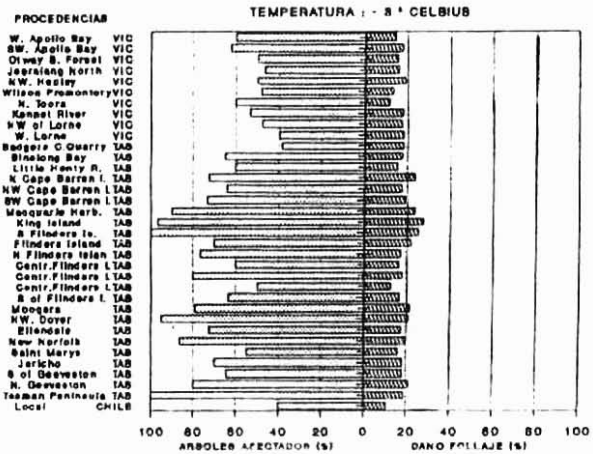


Figura Nº 3: **INTENSIDAD Y SEVERIDAD DE DAÑO TEMPERATURA: -3° CELSIUS**

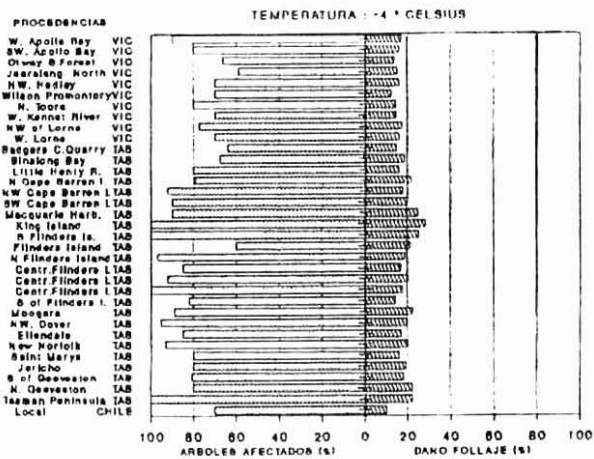


Figura Nº 4: **TEMPERATURA: -4° CELSIUS**

INFOR

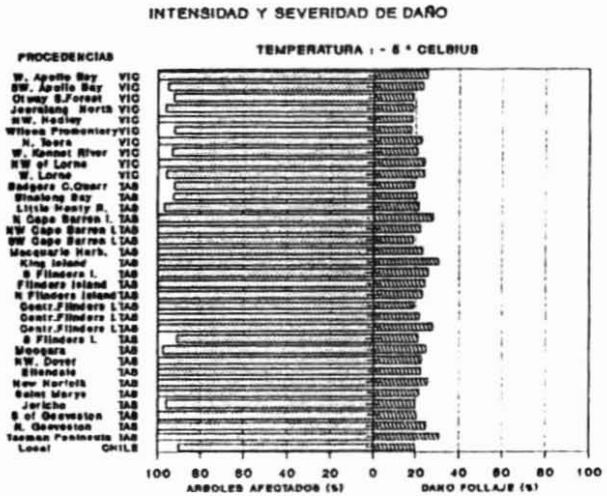


Figura Nº 5: **INTENSIDAD Y SEVERIDAD DE DAÑO TEMPERATURA: -5° CELSIUS**

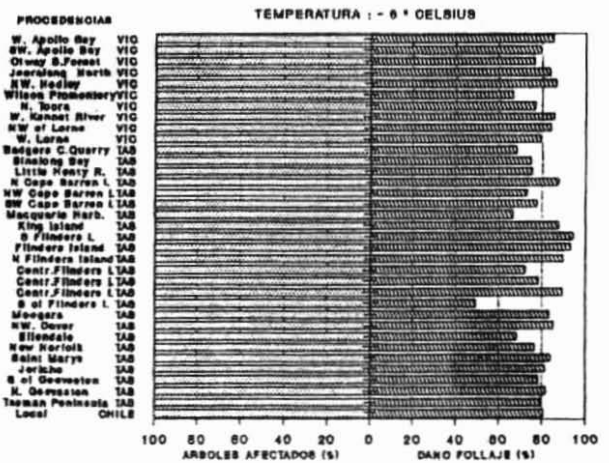


Figura Nº 6: **TEMPERATURA: -6° CELSIUS**

INFOR

Al bajar la temperatura a -3°C el número de procedencias afectadas aumenta a cinco, pero no se da ningún patrón de comportamiento que permita asociar el daño con ciertas áreas geográficas. El único factor común es que todas corresponden a localidades costeras, de baja altitud. En el caso de las procedencias menos dañadas, no se encuentra un común denominador. El rango de arboles afectados va desde 38% para las procedencias más resistentes hasta un 100%, para las más afectadas.

Con una temperatura de -4°C, no se producen grandes cambios en relación al ensayo anterior. Lógicamente aumenta el porcentaje de árboles afectados, incluidas las procedencias menos afectadas, pero aún los daños son bastante moderados, con un máximo de 28% del follaje dañado. Se destacan las procedencias Wilsons Promontory; Sur de la isla Flinders y la procedencia local, tanto por el menor número de árboles afectados como por el menor daño al follaje.

Alcanzando una temperatura de -5°C, prácticamente todos los árboles presentan algún tipo de daño, ya que el 90% de los árboles de las procedencias más resistentes se encuentran afectados por el frío. Sin embargo, debe destacarse que hasta este punto el daño total al follaje es moderado, llegando sólo a un 31%, lo cual sugiere una pronta recuperación de las plantas después de la helada. Hasta este punto, las procedencias más afectadas corresponden a las Islas King y Cape Barren y a la península de Tasmania. Por el contrario, las que presentan el menor daño son Wilson Promontory (N°6-VIC), Badgers Creek Quarry (N°11-TAS), Jeeralang North (N°4-VIC), Otway S.F. (N°3-VIC), a las que se agrega la población local (N°36) cosechada en la costa de Talca.

Sólo al llevar la temperatura a -6°C el daño se hace realmente serio en todo sentido. El 100% de los árboles resulta afectado por el frío y el DF va desde 49 a 94%. Los mayores daños, a nivel de procedencia, corresponden a las islas del Estrecho de Bass, King y Flinders (Nº 19). Entre las que terminaron con menor daño se agregan a las mencionadas en el comentario anterior, Ellendale, Macquarie Harbour y la procedencia Nº 26 del S. de Flinders.

Familias.

A nivel de familias existieron diferencias altamente significativas en el daño al follaje cuando estas se sometieron a temperaturas de -1 hasta - 5°C ($p \leq 0.01$). Sin embargo, cuando se aplicó una temperatura de -6°C, las diferencias significativas fueron de menor magnitud ($p < 0.05$). Los resultados a nivel de familias se presentan en el Cuadro Nº 3.

INFOR

Cuadro Nº 3

RESUMEN ANALISIS DE VARIANZA ENTRE FAMILIAS PARA LA VARIABLE DE DAÑO AL FOLLAJE

TEMPERATURA	ANDEVA ENTRE FAMILIAS (1)	FAMILIAS INFERIORES AGRUP. SEGÚN DUNCAN	FAMILIAS SUPERIORES AGRUP. SEGÚN DUNCAN
-1°C	**	(72) (109) (57) (22)	(226-44-220-216-213-211-210-209-208-207-206-85-202-200-198-197-196-195-194-192-190-187-126-124-2-179-59-175-171-169-167160-134-158-157-156-155-95-3-148-147-119 144-23-141-20-136-125-76-132-131-130-128-4 50-33-120-42-118-84-111-53-78-107-13-79-41-98-96-15-26-39-91-73-54-9-61-37-32)
-2°C	**	(142)(184)(182)	(2-147-104-175-23-96-20-54-11)(171-39-32-33)(50)
-3°C	**	(142)(139)(184)	(104) (32) (27-50)
-4°C	**	(142)(184)(141)	(92) (20) (50)
-5°C	**	(2)(184)(142)	(50)(102)(119)
-6°C	*	(139-124-57)(64)(41)	(169)(195)(94)

(1). Diferencias estadísticas significativas entre procedencias:
ns = no significativas
* = significativo ($p < 0.05$).
** = Muy significativo ($p < = 0.01$).

(2). Procedencias:
Procedencias Superiores = Menor Daño Follaje
Procedencias Inferiores = Mayor Daño Follaje

Como se aprecia en el Cuadro Nº 3, a nivel familiar se produce una clara disminución en el número de familias con el menor daño cuando la temperatura mínima pasa de -1 a -3°C.

En este caso resulta interesante destacar las familias con menos daño a temperaturas de -5 y -6°C. En el primer caso, las familias más resistentes corresponden a Jeeralangs (50), Badgers Creek Quarry (102) y Litle Henty River (119), siendo la primera la más resistente.

INFOR

Curiosamente, al bajar la temperatura a -6°C, las familias con menor daño cambian y corresponden a Sur de Flinders Is. (169) de la procedencia Nº 26, Ellendale (195) y W. Lorne (94).

Las plantas más dañadas corresponden a familias de las procedencias King Island y N. Cape Barren Is., ambas de Tasmania y a 2 familias de Jeeralang North y 1 de Hodgson Hedley, estas dos últimas procedencias de la región de Victoria.

CONCLUSIONES.

Al someter las plantas a temperaturas de -1 a -6°C, se comprueba que el daño es leve hasta los -4°C, ya que aunque un importante porcentaje de los árboles de todas las procedencias se ven afectados, el nivel de daño foliar es menor a un 30%, lo cual, si bien retrasa el crecimiento, no compromete la supervivencia de la plantación.

Con -5°C el daño es considerable, ya que prácticamente todas las plantas se ven afectadas en cierta medida, pero el DF es aún moderado (30%).

Sólo a -6°C el daño por frío resulta verdaderamente severo y afecta, aunque en distinto grado, a todos los árboles de las procedencias y familias ensayadas.

No existe un patrón bien definido de resistencia al frío a nivel de procedencias. Sólo se puede asegurar que las procedencias de las islas del Estrecho de Bass, King y Cape Barren, son definitivamente más sensibles al frío. En cambio, una procedencia del sur de la isla Flinders es la que presenta el menor daño al follaje. La procedencia Jeerelangs North también puede considerarse entre las de mayor resistencia.

En nivel de procedencias, no hay evidencia de una correlación entre la tolerancia al frio y la altitud, como se da en otras especies con una distribución clinal continua, p.ej. **Eucalyptus delegatensis**. Esto coincide con lo expresado por Tibbits **et al.** (1991).

Las variaciones expresadas entre procedencias y dentro de estas (familias) son moderadas. Con -6°C todas las familias se ven afectadas. Esto sugiere que las posibilidades de mejoramiento genético para esta características puede ser moderada. Tibbits **et al.** (1991) señalan una posible ganancia de 1°C en esta característica, después de una primera generación de selección de árboles individuales.

Cabe señalar el hecho que dentro de las procedencias existen familias con

INFOR

comportamientos totalmente opuestos en cuanto a la resistencia al frío. Este es el caso de las procedencias Jeeralang North y S. de Flinders. La situación anteriormente señalada sugiere que el mejoramiento para esta caracteristica debe basarse en una selección a nivel familiar, pero preferentemente a nivel individual. La alternativa clonal puede constituir una estrategia adecuada en este caso.

Dada la importancia de la especie en Chile, se justificaría volver sobre este tema con una metodología que permitiese una mayor precisión e incluir otros análisis que permitan evaluar la recuperabilidad de las plantas frente al daño por el frío y su consiguiente pérdida en crecimiento.

REFERENCIAS

Cauvin B., 1987. Eucalyptus: Les Test de Résistance au Froid. Annales de Recherches Sylvicoles, AFOCEL 1987: 161-193.

De Champs J., 1985. Apparition el Croissance des Rejets d'**Eucalyptus ssp.** Aprés le Grand Froid de Janvier 1985, AFOCEL.

INFOR-CORFO, 1993. Estadísticas Forestales 1992. Boletín Estadístico Nº 30. Instituto Forestal. 101 pág.

Marien J.N., 1979. La Sélection Juvénile des **Eucalyptus** pour Leur Résistance au Froid. AFOCEL.

Tibbits, W.N. and Reid, J.B., 1987. Frost Resistence in **Eucalyptus nitens** (Deane/ Maiden) Maiden: Genetic and Seasonal Aspects of Variation, Aust. For. Res., 17: 19-47.

Tibbits, W.N., Potts, B.M. and Savva, M.H., 1991. Inheritance of Freezing Resistance in Interspecific F1 Hybrids of **Eucalyptus**. Theoretical and Applied Genetics, 83(1): 126-135.

INFOR

CRECIMIENTO INICIAL DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS DE Eucalyptus spp. EN LA ISLA DE CHILOE X REGION

Santiago Barros A. (*)
Veronica Loewe M. (*)

RESUMEN

La Isla Grande de Chiloé, en la X Región del país, ubicada entre los 41° 50´, 43°20´LS y los 73°25´y 74°40´LW, tiene una superficie de más de 800 mil hectáreas. Después de casi 20 años de vigencia del subsidio estatal y otras franquicias a la forestación, prácticamente la Isla no registra plantaciones forestales. Esto se debe a diversas limitantes, entre las cuales la más importante sería la ocurrencia de bajas temperaturas mínimas invernales, que comprometerían el establecimiento de las especies habitualmente empleadas en el país.

Durante los años 1986, 1987 y 1988 se establecieron ensayos de selección de especies y procedencias de mayor resistencia al frío. Los resultados iniciales (5, 6 y 7 años de edad) de estos ensayos parecen confirmar que la principal limitante sería el frío, ya que los mejores resultados se están logrando con aquellas especies de mayor resistencia, como ***Eucalyptus viminalis*** *y* ***Eucalyptus nitens****, en tanto que las de menor resistencia han fracasado (****Eucalyptus globulus*** *y* ***Eucalyptus regnans****).*

(*) Ingeniero Forestal. Instituto Forestal (INFOR). Santiago. Chile.

INFOR

INTRODUCCION

La Isla de Chiloé, en la X Región del país, se ubica a algo más de 1.000 km al sur de Santiago, entre los 41°50´ y 43°20´ LS y los 73°25´ y 74°40 LW. Considerando sólo la denominada Isla Grande de Chiloé, la superficie alcanza a 819 mil hectáreas, en tanto que si se incluyen las numerosas otras islas que constituyen el archipiélago, la superficie total es de 1.190 miles de hectáreas (CORFO, 1981).

Limitada por su situación insular, escasa población, reducida infraestructura y topografía accidentada, esta zona del país presenta un precario desarrollo en torno a sus recursos naturales y a la actividad silvoagropecuaria.

Un clima riguroso, en comparación con regiones de más al norte; suelos de baja fertilidad, relativa escasa profundidad y exceso de humedad; y un relieve accidentado, son factores que tampoco ayudan al desarrollo de la zona.

Los resultados de casi 20 años de aplicación del DL N°701, de Fomento a la Actividad Forestal, son una muestra más de las limitaciones mencionadas. Pese al subsidio estatal, que cubre al 75% de los costos de forestación, y a algunas otras franquicias que otorga esta Ley, las plantaciones forestales existentes en la isla a 1992, alcanzan sólo a 194 ha, de las cuales 149 ha fueron establecidas en 1992 (INFOR, 1993).

Algo menos del 66% de la superficie de la Isla Grande de Chiloé, está cubierta por bosques naturales de variados tipos forestales, con predominancia de especies como Tepa (**Laurelia philippiana**), Canelo (**Drimys winteri**) y Coihue (**Nothofagus nitida**). Sin embargo, la mayoría de estas formaciones naturales se encuentran degradadas por extracciones selectivas e incendios, aisladas por falta de acceso y, en general, su valor es secundario por las especies que dominan en ellas y por los rendimientos volumétricos por unidad de superficie que ofrecen. Aproximadamente, un 35% de estas formaciones nativas presentan volumenes inferiores a los 100 m^3/ha y algo más de un 50% de la superficie registra volumenes inferiores a 200 m^3/ha (Ingenieria de Bosques, 1975).

Las condiciones descritas, hacen interesante la posibilidad de forestación con especies de rápido crecimiento, con las cuales se cubran las áreas desarboladas y

INFOR

se sustituyan las formaciones naturales no recuperables y sin valor, obteniéndose en rotaciones reducidas y superficies limitadas, altos rendimientos volumétricos de maderas fácil y rapidamente comercializables. Esta posibilidad resultaría de interés para pequeños y medianos propietarios que, forestando fracciones de sus predios, podrían ver significativamente incrementados sus ingresos. Al respecto, es necesario señalar que, al año 1975, el 91% de los propietarios (8.071) poseían predios con superficies inferiores a 50 ha.

El Instituto Forestal, ha reunido en los últimos 30 años un considerable volumen de información sobre el comportamiento de una gran cantidad de especies exóticas de rápido crecimiento, para las diferentes Regiones del país. Varias de las especies seleccionadas en el programa de introducción de especies desarrollado por este Instituto, ya se han incorporado a los planes masivos de forestación en distintas zonas del país, que llevan a cabo grandes empresas y forestadores particulares, y además se han incluido las principales de éstas en los programas de mejoramiento genético, orientados a incrementar el rendimiento para diferentes objetivos de producción y la adaptación a condiciones de sitio particulares, de acuerdo a los intereses y necesidades de los forestadores.

No obstante lo anterior, para el caso particular de la Isla de Chiloé, no se disponía de información suficiente y comprobada, ya que la existente provenía de ensayos efectuados en lugares del continente, cuya extrapolación resulta aventurada.

Dada la casi inexistencia de plantaciones en la isla, en el año 1986, el Instituto Forestal estableció un ensayo en la zona, en el cual se probaron algunas de las especies que estaban mostrando buenos resultados en diferentes ensayos realizados anteriormente algo más al norte, en el continente. Tempranamente se pudo apreciar que los resultados no eran satisfactorios, en especial para las especies de menor resistencia al frío. En los años 1987 y 1988 se establecieron nuevos ensayos, esta vez con especies de conocida resistencia al frío, incorporando, además diversas procedencias de semillas.

El presente trabajo entrega resultados iniciales de sobrevivencia y desarrollo de las especies y procedencias probadas.

OBJETIVOS

El objetivo de estos ensayos es la selección de especies y procedencias de diferentes especies de **Eucalyptus** para la forestación en la Isla de Chiloé.

Se proporciona información sobre la sobrevivencia y el crecimiento inicial de las especies y procedencias sometidas a prueba en los ensayos establecidos en los años 1986, 1987 y 1988 en el predio Santa Victoria, provincia de Chiloé, X Región.

INFOR

MATERIAL Y METODO

Breve Caracterización Area Estudio.

Desde el punto de vista climático, la Isla Grande de Chiloé es un área templada-fría, que no presenta meses secos, exceptuando sectores como Dalcahue y Castro que pueden registrar un mes seco por año. Las precipitaciones medias registradas por las estaciones meteorológicas de Ancud, Castro y Quellón, para los años 1967 y 1969, generan en conjunto una media anual de 2.423 mm. Las temperaturas anuales son de: 11,3 °C la media; 17,8 °C la media máxima en Enero y 4,5 °C la media mínima en Julio.

