

Volumen 9 N° 2
Diciembre de 1995

ISSN 0716-5994

Ciencia e Investigación Forestal



INFOR



INFOR

INSTITUTO FORESTAL



ISSN 0716 - 5994

VOLUMEN 9 N° 2

**CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL**

DICIEMBRE 1995

Propiedad Intelectual
Registro N° 95.533

**INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE**



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

- Director** : René Saa Vidal
- Editor** : Santiago Barros A.
- Consejo Editor** : Ronald du Belloy G. Jorge Cabrera P.
Patricio Asenjo G. Alfredo López V.
- Editores Asociados** : José Antonio Prado Manuel Ortiz
Antonio Vita Vicente Pérez
Claudio Donoso Roland Peters
Bertram Husch Juan Schlatter
Roberto Melo Derek Webb
Harald Schmidt Roy Wotherspoon
- Dirección Postal** : Huérfanos 554 Casilla 3085. Santiago Chile.
Fono 6930700
Fax 6381286

El valor de la suscripción anual para 1995, que consta de dos ejemplares, es de \$17.200 incluido I.V.A., de \$9.000 para estudiantes y de US \$40,00 para el extranjero incluido el franqueo. El valor de cada ejemplar es de \$10.000, de \$5.000 para estudiantes y de US \$22.00 incluido franqueo, para el extranjero.

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

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

PÉRDIDAS DE PRESIÓN DEL FLUJO DE AIRE POR PILAS DE MADERA

RODOLFO NEUMANN R., ALBERTO TAMM R. Y MAURICIO BRAVO H.

Depto. de Ingeniería Mecánica, Universidad de Concepción. Casilla 53-C, Concepción, Chile

RESUMEN

Se determinaron las pérdidas de presión del flujo de aire que pasa por una pila de madera en un amplio rango de condiciones de operación que se presentan en secadores comerciales.

Se realizaron ensayos en un túnel de viento ubicando tablas de 40 x 200 x 460 mm en forma transversal al flujo. Las tablas se apilaron dejando distancias verticales de 15, 20 y 25 mm. y distancias horizontales entre 0 y 50 mm. La velocidad del aire en las rendijas se varió entre 0,5 y 10 m/s.

Se determinó que la pérdida de presión a través de la pila depende tanto de la separación vertical entre las tablas como de la distancia horizontal que las separa, cuando se utilizan separadores de 20 mm o menos. Con rendijas de mayor altura los efectos de las separaciones horizontales son irrelevantes. Se observó que la transición entre los regímenes laminar y turbulento se produce con velocidades entre 1,2 y 1,8 m/s. Se presenta una correlación que permite calcular el factor de fricción regular en función del número de Reynolds y de la separación vertical entre las tablas. Con humo se pudo observar la formación de torbellinos en el borde que enfrenta el flujo y entre las tablas. Los resultados pueden ser usados para mejorar el cálculo y la operación de secadores de madera.

Palabras claves: Secado, Ventilación, Velocidad.

ABSTRACT

Pressure drops of the air flow through stacks of boards were determined in a wide range of operating conditions in commercial timber drying kilns.

For the experiments 50 x 200 x 460 mm boards were placed in a test section of a wind tunnel perpendicular to the air flow. The boards were stacked with vertical separations of 15, 20 and 25 mm and horizontal separations of 0 to 50 mm. The air velocity was adjusted from 0.5 to 10 m/s.

It was concluded that the pressure drop through a stack depends on the vertical distance of the boards and also on the horizontal distance which separates them, when 20 mm or thinner stickers are used. When the gaps between boards are higher horizontal spaces between boards do not affect pressure drop. It was observed that the transition of laminar to turbulent flow occurs at velocities ranging between 1.2 and 1.8 m/s. A correlation is presented to calculate the friction factor as a function of the Reynolds number and the vertical distance between boards. With fume the onset of turbulence at the edge and between the boards could be observed. The results may be used to improve calculations and operation of drying kilns.

Keywords: Kiln Drying, Air Flow, Velocity



INTRODUCCIÓN

Durante el secado artificial se impulsa aire caliente a través de pilas de madera para aportar el calor de evaporación y retirar la humedad de las tablas. Según la rapidez de secado, el ancho de las pilas y otros parámetros, la velocidad del aire entre las tablas puede variar entre 0,5 y 8 m/s. Mientras mayor sea ésta, mayor será el coeficiente de transferencia de calor entre el aire y las tablas y menor será el grado de saturación del aire al final de la rendija, lo que aumenta la tasa de secado. Como en general los costos de inversión y operación de un secador dependen fuertemente de su capacidad de ventilación, también es necesario conocer las pérdidas de presión que sufre el aire al pasar a través de las pilas.

En la literatura especializada se encuentran pocos trabajos que estudian el problema planteado. Sorensen (1969) concluyó que se forma una capa laminar detrás de un torbellino estacionario en el canto de la tabla que enfrenta el flujo, porque parte de éste debe cambiar de dirección gradualmente, como se observa en la Figura Nº1. Además indica que existe un área turbulenta sobre la capa límite, causada por el desprendimiento de torbellinos desde el torbellino estacionario. En su trabajo también presenta correlaciones que permiten calcular coeficientes de transferencia de masa. Langrish et al. (1992) observaron que la separación horizontal entre tablas genera una turbulencia adicional en comparación con la placa plana. Esta turbulencia sería la causa de un aumento de los coeficientes de transferencia de masa en esta zona. Además observaron la generación de torbellinos entre las tablas y la existencia de torbellinos deformados a lo largo de la superficie de la tabla.

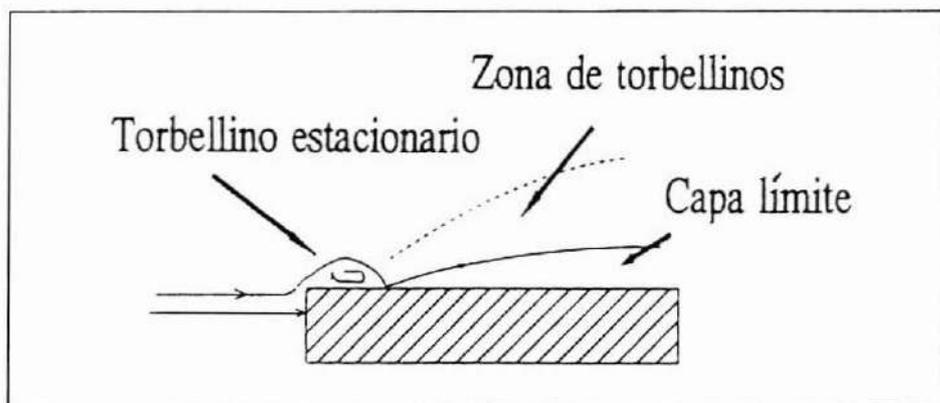


Figura Nº1. INVESTIGACIÓN DE SORENSEN

Brunner (1989) menciona la importancia de la velocidad del aire, indicando que la zona crítica entre los escurrimientos laminar y turbulento se encuentra entre 0,5 y 1,5 m/s. Indica que con 0,5 m/s se dobla el tiempo de secado en relación a 1,5 m/s. Menciona que el tiempo de secado prácticamente no es afectado por el hecho de separar horizontalmente las tablas.

De la ecuación de la energía para flujos isocóricos, turbulentos, en régimen permanece y por conductos de sección transversal constante, se obtiene la ecuación de Darcy-Weisbach. La pérdida de presión es:

$$\Delta p = f \frac{L}{D} \rho \frac{V^2}{2} \quad (1)$$

Aquí f es el factor de fricción, L el largo del conducto (rendija), D el diámetro. ρ la densidad y V la velocidad del fluido. El factor de fricción f depende del número de Reynolds, $Re = VD\rho/\mu$ y de la razón ε/D , en que ε es la rugosidad relativa.

$$f = f\left(Re, \frac{\varepsilon}{D}\right) \quad (2)$$

Cuando los conductos no son circulares se pueden aplicar las ecuaciones anteriores utilizando el diámetro hidráulico. Huebscher (citado en ASHRAE Fundamentals, 1989) presenta la siguiente ecuación para determinar los diámetros equivalentes de ductos rectangulares, D_E , que permiten calcular los factores de fricción con diagramas y correlaciones desarrollados para secciones circulares:

$$D_E = 1,3 \frac{(\text{ancho} * \text{altura})^{0,625}}{(\text{ancho} * \text{altura})^{0,25}} \quad (3)$$

Se concluye que según Huebscher el diámetro equivalente es aproximadamente igual al doble del diámetro hidráulico.

Las pérdidas de presión que se presentan en la entrada y en la salida de la pila de madera, se originan por la separación de la corriente del contorno y se pueden calcular como:

$$\Delta p = K\rho \frac{V^2}{2} \quad (4)$$

Aquí K es el coeficiente de fricción (singular). La pérdida de presión a la salida de la pila de madera se puede calcular como la pérdida producida en una expansión brusca, aplicando las ecuaciones de continuidad y de cantidad de movimiento, considerando la razón del área de la rendija y el área del espacio después de la pila (A_1

$/A_2$) como la razón entre el espesor del separador y el de una tabla más el del separador, se obtiene la pérdida de presión:

$$\Delta p_E = K_E \rho \frac{V^2}{2} \quad K_E = \left[1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right]^2 \approx 0,79 \quad (5)$$

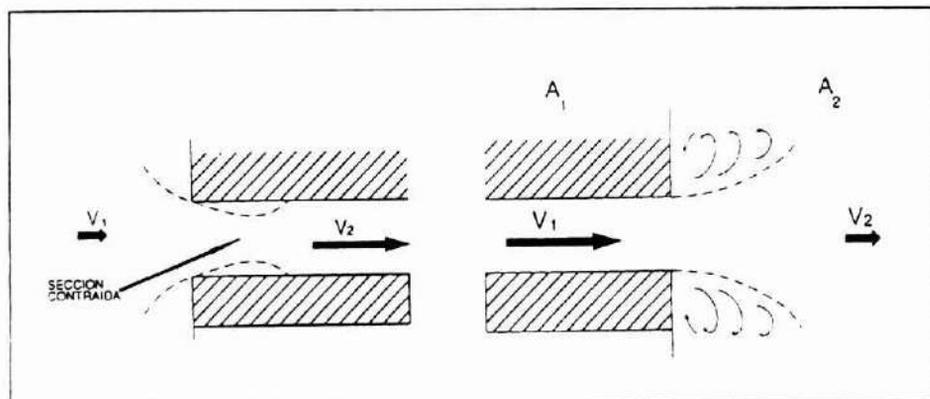


Figura N°2. CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN BRUSCA

La entrada del aire a la pila de madera se puede considerar como una contracción brusca, en la cual la corriente se separa de la pared después del borde. La sección contraída se forma debido a que el aire que fluye sobre el borde exterior del escurrimiento no puede doblar en ángulo recto con depresiones finitas. El proceso de convertir la presión estática en presión dinámica es muy eficiente, por ello en la entrada a la sección contraída la pérdida de carga es pequeña comparada con la pérdida de carga que ocurre después de la sección contraída, donde la presión dinámica es reconvertida en presión estática. Aplicando las ecuaciones de continuidad, cantidad de movimiento y el factor de contracción, que depende de la geometría y del número de Reynolds, se obtiene:

$$\Delta p_c = K_c \rho \frac{V^2}{2} \quad K_c = 0,5 \quad (6)$$

METODOLOGIA

Para realizar las mediciones experimentales se agregó una sección rectangular de 310 mm de altura, 490 mm de ancho y 2.900 mm de largo a un túnel de viento existente. Las paredes laterales tenían ventanas de acrílico. Las tablas no estaban cepilladas y tenían 40 mm de espesor, 200 mm de ancho y 460 mm de largo. Las tablas se apoyaron en perfiles L, sujetos a las paredes laterales, y se podían ubicar en alturas diferentes.

La pérdida de presión del flujo de aire a través de la pila se determinó colocando cañerías de cobre en forma normal al flujo y a una distancia de 2.480 mm. La señal se midió con un manómetro diferencial digital, marca Modus con un rango de ± 100 Pa y una sensibilidad de 1 Pa.

La velocidad fue medida con un anemómetro de hilo caliente digital, marca Tri-Sence de Cole Parmer, modelo 3700, rango de 0.03 m/s a 25 m/s, resolución de 0.01 m/s y error $\pm 3\%$ de lectura. El hilo caliente está ubicado en la punta de una varilla, que fue instalada en el centro de una de las rendijas de la pila de madera (Figura N°3).

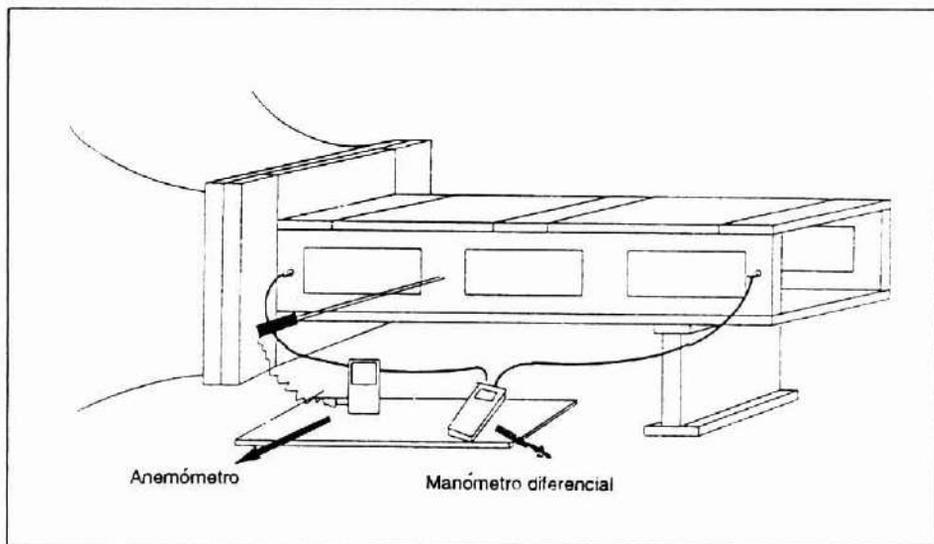


Figura N°3. BANCO DE ENSAYOS

Para determinar los perfiles de velocidad para varias velocidades, alturas y posiciones de la tabla en una rendija, se construyó un dispositivo que permitía ubicar un tubo pitot diferencial a lo largo y alto de ésta.

Para observar el escurrimiento se inyectó humo blanco en la entrada de una rendija de la pila. Este fue producido haciendo burbujear vapor de amoníaco en ácido clorhídrico. Utilizando una buena iluminación se pudo filmar y fotografiar el escurrimiento.

En los ensayos se variaron los siguientes parámetros, que en parte se explican en la Figura N°4.

- Velocidad del aire : 0 - 10 m/s.
Separación horizontal entre tablas
(en el sentido del escurrimiento) : 0, 10, 20, 50 mm.
Separación vertical entre tablas : 15, 20, 25 mm.

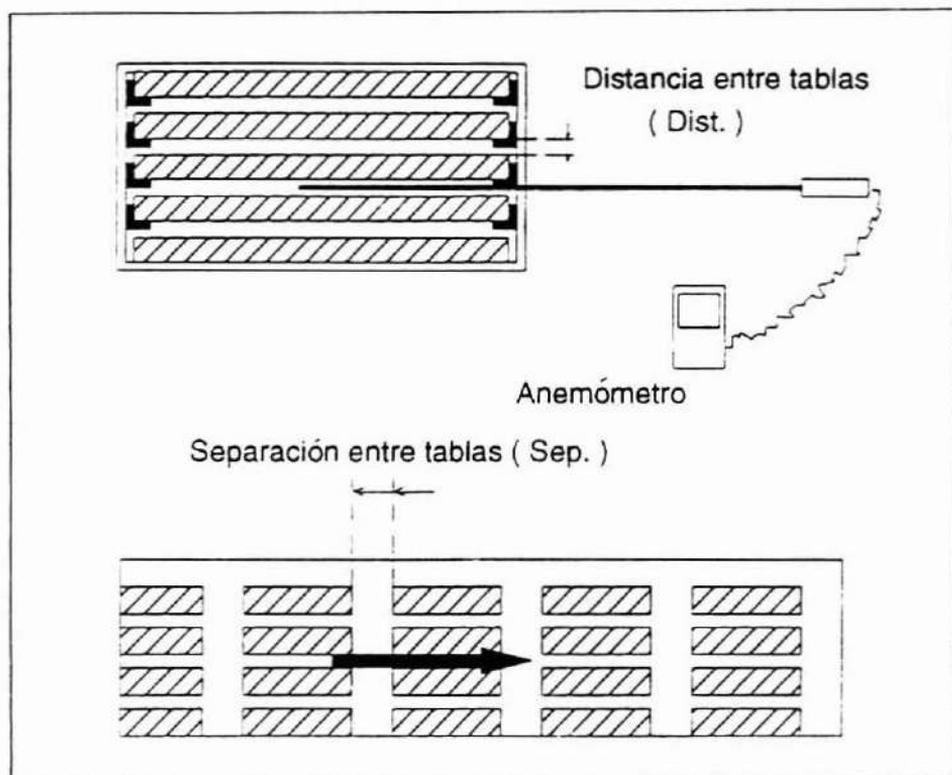


Figura N°4. APILAMIENTO DE LAS TABLAS

Los factores de fricción asociados a la pérdida de presión regular se determinaron realizando experimentos con tablas juntas, esto es sin separación horizontal.