Considerando que una limitante severa para el establecimiento de plantaciones está representada por las bajas temperaturas, se efectuó una revisión de las temperaturas mínimas extremas. La información disponible es escasa y no se encontraron registros de estaciones interiores, solo de localidades costeras. Los antecedentes reunidos se resumen en el Cuadro Nº 1.

Cuadro Nº 1

TEMPERATURAS MINIMAS EXTREMAS DE INVIERNO EN ANCUD

AÑO	Temperatura Mínima Absoluta por Mes (°C)			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1967 (1)	-5,5	0,0	-0,3	-0,3
1969 (1)	0,0	-4,0	2,0	-3,0
1986 (2)	-0,1	-0,4	-0,5	-2,3
1987 (2)	-0,1	-1,1	-1,5	0,1
1988 (2)	-3,3*	-7,1*	-2,9*	-0,8
1989 (2)	2,4	-0,3	0,0	-2,8*
1990 (2)	0,0	-0,3	-1,6	-4,2*
1991 (2)	-3,5	-5,8*	-4,2*	-1,4*
1992 (2)	-2,5*	-4,1*	-2,2*	-2,0*
1993 (2)	-3,9*	-3,3*	-2,9*	-

Fuente (1) Ingeniería de Bosques 1975.
(2) Boletines Mensuales del Servicio Meteorológico de Chile.
(*) Información de Puerto Montt (sin registro en Ancud).

INFOR

Las estaciones meteorologicas de Castro y Quellon registran información similar y se ubican también en zonas costeras. Sin embargo, hacia el interior de la Isla con seguridad se registran valores mínimos extremos más acentuados.

En materia de suelos, estos son predominantemente originados de cenizas volcánicas y presentan una gruesa capa de pómez a profundidades de 45 a 110 cm. Su fertilidad natural es baja, el contenido de materia orgánica alto (30 a 35% en superficie), la humedad a menudo es excesiva y la reacción es en importantes sectores extremadamente ácida.

Lugar de Ensayo.

El lugar se seleccionó buscando terrenos desprovistos de vegetación arbustiva o arbórea e intentando que fuesen representativos de los suelos forestales de la zona, sin limitantes severas, dadas por escasa profundidad o exceso de humedad, y de condiciones interiores, no costeras, en donde es más notorio el efecto de las bajas temperaturas invernales. Se buscaron estas características generales, debido a que en sectores de este tipo han fracasado intentos de forestación con especies como **Eucalyptus globulus**, por lo que se requieren especies alternativas.

El lugar seleccionado se ubica en el predio Santa Victoria, 25 km al sur de Ancud, a orillas de la carretera a Castro. El uso del suelo era de praderas naturales, sin mayor carga animal, sobre terrenos en que antiguamente se explotó y quemó el bosque nativo.

Especies y Procedencias en Ensayo.

De entre las especies antes seleccionadas para la zona centro sur del país, sobre la base de información generada por las parcelas de introducción de especies establecidas por el Instituto Forestal, se tomaron cinco especies del género **Eucalyptus** que, de acuerdo a la información disponible, son de mayor resistencia al frío que **Eucalyptus globulus ssp. globulus.**

Diversas fuentes permiten ordenar las especies de mayor interés comercial del género **Eucalyptus**, según su resistencia al frío, como se indica en la Figura Nº 1 (Prado, 1989).

INFOR

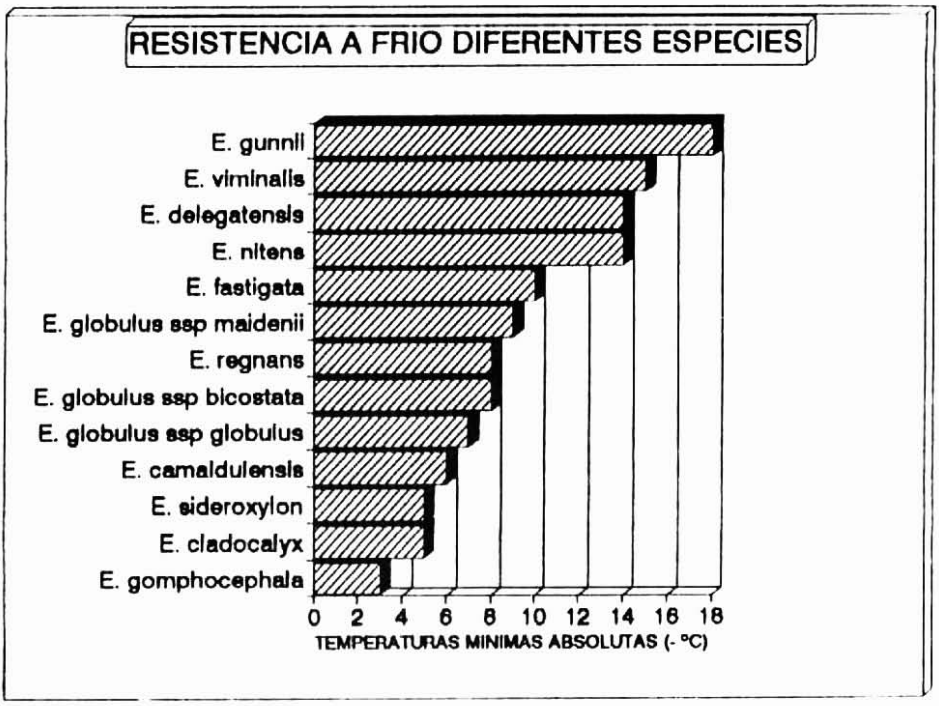


Figura Nº 1 **RESISTENCIA A FRIO DE ALGUNAS ESPECIES COMERCIALES DEL GENERO EUCALYPTUS**

Fuente: Prado, 1989.

INFOR

La Figura Nº 1 indica temperaturas límite por cada especie, tratándose de una procedencia adecuada y de temperaturas ocurridas en invierno, cuando las plantas presentan su máxima resistencia, ya que ésta depende de varios factores, entre los que se cuentan: la edad de las plantas, la procedencia, la época del año, la amplitud de oscilación diaria que acompaña a la temperatura de frío, el tiempo de duración de esta mínima y otras variables (Prado, 1989).

Las cinco especies seleccionadas inicialmente para el ensayo establecido en 1986, son las siguientes:

ESPECIE	PROCEDENCIA (CSIRO) (1)		
Eucalyptus globulus ssp. bicostata	11742	Bruthen	VIC
Eucalyptus globulus ssp. maidenii	12125	Tantawanglo Mt.	NSW
Eucalyptus delegatensis		Waddamana	TAS
Eucalyptus nitens	12114	Big Badja Mtn	NSW
Eucalyptus regnans	12463	Traralgon Cr.	VIC

Como se puede apreciar en la Figura Nº 1 estas especies resistirían temperaturas mínimas de -7° a -10°C, en tanto que **Eucalyptus globulus ssp. globulus** lo haría sólo hasta -6°C.

También en este ensayo establecido en 1986 se incluyeron parcelas de espaciamiento de plantación, con el objeto de evaluar el resultado de diferentes densidades iniciales e intervenciones de raleo posteriores. Las especies utilizadas son **E. nitens** y **E. delegatensis,** las de mayor resistencia al frio de entre las probadas. En este caso las procedencias son las siguientes:

ESPECIE	PROCEDENCIA (CSIRO)		
Eucalyptus delegatensis	13167	Batlow	NSW
Eucalyptus nitens	12120	Anembo	NSW

Los resultados iniciales obtenidos con las especies probadas en los ensayos del año 1986, confirman la suposición sustentada por los fracasos de experiencias locales anteriores con **Eucalyptus globulus ssp. globulus**, en el sentido que serían las bajas temperaturas la principal limitante para el establecimiento de eucaliptos en la zona. Estos resultados son claramente negativos con **E. regnans**, **E. globulus ssp. bicostata** y **E. globulus ssp. maidenii**; en tanto que son satisfactorios, aunque muy variables, para **E. delegatensis,** y favorables para **E. nitens**, aunque también de gran variabilidad. Estas últimas dos especies, son las más resistentes al frío de entre las probadas.

(1) Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia.

INFOR

Consecuentemente, en los años 1987 y 1988 se establecieron nuevas parcelas experimentales en el mismo lugar con colecciones de procedencias de **E. viminalis** y **E. nitens** respectivamente, las dos especies comerciales consideradas como de mayor resistencia al frío. La primera de éstas podría resistir hasta unos -14°C (Figura Nº 1).

Abundante es la información bibliográfica que indica la gran variabilidad que diferentes procedencias pueden mostrar en lo que se refiere a resistencia al frío (Wilcox, 1982; Lisboa, 1986; Tibbits y Reid, 1987; Cauvin, 1988; Hallan y Reid, 1989 y Wilcox **et al.**, 1980 cit. por Prado, 1989), dependiendo ésta de diversos mecanismos.

A continuación se indican las procedencias incluidas en los ensayos establecidos en los años 1987 y 1988.

Eucalyptus viminalis 1987 PROCEDENCIAS (CSIRO)

8900	Manlo	VIC
9986	Fingal	TAS
10835	Ebor	NSW
10935	Delegate	NSW
10993	Stewarts	NSW
11743	Bruthen	VIC
11978	Blundells Flat	ACT
12555	Swamport	TAS
13151	Mt. Arthur	TAS
14512	Mt. Canobolas	NSW
14523	Mullo Mt.	NSW
15018	Warburtom	VIC

Eucalyptus nitens 1988 Procedencias (CSIRO)

8445	Nimmitabel	NSW
12155	Bendoc	VIC
13281	Armindale	NSW
13297	Tallaganda	NSW
14439	Glenbog	NSW
14440	Bendoc	NSW
14449	Tallaganda	NSW
14450	Barrington	NSW
14907	New England	NSW
15015	Marshalls	VIC

INFOR

La distribución natural de **Eucalyptus viminalis** ocupa la zona oriental del Estado de New South Wales al sur de Victoria y la Isla de Tasmania, principalmente en su parte oriental y norte, además de ciertas ocurrencias en las islas del Estrecho de Bass. La colección de procedencias probada cubre latitudinalmente gran parte de la distribución natural de esta especie (Figura Nº 2).

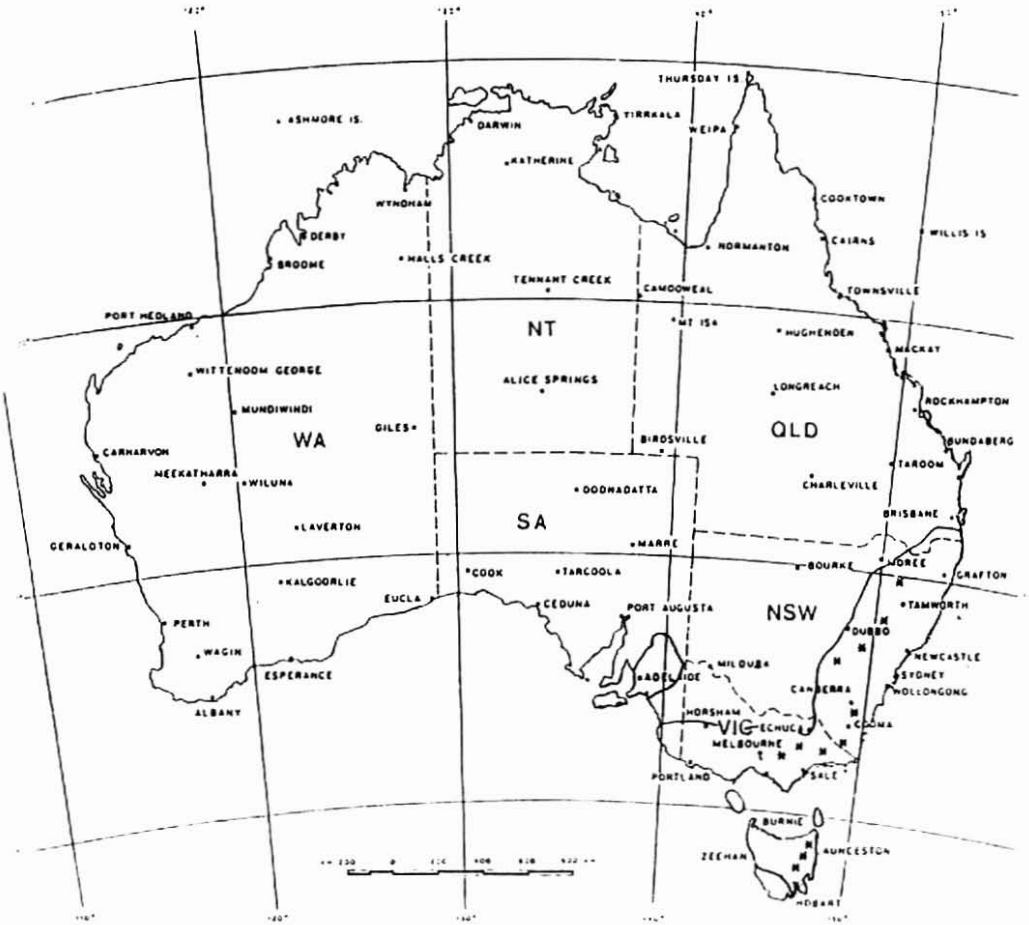


Figura Nº 2 **DISTRIBUCION NATURAL Eucalyptus viminalis EN AUSTRALIA y UBICACION PROCEDENCIAS PROBADAS**

INFOR

El área de distribución natural de **Eucalyptus nitens** en tanto es más restringida y discontinua. La especie ocurre naturalmente en áreas aisladas al nor oriente y sur oriente de New South Wales, y al sur de Victoria. La colección probada cubre bien las áreas de distribución natural de New South Wales e insuficientemente (1 procedencia) aquellas de Victoria (Figura Nº 3).

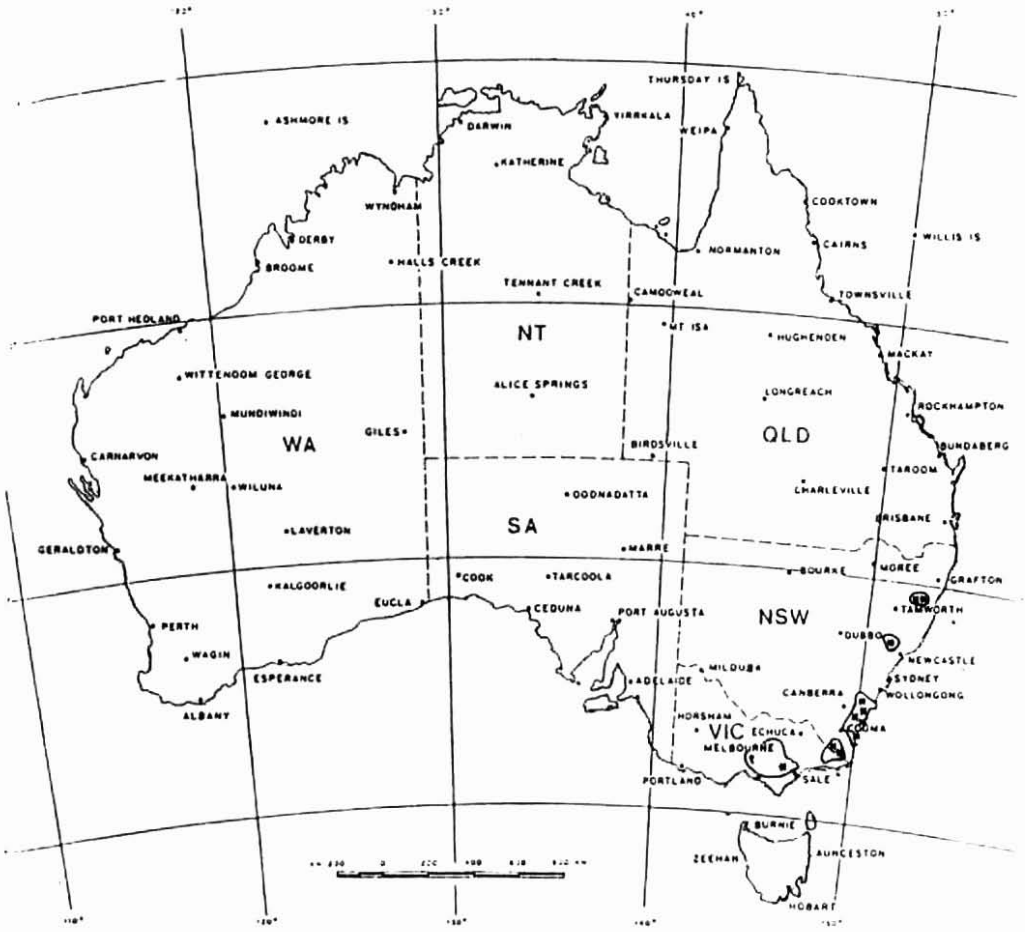


Figura Nº 3 **DISTRIBUCION NATURAL Eucalyptus nitens EN AUSTRALIA y UBICACION DE PROCEDENCIAS PROBADAS**

INFOR

Diseño Experimental

El diseño de estos ensayos corresponde a parcelas al azar. El ensayo de prueba de especies del año 1986, que incluye 5 especies, esta compuesto por parcelas de 100 plantas establecidas a un espaciamiento de 2 x 2 m entre plantas. La unidad de control una subparcela central de 25 plantas, las repeticiones son tres.

El ensayo de espaciamiento del año 1986, con dos especies, contempla espaciamientos de plantación de 2 x 2, 3 x 3 y 4 x 4 m; el número de plantas por parcela es de 196, 100 y 64, respectivamente, y la unidad de control es de 25 plantas centrales. Se contemplaron tres repeticiones para los efectos del espaciamiento inicial, para mantener una como testigo y aplicar tratamientos de raleo a las dos restantes.

Los ensayos de procedencias de **E. viminalis** y **E. nitens,** establecidos los años 1987 y 1988, respectivamente, están establecidos con un espaciamiento de 2 x 2 m y la unidad de control es la parcela completa. El ensayo de **E. viminalis** está compuesto por parcelas de 20 plantas y 3 repeticiones, en tanto que el de **E. nitens** por parcelas de 10 plantas y 6 repeticiones.

Las variables respuesta consideradas son la sobrevivencia (%), el diámetro (cm), la altura total (m) y además el diámetro del cuello (cm), en el caso de los ensayos de procedencias. Como variable integradora se utiliza una combinación diámetro-altura-sobrevivencia, referida a unidad de superficie (ha), como estimación de la biomasa total producida por tratamiento.

Los análisis estadísticos se efectuaron para la sobrevivencia y la variable integradora, mediante un análisis de varianza y la prueba de comparación de Tukey, con el objeto de determinar las diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos. Para este efecto se utilizó una población reducida, eliminándose todos aquellos rebrotes y árboles dañados que presentaban valores muy inferiores a la media.

Técnicas de Establecimiento y Epoca Plantación.

Todos los ensayos fueron establecidos con plantas de un año de vivero en maceta (1:M) y la preparación del terreno fue casillas de plantación, previa limpia del terreno.

Las plantaciones se efectuaron en Agosto de 1986, Julio de 1987 y Agosto de 1988. No se aplicaron fertilizantes, herbicidas, ni riegos.

INFOR

RESULTADOS

En los cuadros (Cuadro Nº's 2 al 4 y Figuras Nº's 4 y 5) siguientes se resumen los resultados obtenidos por tratamiento en cada uno de los ensayos antes descritos, indicándose en cada caso la edad a que éstos corresponden.

Cuadro Nº 2

**SELECCION DE ESPECIES Y ESPACIAMIENTO DE PLANTACION
SANTA VICTORIA X REGION. PLANTACION 1986
CONTROL 1993. EDAD 7 AÑOS**

SELECCION ESPECIES Y ESPACIAMIENTO PLANTACION Santa Victoria X Región (7 años)						
Especie - Tratamiento				S (%)	H (m)	D (cm)
E. nitens		Big Badja Mtn.	NSW	68	5.6	5.2
E. delegatensis		Waddamana	TAS	44	4.3	5.2
E. regnans		Traralgon Creek	VIC	0		
E. globulus ssp bicostata		5 Km N Bruthen	VIC	0		
E. globulus ssp maidenii		Tantawanglo Mt.	NSW	0		
E. delegatensis	2 x 2 m	Pilot Hill SE Batlow	NSW	60	6.3	6.7
	4 x 4m			32	4.7	5.8
	3 x 3 m			44	4.6	4.9
E. nitens	4 x 4 m	Anembo Trig.	NSW	64	7.3	112
	2 x 2 m			67	7.4	8.0
	3 x 3 m			67	5.7	7.0

INFOR

Cuadro Nº 3

PROCEDENCIAS Eucalyptus viminalis SANTA VICTORIA, X REGION. PLANTACION 1987. EDAD 6 AÑOS (POBLACIÓN REDUCIDA).

PROCEDENCIA		S (%)	H (m)	D (cm)	D^2H (m^3/ha)
Ebor District	NSW	41.7	3.31	7.68	37.75
15 Km NW Swanport	TAS	68.3	3.82	7.15	36.31
Stewarts Brook SF	NSW	41.7	3.44	8.36	24.04
Delegate	NSW	63.3	2.99	5.17	22.96
Mt. Canabolas	NSW	56.7	3.26	5.61	19.52
40 Km. NW Bruthen	VIC	48.3	3.03	5.83	18.07
Mt. Arthur Area NE	TAS	60.0	3.05	6.05	17.03
Fingal	TAS	68.3	2.75	5.10	12.15
Manlo Dist.	VIC	28.3	5.02	6.20	11.15
Blundells Flat	ACT	66.7	2.53	4.92	10.81
Nullo Mt. NE Rylstone	NSW	35.0	2.18	4.67	5.23
Warburton	VIC	50.0	2.06	4.00	4.12

Cuadro Nº 4

PROCEDENCIAS Eucalyptus nitens SANTA VICTORIA, X REGIÓN. PLANTACIÓN 1988. EDAD 5 AÑOS (POBLACIÓN REDUCIDA).

PROCEDENCIA		S (%)	H (m)	D (cm)	D^2H (m^3/ha)
Glenbog SF	NSW	68.3	2.67	4.96	15.38
E.N.E. of Armindale	NSW	50.0	2.81	4.88	10.71
Tallaganda	NSW	70.0	2.15	4.39	9.50
Nimmitabel	NSW	75.0	2.03	3.79	8.13
Anembo, Tallag.	NSW	65.0	1.91	4.22	7.68
Marshall's Spur	VIC	71.7	2.19	3.60	7.48
Barrington Tops	NSW	61.7	1.87	3.66	3.87
Bendoc Dist.	NSW	55.0	1.90	3.04	3.55
Bendoc	NSW	55.0	1.85	2.89	2.77
New England NP.	NSW	60.0	1.54	2.34	1.30

INFOR

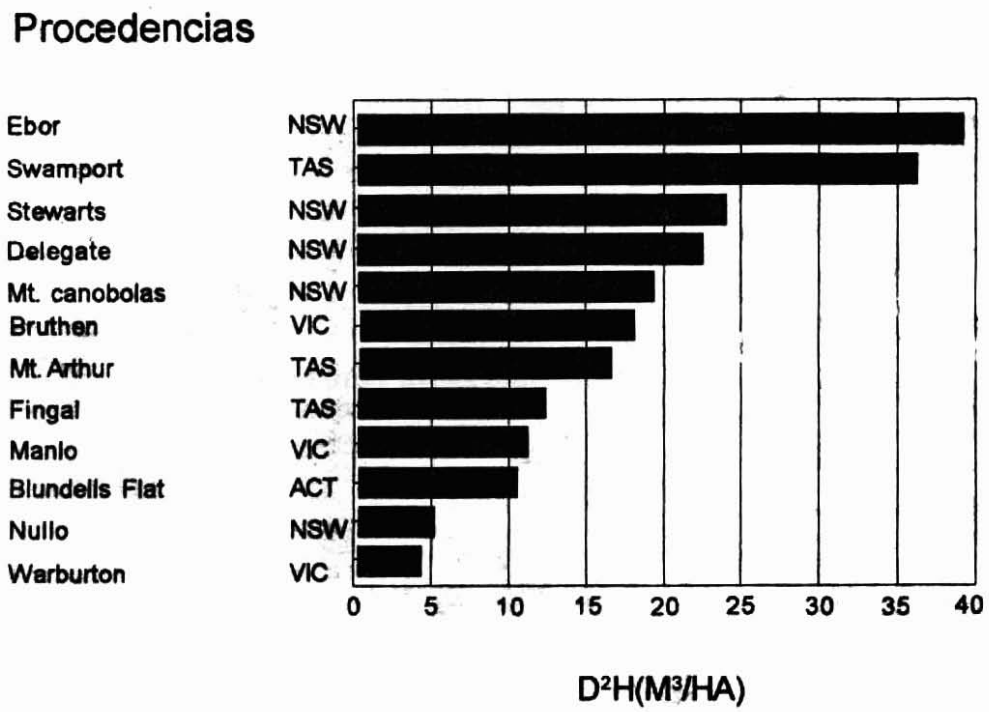


Figura Nº 4. PROCEDENCIAS Eucalyptus viminalis EN STA. VICTORIA, X REGION (6 AÑOS).

INFOR

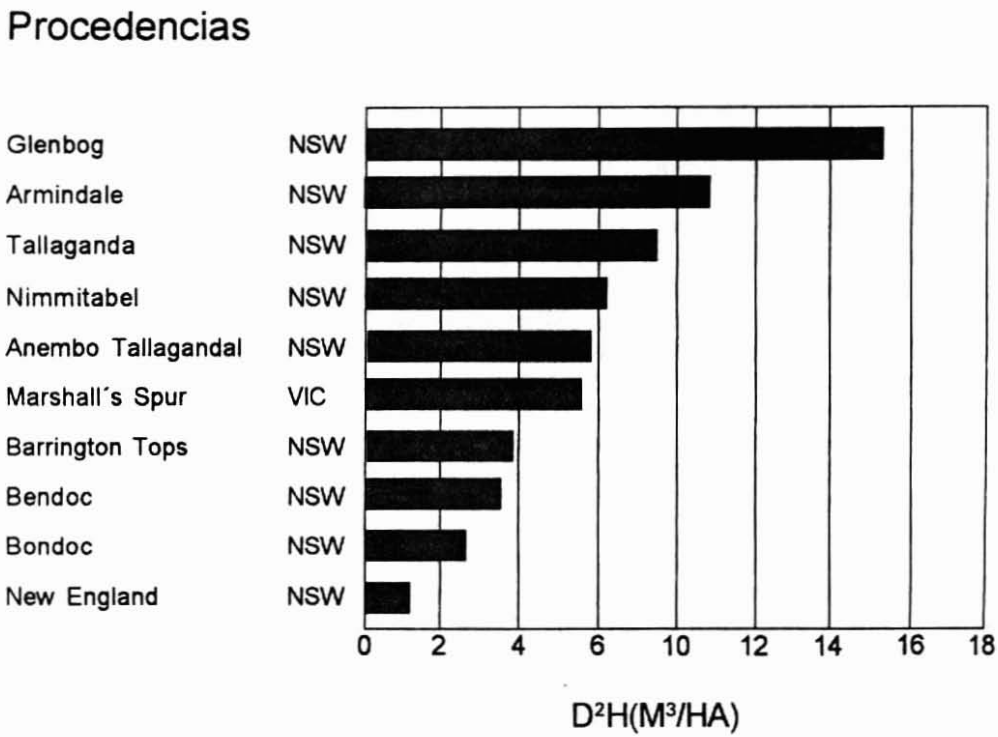


Figura Nº 5. **PROCEDENCIAS Eucalyptus nitens EN STA. VICTORIA, X REGION (5 AÑOS).**

INFOR

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del ensayo establecido en 1986 (Cuadro Nº 2) parecieran confirmar la hipotesis de que las temperaturas mínimas extremas de invierno constituyen la limitante principal para el establecimiento de plantaciones en la zona en estudio, aún cuando la resistencia al frío de las especies probadas (Figura Nº 1) supera ampliamente las temperaturas mínimas recopiladas para el área (Cuadro Nº 1).

Las especies de menor resistencia (**E. regnans** y **E. globulus ssp. bicostata** y **ssp. maidenii**) fracasaron completamente; de las dos especies de mayor resistencia, **E. nitens** muestra mejores resultados que **E. delegatensis**, contrariamente a lo indicado por Hallam **et al.** (1989).

Al respecto, son varios los autores que indican a las dos primeras como especies relativamente poco resistentes al frío (Hallan **et. al.**, 1989; Scarascia-Mugnozza **et al.**, 1989), aunque Rook **et al.**, (1980) y Wilcox **et al.**, (1980) señalan que en el caso de **E. regnans** la resistencia al frío varía marcadamente con las procedencias.

Por otra parte, en los ensayos de espaciamiento se superan los resultados anteriores mostrados por **E. nitens** y **E. delegatensis** con respecto a variables como altura y diámetro, en ambos casos con procedencias de mayor altitud en sus áreas de origen, lo cual según diferentes autores implica una mayor resistencia al frío (Marien, 1979; Rook **et al.**, 1980; Jahromi, 1982a-b; Wilcox, 1982; Tibbits y Reid, 1987). Las procedencias Waddamana (TAS) y 13167-Batlow (NSW) de **E. delegatensis** corresponden a 950 y 1.311 msnm, respectivamente, y las procedencias de NSW, 12114-Big Badja Mtn. y 12120-Anembo de **E. nitens**, corresponden a 1.250 y 1.400 msnm, respectivamente.

La respuesta observada de las especies y procedencias en estas plantaciones efectuadas en 1986 resulta congruente con una situación de frío y respalda también el comentario anterior en relación a que las temperaturas mínimas extremas al interior de la Isla Grande de Chiloé son bastante más severas que las registradas por las estaciones meteorológicas costeras, según observaciones de los autores en terreno.

Hay que resaltar que los resultados para **E. delegatensis** y **E. nitens** no se analizaron según espaciamiento, habiéndoselos incluido en esta primera evaluación sólo como referencia en materia de respuesta de las especies consideradas.

Tanto **E. viminalis** como **E. nitens**, según Darrow (1984), están entre las especies que presentan las mejores combinaciones de resistencia al frío y de vigor vegetativo.

INFOR

Del análisis de las procedencias de **E. viminalis** y **E. nitens** (establecidas en 1987 y 1988) se reafirma la gran variabilidad que se puede esperar de una gama relativamente amplia de procedencias de semilla, tal como lo afirman autores como Marquestaut **et al.**, (1978); Wilcox **et al.**, (1980); Wilcox (1982); Cauvin (1988) y Hallam y Reid (1989).

Para ambas especies los Cuadros Nº 3 y 4 y las Figuras Nº 4 y 5 muestran, a través de la variable compuesta D^2H utilizada como estimador de biomasa total producida, que las mejores procedencias en este caso superan en casi diez veces el resultado de las peores. Con respecto a las variables simples (sobrevivencia, altura y diámetro) en algunos casos los valores son duplicados para los valores medios por parcela.

Sin embargo, para las dos especies que presentan los mejores resultados, los valores medios de altura y diámetro son bastante bajos, lo que se debería tanto a las adversidades ambientales, como a las deficiencias culturales, ya que no se realizaron limpias ni fertilizaciones. Además, otro factor a considerar es el daño producido por pudu, estimado en un 10% del número total de árboles.

Los relativamente buenos resultados obtenidos con la especie **E. viminalis** parecen deberse, según varios autores, a un rápido mecanismo de endurecimiento, que sería independiente tanto del fotoperíodo como del diferencial de temperaturas día/noche (Paton, 1981; Paton, 1987). Estos resultados promisorios han sido encontrados por diversas investigaciones (Fishwick, 1976; North Carolina State University, 1976; Hunt y Zobel, 1978; Marquestaut **et al.**, 1978; Darrow, 1984; Poduje y Roic, 1992).

A pesar, de no existir diferencias estadísticamente significativas, tomando como base la población reducida de medias por parcela ($p > 0.05$), se observa la tendencia que las procedencias de mayor volumen por unidad de superficie correspondan a New South Wales y Tasmania, en particular a las procedencias Ebor y Swamport, respectivamente. Las procedencias de peor comportamiento corresponden a Nullo (NSW) y Warburton (VIC). La falta de significación se debe a la gran variabilidad existente dentro de las parcelas.

Los resultados concuerdan con los obtenidos por Jahromi (1982b), el cual encontró una fuerte variación entre procedencias, resultando las mejores aquellas de Tasmania, y determinó además, que las procedencias de mayor resistencia no eran necesariamente las de mejor crecimiento y desarrollo.

Sería interesante considerar la procedencia Canela (Río Grande, Brasil) que es indicada por varios autores como de buena resistencia al frío (Lisbao, 1986; Pezeshki, 1987 y Leite **et al.**, 1973), y también la procedencia Batlow de New South

INFOR

Wales, indicada como de buena tasa de crecimiento y resistencia al frío por Leite **et al.**, (1973).

Analizando la sobrevivencia se observó que ninguna procedencia alcanzó el 70%, siendo las mejores Swamport (68,3%) y Fingal (68.3%) originarias de Tasmania, seguidas por las procedencias de Blundells Flat (66,7%) de ACT y Delegate (63,3%) de NSW (Cuadro Nº 3).

En el caso de **E. nitens,** en el Cuadro Nº 4 se puede observar que la procedencia que presenta un mayor volumen por unidad de superficie es Glenbog, seguida por Armindale, Tallaganda y Nimmitabel, todas de NSW, siendo las peores las de Bendoc y New England (NSW). Al respecto, en un estudio reciente (Alvear y Prado, 1993) que considera diferentes zonas geográficas del país, se aprecia que en la zona de Valdivia las procedencias de mejor comportamiento son Rubicon, Nimmitabel y Toorongo, y que en la zona de Aysén las mejores corresponden a Toorongo, Rubicon y Errinundra.

Desgraciadamente, en el ensayo establecido en Chiloé no están representadas las procedencias de Toorongo, Rubicon y Errinundra, debido a que no se dispuso de semilla. Sería de interés probar estos orígenes de semillas en la zona.

Cabe notar que Tallaganda, que dió resultados aceptables en Chiloé, tanto en Valdivia como en Aysén se ubicó entre las de peor comportamiento.

Por otra parte, la procedencia Glenbog, que se ubicó en primer lugar en Chiloé, en Valdivia presentó mal comportamiento, mientras que en Aysén fue una de las mejores.

La procedencia Barrington Tops presenta en ambas zonas, al igual que en Chiloé, un comportamiento regular.

Analizando la sobrevivencia, cabe notar que solamente dos procedencias superan el 70% y corresponden a Tallaganda (70%) y Nimmitabel (75%). Es interesante notar que esta última en un ensayo establecido en Coyhaique fue la procedencia con menor porcentaje de sobrevivencia (Parra y Canala-Echeverría, 1993).

En general las procedencias probadas en Chiloé que también se probaron en Coyhaique presentaron en este último lugar un resultado de regular a malo.

E. nitens es citado en la bibliografía como una especie resistente al frío (Hallan **et al.**, 1989; Marquestaut, 1978; Wattle Research Institute South Africa, 1975), especialmente las procedencias de New South Wales (Darrow, 1984).

INFOR

Con esta especie tampoco se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las variables analizadas ($p > 0.05$), considerando para ello la población reducida de medias por parcela. Dicha falta de significación se debe a la gran variabilidad existente dentro de las procedencias ensayadas.

REFERENCIAS

Alvear, C. y Prado, J.A., 1993. Desarrollo y Parámetros Genéticos de **Eucalyptus nitens** en el Centro y Sur de Chile. Semirario. Los Eucalyptus en el Desarrollo Forestal de Chile, Pucón. En prensa.

Boland, D. ed., 1984. Forest Trees of Australia. NELSON-CSIRO. 687 p.

Cauvin, B., 1988. Eucalyptus Frost Resistance Tests. Annales de Recherches Sylvicoles, AFOCEL, France, 1987-1988. 165-195.

Corfo, 1981. Industrialización de los Recursos Isla Grande de Chiloé. Corfo-Gerencia de Desarrollo. 32p.

Darrow, W., 1984. Provenance Studies of Frost-resistant **Eucalyptus** in S. Africa. South African Forestry Journal, 129: 31-39.

Fishwick, R., 1976. Comportamento de Especies-Procedencias de **Eucalyptus** em Regiao Sul do Brasil, diante da geada de 1975. FAO Report Nº PNUD/FAO/IBDF/ BRA-45, comunicacao Tecnica. 3: 20 p.

Hallam, P., Reid, J. and Beadle, C., 1989. Frost Hardiness of Commercial **Eucalyptus** Species at Different Elevations. Canadian Journal of Forest Research. 19(10): 1235-1239.

Hallam, P. and Reid, J., 1989. Seasonal and Genetic Variation in Frost Hardiness of **E. delegatensis**. Canadian Journal of Forest Research, 19(4): 480-488.

Hunt, R. and Zobel, B., 1978. Eucalyptus Grow well in the South East. Southern Journal of Applied Forestry, 2(1): 6-10.

INFOR, 1993. Estadísticas Forestales. Boletín Estadístico Nº 30, INFOR-CORFO. Santiago, Chile

INGENIERIA DE BOSQUES, 1975. Inventario Forestal Isla Grande de Chiloé (Para Soc. Fact. Astillas Chilóe Ltda.). Santiago, Chile.

INFOR

Jahromi, S., 1982a. Variation in Cold Resistance and Growth in **Eucalyptus viminalis**. New Zealand Journal of Forestry Science, 11: 254-261.

Jahromi, S., 1982b. Variation in Cold Resistance and Growth in **E. viminalis**. Southern Journal of Applied Forestry, 6: 221-225.

Leite, N.; Ferreira, M., Ramos P. and Gutierrez-Neto, F., 1973. Effect of Frosts on Various Species and Provenances of **Eucalyptus** Introduced Into the Lakes Region, Santa Catarina. Preliminary Results. IPEF, Nº 7: 101-114.