Posteriormente, se determinaron las pérdidas singulares colocando las tablas a 10, 20 y 50 mm de distancia horizontal de la siguiente forma:

$$\Delta p_T = \Delta p_R + \Delta p_S \quad (7)$$

Aquí Δp_T es la pérdida de presión total medida, Δp_R es la pérdida regular obtenida del ensayo sin separación horizontal y Δp_S es la pérdida de presión singular debido a la separación horizontal entre las tablas. De esta forma se obtiene para los ensayos con separación horizontal:

$$\Delta p_T = f \frac{L}{D} \rho \frac{V^2}{2} + \varepsilon \rho \frac{V^2}{2} \quad (8)$$

En esta ecuación se puede despejar el coeficiente de pérdida de presión singular:

$$\varepsilon = \frac{2 \Delta p_T}{\rho V^2} - f \frac{L}{D} \quad (9)$$

Para obtener la pérdida de carga singular por espacio se divide el coeficiente de pérdida de presión singular ε calculado anteriormente por el número de separaciones horizontales. El valor de ε solo tiene validez para la zona turbulenta, porque es en esta zona donde la pérdida de presión varía con el cuadrado de la velocidad, que es la forma en que se formuló la pérdida de presión total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de Carga a Través de la Pila de Madera

Como era de esperar, se puede observar en la Figura N°5 que la diferencia de presión aumenta exponencialmente con la velocidad y disminuye con el aumento de la separación vertical entre las tablas. A 2 m/s la pérdida de presión es inferior a 4 Pa/m, mientras que a 5 m/s este valor puede llegar a 25 Pa/m con una distancia vertical de 15 mm.

Con una separación vertical entre tablas de 15 mm, las separaciones horizontales afectaron la pérdida de carga por igual en la medida que éstas eran iguales o superiores a 10 mm. Con una separación vertical de 20 mm, que es lo más común en la práctica industrial, la pérdida de carga aumenta significativamente con la separación horizontal. Al estar las tablas separadas en la altura en 25 mm las diferencias causadas por no juntar las tablas en un plano horizontal son irrelevantes.

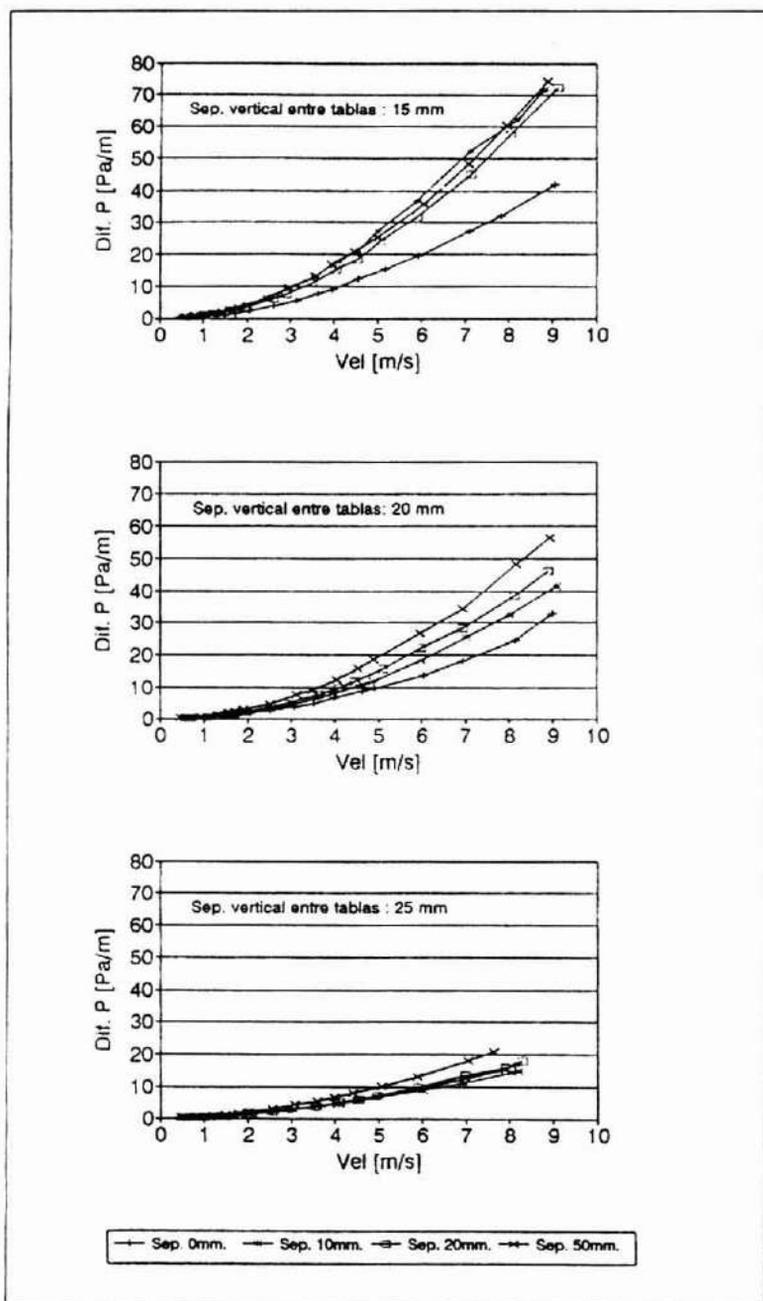


Figura N°5. DIFERENCIA DE PRESIÓN V/S VELOCIDAD

Factores de Fricción

En la Figura N°6 se distingue el rango de velocidades para el cual el escurrimiento es laminar, la zona de transición y la zona donde es turbulento. Esto es válido para los casos con separación vertical entre tablas de 15 y 20 mm, encontrándose la zona de transición entre 1 y 1.8 m/s. Para el ensayo con separación vertical de 25 mm. no se observa claramente esta zona.

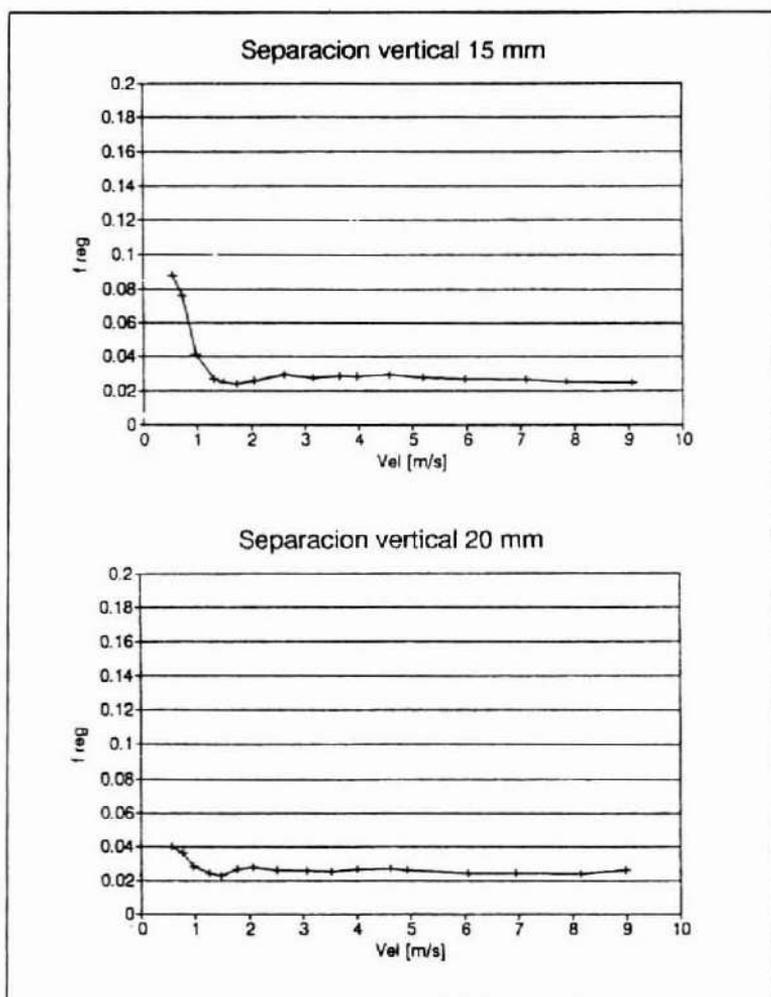


Figura N°6. FACTOR DE FRICCIÓN REGULAR

Con los resultados del cálculo del factor de pérdida de presión regular f , se obtuvo una correlación en función del número de Reynolds Re_D y de la separación vertical entre tablas D . La correlación tiene validez en la zona turbulenta, debido a que al determinar el factor f se consideró un escurrimiento de este tipo. Las otras correlaciones usadas para determinar este factor, como las de Filolenko y Colebrook, consideran que f varía con el cuadrado de la velocidad, en cambio en la correlación encontrada se observa que sólo varía con un exponente 1,5.

$$f_{reg} = 0,25 \left(\log Re_{D_{h\text{dr}}} \right)^{1,5} - 0,2858D \quad (10)$$

Para los ensayos con una separación vertical de 25 mm la separación horizontal entre tablas no afecta la diferencia de presión. Como los coeficientes de fricción singulares se obtienen de restas (ecuación 9) y éstas son similares a los errores cometidos en la medición, no tienen sentido calcular los coeficientes de fricción según esta metodología.

Para los ensayos con separación vertical entre tablas de 15 y 20 mm, los coeficientes de pérdida de presión singulares calculados son significativos y por lo tanto razonables, como se muestra en el Cuadro N°1.

Cuadro N°1
COEFICIENTE DE FRICCIÓN SINGULAR

	Sep. horizontal 10 mm	Sep. horizontal 20 mm	Sep. horizontal 50 mm
Sep. vertical 15 mm	≈0,19	≈0,15	≈0,26
Sep. vertical 20 mm	≈0,04	≈0,07	≈0,18

Para los ensayos con una distancia vertical entre tablas de 15 mm, la separación horizontal prácticamente no afecta el valor de ε , siendo éste aproximadamente 0,2. En los ensayos en que la separación vertical entre tablas es de 20 mm la separación entre ellas es aproximadamente proporcional al factor ε .

Perfiles de Velocidades en la Altura de la Rendija

Se midieron perfiles de velocidades en rendijas de 20 mm de altura y con una velocidad de 2 m/s. Al estar las tablas juntas, esto es sin separación horizontal, se observó que el perfil de velocidades es afectada por cada borde de las tablas y no se observó la presencia de torbellinos iniciales.

Con separaciones horizontales de 50 mm, se observó que el perfil de velocidades se desarrolla en cada tabla, por lo que el flujo por una pila de madera no se puede

considerar como por una rendija plana. También se observó que a 5 mm del borde de la tabla que enfrenta el flujo existía un torbellino de aproximadamente 2 mm. de altura.

Observación del Escurrimiento

Se aplicó la técnica de visualización descrita anteriormente en ensayos con pilas de tablas que tenían una separación vertical de 20 mm, una separación horizontal de 50 mm y velocidades entre 0 y 10 m/s. Para velocidades bajo 1 m/s no se apreció una renovación de aire en el espacio libre entre las tablas, similar al escurrimiento sobre una cavidad. Para este rango de velocidades se distingue que el escurrimiento es laminar, apreciándose claramente la forma del perfil y el flujo en capas. Para velocidades sobre 2 m/s se observa que el flujo de aire con humo es desordenado y turbulento. De lo observado y del cálculo del factor de fricción regular se puede mencionar que el criterio para establecer si el flujo es laminar o turbulento ($Re > 2300$) es válido para el flujo a través de una pila de madera.

En todo el rango de velocidades no se logra apreciar la formación de torbellinos al comienzo de las tablas.

CONCLUSIONES

De los ensayos para determinar la pérdida de presión a través de la pila de madera se puede concluir que en general ésta depende de la velocidad, de la separación vertical entre las tablas y de la distancia horizontal que las separa cuando los separadores son de 20 mm. de altura o menores. De los ensayos sin separación horizontal entre tablas se obtuvo una correlación para determinar el factor de fricción regular, que depende del número de Reynolds, Re_D , y de la distancia vertical entre las tablas, D .

Al aplicar la correlación de Colebrook y el gráfico de Moody se obtienen factores de fricción razonables si se utiliza el diámetro equivalente determinado por Huebscher y una rugosidad de 1 mm. También se obtuvieron valores del coeficiente de fricción singular para distintas separaciones horizontales y verticales con los cuales, junto a los factores de fricción regular, se puede calcular con facilidad la pérdida de presión del flujo que atraviesa una pila de madera.

Se estableció que el escurrimiento del aire a través de la pila de madera se puede caracterizar con el número de Reynolds y que la zona de transición entre los regímenes laminar y turbulento se encuentra aproximadamente entre 1,2 y 1,8 m/s.

Se observó que con tablas separadas se forman torbellinos estables entre y sobre los bordes de éstas. También se forma una nueva capa límite en cada borde. Con tablas juntas el perfil de velocidades también se altera. No se observó el desprendimiento de torbellinos como lo propone Sorensen.

Estos resultados son de interés en la transferencia de calor y materia, debido a que mediante analogías, como la de Chilton-Colburn, se pueden evaluar los coeficientes de transferencia de calor y materia.

Para efectos prácticos los resultados obtenidos permiten deducir la forma de mejorar la distribución de velocidades en secadores de madera o de aumentar el caudal cuando el sistema de ventilación está subdimensionado.

RECONOCIMIENTOS

Esta publicación es el resultado de un proyecto de investigación financiado por el Fondo de Ciencia y Tecnología. Los autores agradecen su apoyo y patrocinio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE HANDBOOK, *Fundamentals*, 1989. 1791 Tullie Circle, N. E. Atlanta, GD 30326.

Streeter, Victor L. and Wylie, E. Benjamin, 1987. *Mecánica de Fluidos*. Editorial Mc. Graw Hill, Mexico. 8ª edición, 3ª edición en español.

VDI- *Wärmeatlas*. Verein Deutscher Ingenieure., 1984 Editorial VDI-Verlag GmbH, Dusseldorf. 4ª edición.

Sorensen, Ansgar., 1969. Mass Transfer Coefficients on Truncated Stabs. *Chemical Engineering Science*, 24, 1445 - 1460.

T.A.G. Langrish, P.C.S Kho, R.B. Keey, J.C.F. Walker., 1992. Experimental Measurement and Simulation of Local Mass-transfer Coefficients in Timber Kilns. *Drying Technology*, 10(3), 753-781.

G. Arnanud, J. P. Fohr, J. P. Garnier, C. Ricolleau., 1991. Laboratoire d' Etudes des Systèmes Thermiques et Energétiques. 40, Avenue du Recteur Pineau, 86022 POITTIERS Cédex (France). *Drying Technology*, 9(1), 183 - 200.

Brunner, Reinhard., 1989 Die Turbo-Trocknung, eine neue Dimension in der Holz-trocknungstechnik. *Holz Zentralblatt*, Stuttgart Nr. 50.

Bravo H., Mauricio., 1994. Determinación de Coeficientes Convectivos de Calor y Madera en una Pila de Madera. Depto. Ingeniería Mecánica, Universidad de Concepción.

Tamm R., Alberto., 1994. Estudio y Determinación de la Pérdida de Carga en un Secador de Madera. Depto. Ingeniería Mecánica, Universidad de Concepción.

UTILIZACIÓN DE COLIGÜE (*Chusquea culeou*) EN LA FABRICACIÓN DE PULPA QUÍMICA

SANDRA K. RODRÍGUEZ (*) y MARCO TORRES (**)

(*) Ingeniero Civil Químico, MSc. Celulosa y Papel.

(**) Técnico en Celulosa y Papel

Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia.

RESUMEN

*Para este trabajo se procesaron muestras de coligue (*Chusquea culeou* Desv.) que constituye un material abundante en los bosques de la zona Sur de Chile, para la obtención de pulpa Kraft cruda.*

El estudio consideró variación de la carga de álcali efectivo (14 y 18%), de la temperatura máxima (160 y 170 °C) y del tiempo a temperatura máxima (15 y 30 minutos).

Los resultados obtenidos demuestran que el rendimiento del proceso varía entre 46 y 55%, para número kappa entre 7 y 20. Las propiedades de resistencia resultan muy similares entre las pulpas obtenidas.

Para las condiciones ensayadas las pulpas resultantes presentan propiedades físico-mecánicas inferiores a aquellas que se obtienen a partir de madera de coníferas y algunas latifoliadas.

*Palabras Clave: Pulpa Química, *Chusquea culeou**

ABSTRACT

*Samples of *Chusquea culeou* Desv. were processed to obtain unbleached kraft pulp since they constitute an abundant material in the south of Chile.*

The study considered the variation in alkali (14 and 18%), the maximum temperature of pulping (160 and 170 °C) and the time at maximum temperature (15 and 30 minutes). The results show that the total yield of the process ranges between 46 and 55% and the Kappa number between 7 and 20. The strength properties of the two pulps produced were similar.

At the conditions experimented the pulps obtained show physical and mechanical properties lower than those obtained from softwoods and several hardwoods.

*Keywords: Chemical Pulp, *Chusquea culeou**

INTRODUCCIÓN

La industria mundial de la pulpa y el papel ha adquirido clara conciencia de la necesidad de ampliar sus fuentes de recursos fibrosos. No hay duda respecto a que las fibras no maderables jugarán un papel importante en la industria, las ya existentes crecerán y se desarrollarán otras fibras no tradicionales, especialmente en los países del tercer mundo, los que deberán incrementar la producción de pulpa con el fin de suplir las necesidades de sus mercados internos.

Las estadísticas de la FAO muestran que el crecimiento de la producción de la producción de pulpa a partir de fibras no maderables para el período 1976 a 1981 fue de 3,8% en contraste con el 1,9% para la pulpa a partir de fibras maderables.

Por otra parte la producción mundial de pulpa, papel y cartón usando fibras no maderables, se ha incrementado de 5,4 millones de toneladas en 1972 a cerca de 12 millones de toneladas en 1990, en otras palabras, se ha duplicado (Dorado, 1988; Jeyasingham, 1991).