Lisbao, L., 1986. Effects of NPK-fertilizer on Growth and Frost Resistance of **E. viminalis** Seedlings. Dissertation Abstracts International, B-Sciencias and Engineering 1986, 47:6, 2249 B. Thesis, North Carolina State University, USA, 113 p.

Marien, J., 1979. La selection juvenile des **Eucalyptus** pour leur resistancecau froid. Annalles de Recherches Sylvicoles, p 225-253.

Marquestaut, J., Thibout, H. and Cauvin, B., 1978. Essai d´introduction d´**Eucalyptus** dans le midi de la France. Annales de Recherches Sylvicoles 1977, 218-295.

North Carolina State University, 1976. Cooperative Tree Improvement and Hardwood Research Programs.

Parra, P. y Canala-Echeverría, J.L., 1993. Resistencia al Frío de Procedencias y Familias de **Eucalyptus nitens** en Aysén, XI Región, Seminario: Los Eucalyptus en el Desarrollo Forestal de Chile, Pucón. En prensa.

Paton, D., 1981. Eucalyptus Physiology. III. Frost Resistance. Australian Journal of Botany, 29(6): 675-688.

Paton, D., 1987. Frost Resistance in **Eucalyptus**: are Plant Growth Regulators Involved?. Pland Cold Hardiness (edited by Li, P.H): 117-127. New York, USA. Alan R Liss Inc.

Pezeshki, S., 1987. Survival and Early Growth of **Alnus rubra**, **E.macarthurii**, **E. viminalis** and **Populus trichocarpa** in the Pacific Northwest. Tree Planter´s Notes, 38(4): 27-30.

Poduje, L. and Roic, L., 1992. The Behaviour of **Eucalypts** spp. Grown Under Semiarid and Cold Conditions in the Province of La Pampa, Argentina. Revista Forestal Argentina, 16(3/4): 85, 142-150.

INFOR

Prado, J.A.. 1989. Selección de Especies y Procedencias. En Prado, J.A. y Barros, S. Editores, Eucalyptus Principios de Silvicultura y Manejo. 199 p.

Rook, D., Wilcox, M., Holden, D. and Warrington, I., 1980. Provenance Variation in Frost Tolerance of **E. regnans**. Australian Forest Research, 10(3): 213-238.

Scarascia-Mugnozza, G., Valentini, R., Kuzminski E. and Giordano, E., 1989. Freezing Mechanisms, Acclimation Processes and Cold Injury in **Eucalyptus** Species Planted in the Mediterranean Región. Forest Ecology and Management, 29(1): 81-94.

Tibbits, W. and Reid, J., 1987. Frost Resistance in **E. nitens:** Genetic and Reasonal Aspects of Variation. Australian Forest-Research, 17(1): 29-47.

Tibbits, W., Potts, B. and Savva, M.H., 1991. Inheritance of Freezing Resistance in Interspecific F1 Hybrids of **Eucalyptus**. Theoretical and Applied Genetics, 83(1): 126-135.

Wattle Research Institute S. AFRICA., 1975. Cold Resistance of **Eucalyptus** Report for 74-75. 38-39.

Wilcox, M.; Faulds, T.; Vincent, T. and Poole, B., 1980. Genetic Variation in Forest tolerance among open - pollinated families of **E. regnans.** Australian Forest Research, 10(2): 169-184.

Wilcox, M., 1982. Genetic Variation in Frost Tolerance, Early Height Growth and Incidence of Forking Among and Within Provences of **E. fastigata**. New Zealand Journal of Forestry Science, 12(3): 510-524.

INFOR

EL CULTIVO DEL EUCALIPTO EN LA MESOPOTAMIA ARGENTINA

Fernando Dalla-Tea (*)
Martín Marcó (*)

RESUMEN

Se entrega una resumida visión de la situación actual del cultivo de eucaliptos en la Mesopotamia Argentina, tanto en lo referente a los suelos en que éste se practica y al material genético empleado como a las practicas silviculturales aplicadas y los rendimientos obtenidos. Se comentan también aspectos relacionados con la producción, mercados e industrias.

(*) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Concordia. Cas. 34 (3200) Concordia, Argentina.

INFOR

INTRODUCCION

En Argentina los bosques nativos ocupan 36 millones de hectáreas, un 15% de la superficie total del país (IFONA, 1988). La fuerte presión ejercida por el sector agropecuario, traducida en desmontes masivos y quemas, y las cortas selectivas de las especies forestales de valor, han reducido considerablemente la superficie y el valor de los bosques naturales a lo largo de este siglo.

Los bosques implantados con especies de rápido crecimiento han contribuído a reducir el ritmo de corta de los bosques nativos y han permitido también disminuir las importaciones de productos forestales. Las plantaciones de los últimos 20 años se han efectuado con incentivos del estado. Entre 1975 y 1978 el sistema de desgravación impositiva permitió la plantación de más de 200.000 ha. El resto de las plantaciones, principalmente en la década del 80, se generaron a través de una política de subsidio de hasta un 70% del costo de plantación.

Las especies más plantadas han sido **Pinus elliottii** y **P. taeda** (>350.000 ha), sauces y álamos (147.000 ha) y eucaliptos (231.000 ha; Cuadro Nº 1). Entre los eucaliptos, **Eucalyptus grandis** es el más plantado con 130.000 ha concentradas en Mesopotamia (provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones). La mayoría de estas plantaciones se localizan a lo largo del río Uruguay en una franja de 10-30 Km de ancho (Lat. 32º - 28º S).

Los eucaliptos han sido privilegiados por su alta productividad, la adaptación a sitios diversos, y el aprovechamiento de sus rebrotes. Sus turnos de corta son generalmente de 10 - 12 años, con 2-3 rotaciones adicionales previo a la replantación. El destino principal de la producción es madera para aserradero (encofrado y pallets), celulosa y, en menor medida, postes y cajonería.

La investigación forestal en el país se realiza en entidades públicas y privadas. El INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) en la región Mesopotámica tiene diversas líneas de investigación en eucalipto que incluyen:

- Mejoramiento genético: Introducción de especies, ensayos de orígenes / procedencias, ensayos de progenie, tests de productividad.

INFOR

Cuadro Nº 1

PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN ARGENTINA DE ACUERDO A REGIONES Y ESPECIES.

PROVINCIA	AREA PLANTADA (ha)	PRINCIPALES ESPECIES
Buenos Aires	60.400	**E. viminalis, E. globulus E. camaldulensis**
Santa Fé	21.500	**E. grandis, E.camaldulensis E. tereticornis**
Entre Ríos	54.600	**E. grandis**
Corrientes	73.000	**E. grandis**
Misiones	6.200	**E. grandis**
Jujuy	13.000	**E. camaldulensis E. tereticornis**
Otras	2.400	
TOTAL	231.100	

- Suelos y Nutrición: Ciclo de nutrientes, ensayos de fertilizantes / herbicidas, preparación de suelos.

- Tecnología de madera: Estudios de preservación y usos alternativos.

Estos temas están incluídos actualmente en el Proyecto Forestal Mesopotámico (con parcial financiamiento BID-BIRF) cuyos principales objetivos son: el incremento de productividad, la reducción de costos de plantación y el mejoramiento de las condiciones de comercialización de productos forestales.

INFOR

SUELOS Y NUTRICION

La mayoría de las forestaciones de Entre Ríos y Corrientes se ubican sobre suelos arenosos, con buenas características de drenaje, pero en general con poca materia orgánica y reducida fertilidad. Sin embargo, estos suelos son considerados los mejores sitios para **E. grandis** (Golfari, 1985). Estas plantaciones conforman el mayor núcleo forestado con eucaliptos en el país (Cuadro Nº1) y han demostrado enormes variaciones de productividad en respuesta a las diferencias de sitio.

La ubicación en el perfil en sitios de Corrientes tiene una enorme influencia sobre el incremento volumétrico. En suelos rojos del NE de Corrientes, los mayores incrementos (50 m^3/ha/año) ocurren en la loma, donde la profundidad efectiva de suelo es mayor, y se reducen al pie de loma a valores de 22 m^3/ha (Fahler, 1989).

Un estudio de sitios en la región de Concordia demostró enormes diferencias de crecimiento volumétrico a los 10 años de edad (Marcó, 1988). Los mejores suelos para eucaliptos en esta región son arenas pardas (localmente llamados "mestizos"; orden Inceptisoles y Molisoles), con incrementos medios anuales en volumen (IMA) superiores a 50 m^3/ha. Sobre arenas rojizas profundas (Entisoles) y suelos arcillosos (Vertisoles), el IMA se reduce a 33 y 26 m^3/ha, respectivamente. Los suelos mestizos tienen mayor fertilidad y mayor retención de humedad que los arenosos profundos (INTA, 1984).

La combinación de lluvias estacionales, topografía plana y escaso drenaje en muchos suelos de Corrientes y el centro de Entre Ríos, provoca la elevación de las napas de agua e inundaciones periódicas, generando sistema radiculares muy superficiales y limitando la productividad de **E. grandis.** Por el contrario, en suelos arenosos profundos es común la ocurrencia de sequías estacionales en primavera - verano.

La disponibilidad de tierras de buena aptitud forestal para nuevas plantaciones en la Mesopotamia excede 1.500.000 ha. En suelos pesados, marginales para **E. grandis**, puede implantarse **E. camaldulensis** y **E. tereticornis**, que alcanzan IMAs de 20 - 25 m^3/ha en suelos profundos y disminuyen a menos de 15 m^3/ha en suelos más arcillosos, donde se las ha plantado en pequeña escala y su madera solo es utilizada para leña y tableros aglomerados.

MATERIAL GENETICO

Hasta 1980 las plantaciones de la zona se realizaron principalmente con semilla de procedencia local, la cual provino de una introducción de **E. grandis** de

INFOR

origen desconocido plantado como cortina en el Golf Club de Concordia en 1932. Si bien esta semilla local Concordia era predominantemente **E. grandis**, presentaba evidente hibridación con **E. robusta**, **E. tereticornis** y **E. camaldulensis** en sus progenies.

La semilla local ha sido paulatinamente reemplazada por introducciones de Sudáfrica que demostraron mayor crecimiento. Actualmente, estas procedencia sudafricanas (huerto semillero clonal de Sabie) constituyen la principal fuente de semilla utilizada y recomendada para plantación. Los IMAs obtenidos con esta semilla de huerto varían de 30 a 50 m^3/ha, representando en promedio un 20% de incremento sobre la semilla local.

El programa de mejoramiento genético de **E. grandis** iniciado por INTA y CIEF (centro de investigación privado) tiene como objetivo evaluar la variación genética de esta especie y disponer de una base de población para seleccionar semillas con características deseables. Hasta la fecha, diferentes ensayos de orígenes han demostrado excelente crecimiento de la semilla del sudeste de Queensland y noreste de Nueva Gales del Sur. Otra especie que muestra un gran potencial en los ensayos de INTA es **E. dunnii**, especialmente para el sur de Entre Ríos y aquellas zonas de frecuentes heladas de Misiones.

El Proyecto Forestal Mesopotámico ha contribuído al establecimiento de una nueva red de ensayos de **E. grandis** y **E. dunni** en diferentes sitios de la región (Marcó y López, 1993). Estos en sayos contienen un 70% de "sangre" australiana y el 30% restante de procedencias locales, constituyendo una población base que por raleos selectivos será transformada en huertos semilleros de progenies.

SILVICULTURA

La preparación del terreno se basa en arado y disqueado previos, culminando con la pasada de una rastra de dientes. Algunos productores utilizan labranza vertical, ya sea con cincel o subsolador en la línea de plantación. En el sudeste de Corrientes, en sitios que sufren prolongado encharcamiento, se prepara un camellón (bedding) de 40 cm en la línea de plantación.

Para el control de malezas se combinan las carpidas manuales en la taza de plantación con el disqueado cruzado, si la distancia de plantación lo permite. En los últimos dos años se ha comenzado a generalizar el uso de herbicidas preemergentes aplicados en la banda de plantación y que brindan 2-3 meses de residualidad; los más utilizados son oxifluorfen y alachlor (Dalla-Tea, 1993).

INFOR

Ensayos de aplicación de fertilizantes han demostrado significativas respuestas de arranque al N y P, especialmente en las arenas profundas. En concordia, plantaciones fertilizadas en el arranque tienen a los 2 años de edad alturas que superan en 20-30% a parcelas testigo (Dalla-Tea, 1993). Asimismo, aplicaciones de fosfato diamónico han producido un aumento de más de 30% en volumen al momento de la cosecha. Ensayos recientemente instalados permitirán identificar variables de suelo que afectan la respuesta a los fertilizantes. Las recomendaciones actuales para suelos arenosos prescriben el uso de 100 kg/ha de fosfato diamónico.

Las plantaciones de **E. grandis** se establecen con densidades de 1100 pl/ha, con distancias de 3 x 3 m ó 4 x 2.5 m; con estos espaciamientos se obtienen los diámetros y calidades exigidos por los aserraderos en turnos de 10 a 12 años. Mayores densidades de plantación, 2.5 x 2.5 m, fueron anteriormente muy utilizados, permitiendo un ligero aumento de volumen total, pero con menores diámetros individuales al final del turno.

El porcentaje de rebrote en la zona de Concordia alcanza 90-95%, ligeramente inferior en épocas secas. El raleo de estos rebrotes se realiza a los 12-18 meses de edad cuando su altura media es de 3-4 m. Para obtener madera de mayor diametro se recomienda dejar 1 sola vara por cepa; menores diámetros aunque mayor volumen total se obtienen cuando el raleo deja 2-3 rebrotes por cepa. La replantación se efectúa cuando la productividad de la plantación original ha disminuído sensiblemente por pérdidas de cepas o baja calidad genética; los nuevos materiales se interplantan entre tocones controlándose el rebrote con herbicidas (i.e., glifosato o tricopir ester).

La poda permite la obtención de madera libre de nudos y se recomienda efectuarla en dos etapas. La remoción de un tercio de la copa no tiene ningún efecto sobre el crecimiento y se cumple al 2do y 4to año de edad; se poda hasta los 2.5 y 4.5 m cuando la altura media es de 7.5 y 13.5 m., respectivamente.

PRODUCCION Y CRECIMIENTO

El crecimiento de **E. grandis** es muy rápido, con incrementos en altura de 3-4 m/año. La producción media en buenos sitios supera las 350 t/ha en turnos de 10 años, que incluyen un 10% de corteza. El IMA alcanza su punto más alto entre los 8 y 10 años, según el sitio, y el incremento corriente anual puede superar los 80 m^3/ha en suelos mestizos.

Se dispone de ecuaciones de regresión para volumen con y sin corteza desarrolladas con una base de datos superior a 200 individuos, así como de tablas de volumen que permiten el cálculo de volúmenes individuales con datos de diámetro

INFOR

y altura total (Glade y Friedl, 1988).

La densidad media de la madera en verde promedia los 0.85 kg/m^3 y puede variar significativamente cuando se cultiva en diferentes sitios. En un ensayo en la región de Concordia, la densidad básica fue de 0.433 g/cm^3 en madera proveniente de suelos arcillosos, siendo 6 y 9% más densa que la correspondiente a la de los suelos arenosos y mestizos, respectivamente (López, 1990).

ECONOMIA, MERCADOS E INDUSTRIAS

Las plantaciones de Mesopotamia son privadas y están conformadas en general por pequeñas superficies, siendo la madera vendida en pie y por peso. El precio de la tierra y el precio de la madera en pie varía enormemente, en función de la distancia a mercados, puertos, destino del producto, accesibilidad y otros factores (Cuadro Nº 2).

Cuadro Nº 2

PRECIO MEDIO DE LA TIERRA Y DE LA MADERA DE E. grandis EN PIE PARA DOS LOCALIDADES DE LA MESOPOTAMIA (US$/ha)

	ZONA CONCORDIA	NORTE DE PASO DE LOS LIBRES
Precio de tierrras	700 - 800	300 - 400
Costo implantación (*)	600 - 700	600 - 700
Madera en pie		
para aserraderos	3.600	1.500 - 2.000
para celulosa	2.800	1.200

(*)Incluye costo de plantas, preparación del terreno y cuidados hasta el al 1er. año.

Los aserraderos que consumen madera de eucaliptos se concentran en el NE de Entre Ríos y SE Corrientes. Existen unos 200 aserraderos, con producciones diarias de 5.000 a 25.000 pies^2. El ritmo de corta necesario para mantener esta demanda es de aprox. 3.000 ha/año y esta industria ocupa 2.000 personas (Dir. Silvicultura 1992). La eficiencia de estos aserraderos es menor de 50%, aproximándose a 170 pies^3/tn de madera y los residuos (costaneros, despuntes, aserrín) no son aprovechados. La distancia media del bosque al aserradero es de 50 Km, la que aumenta en los últimos años por un aparente déficit de madera.

INFOR

Industrias celulósicas de Santa Fé y Buenos Aires consumen aprox. 300.000 tn/año de madera de eucalipto proveniente de esta región. Nuevos proyectos de celulosa de fibra corta han sido evaluados en los últimos tiempos (Anon, 1991), entre ellos uno próximo a iniciarse en Puerto Firay (Misiones) que consumiría 1 millón tn/año de madera. El eucalipto también es utilizado en fábricas de laminados en Misiones, en grandes diámetros por los que se paga 3-4 veces más que la madera para aserradero.

La exportación de madera rolliza para celulosa se inició en 1986 como consecuencia de los altos precios de celulosa de eucalipto y la demanda de países europeos. Los volúmenes máximos exportados superaron 1 millón m^3 sólidos en 1989 (Cuadro Nº 3), de los cuales un 80% fueron rollizos de **E. grandis** de Entre Ríos y Corrientes y el resto **E. globulus** del SE de Buenos Aires. Estos volúmenes representan el corte de 3.000 a 4.000 ha sólo para exportación. En el año 1989-1990 funcionó en la ciudad de Federación (NE Entre Ríos) un consorcio de aserraderos que exportó madera aserrada de **E. grandis** para pallets al mercado europeo.

Cuadro Nº 3

PRODUCCION DE MADERA DE Eucalyptus grandis PARA CELULOSA Y ASERRADERO EN LA MESOPOTAMIA.

AÑO	EXPORTACIÓN ROLLIZOS PARA CELULOSA (t)	CELULOSA MERCADO INTERNO (t)	ASERRADEROS(*) (t)
1988	491.646	151.225	583.000
1989	861.893	150.173	598.000
1990	644.880	146.491	613.000
1991	395.341	145.176	628.000
1992	600.000	316.126	628.000

Fuente: Sánchez Acosta y otros, 1992.
(*) Se estima que la industria en Corrientes consume aprox. 1/4 parte de lo consumido en Entre Ríos.

La exportación de rollizos ha permitido la corta de importantes superficies forestales que no tenían posibilidades de ser aprovechadas para el mercado interno. La mayor preocupación actualmente radica en el reducido ritmo de forestación y la falta de manejo de los rebrotes. Esto tiende a cambiar con las nuevas políticas de incentivo a la forestación del gobierno nacional y gobiernos provinciales.

INFOR

Diferentes estudios de mercado pronostican déficit de madera de eucalipto a nivel regional y nacional (Garza, 1988; Sánchez Acosta y otros, 1992). En base a la demanda de mercados y los excelentes crecimientos obtenidos con esta especie, se estima probable que el eucalipto sea las especie de mayor implantación en los próximos años.

En las décadas del 70 y 80, Argentina fue un importador neto de madera para la construcción y celulosa de Chile y Brasil. En los últimos años las exportaciones de productos forestales han crecido hasta superar los US$ 300 millones, muy lejos aún de lo generado por los países vecinos. El objetivo de los nuevos sistemas de incentivo ya no será la sustitución de importaciones, sino que apuntará a favorecer y aumentar las exportaciones del sector.

REFERENCIAS

Anon, 1991. Profile Report: Argentina - Unrealized Potential. Wood Resource Quarterly 4: 10-21.

Dalla-Tea, F.,1993. Evaluación Temprana de Herbicidas y Fertilizantes en Plantaciones de **Eucalyptus grandis**. En Congr. Forestal Arg. y Latinoamericano. Tomo VI. Paraná.

Dirección de Silvicultura y Citricultura, 1992. Entre Ríos Forestal. Paraná (Entre Ríos).

Fahler J.C., 1989. Estado Actual de la Tecnología y Manejo de las Forestaciones en el N.E.A. p. 1-23, En 4º Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia (Entre Ríos).

Garza J.J., 1988. Madera, Celulosa y Papel. En Innovación en Agroindustria Exportadora. (Ed. G. Gargiulo) Tomo VI. SECYT, Buenos Aires.

Glade, J.E. y **R.A. Frield, 1988.** Ecuaciones de Volumen para **Eucalyptus grandis Hill ex Maiden** en el Noreste de Entre Ríos. p. 416-420, En VII Congr. Forestal Arg. Santiago del Estero.

Golfari, L., 1985. Distribución Regional y Condiciones Ecológicas de los **Eucalyptus** Cultivados en la Argentina. Problemas Inherentes. CIEF Publ. Tecn. Nº1, Buenos Aires.

IFONA, 1988. Argentina and its Forests. Present Situation Policies and Proyections: a Summary. IFONA, Buenos Aires.

INFOR

INTA EEA PARANA, 1984. Suelos y Erosión de la Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. Convenio INTA-PCIA. Entre Ríos.

López, J.A., 1990. Densidad Básica de la Madera de **Eucalyptus grandis** de la Procedencia Huerto Semillero de Sudáfrica en Tres Sitios Edáficos de Concordia. P. 39-46, Congr. Tecn. Celulosa y Papel. ATIPCA, Buenos Aires.

Marcó, M.A., 1988. Crecimiento del **Eucalyptus grandis** en Diferentes Suelos de Concordia. Resultados a los 10,5 años. p. 510-511, En VII Congr. Forestal Arg. Santiago del Estero.

Marcó, M.A. y **J.A. López, 1993.** Estrategia de Mejoramiento de **Eucalyptus grandis** y **E. dunnii** en la Mesopotamia Argentina. En Congr.. Forestal Arg. y Latinoamericano. Tomo IV. Paraná.

Sánchez Acosta M. y Otros. 1992. Disponibilidad de Madera de Eucalipto en Entre Ríos. p. 27-33. En VII Jornadas Forestales Entre Rios, Concordia (Entre Ríos).

INFOR

TEMA V

UTILIZACION

INFOR

UTILIZACION ACTUAL DEL EUCALIPTO EN BRASIL

José Carlos Duarte Pereira (*)

RESUMEN

Son abordados algunos aspectos relacionados a la oferta y a la demanda de madera en Brasil, resaltando la importancia de los bosques plantados, en substitución de los bosques nativos, ya escasos en varias regiones del país. Dentro de ese contexto, se analiza el papel que el eucalipto viene desempeñando como materia prima para las industrias de celulosa y papel, de carbón vegetal y, especialmente, de madera aserrada y contrachapados. Son mencionadas algunas de las preocupaciones más relevantes de cada sector, en lo que se refiere al mejoramiento de la tecnología actualmente empleada.

(*) Ing. Forestal, Dr. en Ciencias Forestales, Investigador del Centro Nacional de Pesquisa de Florestas -CNPF/EMBRAPA - BRASIL

INFOR

BREVE HISTORIA

La introducción de especies del género **Eucalyptus** en Brasil se remonta a inicios del siglo XIX. No obstante se trata de un tema controvertido, hay evidencias que los primeros árboles fueron plantados en 1825 en el Jardim Botânico de Rio de Janeiro (Jacobs, 1982; Ferreira, 1989).

Hasta inicios del siglo, el eucalipto fue plantado como árbol ornamental o como cortavientos, por su extraordinario desarrollo. Fue, sin embargo, el Silvicultor Edmundo Navarro de Andrade el responsable por la introducción de plantaciones económicas, después de investigar varias especies nativas como la peroba, la cabreúva, el jequitibá, el jacaranda paulista, el pinheiro do parana (araucaria) y el cedro, entre otras; y varias especies exóticas entre ellas el **Eucalyptus globulus**. Semillas que fueron colectadas a orillas del Mondego, en su viaje de regreso del curso de Agronomía en Coimbra.

En este ensayo, desarrollado entre 1904 y 1909 en el Huerto de Jundiaí, los eucaliptos se destacaron de tal forma que la Compañia Paulista de Estradas de Ferro, actualmente Ferrovia Paulista S.A. - FEPASA, optó por las especies del género para la producción de madera para las locomotoras a vapor.

De 1909 a 1966, cuando fue declarada la ley número 5.106, para los incentivos fiscales para reforestación, habían sido plantadas 470.000 ha de eucaliptos en todo Brasil, 80% de las cuales se situaban en el Estado de Sao Paulo. A partir de entonces hasta el año de 1986, apenas con incentivos fiscales, fueron plantadas 3,2 millones de hectareas. En 1987, fueron abolidos tales incentivos. Sin embargo, la tecnologia desarrollada durante este periódo se encuentra fortalecida y completamente absorvida por las industrias forestales (Sociedad Brasilera de Silvicultura, 1990).

PRODUCCION DE CELULOSA Y PAPEL

La primera industria productora de papel se instaló en Rio de Janeiro en 1809 y la primera de celulosa en Sao Paulo en 1943. A fines de la década de 1970, Brasil

INFOR

pasó de la condición de importador para exportador de papel y celulosa. Actualmente sus 183 fábricas de papel, 42 de pasta química y 70 de pasta de alto rendimiento, distribuidas en 17 Estados, constituyen el sector económicamente más fuerte y tecnológicamente más avanzado entre todas las industrias forestales.

Los datos obtenidos por la Associaçao Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose ANFPC (Cuadro Nº 1) muestran la producción brasileña de pasta, en el año de 1992.

Cuadro Nº 1

PRODUCCION BRASILEÑA DE PASTA, AÑO 1992.

Tipo de pasta	Producción total (toneladas)	Celulosa de eucalipto (toneladas)	(%)	Regiones Productoras (%) Sur	Sudeste	Otras
Fibra larga	1.262.319	.....	.....	77,4	5,4	17,2
Fibra corta	3.608.248	3.469.343	96,1	12,1	75,6	12,3
Alto rendimiento	431.777	ND	ND	91,9	8,1	-------
TOTAL	5.302.344	ND	ND	34,2	53,4	12,4

ND Datos no disponibles

Del total de pasta de fibra larga, se observa que el 77,4% fue producido en la región Sur, especialmente en los Estados de Paraná y Santa Catarina, en los cuales la presencia de heladas limita el desarrollo del eucalipto.

Con relación a la industria de papel, fueron producidas 4.920.733 tn, de las cuales el 94,6% lo fue en las regiones Sudeste y Sur del país.

Considerando la disminución de la demanda interna de celulosa y papel y con la entrada de nuevas instalaciones en operación, el sector destinó mayores volúmenes para exportación, con el fin de dar continuidad a la producción nacional. Según datos del DECEX, fueron exportadas 1.235 mil toneladas de papel y 1.642 mil toneladas de celulosa.

La rentabilidad alcanzada en 1992 fue equivalente a US$ 5,1 billones, participando con 1,2% del Producto Interno Bruto (PIB). En ese mismo año, el sector generó US$ 592 millones en impuestos directos y 121.207 empleos directos.

INFOR

La madera de eucalipto fue responsable por más de 70% del total de pasta celulósica producida. El Cuadro Nº 2 muestra la importancia relativa de los diferentes tipos de fibra como materia prima para la industria de celulosa.

En 1992, el área total reforestada por el sector de celulosa y papel era de 1.416.031 ha, siendo 831.982 ha con especies del género **Eucalyptus**, distribuidas especialmente entre los Estados de Sao Paulo, Bahia, Minas Gerais y Espirito Santo (Cuadro Nº 3).

Cuadro Nº 2.

PRODUCCION BRASILEÑA DE PASTA CELULOSICA POR TIPO DE FIBRA, 1992.

Tipo de Fibra	Producción (toneladas)
Eucalyptus	3.442,395
Pinus	1.151,352
Gmelina	65,500
Bagaço de cana	28,094
Sisal	25,384
Linter	14,103
Aruacaria	15,064
Bambu	53,250

FUENTE: Associaçao Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose.

INFOR

Cuadro Nº 3.

DISTRIBUCION DEL AREA TOTAL PLANTADA, 1992 (HECTAREAS).

Estado	Género		
	Eucalyptus	Pinus	Otros
AP	5.097,7	79.569,4	0,0
BA	193.390,6	49.395,9	0,0
ES	88.797,0	0,0	0,0
MA	5.247,0	0,0	0,0
MG	117.991,8	3.549,2	2.634,3
MS	22.577,0	0,0	0,0
PA	21.702,9	34.902,8	2.442,8
PR	46.698,8	204.447,6	15.420,1
RJ	4.472,6		
RS	56.596,3	13.623,6	5.237,1
SC	15.985,1	122.125,2	3.464,9
SP	253.424,0	44.199,2	2.837,4

FUENTE: Associaçao Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose.

El sector de celulosa y papel fue probablemente, el que más contribuyó para la evolución de la productividad de los bosques plantados. En 1968, las plantaciones de eucalipto produjeron madera a razón de 20 esteres/ha/año (Jacob, 1979). Con el desarrollo de las investigaciones, en las cuales se destacaron los experimentos de selección de especies y procedencias más adecuadas para diferentes condiciones, los niveles de productividad aumentaron sensiblemente.

El Cuadro Nº 4 muestra la productividad promedio actual de las plantaciones de eucalipto y la compara con aquellas alcanzadas por especies de otros géneros.

INFOR

Cuadro Nº 4.

PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DE LOS BOSQUES PLANTADOS POR EL SECTOR DE CELULOSA Y PAPEL, 1992.

Género	Bosques plantados (esteres/ha/año)
Eucalyptus	43
Pinus	33
Araucaria	17
Gmelina	35
Acacia	30
Otros	28
Promedio	31

FUENTE: Associaçao Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose.

En lo que compete al perfeccionamiento de la tecnología actualmente disponible, algunas de las preocupaciones del sector se vuelven hacia el aspecto ambiental, como las reducciones de la sulfidez en el proceso de cocción y del cloro elemental en el blanqueamiento. La calidad de la materia prima, antes fundamentada básicamente en la forma y en el volumen de los árboles, viene incorporando otras variables relacionadas a la calidad de la madera. Los esfuerzos para el desarrollo de plantaciones clonales homogéneas de material de alta calidad han tenido continuidad. Sin embargo, con los mercados internos y externos, hubo también una reducción en las inversiones en investigación. En consecuencia de esa recesión, las empresas vienen buscando alternativas, como otras utilizaciones para la celulosa (producción de otros tipos de papel, de menor costo) y aumento de la tasa de substitución de fibras.

PRODUCCION DE LEÑA Y DE CARBON VEGETAL

Ninguna otra forma de utilización de la madera en Brasil, sustituye el volumen, la cantidad de recursos financieros y la mano de obra de campo utilizada para el uso de la leña. Los datos disponibles permiten estimar que en el año 1991

INFOR

fueron consumidos 278 millones de metros cúbicos, valor impresionante por representar cerca de 15% del consumo nacional de energía. El consumo percápita es del orden de 1,86 m^3/año, semejante al de países como el Congo, Nepal, Camarones y Zaire; y bastante superior al de los países desarrollados, cuyos niveles se sitúan bajo de 0,4 m^3/año. No obstante, que la leña es extraída principalmente de los bosques nativos en las regiones Sudeste y Sur, donde esos bosques son escasos, una proporción apreciable es obtenida de los bosques plantados.

El consumo de carbón vegetal en Brasil, en 1992, fue de 29,177 millones de metros cúbicos, con mayor participación del sector siderúrgico (Cuadro Nº 5) y del Estado de Minas Gerais (Cuadro Nº 6), donde se localiza la mayor parte del complejo siderúrgico brasileño.

Cuadro Nº 5.

CONSUMO TOTAL DE CARBON VEGETAL EN BRASIL, POR SECTOR, EN 1992.

Sector	Consumo de Carbón Vegetal (millones de m^3)	(%)
Usinas integradas para producción de acero	6,7	23
Productores independientes de hierro fundido	14,0	48
Hierro en aleación	2,9	10
Cemento	1,3	5
Metales primarios	1,2	4
Otros sectores	3,0	10
TOTAL	29,1	100

FUENTE: Associaçao Brasileira de Carvao Vegetal.

INFOR

Cuadro Nº 6.

CONSUMO DE CARBÓN VEGETAL POR ESTADO, EN 1992.

Estados	Consumo de carbón Vegetal (m^3)	(%)
Minas Gerais	23.301.000	79,9
Sao Paulo	352.000	1,2
Bahia	1.107.000	3,8
Río de Janeiro	874.000	3,3
Espirito Santo	948.000	3,3
Otros	2.595.000	8,8
TOTAL	29.177.000	100,0

FUENTE: Associaçao Brasileira de Carvao Vegetal.

Los bosques nativos continúan siendo las fuentes más importantes de madera para la producción de carbón vegetal, sin embargo, se aprecia una clara tendencia para el cambio de esta situación (Cuadro Nº 7).

Cuadro Nº 7.

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE CARBÓN VEGETAL SEGÚN ORIGEN

Año	Reforestaciones	Madera nativa	Total
1983	4,087	18,423	22,510
1984	5,010	24,597	29,607
1985	5,501	26,085	31,586
1986	6,065	29,049	35,114
1987	6,624	27,725	34,349
1988	8,056	28,563	36,619
1989	12,903	31,900	44,803
1990	12,547	24,355	36,902
1991	13,102	17,876	30,978
1992	11,351	17,826	29,177

FUENTE: Associaçao Brasileira de Carvao Vegetal.

INFOR

Las presiones ambientales para la reducción del consumo de carbón producido a partir de madera proveniente de los bosques nativos no manejados, fuera de la propia reducción ocasionada por la crisis del sector siderúrgico, determinaron una mayor participación del carbón proveniente de las reforestaciones, básicamente de eucalipto, actualmente alrededor de 40%. Esa participación deberá tender a la autosuficiencia, en los próximos años, para atender la legislación especificada.

El carbón vegetal es todavía producido, en su mayor proporción, en hornos de superficie, según tecnología primitiva en la cual el control operacional es pequeño y no se practica el control cualitativo de la producción. La creciente utilización de la madera de eucalipto, más cara que la madera nativa, viene trayendo una preocupación cada vez mayor en el sentido de mejorar el proceso, considerando el tamaño de los hornos, los aspectos operacionales y también el desarrollo de retortas.

Para la total substitución del carbón de bosques nativos por el de reforestaciones, como lo estipula la legislación actual, el sector siderúrgico deberá pagar la madera en pie de eucalipto de forma de competir con los demás segmentos consumidores de madera, como celulosa, exportación de trozas y el creciente mercado de madera aserrada. A la siderúrgica le corresponderá desarrollar procesos que permitan la reducción del consumo de carbón vegetal y sean capaces de generar un producto de buena calidad y de bajo costo (Magalhaes, 1993).

En Minas Gerais, uno de los grandes desafíos consiste en el desarrollo de tecnología capaz de aumentar la productividad de los bosques en regiones de suelo y clima críticos, como el Vale do Jequitinhonha, hoy con cerca de 10 estereos/ha/año.

PRODUCCION DE MADERA ASERRADA

La industria de madera aserrada se instaló en el siglo pasado en los Estados de Paraná y de Santa Catarina, procesando materia prima de los bosques mixtos de araucarias y latifoliadas (Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990). Con la progresiva reducción de esos bosques, muchas industrias se trasladaron para la región amazónica y otras buscaron abastecerse de madera de esta misma región o a través de importación, especialmente de Paraguay. Al mismo tiempo en que se continuaba la explotación de los escasos bosques nativos del Sur, las plantaciones de especies del género **Pinus** se tornaron cada vez más importantes en la producción de madera para la industria de aserrío.

INFOR

Con las presiones para conducir los bosques nativos bajo manejo sustentado, la inevitable integración del costo del manejo al precio de la madera y el creciente aumento de los fletes deberán hacer no viable el bosque amazónico como fuente de abastecimiento en gran escala, para las industrias del Sur y Sudeste. En consecuencia de esa situación, así como de la necesidad de conservación de los bosques nativos existentes en esas regiones, la madera proveniente de las plantaciones pasó a constituirse en una alternativa más atrayente. Para fines de la década, se espera la generación de 10 millones de metros cúbicos de madera aserrada de **Pinus spp.**

La utilización de la madera de especies del género **Eucalyptus** es la tendencia más reciente para substituir la madera de latifoliadas. No existen datos precisos, no obstante algunos autores creen que el volumen anual de madera aserrada de esas especies está alrededor de 50 mil metros cúbicos. Sin embargo, apenas en el Estado de Rio Grande Do Sul (según datos de la AGEFLOR - Associaçao Gaúcha de Empresas Florestais), fueron producidos 6.350 metros cúbicos mensuales, en 1991, lo que corresponde a 76.200 metros cúbicos anuales.

El empleo de la madera de eucalipto como materia prima para madera aserrada encuentra obstáculos de orden cultural y tecnológico. Introducida para ser utilizada como leña, en locomotoras, es considerada de calidad inferior y no ha tenido buena aceptación para fines más nobles. Desde el punto de vista técnico, hay problemas de tensiones de crecimiento que provocan rajaduras y alabeos durante el aserrado y problemas de secado, especialmente colapso. Se trata, sin embargo, de problemas posibles de solucionar a través de técnicas apropiadas.

En el Sur del país, donde se localizan algunos de los principales aserraderos, la madera es aserrada verde, cortando dos costaneras opuestas con sierra huincha doble, y en seguida, se aserrea la basa restante en una sierra múltiple. Los aprovechamientos obtenidos se situan entre 40 y 50%. La madera es vendida verde o seca al aire. Los pequeños aserraderos disponen apenas de sierra huincha y aserrean madera seca proveniente de árboles más viejos. En ellas, el sistema de corte, intuitivamente, fue desarrollado de forma de mantener equilibradas las tensiones de crecimiento en el trozo.