En Bangladesh el bambú es una materia prima importante para uso rural e industrial. Cubre una superficie total de 600.000 ha con un rendimiento anual de aproximadamente 1 millón de toneladas. Se han realizado estudios tendientes a determinar las características físicas y químicas de distintas especies y sus aptitudes pulpables, determinándose que las mejores calidades de pulpa se obtienen desde *Bambusa tulda*, *Melocanna baccifera*, *Oxytenanthera nigrociliata*, *Neohouseana dulloa* de 6 meses de edad y *Dendrocalamus lognispatus* de 12 meses. Se obtuvieron rendimientos de pulpa entre 43 y 52% con índices Kappa entre 15 y 24. Los valores máximos de ruptura, explosión y rasgado fueron de 10 km, 91 y 215, respectivamente, a 250 CSF (Ali, 1981).

Numerosas publicaciones (Guha y Pant, 1966; Bhola, 1976; Negi, 1970; Guha et al., 1975) indican que los bambúes podrían ser pulpados usando 14-15% de álcali total y 25% de sulfidez para producir pulpas (40% rendimiento) adecuadas para la fabricación de papeles de impresión y escritura.

Estudios de Singh et al. (1976) sobre morfología de la fibra y resistencia de la pulpa de doce especies de bambúes, revelaron que las fibras son altamente heterogéneas en relación al ancho de lumen, longitud y ancho de fibras y proporciones de parénquima las cuales resultaron en diferencias en las propiedades físicas de las pulpas sin batir. Los autores no encontraron una relación entre características de las fibras y propiedades de resistencia del papel. Dado que existen grandes variaciones dentro de las especies, las características de la fibra no pueden ser usadas como un criterio para la clasificación de los bambúes para la producción de papel.

En Chile existe una gran producción de biomasa aérea de *Chusquea culeou* (Veblen, Schelegel y Escobar, 1974) lo cual hace interesante estudiar su posible utilización industrial.

Rijo et al (1987) realizaron un estudio de algunas características básicas necesarias para determinar la aptitud de esta especie como materia prima industrial. Los autores determinaron una densidad promedio de *Chusquea culeou* de $0,584 \text{ g/cm}^3$, la que se encuentra dentro de los rangos de las especies normalmente usadas en las industrias de la madera. En cuanto al largo de fibras, ésta registró valores promedios entre 1,4 y 2,2 mm los que se encuentran cercanos a los máximos que presentan las especies latifoliadas. En la composición química se encontró que la proporción con que participan los compuestos principales es semejante a la madera de latifoliadas, observándose una cantidad de lignina relativamente baja (20%). El contenido de cenizas es notablemente superior (1,5%) a los valores en las maderas de diferentes especies.

Se desarrolló el presente trabajo, para estudiar la aptitud del coligue como materia prima para la producción de pulpa kraft.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la realización del estudio se usó como material de ensayo, muestras de edad superior a un año, con lo cual se garantizó que hubiese finalizado su proceso de lignificación. El material fue el mismo que utilizaron Rijo et al. (1989) en la determinación de las características básicas de la especie.

Las muestras de coligue fueron transformados en astillas en un astillador industrial facilitado por la industria INFODEMA en Valdivia. Las astillas producidas fueron tamizadas según norma TAPPI T 16 ts-61, en un harnero Williams de perforaciones circulares, y se seleccionó para pulpaje la fracción entre 3/16 y 7/8 de pulgada.

En la realización de los pulpajes kraft se trabajó con un digestor de laboratorio M/K System de 6,5 L.

En las cocciones se usaron 700 g de astillas con una humedad de 14,6% bh. La relación licor/madera y la sulfidez se mantuvieron constantes, siendo éstas de 4/1 y 25% bms, respectivamente.

Se variaron la carga de álcali efectivo, la temperatura máxima y los tiempos hasta a temperatura máxima. Los valores asignados a estas variables se muestran en el Cuadro N°1.

Como respuestas del pulpaje se midieron: Rendimiento clasificado, rechazos y Kappa, para la pulpa; y álcali residual y porcentaje de sólidos, para el licor negro. También se realizó la clasificación Clark de fibras.



Cuadro N° 1.
CONDICIONES DE PULPAJE

Pulpaje N°	Alcali efectivo (%obms) (ox.)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)		Factor "H"
			(hasta T°)	(a T°)	
1	18	170	100	15	431
2	18	170	100	30	661
3	14	170	100	15	431
4	14	170	100	30	661
5	14	160	100	15	195
6	14	160	100	30	294
7	14	160	90	2	101

Se batieron las pulpas obtenidas en los pulpajes N°3 y 5 correspondientes a las temperaturas máximas de cocción de 170 y 160°C. respectivamente (Cuadro N°1).

Las pulpas se refinaron en una batidora Valley según Tappi T 200 om-85. A continuación se midieron las siguientes propiedades en hojas de ensayo de 60 g/m², fabricadas con pulpas a diferentes grados de refinación: Densidad, Longitud de Ruptura, Factor de Rasgado y Factor de Explosión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuestas del Pulpaje

Los resultados del pulpaje se muestran en el Cuadro N°2.

Cuadro N°2.
RESPUESTAS AL PROCESO DE PULPAJE

Pulpaje N°	Factor "H"	Rendim. Clasif (%obms)	Rechazo (%obms)	Rendim. Total (%obms)	Índice Kappa	Alcali		Sólidos Totales (%op/v)
						Residual (g/L)	Consumido (%obms)	
1	431	44,8	1,4	46,2	8,8	14,3	21,6	21,6
2	661	46,2	0,5	46,7	7,4	13,4	21,7	21,7
3	431	46,3	4,3	50,6	13,2	6,7	19,1	19,1
4	661	48,5	2,5	51,0	10,6	6,1	18,7	18,7
5	191	47,2	8,0	55,2	19,6	10,4	18,7	18,7
6	294	50,3	3,2	53,5	14,1	7,7	19,2	19,2
7	101	48,6	5,8	54,4	20,4	11,2	19,1	19,1

Se alcanzaron rendimientos clasificados entre 44 y 50% e índices Kappa entre 7 y 20 (Cuadro N°2).

El efecto de disminuir la concentración de álcali efectivo de 18 a 14% significó un aumento en todas las respuestas del pulpaje, es decir rendimiento clasificado, rechazos

y Kappa. El porcentaje de sólidos totales disminuyó debido a la menor disolución de lignina.

Al aumentar el factor H desde 431 a 661 se observó un aumento en el rendimiento clasificado de entre 1,4 a 2,2 %, dependiendo de la concentración de álcali.

En general con todas las condiciones de cocción ensayadas se obtuvieron valores aceptables de rendimiento y alto grado de delignificación de las pulpas, lo cual era de esperar por el bajo contenido de lignina de la materia prima.

Clasificación Clark de Fibras

En el Cuadro N°3 se muestra la Clasificación Clark de fibras.

Cuadro N°3
CLASIFICACIÓN CLARK DE FIBRAS

Mallas (Mesh)	Pulpa N° 3 Factor H 431 (% peso)	Pulpa N° 5 Factor H 195 (% peso)
14	1,4	0,8
30	41,6	36,9
50	20,8	22,3
100	9,8	1,3
> 100	26,6	38,7

A menor factor H se obtuvo una pulpa con mayor porcentaje de finos, dado por la fracción M > 100.

Propiedades Físico-Mecánicas de las Pulpas

Tiempo de Batido

En la Figura N°1 se muestra el tiempo de batido de las pulpas versus drenaje. Con menor factor H se requirió mayor tiempo de batido, lo cual pudo deberse al mayor contenido de lignina residual presente en esta pulpa. Los tiempos de batido son inferiores a los requeridos para pulpas kraft de coníferas y latifoliadas para alcanzar un grado de batido de 30°SR.

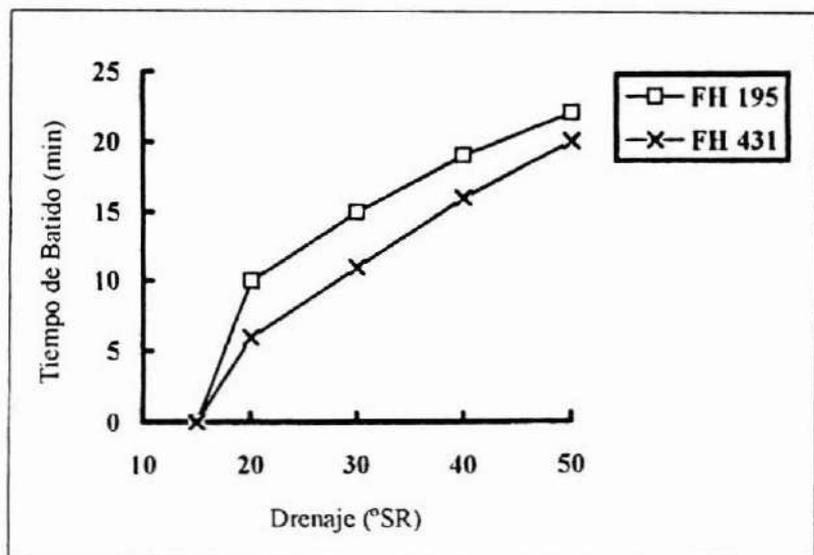


Figura N°1. TIEMPO DE BATIDO VERSUS DRENAJE PARA PULPAS
CON DISTINTO FACTOR H

Densidad de Hojas

En la Figura N°2 se muestra la densidad de hojas versus drenaje. La densidad se relaciona con el grado de enlace entre las fibras. La pulpa de factor H 195 tuvo mayor densidad de hojas debido a la mayor cantidad de finos (fracción de fibras $M > 100$) y menor porcentaje de fibras largas retenidas en las mallas 14 y 30, dada por la clasificación Clark (Cuadro N°3).

Factor de explosión

El factor de explosión se muestra en la Figura N°3. No se observaron diferencias significativas de esta propiedad entre ambas pulpas obtenidas con diferente factor H, mostrando un comportamiento normal.

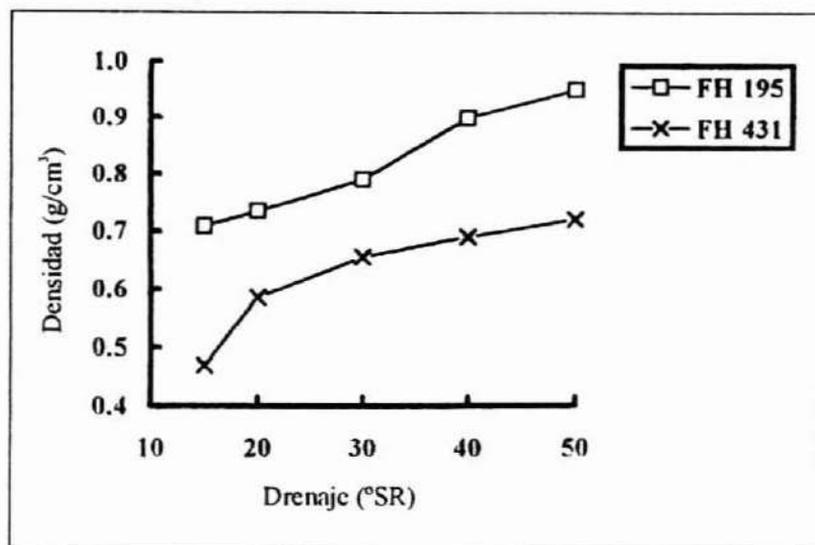


Figura N°2. DENSIDAD DE HOJAS VERSUS DRENAJE PARA PULPAS CON DISTINTO FACTOR H

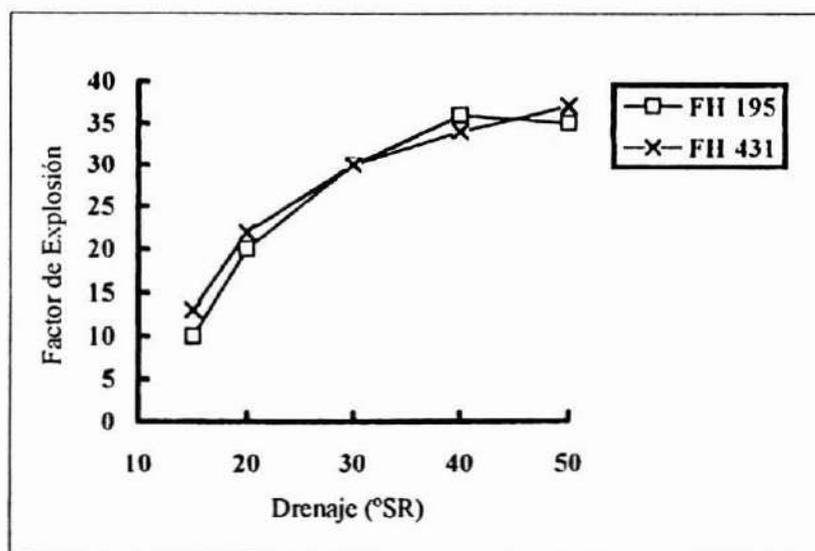


Figura N°3. FACTOR DE EXPLOSIÓN VERSUS DRENAJE PARA PULPAS CON DISTINTO FACTOR H

El valor máximo de factor de explosión fue de 37 a 50°SR, el cual es inferior a los obtenidos con pino insigne y algunas latifoliadas (Paz et al, 1987).

Longitud de Ruptura

La longitud de ruptura versus el drenaje se muestra en la Figura N°4. La pulpa con factor H 431 desarrolla con el batido una longitud de ruptura superior en un 15%, a Schopper mayor que 30, comparada con la pulpa de factor H 195. Esto se puede atribuir al mayor enlace entre fibras obtenido en la primera.

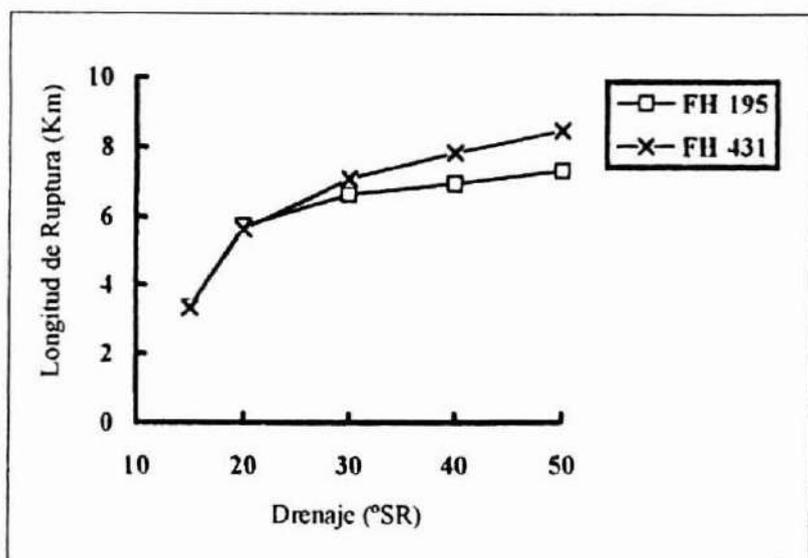


Figura N°4. LONGITUD DE RUPTURA VERSUS DRENAJE PARA PULPAS CON DISTINTO FACTOR H

Los valores máximos de longitud de ruptura se alcanzaron a 50°SR y fueron de 8,5 y 7,3 km para las pulpas N°3 y 5, respectivamente.

Factor de Rasgado

El factor de rasgado versus el drenaje se muestra en la Figura N°5. A mayor factor H se obtuvo mayor rasgado, lo cual concuerda con el mayor porcentaje de fibras largas presentes en esta pulpa (Cuadro N°3). Con ambas pulpas se obtuvo un factor de rasgado máximo a 30°SR, después del cual éste decrece.

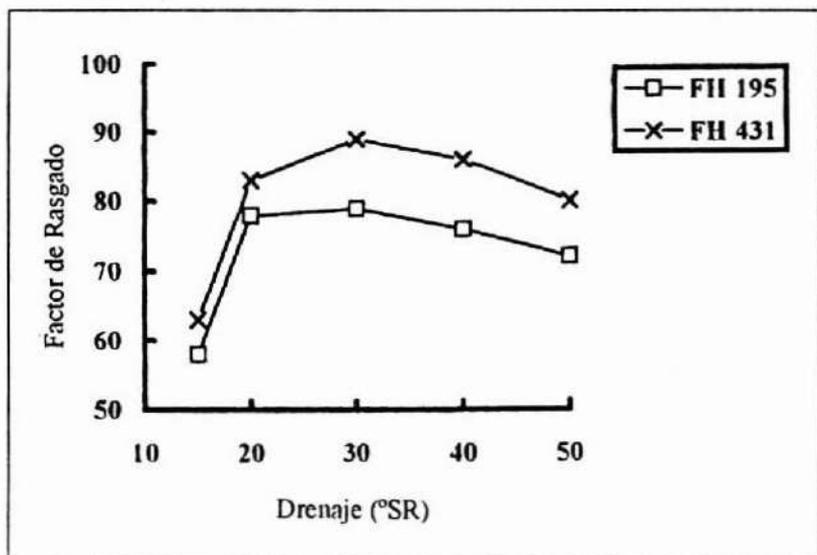


Figura N°5. FACTOR DE RASGADO VERSUS DRENAJE PARA PULPAS CON DISTINTO FACTOR H

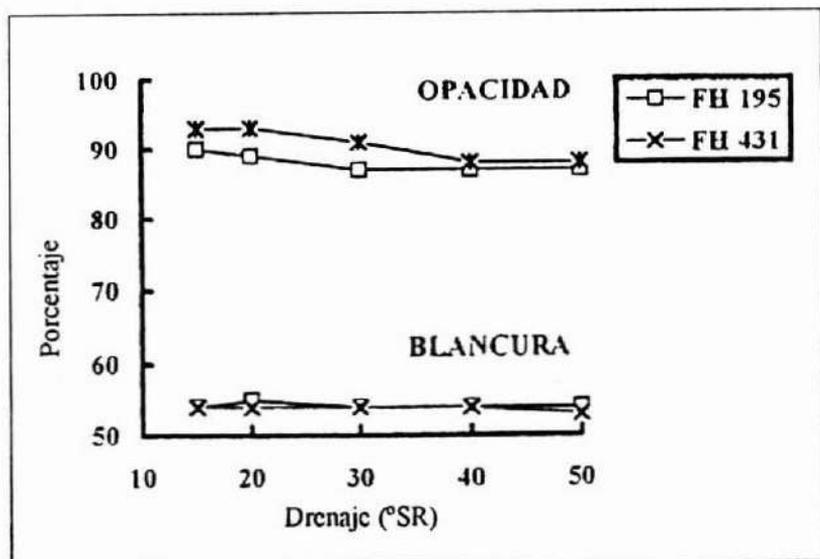


Figura N°6. OPACIDAD Y BLANCURA VERSUS DRENAJE PARA PULPAS CON DISTINTO FACTOR H

La Figura N°6 muestra la blancura y opacidad de las pulpas versus drenaje. La blancura fue de 54% (Elrepho) para ambas pulpas; este valor es superior al que se alcanza con madera de coníferas y latifoliadas (Urzua et al, 1982). La opacidad varió entre 88 y 93%, siendo levemente superior para la pulpa de factor H 431. Para ambas pulpas la opacidad tiende a disminuir con el batido como es usual para esta propiedad.

CONCLUSIONES

El coligüe presenta características físicas y químicas aptas para la producción de pulpa kraft. Los rendimientos de pulpaje son similares a los obtenidos con madera, con índices Kappa inferiores. El alto contenido de células parenquimáticas podría presentar una desventaja en la fabricación de papeles debido a que imparten una menor velocidad de drenaje a la pulpa. El bajo contenido de lignina que presenta la especie representa una ventaja frente a la madera pues requiere menor tiempo de cocción y menor carga de reactivos.

Las propiedades de resistencia de las pulpas en general son inferiores a aquellas que se obtienen a partir de madera mediante un proceso químico. Sin embargo son similares a las propiedades de una pulpa mecánica obtenida a partir de coníferas. No se descarta la posibilidad que esta especie pueda ser utilizada en mezcla con pulpas kraft obtenidas a partir de madera en la formulación de cierta clase de papeles. Por otra parte dado el bajo contenido de lignina del material, también sería interesante un estudio de la factibilidad de producir pulpa semiquímica a partir de éste.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, M. O., 1981. Research and Development on the Production and Utilization of Bamboo in Bangladesh. Proceedings of the Congress Group 5.3 A. Production and Utilization of Bamboo and Related Species, XII IUFRO World Congress Kyoto, Japan, September, pp 6-17.
- Bhola, P. P., 1976. Pulping Studies of Hill Jatti Bamboo (*B. tulda*) from Chachav Hills. Indian Forester, 102(4):242-246.
- Dorado, O., 1988. La Fibra de Caña de Azúcar como Materia Prima para Fabricación de Papel y Cartón. Acotepac, 2(3):32-39.
- Guha, S. R. D. and Pant, P. C., 1966. Sulphate Pulping of *Phyllostachys bambusoides*. Indian Forester, 92(7):467.
- Jeyasingham, J., 1991. Experience with the Use of Agricultural Residues for Papermaking. World Pulp and Paper Technology 1991. Sterling Publications International Limited, 49-51.
- Negi, J. S., 1970. Effect of Hemicelluloses on Papermaking Properties of Bamboo (*D. giganteus*). Indian Forester, 101(5):296-300.
- Rijo, C., Poblete, H. Diaz-Vaz, J. E., Torres, M. Fernández, A., 1987. Estudio de Algunas Características Anatómicas, Físicas y Químicas de *Chusquea culeou* (coligüe). Bosque, 8(1):59-61.

Urzua, D., Aguilar, J., Diaz-Vaz, e., Guerrero, G., Peredo, C., Vergara, C., Inzunza, L, Torres, M., 1982. Utilización Silvoagropecuaria de Terrenos de Ñadi. Aspectos Tecnológicos de las Maderas de Ñadi. Informe de Convenio N°54, 156 p. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Serie Técnica, Valdivia, Chile.

Veblen, T., Schlegel, F., Escobar, B. 1979. Biomasa y Producción Primaria de *Cusquea culeou* Desv. y *Chusquea tenuiflora* Phil. en el Sur de Chile. *Bosque*, 3(1): 47-56.

MÉTODOS DE PROTECCIÓN EN FAJA Y PROTECCIÓN UNIFORME EN EL ÁREA DE NELTUME Y COÑARIPE

LUIS OTERO D.(*), LUIS BARRALES M.(**), ALVARO CONTRERAS(***) e IGNACIO OJEDA H.(****)

(*) Ing. Forestal, M.Sc. Medio Ambiente

(**) Técnico Forestal

(***) Ing. Forestal (E)

(****) Ing. Forestal (E)

Instituto Forestal-Valdivia

RESUMEN

*Este artículo presenta los resultados obtenidos en plantaciones de rauli (*Nothofagus alpina*) realizadas bajo el método de Protección en Fajas y Protección Uniforme. Los resultados están referidos al crecimiento inicial de plantaciones durante las primeras dos temporadas de crecimiento.*

Los ensayos se realizaron en predios de la empresa BOMASA, en los fundos Pilmaiquén, zona de Neltume, y Quilalelfu, área de Coñaripe. Los ensayos se encuentran cerca del límite altitudinal de la especie, en los 800 y 1200 msnm, respectivamente, por lo tanto en condiciones climáticas relativamente rigurosas.

Las plantaciones se realizaron en fajas de 45 m de ancho y 60 m de ancho (1,5 a 2 veces la altura del dosel protector) y bajo el método de Protección Uniforme con una cobertura de 30%.

Los resultados generales indican que el crecimiento medio anual en altura de las plantaciones, bajo el método de Protección en Fajas, es de 42 cm y llega hasta 57 cm para plantas fertilizadas, durante la segunda temporada de crecimiento. Lo cual es relativamente alto si se compara con otros estudios realizados en plantaciones con esta especie. En el caso de la Protección Uniforme el incremento en altura es de 34 cm anuales.

En el sistema de cortas en fajas el prendimiento medio es de 86% y el mismo porcentaje fue determinado en términos de plantas calificadas como de buen vigor. Los porcentajes de plantas con doble flecha fluctuaron entre el 2% y el 19%.

Se encontraron diferencias significativas entre parcelas fertilizadas con abono foliar y otras testigos. Las diferencias de crecimiento medio entre el tratamiento y el control fue de 16 cm el último año.

También se encontraron diferencias significativas entre los crecimientos en altura para plantas ubicadas a diferentes distancias a la protección, siendo los crecimientos un 30 a 40% inferiores para las parcelas ubicadas en la parte alta de la faja, vale decir en condiciones de menor protección lateral, dada la exposición norte de la ladera donde se efectuó la corta.

Los resultados obtenidos demuestran y confirman el vigor y potencial productivo de esta especie, la cual puede ser plantada con éxito con protección lateral, respondiendo bien a situaciones de alta luminosidad.

Palabras clave: Silvicultura, *Nothofagus alpina*



ABSTRACT

*This study presents the results obtained in a Rauli plantation (*Nothofagus alpina*) established under strip cut and shelterbelt system. This study includes the first two seasons of growth. The trials are established in the field of the forest company (BOMASA S.A.) in the Panguipulli area (40°LS and 71°50 LW), located between 800-1200 m above sea level, which is an upper elevation level for a Rauli forest.*

The strip cut system consists of cut areas where the width of the strip cut is equivalent to 1,5 times and 2 times the height of the dominant canopy. The strip cuts follow the grade level and alternate with an untouched forest strip of 40 m in width.

The results show that the annual growth of the plantation in the strip system is greater than the shelterwood system. The mean annual growth in height during the second season of growth in the strip cut of 1,5 times the canopy height is 42 cm. In contrast, the shelterwood system has a mean annual growth in height of 34 cm. In the strip cut of 2 times the canopy height, the mean growth is 37 cm/yr.

In both strip cut widths the growth varies 30%-40% between the boarder and the central part of the strip cut. In addition, it was observed that the growth was notably better near the boarder of the strip cut.

Keywords: Silviculture, *Nothofagus alpina*

INTRODUCCIÓN

Las nuevas tendencias en silvicultura de bosque nativo se orientan hacia intervenciones más intensivas, caracterizadas por una extracción alta del volumen por hectárea, bajo distintas modalidades del Método de Protección, ya sea protección lateral (en fajas o claros de bosque) o protección vertical (uniforme). Estudios ambientales realizados en estos sistemas de corta demuestra sus ventajas y los efectos de la protección tanto vertical como lateral (Otero et al, 1994 a y b). Los resultados demuestran la existencia de protección lateral en fajas de corta de hasta dos veces la altura del dosel y en cortas de protección uniforme con extracciones del 70% de la cobertura.

En este esquema de una silvicultura intensiva, la plantación constituye una herramienta fundamental del manejo. Evaluaciones realizadas en el ex Complejo Panguipulli revelan significativos crecimientos para todas las especies de *Nothofagus* que han sido plantadas (Donoso et al, 1993). Los resultados de este estudio muestran incrementos medios anuales en diámetros de 1,2 cm, con crecimientos periódicos de hasta 1,5 cm anuales. Las estimaciones de volumen para plantaciones jóvenes, de 15 años, revelan crecimientos de 12 a 17 m³/ha/año.

Otro estudio realizado en una plantación de 15 años del ex Complejo Panguipulli, entrega un crecimiento medio anual en diámetro de 0,88 cm y un crecimiento anual periódico máximo de 1,36 cm a los 10 años. El crecimiento medio anual en altura es de 0,9 m. La proyección de este rodal a las actuales tasa de crecimientos, entrega un volumen de 658 m³ a los 35 años, vale decir un crecimiento anual de 18.8 m³/ha/año (Contreras et al, 1995).

De igual forma los resultados en Gran Bretaña, con ensayos de cerca de 35 años, confirman el potencial productivo de esta especie. Plantaciones de 35 años alcanzan un DAP de 53 cm, en los mejores sitios, sin heladas, y en promedio los crecimientos son de alrededor de 1,2 cm anuales en los ensayos establecidos en sitios cerca de la costa. (Danby, 1991).

En plantaciones de raulí, de 37 años en Inglaterra, se han obtenido crecimientos del orden de los 17,2 m³/ha/año, con volúmenes acumulados de 636 m³/ha. Para sitios de menor calidad, con más heladas, los crecimientos son de 14 m³/ha/año (Tuley, 1979).

Es de suponer que con semilla seleccionada y con la nueva tecnología de viverización que existe y que se aplica al cultivo de especies exóticas, los crecimientos podrían ser aún mayores.

Diversas investigaciones revelan el alto requerimiento de luminosidad de la especie, adaptándose bien a condiciones de campo abierto como las presentadas bajo el sistema de protección en fajas.

Otros estudios en bosques diferentes, como los bosques del Tipo Siempreverde, revelan que los crecimientos de la regeneración establecida post cosecha son también superiores bajo el sistema de Protección en Fajas que bajo otros métodos silviculturales (Donoso, 1989).

Experiencias realizadas en bosques tropicales en Perú y Costa Rica muestran también que el método de las fajas proporciona buenas condiciones para la regeneración natural del bosque y presenta importantes ventajas ecológicas (Ocaña-Vidal, 1992; Dykstra y Heinrich, 1992).

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en los predios Pilmaiquén y Quilalelfu, propiedad de la empresa BOMASA S.A.

El fundo Pilmaiquén está ubicado en la Cordillera de los Andes, Provincia de Valdivia, en el área de Neltume (71° 50' LW y 40° 00' LS). La altitud del área fluctúa entre los 870 y 1050 msnm.

El fundo Quilalelfu se encuentra en el área de Coñaripe (71° 50' LW y 39° 34' LS) a una altitud de 1100 msnm.

La exposición para el área de Pilmaiquén es norte, con pendientes de 35 a 40%. En Quilalelfu la pendiente es inferior al 15%.

El clima de la zona es de montaña, caracterizado por elevadas precipitaciones. Aproximadamente 4400 mm anuales, con un mínimo de 180 mm en el mes de enero, 669 mm en el mes de junio y una importante cantidad en forma de nieve.

La temperatura media anual es de 11.3° C. En verano sube hasta 16° C, con extremas que superan los 30° C (Otero et al. 1995). En invierno el promedio baja a 6,5° C con extremas de -9° C.

Los suelos corresponden a trumaos desarrollados sobre arena y escoria volcánica de diversa granulometría. Su textura es franco arenosa, de alta permeabilidad, poseen un alto poder fijador de fosfatos y baja densidad aparente (Peralta y Oyanedel, 1980).

La vegetación del área corresponde al tipo forestal Coihue-Raulí-Tepa de Altura, en el cual la tepa ha sido reemplazada por lenga. Se trata de un bosque en estado maduro, con grandes árboles y escasa regeneración. Estos bosques han sido floreados, particularmente el raulí.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño

El ensayo considera aproximadamente 1,1 hectáreas de plantaciones de raulí bajo el sistema de Protección en Fajas y 1 ha bajo Protección Uniforme.

En la Protección Uniforme se dividió la hectárea plantada en 25 parcelas de 20 m por 20 m, de estas se sortearon 9 las cuales se utilizaron en la caracterización (Figura N° 1).

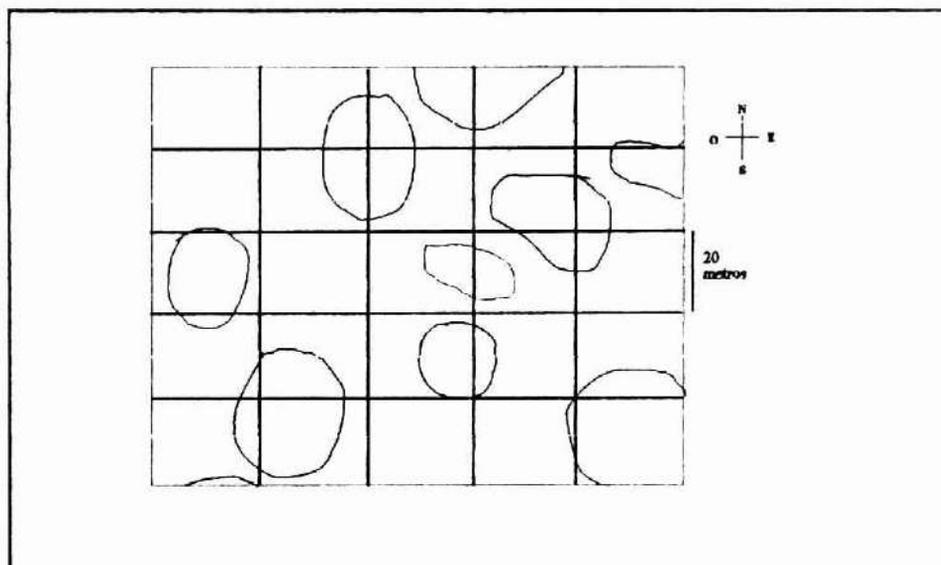


Figura N° 1. PROYECCIÓN HORIZONTAL MÉTODO PROTECCIÓN UNIFORME.

En cada faja se marcaron tres bloques o tratamientos, en su límite superior, al medio y en el límite inferior de cada faja. Cada bloque fue considerado como un tratamiento distinto debido al efecto de protección de las fajas y está compuesto de 3 parcelas escogidas al azar de entre 6, con un promedio de 25 plantas cada una, (Figuras N°2 y 3).

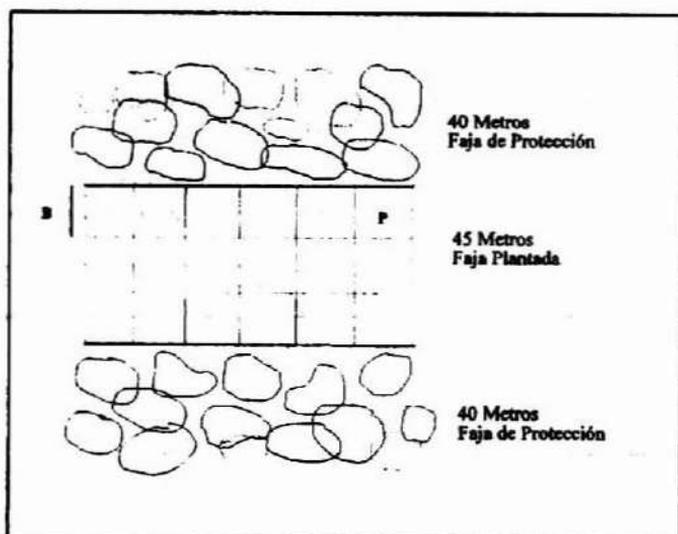


Figura Nº 2. PROYECCIÓN HORIZONTAL PROTECCIÓN EN FAJA (45 m).
B: BLOQUE, P: PARCELA.

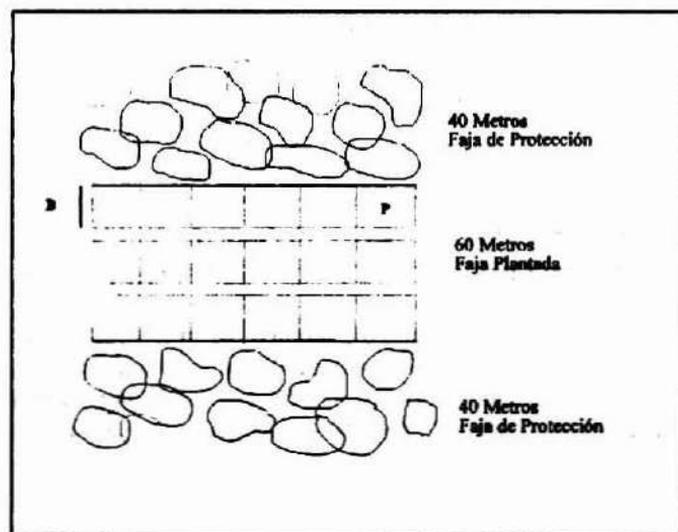


Figura Nº 3. PROYECCIÓN HORIZONTAL PROTECCIÓN FAJA (60m)
B: BLOQUE, P: PARCELA.