OTROS USOS

La madera de eucalipto es utilizada en la producción de 750 mil metros cúbicos de tableros de fibra por año. De ese total, cerca de 40% es exportado, lo que coloca a Brasil en posición destacada en el mercado internacional. La producción de

INFOR

tableros de partículas, de pino y eucalipto, es estimada en 700 mil metros cúbicos anuales y consumidos por el mercado nacional (Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990).

Fuera de los usos tradicionales, como postes, durmientes, estacas; la madera de eucalipto ha sido también empleada en la construcción civil, en la fabricación de cajas, marcos de puertas y ventanas, madera elaborada, pallets, vigas laminadas, en la construcción de puentes, pasarelas, casas y en la fabricación de muebles.

En el sector mueblero, algunas industrias producen muebles en los cuales la participación del eucalipto corresponde entre 40 y 60%. La mayor dificultad para la substitución total consiste en la ausencia de chapas de madera de especies del género. La búsqueda de tecnología para la producción de esas chapas se ha intensificado a través de estudios cuyos resultados son bastante prometedores. El secado difícil y la presencia de nudos constituyen problemas adicionales, sin embargo, con soluciones disponibles.

CONSIDERACIONES FINALES

De las informaciones presentadas, se deduce que las regiones Sudeste y Sur son las mayores consumidoras de madera. Juntas, son responsables por 87,6% del total de celulosa y de carbón vegetal producido en el país. También en esas regiones se concentran los consumos de madera para la producción de energía y para la industria de aserrio.

La producción de celulosa, así como la de tableros de fibras y de partículas, se basa fundamentalmente en madera proveniente de bosques plantados. De la misma forma, a partir de 1999, casi el total del carbón vegetal también deberá ser obtenido de esos bosques. Así, las mayores preocupaciones se concentran para el abastecimiento de las industrias de aserrio y de las debobinadoras.

En la región Norte, se espera un aumento en el costo de la materia prima en consecuencia de los cambios que vienen siendo introducidos en el sector forestal. La oferta es abundante y, si los bosques son manejados adecuadamente, no habrán problemas de abastecimiento para las industrias locales. En el Sur y en el Sudeste, la situación es más delicada y al mismo tiempo que se juntan las presiones en favor de la conservación de los escasos bosques nativos existentes, que actualmente cubren apenas 21,1 y 16,8% del área original, respectivamente, se limita a la oferta de madera del Norte.

INFOR

Dentro de ese contexto debe ser entendido y analizado el papel de los bosques plantados. Las plantaciones de **Pinus** ya permiten la producción de cerca de 3 millones de metros cúbicos anuales de madera aserrada, con una predicción de 10 millones, al final de la década. Permiten, también, la fabricación de más de 350 mil metros cúbicos anuales de chapas, fuera de varios otros productos.

La madera de eucalipto como materia prima para los aserraderos, para substituir a las latifoliadas nativas, es una tendencia reciente y, aparentemente, irreversible. La búsqueda de tecnología ha sido intensa por parte de las industrias y se constituye en un campo de investigaciones bastante fecundo.

El género **Eucalyptus** comprende un gran número de especies con características físico-mecánicas y estéticas bastante diferenciadas, lo que permite la substitución de varias especies de latifoliadas nativas. Es por lo tanto, imprescindible la identificación de especies apropiadas y diversificadas, como también lo es el desarrollo de programas de mejoramiento con el objetivo de reducir las tensiones de crecimiento.

Hasta ahora, las plantaciones de eucaliptos fueron plantadas y conducidas para atender los sectores de celulosa y de energía, en los cuales la producción de masa era más importante. Para el proceso mecánico, las técnicas deben ser diferenciadas e inclinadas para la producción de trozas con diámetros superiores y sin nudos. La conducción de los bosques sobre un régimen de raleo y podas es la forma más adecuada para ese fin.

Los estudios tecnológicos deberán concentrarse en programas de secado, en la producción de chapas y en la elaboración de nuevos productos, con precio y calidad suficientes para ganar nuevos mercados. Por lo tanto, es indispensable el desarrollo de un plan de esclarecimiento de la opinión pública, capaz de cambiar el concepto negativo que rodea la madera de eucalipto para usos más nobles.

REFERENCIAS

Andrade, E. N., 1961. O Eucalipto. Jundiaí : Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 667p.

Associacao Brasilera de Carvao Vegetal, 1993. Anuário Estatístico. Belo Horizonte.

Associacao Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose, 1992. Relatório Estatístico. Sao Paulo.

INFOR

Bertolucci, F. L. G., 1993. Clonagem do Eucalipto: Efeitos sobre a Produtividade e Qualidade da Madeira. Ciência Hoje Suplemento, , v.16, n.91, p.16-21.

Ferreira, C. A., 1989. Nutritional Aspects of the Management of Eucalyptus Plantations on Poor Sandy Soils of the Brazilian Cerrado Region. Oxford, 193p. Doctor of Philosophy Thesis-Oxford University.

Jacob, W. S., 1979. A Evoluçao da Produtividade da Floresta Plantada. In: Encontro Nacional de Reflorestadores (5.:1979: Gramado/Canela). Anais . Jornal dos Reflorestadores. p.38-39.

Keinert Junior, S., 1993. Atualidades e Perspectivas da Utilizaçao da Madeira de **Eucalyptus spp.** y **Pinus spp.** para Producao de Panéis no Brasil e no Exterior. In: Simposio Brasileiro de Pesquisa Florestal (1.: 1993: Belo Horizonte. Anais Belo Horizonte: Universidade Federal de Viçosa. p. 227 - 239.

Lopes, E. M., 1993. Situaçao Atual e Perspectivas Brasileiras do Setor de Celulose e Papel no Brasil. In: Simposio Brasileiro de Pesquisa Florestal. (1.:1993:Belo Horizonte). Anais . Belo Horizonte : Universidade Federal de Viçosa, p. 89-107.

Magalhaes, J. L., 1993. Futuro do Carvao Vegetal no Contexto Nacional e no Exterior. In: Simposio Brasileiro de Pesquisa Florestal (1.:1993:Belo Horizonte). Anais .Belo Horizonte: Universidade Federal de Viçosa, p. 240-249.

Muñiz, G. I. B., 1993. Caracterizaçao e Desenvolvimento de Modelos para Estimar as Propriedades e o Comportamento na Secagem da Madeira de **Pinus elliottii** Engelm e **Pinus taeda** L. Curitiba, 1993. 235p. Tese de Doutoramento-Universidade Federal do Paraná.

Ponce, H. P., 1993. Eucalipto como Madeira Serrada. In: Simposio Brasileiro de Pesquisa Florestal (1.:1993:Belo Horizonte). Anais Belo Horizonte: Universidade Federal de Viçosa, p.78-86.

Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. A Sociedade Brasileira e seu Patrimônio Florestal. Sao Paulo, 20 p.

INFOR

EFECTO DEL PRETRATAMIENTO EN AMBIENTE SATURADO SOBRE EL ALIVIAMIENTO DE TENSIONES Y LA RECUPERACION DEL COLAPSO DURANTE EL SECADO DE EUCALIPTO *Eucalyptus globulus* L.

Rubén A. Ananías. (*)
Lorena Espinoza G. (**)
Walter G. Kauman. (***)

RESUMEN

Este trabajo presenta resultados de mediciones exploratorias del aliviamiento de las tensiones y de la recuperación del colapso durante el secado de tablas verdes de eucalipto de 30 mm x 116 mm x 30 cm, previamente expuestas a tratamientos en ambiente saturado a 80°C, por una, dos y tres horas. Después del pretratamiento, la madera es secada artificialmente hasta 10% de humedad final.

Los resultados preliminares indican que un pretratamiento en ambiente saturado a 80°C por dos horas produce reducciones notables en el nivel de las tensiones de secado y un aumento en la recuperación del colapso durante el secado de eucalipto.

(*) Universidad del Bio - Bio. Dep. Ingeniería en Maderas, Facultad de Ingeniería. Cas. 5 - C. Concepción
(**) Ingeniero Ejecución Maderas. Muebles Paris Ltda.
(***) Dr.Sc. Saint Aygulf, Francia.

INFOR

INTRODUCCION

Los tratamientos en base de vapor saturado a 100°C pueden ser efectivos para acelerar el secado de diversas especies de eucalipto, aumentando la recuperación del colapso por reacondicionamiento.

Campbell (1961), con un prevaporizado a 100°C de 2 a 4 horas reduce hasta en un 35% la tasa de secado del **Eucalyptus obliqua** de 25 mm de espesor. Alexiou **et al.** (1990b), muestran que la velocidad del secado en **Eucalyptus pilularis** prevaporizado por 3 horas a 100°C aumenta entre un 6 y un 16%. Ellos observan bajo el microscopio electrónico modificaciones en el contenido y la disposición de las depositaciones en los lumenes celulares, lo que favorece el flujo de agua durante el secado. Igualmente Mackay (1971) encuentra un 12% de aumento en el movimiento interno de agua en madera de **Eucalyptus regnans** prevaporizada por 30 minutos a 100°C.

Alexiou **et al.** (1990a), informan una mayor magnitud de las tensiones al final del secado de **Eucalyptus pilularis** prevaporizado a 100°C por 3 horas. Antes del acondicionamiento final la deformación por tensión en el centro de la madera prevaporizada es el doble en magnitud que en la madera control (sin pretratamiento).

En relación al colapso, Chafe (1990), recoge en **Eucalyptus regnans** un mayor nivel del colapso en madera prevaporizada a 100°C por media hora, pero la madera prevaporizada alcanza una recuperación del colapso de 9,4% y la control solamente 7,8%. La misma tendencia es observada por Chafe (1993) en duramen de **Eucalyptus regnans** precalentada en agua hirviente. Con 8 minutos de pretratamiento en agua hirviente, la recuperación del colapso es un tercio más que en las muestras control.

La aceleración del secado y la reducción del colapso podrían ser el resultado de una leve hidrólisis ácida durante los pretratamientos, provocada por el ácido acético naturalmente presente en la madera. A temperatura ambiente, Chudnoff (1957), observa reducciones importantes del colapso en **Eucalyptus globulus** crecido en Israel, después de un pretratamiento rápido en soluciones muy diluidas de ácido clorhídrico (0,001N a 0,01N). En cambio, Greenhill (1936) y Kauman (1961) observan, con un pretratamiento de más de 48 horas a 80°C, y otro de más de 6 horas a 100°C, una degradación térmica que ocasiona un fuerte aumento del colapso y reducción de su recuperación.

INFOR

Por otra parte a nivel industrial, ciertas limitaciones en los equipos de generación del vapor, impiden en algunos casos la obtención de vapor saturado a 100°C. Por lo tanto, es una práctica frecuente el empleo de tratamientos en ambiente saturado a una temperatura por debajo de la saturación del vapor, o sea, 80 o 90°C y cerca de 100% de humedad relativa. Es decir, se trabaja en un ambiente de mezcla de vapor y aire, saturado o a veces entre 90 hasta 97% de humedad relativa a 80 o 90°C, y no en un ambiente de vapor puro saturado a 100°C. En rigor, este tratamiento no debe llamarse vaporizado, sino más bien tratamiento en ambiente saturado.

En este trabajo se desea mostrar el impacto del pretratamiento en ambiente saturado a 80°C sobre el alivio de las tensiones de secado y la recuperación del colapso durante el secado de madera verde de eucalipto de 30 mm de espesor.

METODOLOGIA

Se realizan 2 ensayos de secado artificial convencional sobre madera de eucalipto radial de 30 mm x 116 mm x 30 cm. La madera es secada desde verde, recién aserrada, hasta 10% de humedad final, en un secador piloto de 0,17 m^3 de capacidad.

La madera es recogida al azar, recién aserrada, en una planta industrial de la Octava Región (Lota, Chile). De cada pieza son obtenidas 4 muestras del largo especificado, sellados sus extremos con papel aluminio y después distribuidas al azar para cada uno de los tratamientos en cada ensayo de secado según el siguiente plan, resumido en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1

NUMERO DE MUESTRAS ANALIZADAS POR ENSAYO Y TRATAMIENTO

Tratamiento	Número de Muestras	
	Ensayo 1	Ensayo 2
Control	10	10
Pretratada 1 h	10	10
Pretratada 2 h	10	10
Pretratada 3 h	10	10

INFOR

Los ensayos comienzan con la aplicación del pretratamiento en ambiente saturado a 80°C y 100% de humedad relativa a las 10 muestras que se pretratan por 3 horas, posteriormente cada una hora se agregan de a 10 muestras al proceso según el tiempo requerido del pretratamiento. Después de las 3 horas del pretratamiento se introducen las 10 muestras control y se inicia el proceso de secado artificial propiamente tal. Se emplea un programa de secado convencional (Cuadro Nº 2) adaptado de Teuber (1990).

Cuadro Nº 2.

PROGRAMA SECADO ARTIFICIAL EUCALIPTO 30 mm ESPESOR.

CH (%)	T (°C)	HR (%)	t (h)	
84	80	100	0, 1, 2, 3	Pretratamiento
84	40	90	240	
30	50	60	652	
20	80	100	740	Acond. intermedio
15	60	35	900	
10	60	100	945	Acond. final

Aparte de la conducción del secado en base al contenido de humedad estimado por pesajes de las muestras de madera. Se recogen otras dos observaciones: la intensidad de las tensiones y la contracción.

Se calcula la efectividad de la recuperación de las tensiones de secado (ERT), según:

$$ERT = \frac{T_{aaf} - T_{daf}}{T_{aaf}} \times 100$$

donde:

T_{aaf} = tensión secado antes acondicionamiento final (mm).
T_{daf} = tensión secado después acondicionamiento final (mm).

Y se calcula el efecto del pretratamiento (EPT) sobre la recuperación de las tensiones, de la siguiente manera:

$$EPT = ERT_{pre} - ERT_{con}$$

INFOR

donde:

ERT_{pre} = Efectividad de recuperación de las tensiones en muestras pretratadas (%).

ERT_{con} = Efectividad de recuperación de las tensiones en muestras sin pretratamiento (%).

La magnitud de las tensiones de secado T_{aaf} y T_{daf} representan la desviación de los dientes de probetas tipo tenedor antes y después del tratamiento de acondicionamiento final en ambiente saturado por 3 horas a 60°C.

Se mide la contracción total en las piezas pretratadas y en los controles, antes y después del tratamiento de acondicionamiento intermedio, en cada caso en medio de la cara correspondiente y se considera que la diferencia representa la recuperación del colapso. La efectividad de la recuperación del colapso (ERC), se calcula entonces como:

$$ERC = C_{aai} - C_{dai}$$

donde:

C_{aai} = contracción antes del acondicionamiento intermedio (%).
C_{dai} = contracción después del acondicionamiento intermedio (%).

Y el porcentaje efectividad de los pretratamientos en la recuperación del colapso (EPC), se calcula finalmente:

$$EPC = \frac{ERC_{pre} - ERC_{con}}{ERC_{con}} \times 100$$

donde:

ERC_{pre} = efectividad de recuperación del colapso de la madera pretratada (%).

ERC_{con} = efectividad de recuperación del colapso de la madera sin pretratamiento (%).

INFOR

RESULTADOS

En el cuadro Nº 3 se muestran los resultados de las mediciones de las tensiones de secado.

Cuadro Nº 3.

TENSIONES DE SECADO EUCALIPTO (mm)

Ensayo	Medición		Control	1	2	3
1	T_{aaf}	(mm)	3,3	4,0	2,9	2,0
	T_{daf}	(mm)	2,7	3,0	1,9	1,1
	ERT	(%)	18,0	25,0	34,0	45,0
	EPT	(%)		7,0	16,0	27,0
2	T^{aaf}	(mm)	3,5	3,4	2,4	3,3
	T^{daf}	(mm)	2,5	1,6	1,2	2,3
	ERT	(%)	29,0	53,0	50,0	30,0
	EPT	(%)		24,0	21,0	1,0

Se observa que los pretratamientos reducen livianamente las tensiones durante el secado y aumentan notablemente la recuperación de estas tensiones en el acondicionamiento final (Cuadro Nº3). Las diferencias entre estos resultados y los obtenidos por Alexiou **et al.** (1990a), pueden atribuirse a las diferentes temperaturas de los pretratamientos y posiblemente a variaciones debido a las dos distintas especies ensayadas.

Los resultados de contracción y de recuperación del colapso se presentan en el Cuadro Nº 4. Según las observaciones de Chafe (1990b), la contracción de las muestras pretratadas presentan una contracción total igual o mayor que las muestras control, pero una recuperación del colapso bastante mayor en la madera prevaporizada.

La duración del pretratamiento parece no tener un efecto muy claro, ya que se observa una mayor efectividad de la recuperación del colapso con dos horas de pretratamiento.

La mayor magnitud de la EPC para una hora de pretratamiento en el ensayo 1, es debida al pequeño valor de la ERC, en comparación al ensayo 2, y por lo tanto son fortuitos.

INFOR

La recuperación absoluta de colapso (DERC) es de mayor magnitud en el ensayo 2.

Cuadro Nº 4.

CONTRACCIÓN TANGENCIAL DEL EUCALIPTO (%)

Ensayo	Medición	Control	1	2	3
1	C_{aai}	17,3	16,9	16,9	18,0
	C_{dai}	16,3	15,6	16,0	16,6
	ERC	1,0	1,3	1,6	1,4
	DERC	-	0,3	0,6	0,4
	EPC		30,0	60,0	40,0
2	C_{aai}	16,3	16,3	16,8	16,8
	C_{dai}	12,2	11,7	11,8	12,0
	ERC	4,1	4,6	5,0	4,8
	DERC		0,5	0,9	0,7
	EPC		12,0	22,0	17,0

Según Greenhill (1936) y Kauman (1961), un pretratamiento por media hora a 100°C o por tres horas a 80°C, no inducen una degradación térmica significativa en la madera ensayada. En cambio, de acuerdo con Greenhill (1936) y Bluhm **et al.** (1966), el acondicionamiento intermedio por 3 horas a 80°C, produce una recuperación neta del colapso, del orden de un 25 a 57% de la que produce un tratamiento a 100°C. Este efecto, puede explicar la débil efectividad de la recuperación del colapso observada en estos ensayos en ambiente saturado a 80°C. Según, lo encontrado por Bluhm **et al.** (1966), se estima que la recuperación del colapso puede alcanzar del orden de 5 a 10% con vapor saturado a 100°C, en vez de 1,3 a 5%, observado en estos ensayos.

Además, se esta por confirmar, evidencias de un leve aumento de la velocidad del secado en la madera pretratada.

INFOR

CONCLUSIONES

El pretratamiento en ambiente saturado a 80°C permite un mayor alivio de las tensiones del secado y una mayor recuperación del colapso en comparación a madera de eucalipto sin pretratamiento.

Es posible que estos mejoramientos de la calidad del secado sean más notables empleando vapor saturado a 100°C.

Se recomienda emprender otros experimentos para investigar la reducción de las tensiones y la recuperación del colapso después de pretratamientos en vapor saturado a 100°C y empleando un reacondicionamiento también a 100°C con un 17% de contenido de humedad.

Tomando en cuenta la extensa experiencia de otros paises en el secado de eucalipto, y en particular de Australia, se recomienda a la industria chilena, dotarse paulatinamente de equipos que permitan producir cantidades adecuadas de vapor saturado a 100°C, para poder ejecutar por lo menos los tratamientos de reacondicionamiento, los que en estas condiciones han tenido éxito en diversos paises.

Si el pretratamiento a 100°C se confirma como técnicamente ventajoso, se recomienda realizar un estudio de su rentabilidad para determinar su conveniencia en la aplicación industrial.

REFERENCIAS

Alexiou, P.N., Marchant, J.F. and Hartley, J., 1990a. Effect of Pre-steaming on Moisture Gradients, Drying Stresses and Sets, and Face Checking in Regrowth **Eucalyptus pilularis** Sm. Wood Sci. Technol., 24: 201-209.

Alexiou, P.N., Wilkins, A.P. and Hartley, J., 1990b. Effect of Pre-steaming on Drying Rate, Wood Anatomy and Shrinkage of Regrowth **Eucalyptus pilularis** Sm. Wood Sci. Technol., 24: 103-110.

Bluhm, E., Melo, R., Neira, C. and Kauman, W.G., 1966. Reconditioning Plantation-grown Eucalypts. Forest. Prod. J., 16(7): 28-29.

Campbell, G.S., 1961. The Value of Pre-steaming for Drying some Collapse Susceptible Eucalypts. Forest Prod. J., 11(8): 343-347.

INFOR

Chafe, S.C., 1990. Effect of Brief Pre-steaming on Shrinkage, Collapse and other Wood-Water Relationships in **Eucalyptus regnans** F. Muell. Wood Sci. Technol., 24: 311-326.

Chafe, S.C., 1993. The effect of Boiling on Shrinkage, Collapse and other Wood-Water Properties in Core Segments of **Eucalyptus regnans** F. Muell. Wood Sci. Technol., 27: 205-217.

Chudnoff, M., 1957. Preventing Collapse during Seasioning. Proc. 4th Forestry Congress, Derha Dun., 2: 592-597.

Espinoza, L., 1991. Ensayos de Secado sobre Madera Prevaporizada de Eucalipto **Eucalyptus globulus** L. Seminario Titulación, Depto. Ing. Maderas, Fac. Ingeniería, Universidad del Bío-Bío. Concepción , Chile.

Greenhill, W.L., 1936. Collapse and Its Removal: Some Recent Investigation with **Eucalyptus regnans**. Div. Forest Products, CSIRO (Australia), Tech. Paper Nº 24. 29 pp.

Kauman, W.G., 1961. Effect of Thermal Degradation on Shrinkage and Collapse from 3 Australian Species. Forest Prod. J., 11(9): 445-452.

Mackay, J.F., 1971. Influence of Steaming on Water Vapor Diffusion in Hardwoods. Wood Science, 3(3): 156-160.

Teuber, P., 1990. Mejoramiento del Secado Industrial de Eucalipto **Eucalyptus globulus** L. Proyecto Título, Depto. Ing. Maderas, Fac. Ingeniería, Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile.

INFOR

MODELO OPTIMIZADOR DE TROZADO BASADO EN FUNCIONES DE AHUSAMIENTO Y PROGRAMACION DINAMICA

Jorge Cancino C. (*)
José Arze B. (**)

RESUMEN

El modelo optimizador de trozado de fustes de árboles es una herramienta básica de apoyo a las decisiones en manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales. Está compuesto por un algoritmo de optimización, basado en Programación Dinámica, y funciones de ahusamiento que describen el perfil fustal de los árboles. Procesa datos de árboles individuales, parcelas de muestreo o rodales en 18 formas alternativas. Realiza dos procesos básicos en árboles con o sin defectos en el fuste: a) cubicación, hasta un diámetro límite, altura límite o total; y b) optimización del trozado, para maximizar el volumen, el ingreso o la utilidad, con o sin producto prioritario.

(*) Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile.
(**) Centro Agronómico Tropical de Capacitación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica.

INFOR

INTRODUCCION

La disminución en diámetro que experimenta el fuste de un árbol desde la base hasta el ápice se conoce como ahusamiento. Una función de ahusamiento describe el perfil del fuste, permitiendo estimar: i) El diámetro con o sin corteza en cualquier punto del fuste; ii) El volumen total del fuste; iii) El volumen comercial y la altura comercial para cualquier diámetro límite de utilización y desde cualquier altura de tocón; y iv) Volumen de trozos individuales (Clutter **et al.**, 1983).

El diámetro en un punto cualquiera del fuste se estima en función de la altura de ese punto sobre el suelo, la altura total del árbol y el diámetro del árbol a 1,3 m del suelo (dap); el volumen se estima por integración y la altura comercial se estima reacomodando la función de ahusamiento.

En mensura forestal el estudio de la forma del fuste de los árboles es un tema bastante desarrollado. Periódicamente se publican artículos sobre funciones de ahusamiento, con propuestas de nuevos modelos (Thomas y Parresol, 1991), perfeccionamiento de modelos ya existentes (Allen **et al.**, 1992), comparación de predicciones entre modelos (Martin, 1981) o propuestas de métodos alternativos de ajuste para mejorar las predicciones (Parresol y Thomas, 1991).

En ellos se resaltan las bondades de las funciones de ahusamiento para estimar diámetros, alturas o volúmenes comerciales de los fustes de los árboles y la posible utilización en modelos optimizadores de trozado, junto a métodos de optimización como Programación Dinámica.

Aunque existe un número elevado de modelos de ahusamiento y estudios relacionados con éstos, no hay modelos optimizadores de trozado de uso público para apoyar la toma de decisiones en el aprovechamiento y el manejo de especies forestales. Este trabajo describe un modelo optimizador de trozado, basado en funciones de ahusamiento y Programación Dinámica.

DESARROLLO DEL MODELO OPTIMIZADOR

El Optimizador de Trozado (OT) se estructuró en base a módulos, se implementó mediante el lenguaje de programación Quick BASIC (Feldman y Rugg,

INFOR

1988) y se compiló para generar un programa ejecutable.

OT tiene 2 componentes básicos:

a) Función de ahusamiento. Estima el diámetro del fuste en cualquier punto del fuste. Componente necesario para considerar las restricciones relativas a diámetros y longitud de los productos en el trozado.

b) Algoritmo optimizador del trozado. Está basado en Programación Dinámica. Considera y compatibiliza las especificaciones de diámetros y longitud de los trozos a obtener con la forma y tamaño de los fustes a trozar.

Modelos de ahusamiento

OT tiene incorporados cinco modelos de ahusamiento actualmente (Cuadro Nº 1). En versiones futuras se incorporarán otros modelos.

Cuadro Nº 1

MODELOS DE AHUSAMIENTO INCORPORADOS EN OT.

1 $Y^2 = 10^{2b0} D^{2b1-2} (H-h)^{2b2} H^{2b3} + e_i$
2 $Y^2 = b_1 (X-1) + b_2 (X^2-1) + e_i$
3 $Y^2 = b_1(X-1) + b_2(X^2-1) + b_3(a_1-X)^2 I_1 + b_4(a_2-X)^2 I_2 + e_i$
4 $Y^2 = ((H-h)/(H-1.3))^{2b1} + e_i$
5 $Y^2 = b_1 (X-1) + b_2 [\sin (2 \pi X)] + b_3 [1/\tan (\pi X/2)] + e_i$

En los modelos de ahusamiento del Cuadro Nº 1:

$X = h/H$ $Y = d/D$
$I_i = 1, X \leq a_i$ $I_i = 0, X > a_i$
b_i : Coeficiente de regresión. a_i: Punto de inflexión.
h : Altura desde el suelo. H : Altura total del árbol.
d : Diámetro sin corteza a la altura h.
D : dap; diámetro con corteza medido a 1,3 m de altura.

INFOR

Optimización del Trozado

El trozado consiste en obtener una o más piezas del fuste, observando que éstas cumplan con las especificaciones de longitud y de diámetros mínimo y máximo definidas por el usuario, proceso que puede ser optimizado mediante Programación Dinámica.

El método de optimización de Programación Dinámica consiste en obtener la solución óptima, de un problema de asignación de recursos, etapa por etapa. Este método puede ser usado para planificar la producción de trozos (Pnevmaticos y Mann, 1972; Dykstra, 1984) y la conversión primaria de la madera (Geerts, 1984).

La utilización del método en la producción de trozos requiere conocer los productos alternativos a obtener de los árboles y, asociados a estos productos, están los precios de venta, los costos de producción y las especificaciones de mercado.

El patrón de trozado óptimo de los fustes se genera a través de Programación Dinámica, en base a la relación recursiva siguiente (Pnevmaticos y Mann, 1972; Dykstra, 1984; Buongiorno y Gilles, 1987):

$$V^{*n}(S) = \max_{Xn} \; [\, V_n(X_n) + V^*(S-X_n) \,] \qquad 0 \leq n \leq N$$

donde:

N	:	Número total de etapas necesarias para trozar un fuste.
n	:	Etapa de trozado, definida a lo largo del eje del árbol.
S	:	Longitud de fuste trozado hasta la etapa n (S=n*K).
K	:	Avance por etapa.
X_n	:	Longitud de trozo a obtener en la etapa n .
$V^{*n}(S)$	:	valor máximo (volumen, ingreso o utilidad) en la etapa n para la sección de fuste trozada entre 0 y la etapa n.
$V_n(X_n)$	:	valor del trozo a obtener en la etapa n.
$V^*(S-X_n)$	:	valor máximo para la sección de fuste trozada entre 0 y la posición $S-X_n$

En cada etapa de trozado hay varias posibilidades de corte que dependen de las especificaciones comerciales y del número de productos a obtener en el proceso (Figura Nº 1). La variable de estado S describe el cambio que ocurre de etapa en etapa, en respuesta a una decisión.

INFOR

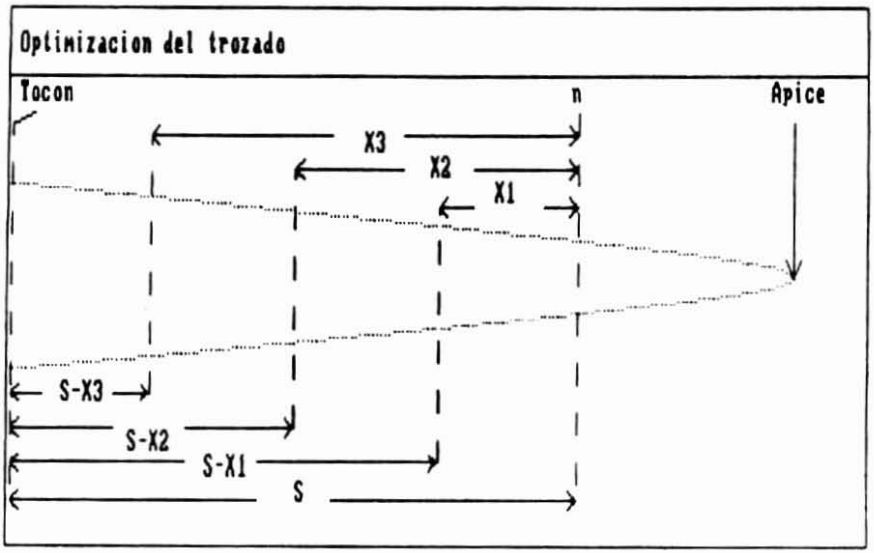


Figura Nº 1. **OPTIMIZACION MEDIANTE PROGRAMACION DINAMICA.**

En la Figura Nº 1 el proceso de trozado ha alcanzado la etapa n, punto en el cual debe decidirse que producto obtener para maximizar el resultado del proceso (volumen, ingreso o utilidad) hasta esa etapa. El trozado avanza desde la base hacia el ápice del árbol; el extremo de la pieza se ubica en la etapa actual (n) y su base en una etapa anterior, la que depende de la longitud del producto a obtener.

Con los tres productos potenciales del ejemplo, cuyas longitudes son X1, X2 y X3, en la etapa n se generan tres valores que deben compararse para seleccionar el mayor de ellos. En general: valor i) Obtener el producto i, de longitud Xi; el valor de esa pieza se adiciona al valor máximo obtenido en la sección anterior a ese producto (S-Xi).

El mayor de esos valores permite identificar el producto a obtener en la etapa n y el patrón de trozado óptimo hasta esa etapa. El procedimiento se repite etapa por etapa hasta el ápice del árbol. El patrón de trozado óptimo para el fuste corresponde al mayor valor entre los valores óptimos de las etapas entre el tocón y el ápice.

INFOR

EL MODELO OPTIMIZADOR

Características Generales del Modelo

La sigla "OT" se debe a que la optimización es la operación más valiosa que realiza el modelo, pero no es la única. OT permite estimar el rendimiento de cualquier especie forestal que desarrolle un fuste principal. Para ello el usuario debe ajustar una función de ahusamiento para la especie de interés e ingresar a OT los coeficientes obtenidos.

Estructura de OT

OT tiene una estructura modular que permite su uso aún en equipos con pequeña capacidad de memoria RAM. El programa se compone de ocho módulos que ocupan en total menos de 0.5 Megabytes. A continuación una descripción general de los cuatro módulos principales:

- Módulo IDP. Datos de Productos.

Archiva las especificaciones de los productos a evaluar: longitud, diámetros extremos mínimo y máximo, diámetro mínimo intermedio y distancia desde la base del trozo para medir el diámetro mínimo intermedio (si lo hubiera como restricción), forma de valorar los productos (por pieza o por volumen), valores de venta y los costos de producción (si fueran necesarios en el proceso)

- Módulo IDT. Datos de Terreno.

Archiva datos de terreno. El orígen de estos datos pueden ser árboles individuales, parcelas de muestreo o rodales completos, en los que se mide el dap con corteza, la altura total del árbol y defectos si es necesario (número, altura de inicio y longitud de cada defecto).

- Módulo NSP. Nueva Especie.

Archiva antecedentes generales de la muestra utilizada en el ajuste del modelo de ahusamiento y los valores de los coeficientes resultantes. El modelo ajustado debe corresponder a uno de los incluidos en el Cuadro Nº 1.

- Módulo PDT. Proceso de Datos de Terreno.

Procesa antecedentes provenientes de distintos escenarios de terreno, según productos, precios y forma de aprovechamiento definidos por el usuario. Opera en base a archivos creados mediante los módulos IDT, IDP y NSP.

INFOR

Procesa datos en 18 formas alternativas. Las operaciones básicas que realiza son: i) Optimización del trozado, para maximizar el volumen, el ingreso (bruto) o la utilidad (ingreso neto), con o sin producto prioritario; y ii) Cubicación, hasta un diámetro límite, altura límite o total. La optimización y la cubicación se efectuan sobre árboles con y sin defectos.

Optimizar con producto prioritario implica que, dentro de la sección comercial de fuste para ese producto, se obtienen todas las piezas enteras del producto prioritario. La holgura o remanente de esa sección comercial, puede ser dejada en la base o extremo, dependiendo de cual opción maximiza el valor especificado (volumen, ingreso o utilidad) para todo el fuste. El trozado de la porción remanente de fuste es optimizado mediante Programación Dinámica. Optimizar sin producto prioritario implica que la probabilidad de obtener un producto va a depender de las especificaciones comerciales (dimensiones, precio, costo) y del valor a maximizar (volumen, ingreso o utilidad). El trozado del fuste es optimizado mediante Programación Dinámica.

Resultados de la Evaluación

El proceso de optimización genera siete tablas (Cuadro Nº 2) y el de cubicación genera una. En ellas se entrega una descripción general del proceso realizado y de los árboles procesados junto con los resultados obtenidos, para que éstas puedan ser usadas directamente en la generación de informes sin la necesidad de hacer traspaso de información.

Las tablas generadas por el proceso de optimización difieren en el tipo de información que entregan y en el uso que se les puede dar. Las Tablas 1 y 2 entregan información general de los productos y de los árboles, respectivamente; las Tablas 3 a 6 evalúan el recurso arbóreo; la Tabla 7 permite implementar el proceso de trozado óptimo en terreno.

INFOR

Cuadro Nº 2.
TABLAS DE RESULTADOS DEL PROCESO DE OPTIMIZACION

Tabla	Datos que entrega
1	**Características de los productos evaluados**. Señala las especificaciones de los productos potenciales.
2	**Sección comercial del fuste por clase de dap**. Señala la sección del fuste disponible para cada producto potencial.
3	**Totales por producto potencial**. Para cada producto potencial señala el volumen, el ingreso, el costo y la utilidad que genera el proceso de trozado.
4	**Totales por clase de dap**. Señala el volumen, el ingreso, el costo y la utilidad que genera el proceso de trozado por clase de dap.
5	**Totales por producto potencial por clase de dap**. Para cada producto potencial señala el volumen, el ingreso, el costo y la utilidad que genera el proceso de trozado por clase de dap.
6	**Número de trozos por producto por clase de diámetro menor**. Señala el número de piezas que se obtiene de cada producto potencial por clase de diámetro menor.
7	**Patrón de trozado por clase de dap**. Para cada clase de dap señala la posición óptima de los cortes en el fuste y los productos a obtener.

REFERENCIAS

Allen, P. J., Henry, N.B. and Gordon, P., 1992. Polynomial Taper Model for Queensland Plantation Hoop Pine. Aust. For., 55: 9-14

Buongiorno, J. and Gilless, J. K., 1987. Forest Management and Economics. A Primer in Quantitative Methods. MacMillan, N.Y., 285 p.

INFOR

Clutter, J. L., Forston, J. C., Pienaar, L. V., Brister, G. H. and Bailey, R. L., 1983. Timber Management: A Quantitative Approach. John Wiley & Sons N.Y. 333 p.

Dykstra, D. P., 1984. Mathematical Programming for Natural Resource Management. Mc Graw-Hill. N.Y. 318 p.

Feldman, P. and Rugg, T., 1988. Using QuickBASIC 4. Que Corp. Indiana. 713p.

Geerts, J. M. P., 1984. Mathematical Solution for Optimising the Sawing Pattern of a Log given its Dimensions and its Defect Core. N. Z. J. For. Sci., 14(1):124-134.

Martin, A. J., 1981. Taper and Volume Equations for Selected Appalachian Hardwood Species. USDA Research Paper NE-490.

Parresol, B. R. and Thomas, C. E., 1991. Econometric Modeling of Sweet Gum Stem Biomass Using the IML and SYSLIN Procedures. In: Proceedings of the 16th annual SAS Users Group International conference; SUGI 16; 1991 february 17-20; New Orleans, LA. Cary, NC:SAS Institute:694-699.

Pnevmaticos, S. M. and Mann, S.H., 1972. Dynamic Programming in Tree Bucking. For. Prod. J., 22(2):26-30.