Cada planta fue individualizada con un anillo plástico y con una lámina de cobre para asegurar su identificación posterior.

El segundo tratamiento considerado es la fertilización con abono foliar (Bayfolan), con posterioridad a la plantación de 1992.

Las variables consideradas en el estudio son:

- Altura (H) y diámetro de cuello (DAC).
- Supervivencia.
- Vigor. Medido en 3 categorías: (1) vigorosas, (2) buen estado, (3) plantas debilitadas.
- Forma : (1) = una flecha; (2) = doble flecha (dos o más flechas).

Las plantaciones realizadas en la Faja de 60m y las bajo el sistema de Protección Uniforme no tienen medición inicial y su evaluación parte después del primer período de crecimiento.

Los resultados de incrementos en altura por tratamiento (fertilización y distanciamiento a la protección), fueron sometidos a pruebas de Análisis de Varianza y comparaciones múltiples de medias (Prueba de Scheffe).

Características de la Plantación

La plantación fue realizada a fines de invierno de 1993, con planta 1:0, con escasa selección en vivero. Un alto porcentaje de estas plantas venía desde el vivero con un problema de hongos (presentaban necrosis en el tallo). Por ello fue necesario replantar el año siguiente en un 20 % la faja de 45m y un 10% la faja de 60m. El análisis estadístico no considero ninguna de estas plantas.

La plantación se hizo a distancias de 3 por 3 metros, (1.111 plantas por hectárea).

Se utilizó gel (Alcosorf) para el transporte de las plantas con el fin de evitar la deshidratación.

Las plantas provienen de semilla colectada en el área de Neltume.

El ensayo de fertilización se hizo con abono foliar (Bayfolan) en dosis de 4cc por litro, además de un adherente. Se realizaron 2 aplicaciones una a principios de diciembre de 1993 y otra un mes más tarde, a principios de enero de 1994.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura y Diámetro de Cuello de las Plantas

Las alturas y diámetros de cuello de las plantas se pueden observar en el Cuadro N° 1. Las mayores alturas y diámetros corresponden a las plantas ubicadas en la faja de 45m de ancho. Estos crecimientos resultan especialmente significativos, ya que las plantas utilizadas venían infectadas con un hongo desde el vivero, además los resultados presentados en el cuadro corresponden al crecimiento obtenido en el borde superior de la faja, donde las condiciones son más rigurosas.

Las plantas establecidas bajo el sistema en fajas han debido competir por luz con otras pioneras, muy agresivas que son parte de la sucesión secundaria que se desarrolla en la faja. entre estas especies se puede mencionar a *Chusquea culeou*, *Cirsium vulgare*, *Budleja globosa*, *Muehlenbeckia hastulata*, etc.

Cuadro N°1
 ALTURA Y DIÁMETRO POR TEMPORADA

Método Silvícola	Variable	1ª temporada	2ª Temporada
Faja 45 m	H (cm)	33,1	83,3*
	DAC (mm)	6,8	12,3
Faja 60 m	H (cm)	30,5	65,6
	DAC (mm)	5,0	8,4
Protección Uniforme	H (cm)	36,9	65,8
	DAC (mm)	6,1	9,2

* = Considera parcelas con fertilización foliar durante el primer año.

Crecimientos

Los mayores crecimientos, tanto en altura como en diámetro, se presentaron en la faja de 45 m Cuadros N°s 2 y 3. Estos crecimientos presentan diferencias significativas ($p = 0,05$).

Cuadro N° 2
 INCREMENTOS EN ALTURA EN LA SEGUNDA TEMPORADA DE CRECIMIENTO (cm)

Método Silvícola	N	Media	Mediana	CV
Faja 45 m	336	41,6	47,7	54,6
Faja 60 m	203	37,0	30,0	66,3
Protección Uniforme	306	34,1	31,5	60,0

Donde : N = Tamaño de la muestra.
 CV = Coeficiente de variación (%).

Estos crecimientos son superiores a los determinados por diversos autores, como González (1994), quien obtuvo incrementos de 21,2 cm anuales para plantas de 3 años y a los obtenidos por Grosse (1988), quien determinó crecimientos de 24 cm para plantas con un período vegetativo y fertilización.

Por otra parte, Cogollor y Vita (1979), en un análisis de los resultados obtenidos en el ex Complejo Panguipulli en plantaciones a campo abierto, obtuvieron crecimientos iniciales, para los 4 primeros años, entre 30 y 38 cm anuales.

De igual forma Vita (1974) obtuvo crecimientos para raulí, en Frutillar entre 25 y 30 cm anuales al cuarto año.

Otros ensayos sobre el ritmo de crecimiento de raulí y coihue, obtenidos por Smulders (1988), entregan crecimientos anuales promedios de 21 cm y máximos de 58 cm, para ensayos ubicados en la costa de Valdivia.

Por su parte Donoso (1978) señala que el crecimiento del raulí durante los primeros años de vida fluctúa entre 36 y 60 cm.

Crecimientos superiores a los mencionados anteriormente son entregados por Taján (1989), al segundo año en condiciones de vivero y para procedencias de más al norte. Los crecimientos obtenidos por este autor fluctúan entre 47 y 72 cm anuales promedio.

Cuadro N° 3
 INCREMENTOS EN DIÁMETRO DE CUELLO DURANTE LA SEGUNDA TEMPORADA DE
 CRECIMIENTO (mm).

Método Silvícola	N	Media	Mediana	CV
Faja 45 m	217	5,8	5,5	50,0
Faja 60 m	198	3,7	3,0	70,3
Protección Uniforme	311	3,6	3,4	53,1

El coeficiente de variación, tanto para incrementos en altura y diámetro, es parecido, es decir ambos caracteres tienen aproximadamente igual variación. Esta variación podría considerarse alta e indicaría un crecimiento inicial tipo "serrucho" (plantación con distintas alturas y diámetros), lo que demuestra la necesidad de homogenizar los individuos seleccionados para ser llevados a la plantación.

Crecimientos de Acuerdo a Ubicación de las Plantas en las Fajas

De acuerdo a los tratamientos realizados en términos de la ubicación de las plantas dentro de las fajas, los mejores crecimientos en la de 45 m se obtienen en las plantas ubicadas en el borde inferior, en sus primeros 15 metros y los peores se obtienen en el

borde superior (Cuadro N°4). En este sector de la faja existe una mayor exposición al sol, menor humedad relativa del aire y menor temperatura del suelo (Otero et al,1995).

En la faja de 60 m los mejores crecimientos se dan al centro (49 cm), aunque se repiten los menores crecimientos en su parte superior (28 cm) (Cuadro N° 4).

Cuadro N°4
CRECIMIENTOS DE LA PLANTACIÓN DE ACUERDO
A LA UBICACIÓN DE PLANTAS EN LA FAJA (cm)

Faja	Borde Inferior	Borde Intermedio	Borde Superior
45 m	62	52	46
60 m	37	49	28

F calculado significativo al 95% de confianza

Efectos de la Fertilización

La fertilización con abono foliar produjo efectos significativos en el crecimiento en altura aumentando la media en 16 cm, lo que equivale a un 39% de incremento en altura sobre el control. Las plantas fertilizadas crecieron 57,2 cm y las plantas sin abono 41,6 cm (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5
ESTADIGRAFOS DEL ENSAYO DE FERTILIZACIÓN (cm)

Tratamiento	Media	CV
C/F	57,2	49
S/F	41,6	49,7

Donde: C/F = Con fertilización
 S/F = Sin fertilización
 CV = Coeficiente de variación

F significativo al 99% de confianza.

Sobrevivencia

La sobrevivencia medida en la segunda temporada es un 82% en la faja de 60 m, de 89 % en la faja de 45 m y de un 81.6 % bajo el método de Protección Uniforme (Cuadro N° 6).

Los porcentajes obtenidos son superiores a los determinados por Grosse (1988), quién establece para el rauli un 50% de sobrevivencia en plantaciones sin cobertura vertical, aunque similares a los resultados obtenidos por el mismo autor (84% a 91 % de sobrevivencia) para el caso de protección uniforme.

González (1993), también determinó muy bajos índices de mortalidad para esta especie, del orden del 9% en diversos ensayos a campo abierto.

Debido a los problemas de infección con hongos, durante la primera temporada se secó el 36% de las plantas, de las cuales un 70% volvió a brotar al segundo año.

Vigor

La plantación, a pesar de los problemas iniciales, muestra al tercer año buenas condiciones en cuanto a vigor, siendo entre el 81% y 91% clasificadas como plantas vigorosas, (vigor 1).

A pesar de las rigurosas condiciones ambientales existentes entre los 800 y 1000 msnm, las plantas no muestran daños por heladas e insolación y en su gran mayoría están en buenas condiciones sanitarias como lo muestra el alto porcentaje de plantas clasificadas como vigorosas.

Forma

Un porcentaje relativamente bajo de plantas fue clasificada con doble flecha o flechas múltiples, entre 2,4 y 19%.

Cuadro N°6
 SOBREVIVENCIA, VIGOR Y FORMA EN LAS PLANTACIONES

Método Silvícola	Sobrevivencia (%)	Vigor (%) por Categoría			Forma (%) por Tipo	
		1	2	3	1	2
Protección Faja 60 m	82,2	84	14	2	97,6	2,4
Protección Faja 45 m	88,9	91	7	2	80,9	19,1
Protección Uniforme	81,6	81	8,6	10,3	83,8	16,2

Donde: Vigor 1 = Vigorosas.
 Vigor 2 = Buen estado.
 Vigor 3 = Plantas debilitadas.

Forma Tipo 1 = Una flecha.
 Forma Tipo 2 = Doble flecha.

CONCLUSIONES

Los crecimientos obtenidos bajo el método de Protección en Fajas o protección lateral permiten concluir que este sistema de corta ofrece muy buenas condiciones para el desarrollo inicial de plantaciones de raulí.

Pareciera ser que los crecimientos iniciales obtenidos bajo estas condiciones son mejores que los obtenidos en plantaciones bajo dosel con protección uniforme o a campo abierto, sin protección lateral.

El abono foliar aplicado a estas plantaciones tiene efectos significativos en el crecimiento en altura de las plantas.

Las mejores condiciones al interior de las fajas, con exposición norte, se encuentran en la zona inferior más protegida o en el centro de la faja. En las partes central y superior la protección lateral es menor y por lo tanto los crecimientos son inferiores.

La sobrevivencia en las plantaciones de raulí es alta, incluso cuando la planta sufre ataque de hongos, lo que indica el fuerte vigor de la especie.

El problema de la doble flecha o forma de las plantas es relativamente menor y además perfectamente corregible.

Los resultados confirman el valor e importancia de la especie en la reforestación del bosque nativo y su importante potencial productivo y por lo tanto económico, demostrado en las plantaciones juveniles existentes en el ex Complejo.

Las variables analizadas presentan una alta variación (CV), es decir un crecimiento heterogéneo, que podría ser normalizado con una buena selección de plantas en vivero.

Las plantaciones alcanzaron una altura promedio que les permitiría ser capaces de imponerse frente a la vegetación más competitiva.

Los resultados de sobrevivencia, comparados con la escasa regeneración natural que existe en este tipo de bosques, evidencian que la repoblación artificial es el sistema más eficiente en la renovación rápida de la masa boscosa.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece a BOMASA S. A., empresa que se ha caracterizado por un espíritu de innovación y permanente interés por mejorar el manejo del bosque nativo, particularmente por el apoyo para la realización de las plantaciones y el financiamiento de este estudio. En especial al Sr. Roberto Pérez, encargado de silvicultura de la empresa.

Se agradece también al Sr. Tomás Monfil, silvicultor de amplia trayectoria en bosque nativo, por los consejos y apoyo prestado durante la plantación de las fajas.

Al Sr. Pablo Donoso, actualmente profesor de la Universidad Austral, quién participó en el establecimiento de las plantaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Contreras, A. Otero L. Barrales L. Ojeda I., 1995.** Estudio de Crecimiento de una Plantación de Raulí en el Sector de Panguipulli. Instituto Forestal. Valdivia. En Prensa.
- Cogollor G y Vita A., 1979.** Regeneración en Bosque Nativo de Raulí. Plantaciones y Ensayos de Regeneración. U. de Chile Fac. Cs. Forestales. Santiago.
- Danby, N., 1991.** *Nothofagus* in Wales. *Journal of Forestry* Vol LXXXV N 2.
- Donoso C., 1989.** Regeneración y Crecimiento del Tipo Forestal Siempreverde Costero y Andino Tras Distintos Tratamientos Silviculturales. *Rev. Bosque* Vol 10 N 1
- Donoso P. Monfil T. Otero, L. Barrales L., 1993.** Estudio de Crecimiento de Plantaciones y Renovales Manejados de Especies Nativas en el Área Andina de la Provincia de Cautín y Valdivia. Instituto Forestal Valdivia. Vol 7 N 2.
- Donoso C., 1978.** La Silvicultura de *Nothofagus* en Chile. Dep. Silvicultura U. de California. USA.
- González, M., 1993.** Estado de Efectos de Diferentes Regímenes de Acondicionamiento de Plantas de Raulí (*Nothofagus alpina*), 1 - 0 Raíz Desnuda. Tesis U. Austral
- Grosse H., 1988.** Crecimiento de Plantaciones de Raulí y Roble Bajo Dosel en Dependencia del Grado de Luminosidad y Fertilización. Instituto Forestal. *Rev. Ciencia e Investigación Forestal* Vol 2 N 5.
- Ocaña-Vidal, J., 1992.** Ordenación de Bosques Naturales Mediante Franjas Protectoras. *Unasylva* 169. Vol 43.
- Otero, L. Contreras A. Barrales, L., 1994.** Efectos Ambientales de las Cortas de Protección en Bosque Nativo. Seminario Medio Ambiente y Biodiversidad. Instituto Forestal. Santiago.
- Otero, L. Contreras, A. Barrales, L., 1994.** Efectos Ambientales de Diferentes Tipos de Corta en Bosque Nativo. El Caso de las Cortas de Protección en Fajas. *Ciencia e Investigación Forestal*. Vol 8 N°1. Instituto Forestal. Santiago.
- Smulders A., 1998.** Estudio del Ritmo de Crecimiento de *Nothofagus alpina*, *Nothofagus dombeyi* y *Persea lingue* Durante los primeros Años de Vida. Tesis Fac. Cs Forestales U. Austral.
- Taján P., 1989.** Crecimiento y Resistencia a la Sequía de Ocho Procedencias de Raulí Durante el Segundo Periodo Vegetativo en Valdivia. Tesis Fac. Cs. Forestales. U. Austral.
- Tuley, G., 1979.** *Nothofagus* in Britain. Forestry Commission. Forest Record. England
- Vita A., 1974** Algunos Antecedentes para la Silvicultura del Raulí. Fac. Cs. Forestales. Bol. Téc. N 18.

PRIMEROS RESULTADOS EN UN ENSAYO DE ESPACIAMIENTO, PODA Y RALEO CON *Eucalyptus globulus* EN CONSTITUCIÓN (VII REGION).

JUAN CARLOS PINILLA SUÁREZ

División Ord. Forestal e Inventarios. Instituto Forestal - Concepción.

RESUMEN

En el estudio se presentan los primeros resultados de un ensayo de 7 años de Espaciamiento, Poda y Raleo con E. globulus, realizado en el secano costero de la VII Región, utilizando distintas densidades iniciales y finales. Se observó que no existían diferencias estadísticas significativas entre las alturas de los distintos espaciamientos, lo que confirmaría que la densidad inicial no influiría sobre la altura que alcanzan los árboles dominantes. Sin embargo, se aprecia que en el crecimiento inicial el espaciamiento sí tiene un efecto sobre la altura total del rodal. A una mayor densidad inicial se obtiene un menor DAP en los árboles. La mayor cantidad de área basal se obtuvo en las parcelas con una densidad intermedia de 1667 árboles por hectárea, lo que puede ser un indicador para una adecuada ocupación del sitio por parte del E. globulus, en las condiciones donde se ubica el ensayo. La disminución del número de árboles en algunas parcelas es un factor que debe incorporarse en cualquier análisis futuro del ensayo. Las relaciones funcionales obtenidas presentaron coeficientes de correlación aceptables, usando como variables independientes el DAP, la edad del rodal y la densidad del rodal.

Palabras claves: *E. globulus*, Densidad, Raleos, Correlaciones

ABSTRACT

The initial results of a 7 years old trial with different initial density and thinning treatments in Eucalyptus globulus are showed. This study was carried out at the Pantanillo Farm, in the VII Region (Chile), using different initial and final densities. There was not significant growth differences in the dominant height between the different densities after the second thinning. This results confirm that the initial density does not have effect in the dominant height. However, in the initial growth, after the thinning, the density had an effect on the total height of the stand. With a high initial density (2.000 trees/ha without thinning) was found the lowest d.b.h. (diameter breast height). The higher basal area was found in the treatment with an initial density of 1.667 trees/ha and a final density of 300 trees per hectare. This number of trees could indicate an adequate occupation of the site by E. globulus in the conditions where the trial is placed. The relations obtained had high correlations, using the d.b.h., the age and the density as independent variables.

Keywords: *Eucalyptus globulus*, Density, Thinning, Correlations.

INTRODUCCIÓN

Dentro del proyecto Manejo Silvícola de Especies del Género *Eucalyptus*, la División Ordenación Forestal e Inventarios de INFOR ha continuado la investigación destinada a incorporar distintos tipos de manejo en el cultivo del eucalipto.

El ensayo ubicado en el predio Pantanillo, perteneciente a la Universidad de Chile, es parte importante de este proyecto ya que en él se ensayan distintos tipos de espaciamientos, podas y raleos aplicados en *E. globulus*. Además, el predio se ubica en un área de alto interés forestal, tanto a nivel de empresas como de propietarios particulares.

Los esfuerzos dedicados a intentar definir las labores de manejo que optimicen los objetivos de producción forestal requieren del análisis y utilización de la valiosa e interesante información que desde estos tipos de ensayo se puede extraer, incluso hasta después de la explotación del bosque, al analizar las características físicas y tecnológicas de los productos a obtener.