Thomas, C. E. and Parresol, B. R., 1991. Simple, Flexible, Trigonometric Taper Equations. Can. J. For. Res., 21:1132-1137

INFOR

DISEÑO DE HERRAMIENTA PARA PLANIFICACION EN EL ASERRIO DE EUCALIPTO

Héctor Martínez S.(*)
Gerardo Herrera C.(**)

El encarecimiento del recurso ***Eucalyptus globulus L.*** *como materia prima y la poca disponibilidad de trozas aserrables de diámetros mayores, obliga a optimizar su aprovechamiento integral en un proceso de aserrío y elaboración.*

Poseer diagramas de corte bien definidos para cada proceso de aserrío y en particular para el eucalipto, que se ajusten no sólo con el aprovechamiento volumétrico máximo, sino que también con las restricciones propias del proceso y con factores de producción, hacen a la empresa un organismo más rentable y competitivo en el mercado nacional.

El objetivo general de este trabajo es intentar optimizar los esquemas de corte para el aserrío de ***Eucalyptus globulus L.*** *en Empresas COLCURA S.A., en función de un mejor aprovechamiento de la materia prima, considerando las restricciones dadas por las propiedades físicas y anatómicas de la madera de eucalipto, las metas de producción, la productividad del proceso y la distribución tanto de escuadrías como de calidades del producto, además de las necesidades de materia prima.*

Los objetivos específicos de este trabajo son optimizar tanto la producción de madera de corte radial como el aprovechamiento volumétrico de las trozas aserrables a través de una optimización geométrica del trozo (maximización del volumen de madera aserrada minimizando el número de cortes por trozas), minimizar el uso de albura del trozo en madera aserrada y descartar el uso de corazón en dicha madera. Además, como objetivo final, determinar un modelo matemático que represente la interrelación existente entre la optimización geométrica de las trozas y los factores de producción antes mencionados.

(*) Ingeniero Civil en Industrias Forestales (e)
Universidad del Bío - Bío. Cas. 5 - C. Concepción.
(**) Ingeniero Civil en Industrias Forestales
Universidad del Bío - Bío. Cas. 5 - C. Concepción.

INFOR

Previo a cualquier análisis fue necesario hacer un estudio acerca del comportamiento que tienen tanto la albura como el corazón presentes en las trozas aserrables. El resultado de este estudio indica que existe una relación directa de estas variables con respecto del diámetro de las trozas, concluyéndose que estas variables reducen significativamente el aprovechamiento de las trozas .

Luego se obtuvieron los diagramas de corte específicos para cada diámetro de troza en estudio y, posteriormente, los esquemas representativos de cada rango diamétrico de trabajo (las trozas son agrupadas de acuerdo a su diámetro) que cumplieran con las características propias del proceso (flujo del proceso), características técnicas de las máquinas de aserrío y factores de producción.

Hecho lo anterior, se procedió a compatibilizar las optimizaciones de diagramas de corte con las variables de producción dadas para el aserradero y con el nivel de inventario de materia prima que maneja la Empresa, a través de un modelo de programación lineal, el cual optimiza el proceso minimizando el costo por concepto de materia prima para producir madera aserrada en un periodo de tiempo dado.

Finalmente, se logra un modelo sistemático de optimización global del proceso, el cual se convierte en una excelente ayuda para la planificación de la producción y la definición de requerimientos de materia prima.

INFOR

INTRODUCCION

En Chile las plantaciones del género **Eucalyptus** no superan las 180 mil hectáreas, lo que representa aproximadamente el 11% del total de las plantaciones forestales del país (Herrera, 1990). Estas se concentran principalmente en las regiones V y VIII y además en las zonas costeras hasta la X región (Herrera, 1990; INFOR - CORFO, 1989). Dichas plantaciones están constituidas casi en su totalidad por la especie **Eucalyptus globulus Labill ssp. globulus** (INFOR - CORFO, 1989) y la mayor parte está en manos de grandes empresas, lo que genera una escasés en el mercado de este recurso para fines de aserrío (especialmente trozas de diámetros mayores) y un alto precio. Esto obliga a los aserraderos que procesan el eucalipto a maximizar el aprovechamiento de las trozas que llegan a sus plantas.

Los diagramas de corte para trozas de madera son una herramienta fundamental para todo aserradero que quiera, sino progresar, al menos mantenerse en el mercado.

Poseer diagramas de corte bien definidos para cada proceso de aserrío, que se ajusten no sólo con el aprovechamiento volumétrico máximo (teniendo en cuenta la presencia de albura y corazón en las trozas), sino que también con las restricciones propias del proceso y con factores de producción, es indispensable para obtener una adecuada rentabilidad del aserradero.

En la actualidad, a nivel mundial se ha incorporado la computación en todo ámbito industrial y en este sentido el sector forestal-maderero no se ha quedado atrás. Desde los softwares de nivel usuario hasta complejos sistemas de control de procesos se pueden encontrar operando en plantas industriales del país.

La informática también ha abordado el tema de los esquemas de corte para madera y es así que, se han desarrollado algunas experiencias en este sentido, tanto en el extranjero como a nivel nacional. En Norteamérica fue desarrollado el conocido programa B.O.F. (Best Opening Face) (INFOR, 1993), el cual determina básicamente la mejor posición (distancia) del primer corte a realizar en una troza de acuerdo a las escuadrías a obtener de ella, utilizando para esto sensores ópticos (scanner), que entregan información a un computador central que procesa estos datos y emite la solución.

En Alemania, fue desarrollado también un programa orientado a la solución de este tipo de problemas, el llamado Programa Rosenheim (INFOR, 1993). Este programa computacional da respuestas a interrogantes claves de tipo técnico y económico, como lo son, por ejemplo: diámetro más conveniente para un cierto pedido de escuadrías, escuadría más conveniente para maximizar utilidades, número de trozas necesarias y volumen, y otras.

INFOR

Las experiencias nacionales han sido escasas y su difusión reducida, ya que en la mayoría de los casos se trata de trabajos realizados en las universidades por estudiantes en busca de su título profesional. La mayor parte de estos trabajos ha sido realizada tomando en cuenta sólo el máximo aprovechamiento de la troza, sin considerar factores como el tiempo que toma llevar a cabo dicho esquema, potencias requeridas, productividad, demanda de escuadrías, etc. Esto no permite integrar todas las variables que intervienen en el proceso, para poder dar el mejor uso al modelo, en la planificación de la producción.

Una herramienta de la que se dispone desde tiempos de la Segunda Guerra Mundial y que aún está vigente es la Investigación de Operaciones, que permite, a través del empleo de numerosas técnicas existentes, analizar y en muchos casos resolver una gran variedad de problemas, tales como (Romero, 1991):

- Asignación de personal y maquinarias.
- Distribución y transporte.
- Planificación de la producción.
- Determinación de niveles de inventario.
- Y muchos otros aspectos.

Algunas de las técnicas más empleadas por la Investigación Operacional para analizar y resolver la variedad de problemas antes mencionados son :

- Análisis de Regresión.
- Simulación.
- Programación Lineal.
- Teoría de Colas.
- Modelo de Redes.

Los antecedentes expuestos destacan la necesidad de contar con una herramienta de apoyo a la planificación de la producción, la cual optimice el proceso de aserrío para el eucalipto, minimizando los costos por concepto de materia prima para la producción de madera aserrada, de tipo radial, en el Aserradero de Empresas COLCURA S.A.

INFOR

OBJETIVOS

Objetivo General

Optimizar los esquemas de corte para el aserrío de eucalipto en función de un mejor aprovechamiento de la materia prima y de un máximo porcentaje obtenible de madera radial, considerando las órdenes de producción de la empresa.

Objetivos Específicos

- Optimizar la producción de madera de corte radial.
- Optimizar el aprovechamiento volumétrico de las trozas de tipo aserrable, considerando la obtención de madera tangencial como subproducto.
- Maximizar el volumen de madera aserrada minimizando el número de cortes por troza para ello.
- Minimizar el uso de albura del trozo en madera aserrada y descartar el uso del corazón de éste en dicho producto.
- Interrelacionar diagramas de corte óptimos con metas de producción, productividad y distribución de calidades y escuadrías, a través de un modelo matemático que sirva de apoyo a la planificación de la producción.

METODOLOGIA

En una primera instancia se procedió a hacer una evaluación de la situación actual (primer semestre del año en curso) del aserradero que posee Empresas COLCURA S.A. De esta evaluación se obtuvieron distribuciones de ocurrencia, tanto para las distintas calidades de madera aserrada, como para las escuadrías típicas que se producen. Así también, se obtuvieron los parámetros básicos o factores de producción con los que se rige el aserradero, como lo son: las metas de producción, la productividad tanto por máquina como para la línea de proceso y el aprovechamiento promedio que se obtiene de la materia prima. En esta primera etapa se han tomado en cuenta datos históricos, tanto para las producciones mensuales como para los aprovechamientos de las trozas, y la experiencia de los niveles administrativos de la Empresa.

INFOR

Luego, en una segunda etapa, se hizo necesario realizar un estudio acerca del comportamiento que tienen tanto la albura como el corazón presentes en las trozas de eucalipto en estudio, en función del diámetro . Para efectos de concordancia con el resto de los estudios realizados, en el presente trabajo, se ha considerado como diámetro de troza al diámetro que se señala en la norma J.A.S. para el cálculo de volúmenes de troza.

Se hizo un diseño experimental para estudiar dicho comportamiento, el cual toma como rango de trabajo todas las trozas de tipo aserrable, según Norma de Empresas COLCURA S.A., que tengan entre 30 y 60 cm de diámetro. Con esto se tiene una distribución de diámetros típicos, con 16 elementos a estudiar. Para efectos de homogeneidad en la selección del trozo se consideran trozos sanos de buena forma y rectitud.

Para el cálculo del número de trozas por diámetro, se estimó un coeficiente de variación promedio cercano al 8%. De esta forma, con un error no superior al 5% y con un nivel de confianza del 95%, se obtiene a partir de un muestreo aleatorio simple, que el número de trozas por diámetro a estudiar es igual a 10. Con lo que se tiene finalmente un universo muestral de 160 individuos. Esto es:

$$\text{Nº de trozas} = \frac{Z^2 \times CV^2}{\alpha^2}$$

Donde :

Z	=	nivel de significancias (1.96)
CV	=	coeficiente de variación (8%)
α^2	=	error muestral (5%)

Luego :

$$\text{Nº de trozas} = \frac{(1.96)^2 \times (0.08)^2}{(0.05)^2} = 9.8$$

Nºde trozas = 10

Universo Muestral = Nº de elementos x Nº de trozas

= 16 x 10 = 160 trozos

INFOR

La forma en que serán diferenciados la albura y el corazón en las trozas a estudiar será por medios organolépticos, utilizándose para ello una solución tituladora de Albura-Duramen. Esta solución tituladora es un reactivo químico que al entrar en contacto con la madera tiene la propiedad de hacer que ésta se tiña de un color característico, en zonas de alta densidad (duramen), y de otro en zonas de baja densidad (albura y corazón). El reactivo utilizado en esta prueba fue a base de Cloruro Férrico (Torres, 1993).

En cuanto a cómo se realizaron las mediciones, éstas fueron hechas sobre la cara del diámetro menor de la troza, tomándose 4 mediciones sobre el anillo formado por la albura y una para el caso del corazón. Esta diferencia de operación se debe a que el anillo formado por la albura presenta formas muy irregulares, con lo que el promedio de las mediciones será el parámetro a considerar y en el caso del corazón sólo se toma la medida del diámetro menor de éste, ya que presenta una forma más uniforme.

Luego se procesa esta información para encontrar alguna ecuación que rija tales comportamientos.

Una vez obtenidas las ecuaciones de comportamiento tanto de la albura como del corazón, se plantea la tercera etapa del trabajo. En este nivel, se centran los esfuerzos en el desarrollo de diagramas de corte que maximicen el aprovechamiento de las trozas en relación a la cantidad de madera aserrada que de ellas se pueda obtener. Con este propósito se crea un programa computacional que genera esquemas, considerando las restricciones planteadas en los objetivos antes expuestos, que son : minimizar el uso de albura y descartar la presencia de madera de corazón en la producción de madera aserrada, optimizar la producción de madera de tipo radial, minimizar el número de cortes por troza y producir un mínimo número de tablas de tipo tangencial. El programa, además que toma en cuenta las distintas escuadrías que se encuentran en los pedidos así como también las restricciones dadas por la línea de proceso del aserradero en cuestión.

En una cuarta etapa las variables respuesta del programa son usadas como valores de entrada para el modelo de optimización. Esta situación se enfrenta como un Problema de Programación Líneal y se plantea la función objetivo, que minimiza los costos por concepto de materia prima para producir madera aserrada, con las respectivas restricciones de capacidad, de productividad, de demanda, y de calidad del producto final obtenido.

INFOR

RESULTADOS

Los resultados que se obtienen de este trabajo se presentan a continuación, según las etapas planteadas.

Etapa 1

Del muestreo de trozas y de la toma de mediciones desde ellas (Cuadro Nº 1), se desprenden las relaciones siguientes, que muestran el comportamiento del espesor de la albura que rodea al duramen y del corazón en las trozas de eucalipto aserrable. El resultado de estas ecuaciones se muestra en la Cuadro Nº 2.

Cuadro Nº 1

DIÁMETRO DE TROZA VS. ESPESOR DE ALBURA PROMEDIO Y DIÁMETRO DE CORAZÓN PROMEDIO

DIAMETRO DE TROZA (cm)	ESPESOR DE ALTURA PROMEDIO (cm)	DIAMETRO DE CORAZON PROMEDIO (cm)
30	2,2150	7,38
32	2,3100	7,53
34	2,0875	8,02
36	2,1125	8,61
38	2,0300	8,62
40	2,2375	9,38
42	2,2350	9,78
44	2,2475	8,95
46	2,3100	9,56
48	2,5175	10,07
50	2,4125	10,38
52	2,5325	10,52
54	2,5275	11,03
60	2,4750	12,14

INFOR

Ecuación de Comportamiento para:

ESPESOR DE ALBURA = 1.667978 + 0.0146526 * DIAM. TROZA

CORAZON = 3.298529 + 0.140588 * DIAM. TROZA

Cuadro Nº 2

DIÁMETRO DE TROZA VS. ESPESOR DE ALBURA CALCULADO Y DIÁMETRO DE CORAZÓN CALCULADO

DIÁMETRO DE TROZA (cm)	ESPESOR DE ALTURA PROMEDIO (cm)	DIÁMETRO DE CORAZÓN PROMEDIO (cm)
30	2,1075	7,5161
32	2,1368	7,7973
34	2,1661	8,0785
36	2,1954	8,3596
38	2,2247	8,6408
40	2,2540	8,9220
42	2,2833	9,2032
44	2,3126	9,4844
46	2,3419	9,7655
48	2,3713	10,0467
50	2,4006	10,3279
52	2,4299	10,6091
54	2,4592	10,8902
56	2,4885	11,1714
58	2,5178	11,4526
60	2,5471	11,7338

Estas relaciones se obtuvieron mediante la aplicación de Regresión Líneal a la información obtenida, asignándose el modelo de regresión más adecuado según los parámetros entregados por cada uno de ellos al intentar su ajuste.

INFOR

Para el caso del Espesor de Albura los parámetros estadísticos son:

Constante	16,679780
Error Standart de Y de est.	1,027581
R^2	0,663886
Nº de observaciones	16,000000
Grados de libertad	14,000000
Coeficiente de X	0,146526
Err. Std. del Coeficiente	0,027864

Mientras que para el caso del corazón son:

Constante	32,985290
Error Standart de Y de est.	3,208615
R^2	0,949109
Nº de observaciones	16,000000
Grados de libertad	14,000000
Coeficiente de X	1,405882
Err. Std. del Coeficiente	0,087006

En cada uno de los casos el mejor ajuste correspondió al modelo líneal de Regresión Lineal.

Etapa II

De esta etapa, se desprenden las distribuciones de probabilidades de ocurrencia (esperanza estadística) de las distintas calidades y la esperanza para los distintos espesores y anchos que se producen en el aserradero.

En cuanto a la calidad, en la empresa se cuenta con una normalización interna que deja bajo control tanto la materia prima que ingresa a la planta, como los productos que son generados en cada planta de proceso.

Para el caso del aserradero la norma clasifica la madera aserrada verde, en función de la cantidad de defectos (según norma) que presente la peor cara de la tabla. Esto es cantidad de albura que presenten las piezas de madera (es más valorada aquella pieza que posea menos proporción de ella); cantidad, diámetro y tipo de nudos presentes en las caras de las tablas; cantos muertos, además de grado de encorvadura y arqueadura que puedan presentar las piezas al salir del

INFOR

proceso de aserrado.

A continuación se entrega una breve definición de los distintos calidades de madera aserrada (según Norma Colcura):

CALIDAD	DEFINICION
E-1	Pieza de madera en un 100% libre de defectos.
I-III	Pieza de madera que al ser clasificada por su peor cara entrega dentro de ella, a lo menos, un tramo aprovechable E-1 de 6' de largo.
IV	Pieza de madera que al ser clasificada por su peor cara entrega mínimo un 50% de aprovechamiento en tramos E-1 corto mayores o iguales a 1' y menores o iguales a 5 1/2'.
V	Pieza de madera que al ser clasificada por su mejor cara entrega mínimo un 25% de aprovechamiento en tramos E-1 corto mayores o iguales a 1' y menores o iguales a 5 1/2'.
I - CORTA	Pieza de madera que presenta una cara limpia y dos cantos libres,con largos entre 1/2' y 5 1/2', dependiendo de su escuadría.

Luego de definir las distintas calidades de la madera aserrada que pueden obtenerse en el proceso de aserrado, se entregará la distribución de ocurrencia de estas (Cuadro Nº 3).

Cuadro Nº 3

CALIDAD VS. ESPERANZA DE CALIDAD

CALIDAD	E. CALIDAD (%)
I-III	48,34
IV	44,27
V	5,71
I CORTA	1,68

INFOR

Con respecto a la distribución de espesores y anchos de las distintas escuadrías, se obtuvo que el aserradero trabaja con cuatro espesores y con seis anchos distintos, cuya distribución en la producción total se muestra en los Cuadros Nºs 4 y 5, respectivamente.

Cuadro Nº 4

ESPESOR VS. ESPERANZA DE ESPESOR

ESPESOR (pulg)	E. ESPESOR (%)
3/4	21,95
1	67,03
1/2	10,33
2	0,69

Cuadro Nº 5

ANCHO VS. ESPERANZA DE ANCHO

ANCHO (pulg)	E. ANCHO (%)
2	0,48
3	23,86
4	29,56
5	33,08
6	2,08

Etapa III

El resultado que se obtiene en esta etapa es un programa computacional que calcula el aprovechamiento, tanto global como por escuadrías de las trozas, en función del diámetro de troza, tres patrones de corte dados por la sierra principal de acuerdo al rango diamétrico en que se clasifique a la troza y un espesor de

INFOR