Los resultados son evaluados a través de las respuestas obtenidas en las variables más representativas del rodal, intentando definir y obtener las relaciones funcionales que entre ellas existen. Se intenta además obtener datos que permitan la construcción de funciones de ahumamiento y volumen aplicables a esta especie en las condiciones de sitio del ensayo.

En este trabajo se presentan los primeros resultados, para lo cual se evaluó el desarrollo actual del rodal bajo los distintos espaciamientos iniciales y el efecto de dos raleos recientes sobre él.

OBJETIVOS

Objetivo General del Ensayo

Este ensayo se enmarca dentro del proyecto Manejo Silvícola de Especies del Género *Eucalyptus*, cuyos objetivos principales son:

- Determinar las respuestas al manejo y los esquemas silviculturales adecuados para las especies de *Eucalyptus* de rápido crecimiento, en función de los objetivos de producción y las características de cada zona edafoclimática del país.
- Obtener datos de crecimiento y respuesta al manejo de *Eucalyptus*, su análisis, formulación de funciones de crecimiento y rendimiento, y su posterior aplicación práctica.

Objetivo Específico del Ensayo en el Predio Pantanillo

Probar distintos esquemas de espaciamiento, poda y raleo en una plantación de *E. globulus ssp globulus* de acuerdo a un esquema predeterminado basado en el número de árboles, decidido con anterioridad, que llegará a la edad de cosecha final.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de Estudio

El ensayo se localiza en el predio Pantanillo perteneciente a la Universidad de Chile, ubicado en la provincia del Maule, VII Región (Figura N°1.).

Diseño Experimental

Este ensayo se estableció durante la temporada de plantación del año 1988, utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones. Se utilizaron plantas de *E. globulus* a raíz desnuda, con un año de vivero, producidas en el predio.

El diseño experimental consiste de 36 parcelas, cada una de 1.936 m² (44 x 44 m), con un número variable de árboles en cada una, de acuerdo al espaciamiento inicial utilizado.

Al inicio del ensayo se establecieron los distintos regímenes de raleo y podas a ensayar, cuya aplicación se efectuaría al momento de alcanzar los árboles una altura dominante predeterminada. Este diseño se definió de acuerdo con un objetivo de producción, en el cual según el producto a obtener es el régimen a aplicar, siendo el número de árboles a ralear y la altura de poda los factores que variaban en cada tratamiento. Al combinar los distintos espaciamientos iniciales con los esquemas de poda y raleo se definieron 11 tratamientos, los que se presentan en el Cuadro N°1.

La distribución del ensayo en el terreno y esquema se presentan en la Figura N°2.

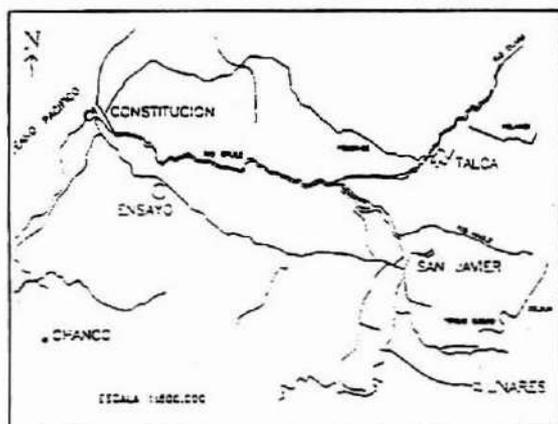


Figura Nº 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA ENSAYO PANTANILLO

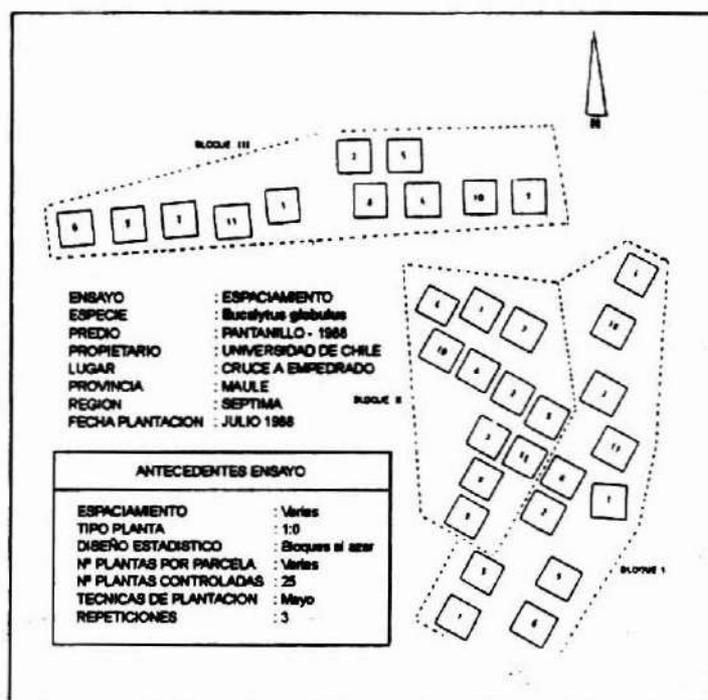


Figura Nº 2. DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS

Raleos Realizados

En el ensayo se han realizado dos raleos hasta el momento, en 1992 y 1994, de acuerdo con las alturas alcanzadas por las parcelas y el esquema del experimento. En el futuro, se deberán realizar las intervenciones finales que el diseño experimental contempla.

Cuadro N°1.

ENSAYO DE REGIMENES DE MANEJO PARA *Eucalyptus globulus* FUNDO PANTANILLO.

Objetivos Producción	Parcela (N°)	Densidad Inicial (Arb/ha)	Altura Media (m)				
			10,5	10,5	13,5	13,5	40,0
			(Arb/ha)				Cosecha
D/R	PD1	D/R	PD2				
Pulpa-Astillas	1	2.500(*)	---	---	---	---	2500
Pulpa-Leña	2	2500	1.500	---	400	---	400
Pulpa-Mad. aserrada	3	2500	1.000	600	300	300	300
Pulpa-Mad. aserrada	4	1667	1.000	600	300	300	300
Trozas exportación	5	1.250(*)	---	---	---	---	1.250
Madera clear	6	1250	800	500	300	300	300
Madera clear	7	1250	400	400	200	200	200
Chapas	8	833	500	500	300	300	300
Pulpa-Astillas	9	625(*)	---	---	---	---	625
Madera clear	10	625	300	300	200	200	200
Chapas	11	625	300	300	300	100	100

D/R : Número de árboles después del raleo.

PD1: Número de árboles con altura de poda a los 3 a 4 m.

PD2: Número de árboles con altura de poda hasta 7,5 m.

(*) : Densidad inicial menos la mortalidad.

Metodología de Análisis

Con las mediciones efectuadas en los años 1988; 1989; 1990; 1992; 1993 y 1994 se calculó por tratamiento y bloque las siguientes variables de estado para el ensayo: DAP (cm), Altura (m), Altura de Copa (m) y Arca Basal (m²/ha).

Obtenidas las variables de estado, se realizó para cada una de ellas un análisis de varianza por tratamiento. Al mismo tiempo se efectuó una prueba de Tukey, para cada uno de los análisis de varianza que mostraron significación.

En las tres primeras evaluaciones se midió el diámetro de cuello (o DAP si correspondía) y altura a 25 árboles por parcela. En 1992; 1993 y 1994 se les midió el DAP a todos los árboles de cada parcela y la altura a una muestra de 12 árboles, rectos, sanos y sin defectos, tratando que se distribuyeran de a 2 por clase diamétrica. En esta muestra se incluyó a 4 árboles de las clases diamétricas más altas.

RESULTADOS

Las variables de estado promedio por tratamiento registradas en los distintos años de medición se presentan en el Cuadro N°2.

Cuadro N°2.

VARIABLES DE ESTADO PROMEDIO POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	AÑOS	DAP MEDIO (cm)	ALTURA MEDIA (m)	ALTURA COPA (m (l))	AREA BASAL (m ² /ha)
1	1988	0,31	0,21	---	0,0189
	1989	1,7	1,08	---	0,687
	1990	4,47	5,05	---	3,923
	1992	8,67	9,80	3,62	14,759
	1993	9,13	14,15	4,44	16,367
1994	9,88	15,58	7,83	19,167	
2	1988	0,29	0,19	---	0,0165
	1989	1,41	0,87	---	0,390
	1990	4,35	4,89	---	3,715
	1992	8,73	9,94	3,59	14,964
	1993	9,80	12,56	3,42	7,543
1994	10,66	14,28	7,53	8,925	
3	1988	0,30	0,20	---	0,0177
	1989	1,53	0,89	---	0,46
	1990	3,91	3,95	---	3,002
	1992	8,63	10,20	3,65	14,624
	1993	10,58	12,12	3,39	8,791
1994	11,32	13,95	6,64	10,064	
4	1988	0,30	0,20	---	0,0118
	1989	1,36	0,83	---	0,242
	1990	5,41	4,78	---	3,83
	1992	10,29	10,44	3,51	13,835
	1993	12,21	14,60	4,09	19,507
1994	13,63	16,35	6,21	24,308	
5	1988	0,27	0,19	---	0,0072
	1989	2,02	1,07	---	0,401
	1990	3,76	3,88	---	1,388
	1992	11,03	10,44	3,56	11,944
	1993	11,52	13,48	3,61	13,029
1994	12,39	14,66	6,29	15,071	
6	1988	0,33	0,21	---	0,0107
	1989	1,74	1,04	---	0,297
	1990	4,64	4,49	---	2,114
	1992	11,00	10,50	3,32	11,879
	1993	12,47	13,53	4,05	9,160
1994	13,83	14,59	6,52	11,267	
7	1988	0,29	0,20	---	0,0083
	1989	1,68	0,95	---	0,277
	1990	5,42	4,78	---	2,884
	1992	11,06	10,88	3,81	12,009
	1993	15,25	14,24	4,95	13,699
1994	17,24	15,91	6,43	17,508	
8	1988	0,33	0,21	---	0,0071
	1989	1,67	0,96	---	0,182
	1990	5,10	4,83	---	1,702
	1992	10,38	9,79	3,95	7,049
	1993	12,98	12,22	4,27	11,022
1994	14,43	13,92	5,48	13,623	
9	1988	0,32	0,21	---	0,0050
	1989	1,66	0,96	---	0,135
	1990	3,89	3,62	---	0,743
	1992	9,75	8,68	3,71	4,666
	1993	12,47	12,24	2,54	7,633
1994	14,05	13,30	4,86	9,690	
10	1988	0,33	0,22	---	0,0053
	1989	1,93	1,00	---	0,183
	1990	5,25	4,26	---	1,353
	1992	12,21	9,63	3,67	7,318
	1993	13,87	13,71	4,26	7,555
1994	18,19	15,43	5,33	12,993	
11	1988	0,28	0,19	---	0,0038
	1989	1,64	0,91	---	0,132
	1990	5,28	4,19	---	1,368
	1992	12,58	10,60	3,75	7,768
	1993	17,04	14,32	4,60	6,841
1994	19,00	15,05	5,96	8,506	

(1): En las 3 primeras mediciones no se evaluó esta variable.

Al mismo tiempo, en las Figuras N^o 3; 4; 5; 6; 7 y 8 se presentan los DAP, alturas y áreas basales, según cada año de evaluación y por tratamientos utilizados.

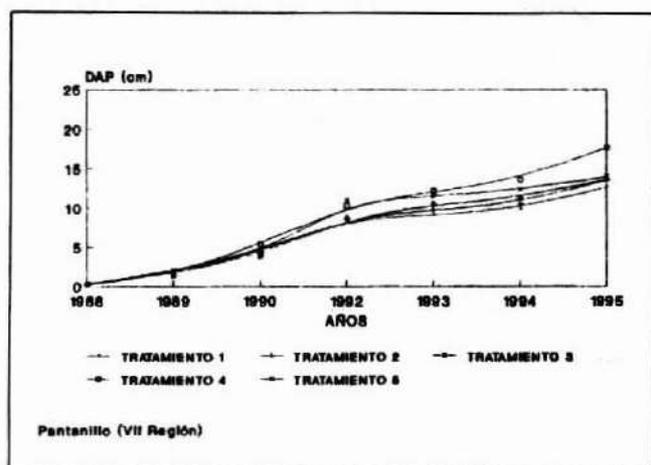


Figura N^o 3. DAP MEDIO TRATAMIENTOS 1 A 5 *Eucalyptus globulus*

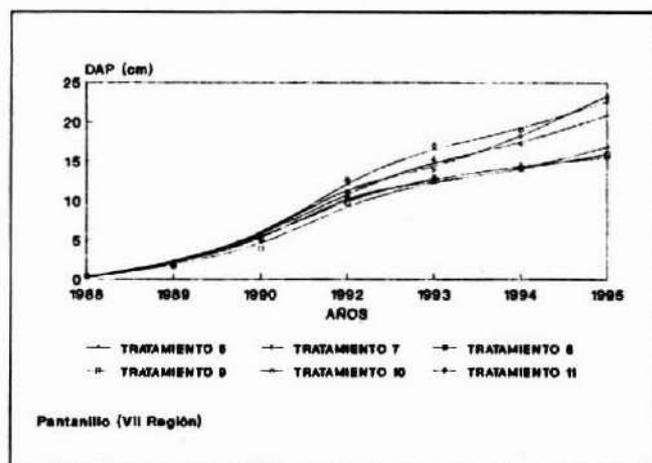


Figura N^o 4. DAP MEDIO TRATAMIENTOS 6 A 11 *Eucalyptus globulus*

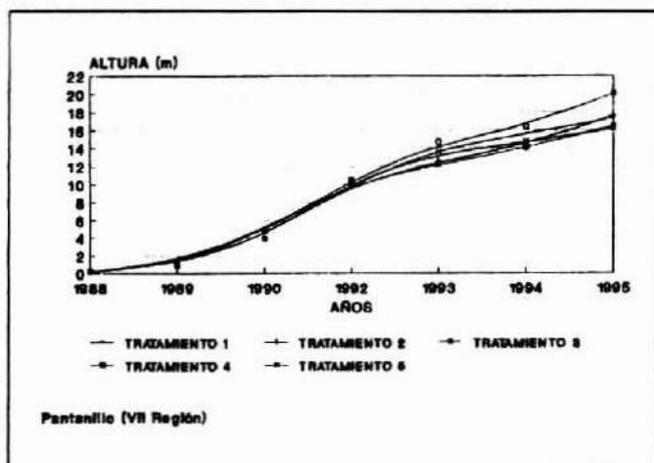


Figura N° 5. ALTURA TRATAMIENTOS 1 A 5 *Eucalyptus globulus*

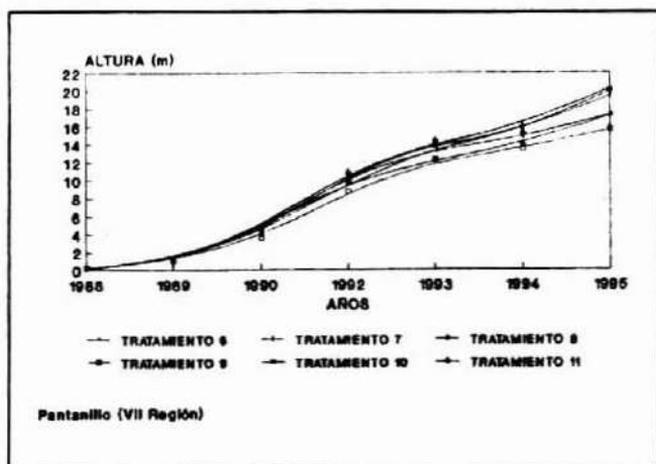


Figura N° 6. ALTURA TRATAMIENTOS 6 A 11 *Eucalyptus globulus*

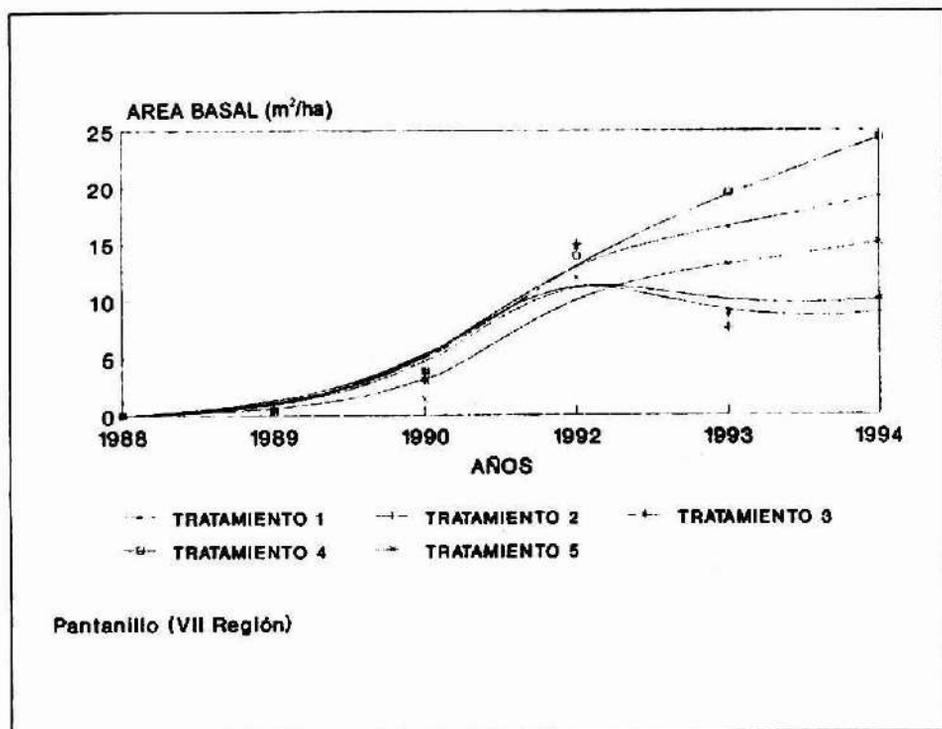


Figura N° 7. ÁREA BASAL TRATAMIENTOS 1 A 5 *Eucalyptus globulus*

Hasta la fecha se ha evaluado la información proveniente de las mediciones de 1992 y 1994. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico preliminar, analizando además el posible efecto de los recientes raleos sobre los tratamientos. Los resultados son los siguientes:

Altura

En 1992 los menores crecimientos en altura media se observan en los tratamientos de mayor espaciamiento (4x4 m y 4x3 m), no siendo significativamente diferentes a los que se presentan en el resto de los tratamientos. Por el contrario, los mayores incrementos en altura lo presentan los tratamientos con espaciamientos de 3x2 y 4x2 m los que, sin embargo, no son significativamente diferentes al resto de los tratamientos.

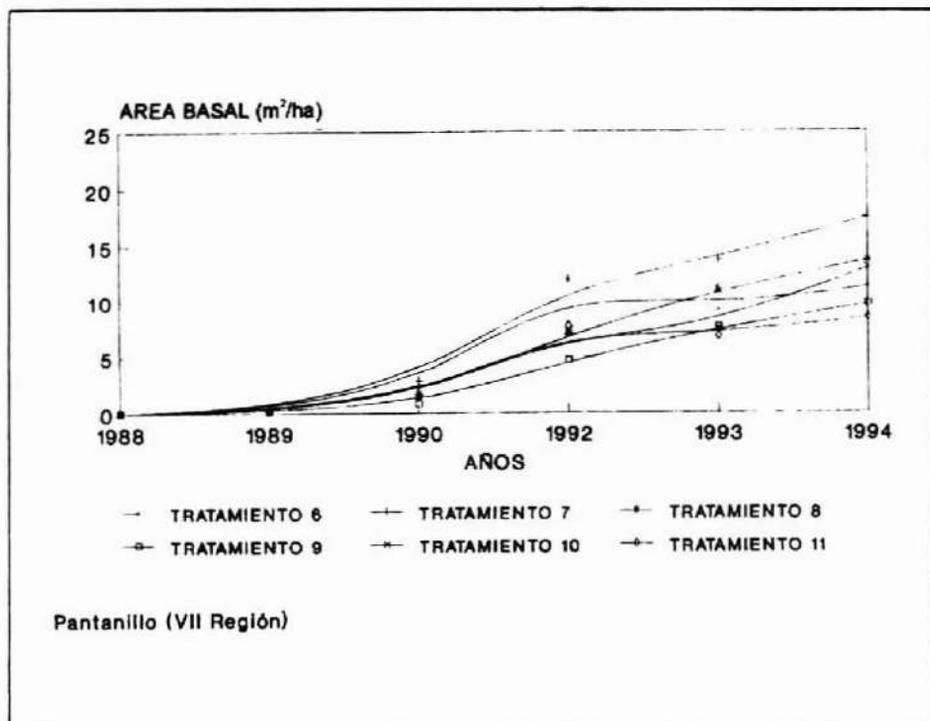


Figura N° 8. ÁREA BASAL TRATAMIENTOS 6 A 11 *Eucalyptus globulus*

En la medición de 1994 (Cuadro N°3.), luego del raleo de 1992, se aprecia que el tratamiento 4 (1667 árboles por hectárea densidad inicial, 300 árboles por hectárea densidad final) es estadísticamente distinto en altura que los tratamientos 9 (625 árboles por hectárea densidad inicial, sin raleo), 8 (833 árboles por hectárea densidad inicial y 300 árboles por hectárea densidad final) y 3 (2.500 árboles por hectárea densidad inicial con 300 árboles por hectárea densidad final).

Este resultado, unido al efecto de una baja densidad inicial, podría ser un indicador del efecto del raleo de 1992 sobre el incremento en la altura media de los árboles, generando un mayor valor de esta variable en las parcelas intervenidas.

En el caso del eucalipto, es interesante determinar si la altura dominante es afectada significativamente por la densidad del rodal, a diferencia de lo observado en *Pinus radiata* en donde esta variable no es afectada por el número de árboles.

Cuadro N°3.
RESULTADOS EVALUACIÓN 1994

Tratamiento	Variables		Tratamiento	Altura (m)(1)	
	DAP (cm)(1)				
1	9,88	a	9	13,30	a
2	10,66	b	8	13,92	ab
3	11,32	b	3	13,95	ab
5	12,39	c	2	14,28	abc
4	13,63	d	6	14,59	abc
6	13,83	d	5	14,66	abc
9	14,05	d	11	15,05	abc
8	14,43	d	10	15,43	abc
7	17,24	e	1	15,57	abc
10	18,19	ef	7	15,91	bc
11	19,01	f	4	16,35	c

(1): Tratamientos con igual letra no presentan diferencias significativas al nivel del 95%.

En este sentido, en estas parcelas se observó que en la evaluación de 1992 no existían diferencias estadísticas significativas entre las alturas de los distintos espaciamientos, lo que confirmaría que la densidad inicial no influiría sobre la altura que alcanzan los árboles dominantes en estos rodales. Si bien no existen diferencias significativas entre las alturas alcanzadas por los árboles del estrato dominante, es claro que la altura media está definida por la competencia con ejemplares vecinos (luz). Esto se demuestra al examinar los resultados de la evaluación de 1994, en donde sí se registraron diferencias significativas como consecuencia de la abertura del dosel.

Estos resultados indican que en los raleos que dejaron un menor número de árboles, o en las parcelas con una baja densidad inicial, se produjo en los árboles una mayor velocidad en el incremento de la altura de los árboles dominantes.

Como la evaluación del raleo de 1992 se realizó en 1994 (menos de dos años después), es posible suponer que el resultado del raleo aún no se manifiesta en toda su magnitud, o bien, que estas diferencias producidas se pueden mantener o no en el futuro, requiriendo de nuevas y sucesivas mediciones para establecer su real efecto.

Diámetro a la Altura del Pecho

Con respecto a esta variable es posible afirmar que luego de 6 años de iniciado el ensayo a una mayor densidad inicial se obtiene un menor DAP en los árboles. Es así como el tratamiento con la mayor densidad (2x2 m) presenta los menores incrementos en DAP en la evaluación de 1992 y es estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. El mayor incremento diametral, en 1992, lo presentó el tratamiento con

una menor densidad (4x4 m), el que no presenta diferencias significativas respecto a los espaciamientos de 4x2, 4x3 y 3x2 metros.

En la medición de 1994 el DAP presentó diferencias altamente significativas entre los distintos tratamientos. El menor valor se presentó en el tratamiento 1 (2500 árboles por hectárea densidad inicial sin raleo), mientras que el mayor valor estuvo en el tratamiento 11 (625 árboles por hectárea densidad inicial y 100 árboles por hectárea densidad final). En el resto de los tratamientos se presentaron valores intermedios, presentando diferencias estadísticas entre los distintos valores.

Esta mayor respuesta encontrada en los rodales de menor densidad es producto del mayor espacio con que cuentan estos individuos para la obtención de agua y nutrientes, a la mayor cantidad de luz que reciben sus copas y al mayor largo de copa registrado en estos árboles. Además se detectó una relación entre el incremento diametral y la cantidad de follaje foliar.

Esta situación podría estar significando que en las más altas densidades la competencia ya ha comenzado, estableciendo la alta concentración de DAP en las clases menores debido a la mayor cantidad de árboles presente en los tratamientos más densos.

Los resultados registrados hasta esta etapa del ensayo hacen posible concluir que a una menor densidad inicial los árboles desarrollan un mayor DAP.

Un resumen de estos resultados con su significación estadística se presentan en el Cuadro N°3.

Altura de Copa

Esta variable, definida como la distancia entre la base del árbol y el inicio de su copa, presenta un comportamiento similar al de la altura total, encontrándose su mayor valor en el tratamiento con el menor espaciamiento y el menor valor en los tratamientos con la menor densidad.

El aumento o disminución de la altura de copa con respecto al DAP de los árboles permite conocer que porción del árbol (fuste o copa) influye mayormente en el crecimiento en altura, proporcionando un parámetro de apreciación sobre la aptitud comercial del árbol.

Es posible concluir, al igual que en otros estudios, que la altura de copa disminuye con el aumento del DAP, lo cual significa que la mayor proporción del incremento en altura se explica por el incremento del fuste, y que a consecuencia de ello, la contribución del fuste en la biomasa total del árbol es creciente.

El valor alcanzado por la menor densidad es producto de la menor competencia que presentan estos individuos, ya que al contar con un mayor espaciamiento reciben una mayor cantidad de luz lo que les permite una elongación de sus copas y una menor

altura de copa. Lo contrario ocurre en las parcelas más densas, en las cuales producto del menor espaciamiento la cantidad de luz que pueden recibir los árboles es reducida en comparación a la situación anterior, por lo que sus copas, al existir una mayor competencia, no presentan la capacidad de alargarse en forma tan marcada, presentando de este modo una mayor altura de copa.

Area Basal

La mayor área basal se registró en 1994 en las parcelas con 1667 árboles por hectárea, con un valor de 24,308 m²/ha, siendo interesante este dato ya que no se obtuvo en las parcelas con una mayor densidad (2.500 árboles por hectárea), como era de esperarse. Quizás este número de árboles por superficie sea un indicador para una adecuada ocupación del sitio por parte del *E. globulus*. Por otro lado, el menor valor se obtuvo en las parcelas con un mayor espaciamiento en donde la cifra llegó a los 8,506 m²/ha.

Es interesante el estudio de esta variable ya que es un indicador para una situación óptima dentro del manejo silvocultural del eucalipto, en la búsqueda de la adecuada combinación de máxima área basal, mínimo número de árboles y máximos incrementos anuales en diámetro.

Es por ello que el tratamiento con la mayor densidad, a pesar de presentar un alto valor en área basal no es el óptimo desde el punto de vista del manejo forestal, ya que presenta un alto número de árboles y un DAP menor a los otros tratamientos. Por el contrario, las parcelas con el mayor espaciamiento presenta las menores cifras de área basal y número de árboles, pero sus DAP son los más altos dentro del ensayo.

Este óptimo de combinación entre número de árboles, área basal y máximo incremento depende a su vez de los productos que se quieran generar de estos bosques. Este conjunto será diferente según el objetivo producir madera pulpable, aserrada o cualquier otro producto.

Si el objetivo es producir madera pulpable en rotaciones cortas, no cabe duda que los tratamientos con un menor espaciamiento son los más aconsejables (alrededor de los 1667 árboles por hectárea), ya que en ellos se produce la máxima ocupación del sitio con un alto número de árboles, obteniéndose así la mayor producción de área basal y volumen total por hectárea.

Por otra parte, si se desea obtener madera aserrada en rotaciones más largas será necesario lograr una adecuada relación entre un máximo incremento en diámetro y el número de árboles por unidad de superficie.

Funciones Predictoras

Con los resultados obtenidos hasta el momento se intentó definir algunas relaciones funcionales que permitan predecir el comportamiento de alguna variable en función de otra. Es así como se probaron diferentes modelos para cada una de las variables de interés, como son el DAP y la altura, obteniéndose coeficientes de correlación aceptables. Estos modelos usan como variable independiente el DAP y la edad del rodal. Algunos de estos resultados se presentan en el cuadro N°4.

Al intentar relacionar el espaciamiento inicial con las variables descriptoras no se obtuvieron mejores ajustes significativos. Posiblemente al agregar en este análisis el efecto futuro de los raleos sobre el desarrollo del rodal se pueda obtener alguna relación con un adecuado grado de ajuste, con el objetivo de predecir el comportamiento del DAP y de la altura en función de las variables de rodal y de la densidad.

Cuadro N°4.

FUNCIONES PROBADAS EN LOS RESULTADOS DE PANTANILLO

Variable Dependiente	Variables Independientes	Coefficiente de Correlación
Altura	Cte., DAP, LN DAP	0,94
DAP	Cte., Edad, 1/Edad	0,89
LN Altura	1/DAP, DAP, DAP ^{1/2} , Densidad	0,97
DAP	Edad, 1/Edad	0,94
LN DAP	Cte., Edad, 1/Edad, 1/Densidad	0,94
DAP ^{1/2}	Edad, 1/Edad, (Edad) ^{1/2} , 1/Densidad	0,98
DAP	Cte., Edad, 1/Edad, 1/Densidad	0,89
LN Altura	DAP, 1/Densidad, D ^{1/2} , 1/DAP	0,97
LN Altura	Cte., 1/Edad, LN DAP, Edad, DAP ² , DAP, 1/DAP	0,99
Altura	Cte., DAP, 1/Densidad, DAP ²	0,93
Altura	Cte., DAP, DAP ^{1/2} , 1/DAP	0,92
Altura	Cte., DAP, 1/Densidad, 1/DAP	0,84
Altura	Cte., DAP, 1/Densidad, DAP ²	0,93
LN Altura	LN DAP, DAP, 1/DAP, DAP ² , DAP ^{1/2} , 1/Densidad	0,99

Donde: Cte. : Constante de la función.
 LN : Logaritmo natural.
 DAP : Diámetro a la altura del pecho.
 Densidad : Densidad del rodal (arb/ha).
 D : (DAP/(DAP + 20)).
 Edad : Edad en años.

Altura

- Altura según Edad, Densidad y DAP.

Al intentar relacionar el total de las alturas de los árboles del ensayo con el diámetro a la altura del pecho y la densidad, se generaron una serie de funciones predictoras, las que luego del análisis correspondiente permiten seleccionar un modelo preliminar basado en el DAP y el efecto de la densidad.

La expresión del modelo preliminar seleccionado corresponde a:

$$LN H = 0,188 * (DAP) - 99,491 * (1/DENSIDAD) - 0,758 * (DAP)^{1/2} + 1,514 * (LN DAP) + 0,197 * (1/DAP) - 0,005 * (DAP)^2$$

$$r = 0,986$$

$$E.S. = 1,34$$

Donde:

H = Altura (m).

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

LN = Logaritmo natural.

$DENSIDAD$ = Densidad del rodal (arb/ha).

El modelo tiene como principal componente el resultado del DAP para explicar la altura alcanzada, hasta la última evaluación, por los árboles en el ensayo, al que se le incorpora el efecto del espaciamiento. Si bien la altura dominante que resulta no es afectada por la densidad, transcurridos siete años de este ensayo se aprecia que en el crecimiento inicial el espaciamiento sí tiene un efecto sobre la altura total del rodal.

Si a este análisis se le incorpora la variable edad se obtienen funciones con un mayor número de variables predictoras en su estructura, pero sin que ello signifique un aumento en el grado de ajuste. Un ejemplo de ello es la siguiente función:

$$LN H = 0,27 * EDAD - 0,735 * (1/EDAD) - 0,418 * (EDAD)^{1/2} - 62,813 * (1/DENSIDAD) + 1,118 * (LN DAP) + 0,196 * (1/DAP) - 0,002 * (DAP)^2$$

$$r = 0,978$$

$$E.S. = 1,3$$

- Altura según DAP.

Con la información obtenida hasta el año 1994 se desarrolló una función preliminar para la estimación de la altura, basada únicamente en el DAP de los árboles, la cual se determinó según la siguiente relación:

$$LN H = -3,109 - 0,418 * DAP + 2,993 * (DAP)^{1/2} + 0,002 * (DAP)^2$$

$$r = 0,98$$

$$E.S. = 1,3$$

Al examinar el comportamiento de este modelo en relación con las diferentes densidades utilizadas, se consideró necesario ajustar funciones según cada tratamiento, obteniendo con este procedimiento significativos ajustes. Las funciones obtenidas correspondieron a un modelo general con la altura o el logaritmo natural de la altura como variable dependiente y el DAP, o una de sus transformaciones, como variable independiente. La estructura general del modelo correspondió a:

$$H(LN H) = a + b * DAP + c * DAP^{1/2} + d * LN(DAP) + e * DAP^2 + f * (1/DAP)$$

Los modelos obtenidos junto con sus respectivos coeficientes en cada tratamiento se presentan en el Cuadro N°5.

Cuadro N°5.

COEFICIENTES DE LOS MODELOS SEGUN TRATAMIENTO.

T	VAR.	a	Coeficientes de cada Variable					r	E.S.
			DAP	DAP ^{1/2}	LN DAP	DAP ²	1/DAP		
1	LN H	-2,907	-0,139	2,421	0	-0,007	0	0,99	1,2
2	LN H	-3,328	-0,553	3,475	0	0,004	0	0,98	1,3
3	LN H	-3,097	-0,298	2,831	0	-0,003	0	0,98	1,3
4	LN H	-2,624	-0,295	2,522	0	0	-0,078	0,99	1,3
5	LN H	-2,535	-0,288	2,472	0	0	-0,083	0,98	1,3
6	LN H	-3,007	-0,337	2,781	0	0	0	0,99	1,3
7	LN H	-2,611	-0,268	2,405	0	0	-0,062	0,99	1,2
8	H	-1,318	1,698	0	-0,879	-0,037	0	0,97	1,3
9	H	-0,874	1,476	0	-0,879	-0,037	0	0,96	1,3
10	LN H	-2,906	-0,363	2,704	0	0,002	0	0,98	1,3
11	LN H	-2,259	-0,220	1,915	0,270	0	0	0,99	1,2

Donde:

T. = Tratamiento.

VAR. = Variable dependiente utilizada en el modelo.

H = Altura (m).

LN H = Logaritmo natural de la altura.

- DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm).
 a = Constante del modelo.
 r = Coeficiente de correlación.
 E.S. = Error estandar.

- Altura según Año de Medición

Una vez obtenidos estos modelos se procedió a ajustar funciones según cada año de medición, con el objetivo de relacionar la edad del rodal al momento de la medición, y en algunos casos la variable densidad, con el crecimiento en altura, consiguiendo también con este análisis significativos ajustes.

Las funciones obtenidas correspondieron a un modelo general del tipo:

$$H(LN H) = k + a * DAP + b * (LN DAP) + c * (DAP^2) + d * (1/DENSIDAD) + e * (DAP^{1/2}) + f * (1/DAP) + g * (DENSIDAD) + h * (D^{1/2})$$

Donde:

- H = Altura(m).
 DAP = Diámetro a la altura del pecho(cm).
 LN = Logaritmo natural.
 DENSIDAD = Densidad del rodal (arb/ha).
 D = (DAP/(DAP + 20)).
 k = Constante del modelo.
 a,b,c,d,e,f,g,h = Coeficientes de regresión del modelo.

Los coeficientes según cada año de medición se presentan en el Cuadro N°6

Al observar estas funciones se aprecia que además del DAP como principal variable predictora de la altura, la densidad esta involucrada en la mayoría de los modelos obtenidos, siendo significativa para determinar el crecimiento en altura de los árboles hasta esta etapa del ensayo.

Cuadro N°6.

COEFICIENTES DE LAS VARIABLES SEGÚN LA EDAD.

Año del Ensayo	Variable dependiente utilizada en el modelo	Coeficientes de las Variables								Coeficiente de correlación	
		k	a	b	c	d	e	f	g		h
1	H	0	-2,408	0,898	2,065	0	0	0	0	0	0,99
2	H	0,146	0,550	0	0,02	-19,003	0	0	0	0	0,93
3	H	-12,5	-1,481	0	0	0	10,72	3,644	0	0	0,92
5	H	10,208	0,292	0	0	-1421,87	0	-17,49	0	0	0,84
6	LNH	0	-0,087	0	0	0	0	1,014	0,006	0,948	0,99
7	LNH	0	-0,113	0	0	-69,802	0	3,273	0	1,099	0,99

- Altura según Tratamiento y Edad

En relación con la edad del ensayo no fue posible obtener ajustes significativos al relacionar la altura de los árboles únicamente con la edad del ensayo, debido posiblemente al efecto de las densidades iniciales utilizadas. Se emplearon modelos lineales y no lineales para describir esta relación entre la edad y la altura, los que presentaron ajustes significativos, pero luego del análisis de su comportamiento se concluyó que no eran explicativos del comportamiento de la altura. Una de las relaciones de forma no lineal obtenidas correspondió a:

$$H = 14,99 / (1 - 57,315 * EXP(-1,026 * E))$$

$r = 0,95$
 $E.S. = 0,993$
 Donde:

H = Altura (m).
 E = Edad (años).

En este mismo sentido, en el análisis se intentó relacionar la altura con la edad del rodal, ajustando funciones según el tratamiento, considerando las diferentes densidades iniciales y raleos realizados. El resultado de este procedimiento fue una función general para los 11 tratamientos, cuya estructura es:

$$H = a + b * (Edad) + c * (1/Edad)$$

Los coeficientes resultantes en cada tratamiento se presentan en el cuadro N° 7.

Cuadro N°7.

COEFICIENTES SEGÚN TRATAMIENTOS

Tratamientos	Coeficientes de Regresión			Coeficiente de Correlación	Error Standar
	a	b	c		
1	-4,353	2,883	1,524	0,95	1,5
2	-4,532	2,765	1,775	0,94	1,6
3	-4,718	2,729	2,024	0,95	1,6
4	-6,834	3,348	3,552	0,97	1,4
5	-6,160	3,069	3,182	0,96	1,6
6	-3,771	2,724	1,087	0,95	1,6
7	-4,824	3,037	1,826	0,96	1,6
8	-3,926	2,609	1,354	0,95	1,6
9	-5,181	2,731	2,562	0,94	1,6
10	-5,962	3,074	3,001	0,96	1,6
11	-5,543	3,064	2,526	0,97	1,5

Diámetro a la Altura del Pecho

Al intentar relacionar esta variable con la edad y densidades del ensayo se obtuvo una serie de funciones, las cuales si bien no presentaron altos ajustes, permiten establecer cierto grado de correlación. El modelo preliminar seleccionado en esta etapa del ensayo correspondió a la siguiente expresión:

$$DAP^{1/2} = 0,186*(EDAD)-0,777*(1/EDAD)+0,962*(EDAD^{1/2})+150,035*(1/DENSIDAD)$$

$$r = 0,979$$

$$E.S. = 0,46$$

Donde:

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

EDAD = Edad (años).

DENSIDAD = Densidad del rodal (arb/ha).

- Area Basal

Esta variable se relacionó con la edad y densidad del ensayo seleccionándose en forma preliminar para esta etapa del proyecto el siguiente modelo:

$$AB = -0,0103+0,0041*EDAD+0,0081*(1/EDAD)-0,00000138*(DENSIDAD)$$

$$r = 0,80$$

$$E.S. = 0,0047$$

Donde:

AB = Area basal (m²/ha).

EDAD = Edad (años).

DENSIDAD = Densidad del rodal (arb/ha).

- Altura de Copa.

El comportamiento de esta variable en relación a su mayor valor al aumentar la densidad y su disminución al aumentar el DAP, podría indicar su dependencia de estas

dos variables. Sin embargo, al realizar el análisis respectivo se encontró que sólo la altura y el logaritmo natural de ella, eran estadísticamente significativas para predecir la altura de copa.

El modelo general seleccionado en forma preliminar en el ensayo correspondió a:

$$HC = 0,140412*(H) + 0,830584*(LN H)$$

$$r = 0,94$$

$$E.S. = 1,4$$

Donde:

HC = Altura de copa (m).

H = Altura Total (m).

LN = Logaritmo natural.

CONCLUSIONES

Luego de transcurridos 7 años de establecido el ensayo se pueden obtener algunas conclusiones a nivel preliminar, sin considerar el real efecto del raleo sobre el desarrollo de los árboles. Estas corresponden a:

Los menores crecimientos en altura media se observan en los tratamientos de mayor espaciamiento (4x4 m y 4x3 m), no siendo significativamente diferentes a los que se presentan en el resto de los tratamientos.

Los mayores incrementos en la altura media de los árboles, en la evaluación de 1992, lo presentan los tratamientos con espaciamientos de 3x2 y 4x2 m los que, sin embargo, no son significativamente diferentes al resto de los tratamientos.

En la evaluación de 1994, luego del raleo de 1992, se aprecia que el tratamiento 4 (1667 árboles por hectárea densidad inicial, 300 árboles por hectárea densidad final) es superior y estadísticamente distinto en altura que el resto de los tratamientos, incluidos los de un mayor espaciamiento final.

Este resultado, unido al efecto de una baja densidad inicial, podría ser un indicador del efecto del raleo de 1992 sobre el incremento en la altura media de los árboles, generando un mayor valor de esta variable en las parcelas intervenidas hasta esta etapa del ensayo.

En estas parcelas se observó que no existían diferencias estadísticas significativas entre las alturas de los distintos espaciamientos, lo que confirmaría que la densidad inicial no influiría sobre la altura que alcanzan los árboles dominantes en estos rodales. Como la evaluación del raleo de 1992 se realizó en 1994 (dos años después), es posible suponer

que el resultado del raleo aún no se manifiesta en toda su magnitud, requiriendo de nuevas y sucesivas mediciones para establecer su real efecto.

Luego de 7 años de iniciado el ensayo a una mayor densidad inicial se obtiene un menor DAP en los árboles.

El tratamiento con la mayor densidad, (tratamiento 1, 2x2 m), presenta los menores incrementos en DAP y es estadísticamente diferente al resto de los tratamientos.

El mayor valor en diámetro lo presentó el tratamiento con una menor densidad (4x4 m), el que no presenta diferencias significativas respecto a los espaciamientos de 4x2, 4x3 y 3x2 metros, siendo un resultado importante en la definición de densidades óptimas para la utilización del sitio.

En el resto de los tratamientos el DAP presentó valores intermedios, mostrando diferencias estadísticas significativas entre los distintos valores. Esta mayor respuesta encontrada en los rodales de menor densidad puede ser producto del mayor espacio con que cuentan estos individuos para la obtención de agua y nutrientes; a la mayor cantidad de luz que reciben sus copas y al mayor largo de copa registrado en estos árboles.

Es posible concluir que en los tratamientos con las mayores densidades la competencia ya ha comenzado, debido a la mayor concentración de DAP en las clases menores, al menor largo de copa registrado y al cierre de copas producido.

Los resultados registrados hasta esta etapa del ensayo hacen posible concluir que a una menor densidad inicial los árboles desarrollan un mayor DAP.

La altura de copa presenta un comportamiento similar al de la altura total, encontrándose su mayor valor en el tratamiento con el menor espaciamiento y el menor valor en los tratamientos con un menor número de árboles.

Es posible concluir que la altura de copa disminuye con el aumento del DAP, lo cual significa que la mayor proporción del incremento en altura se explica por el incremento del fuste. El valor alcanzado por la menor densidad es producto de la menor competencia que presentan estos individuos, ya que al contar con un mayor espaciamiento reciben una más alta cantidad de luz lo que les permite una elongación de sus copas.

La mayor área basal se encuentra en las parcelas con 1667 árboles por hectárea. Posiblemente, este número de árboles por superficie sea un indicador para una adecuada ocupación del sitio por parte de *E. globulus*. Por otro lado, el menor valor se obtuvo en las parcelas con un mayor espaciamiento. El tratamiento con la mayor densidad a pesar de presentar un alto valor en área basal no es el óptimo desde el punto de vista del manejo forestal, ya que se presenta en una situación de alto número de árboles con DAP menores en relación a otras densidades.

Hasta esta etapa del ensayo se puede concluir que los tratamientos con un menor espaciamiento (alrededor de los 1667 árboles por hectárea) son los más aconsejables para producir madera pulpable en rotaciones cortas, ya que en ellos se produce la máxima ocupación del sitio con un adecuado número de árboles.

Las relaciones funcionales obtenidas presentaron coeficientes de correlación aceptables, usando como variables independientes el DAP, la edad del rodal y la densidad del rodal.

Es posible que al agregar en este análisis el efecto de los raleos sobre el desarrollo del rodal se pueda obtener alguna relación con un adecuado grado de ajuste, entre el comportamiento del DAP y de la altura en función de las variables de rodal y de la densidad.

Si bien la altura dominante que resulta no es afectada por la densidad, transcurridos siete años de este ensayo se aprecia que en el crecimiento inicial el espaciamiento si tiene un efecto sobre la altura total del rodal.

Estos resultados corresponden a una fase intermedia del ensayo, por lo que si bien pueden ser utilizados como una descripción de la situación actual del experimento, deberán ser complementados con el análisis del efecto de los raleos sobre las variables descriptoras de rodal. La disminución del número de árboles en algunas parcelas es un factor que debe incorporarse en cualquier análisis futuro del ensayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAO., 1980. Estimación del Volumen Forestal y Predicción del Rendimiento. Vol. 22/1 y 22/2. Roma. 80 p..
- Hughell, D., 1990. Modelos para La Predicción del Crecimiento y Rendimiento de *Eucalyptus camaldulensis* en América Central. CATIE, 1990. Boletín Técnico N°22.
- INFOR., 1991. *Eucalyptus*, Principios de Silvicultura y Manejo. CORFO-INFOR, Santiago. 197 p.
- INFOR., 1994. Informe de Avance Ensayo Espaciamiento, Poda y Raleo con *Eucalyptus globulus*. División Ordenación Forestal e Inventarios. Documento Interno. 13 p.
- Kerruish, C., and Rawlins, W., 1991. The Young Eucalypt Report. CSIRO, Australia, 272 p.
- Ostle, B., 1973. Estadística Aplicada. México. Ed. Limusa-Wiley. 629 p.

COMPARACIÓN DE CLASIFICACIÓN DE MADERA ASERRADA DE PINO RADIATA POR EL MÉTODO SECUENCIAL, ESTRUCTURAL Y SHOP.

JAVIER GONZÁLEZ MOLINA (*), ROSE MARIE GARAY MOENA (*), FERNANDO BUSTAMANTE FERRARI (**), y PABLO CROXATTO ALARCÓN (**).

(*) Departamento de Tecnología de la Madera. Universidad de Chile.

(**) Ingenieros Forestales. Mención Tecnología de la Madera

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo clasificar la madera de las trozas aserrables de pino radiata, en tres categorías A, B y C, exterior, media y central, respectivamente. Sobre la base de esta clasificación se establecieron los productos que se pueden obtener de las trozas. Se utilizaron las normas de clasificación visual para uso estructural (NCH 1207. OF. 90), de piezas aptas para el uso en viviendas y la norma Factory Shop, que las clasifica en función de su aptitud, para la confección de partes y piezas de puertas y ventanas.

Como organización de la información se confeccionó el predictor FERPA, el que sobre la base de variables de entrada, conocidas fácilmente por el usuario, como dominancia y clase diamétrica, se pueden establecer los volúmenes A, B y C de la troza en cuestión y establecer de esta manera, los productos a obtener por las normas ya expuestas.

Palabras clave: Clasificación madera, *Pinus radiata*.

ABSTRACT

The objective of this study is to define, inside the log of pino radiata, by secuencial norms in specifically A, B and C areas, exterior, midside and central part, respectively to establish the relationship between the products that it can be found. In this case, the pieces werw classified by visual procedures for estructural uses (NCH 1207. OF. 90), wich gives pieces of wood apropiate, to be used in houses's constructions and the Factory and Shop norm, what permits their classification, in order to make them useful in the construction of doors and windows.

In order to canalize the information, a Predictor FERPA, was created to operate with well known variables, dominancy and diametric class, wich permits estimate the volumes A, B and C of the logs and it's later classification, with the above mentioned procedures.

Keywords: Wood classification, *Pinus radiata*.

ANTECEDENTES GENERALES

El sector madera aserrada y productos derivados de pino radiata, ha significado en el último quinquenio el segundo rubro de exportaciones forestales con un promedio anual, para el periodo, de más de US\$ 170 millones.

Una de las limitaciones para mayores exportaciones, en el sector, lo constituye el alto porcentaje de defectos en la madera, tales como nudos, pecas, médula, manchas y bolsas de resinas. El potencial de producción de madera de alta calidad, pasa por el conocimiento íntimo del recurso y las consecuencias que sobre él tienen, ciertas prácticas silvícolas como raleo y podas, principalmente.

Una forma de conocer el recurso madera es clasificar el bosque en pie y tratar de predecir la calidad de los distintos productos que de él se obtendrán. En este trabajo se expone el uso de un Predictor (FERPA), de caracterización tridimensional, el cual guarda una muy buena correlación con la norma estructural y la Schop.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Pino radiata es una especie que presenta ramas muy pequeñas y verticilos cercanos, en los cuatro primeros metros de altura. Hasta los 15 m de altura, los nudos aumentan en tamaño y los verticilos se distancian progresivamente. Las ramas más largas se encuentran entre los 15 y 30 m de altura.

La zona del corazón del árbol se extiende hasta los 20 m y la zona de nudos muertos hasta los 22 m de altura.

La distribución de los conos unidos al tronco y ramas comienza a los 12 m, generando perforaciones cilíndricas de resinas, perpendiculares al eje central del árbol, desde la médula a la corteza, no así las ramas que forman tejido, en la misma zona, con inclinaciones que dependen del ángulo de inserción de éstas (Lavery, 1986).

Tradicionalmente la madera aserrada se clasifica por su resistencia o por su apariencia. Si se atiende su resistencia, interesarán aquellas alteraciones de crecimiento que debiliten sus propiedades mecánicas, tamaño, ubicación y frecuencia. Esto exige caracterizar las cuatro caras de la pieza y sus extremos. Este criterio se utiliza en la madera para la construcción.

En una norma por aspecto, generalmente se clasifica la mejor cara y se caracterizan nudos, médula, bolsas de resinas o corteza, pecas y otros. Se usa esta clasificación, en la madera que se destina a revestimientos, molduras, marcos de puertas, ventanas y otros. (Wagner, 1992). En este caso se trata de usos no estructurales.

Las calidades Factory y Shop, se han desarrollado para dimensiones americanas, utilizadas en carpintería y madera aserrada. Se definen por el número de piezas limpias, que se pueden obtener, conforme a la norma, después de aserrar la pieza. Se utilizan normalmente en la industria secundaria, tales como fabricación de puertas, ventanas, mobiliario, marcos, molduras, cajas y ebanistería. El mejor producto es Shop 1, después 2 y 3 y finalmente Shop-out, que desclasifica (WWPA, 1990).

CORMA (Corporación Chilena de la Madera) define tres calidades estructurales, la calidad normal acepta piezas que son de gran capacidad resistente en la construcción. El control se realiza principalmente, sobre la base de tamaño, ubicación y frecuencia de nudos, específicamente la razón de área nudosa de borde (RANB), desarrollada inicialmente en Inglaterra (INN NCh 1207 of.90).

La clasificación secuencial, desarrollada en Forelco, por la Unidad de Estudios, distingue tres calidades de madera, según la ubicación de ésta, en el corte transversal de la troza aserrable.

- Calidad A: Madera de destape, presenta por lo general nudos muertos y un nudo por cara (a lo ancho de una tabla) y presenta sólo albura.
- Calidad B: Madera libre de médula, con alta proporción de nudos vivos, dos nudos a lo ancho de una cara y puede presentar duramen o albura.
- Calidad C: Presenta médula y mayor porcentaje de duramen (Frola, Bustamante y Croxatto, 1993).

Los nudos afectan la resistencia del material, ya que las fibras se desvían en su entorno, llegando a ser casi perpendiculares a la madera adyacente. El efecto sobre las propiedades mecánicas dependen de su tamaño, forma, adherencia y localización, siendo mayor o menor en función de la solitud a la cual se someta (Kollmam, 1959). Cabe hacer notar que el efecto del nudo, cuyo diámetro varía entre 14 y 18 mm, abarca una superficie de 2 a 4 veces su radio (Zandbergs, 1988).

Especialmente delicado es el caso de los nudos muertos o sueltos, procedentes del recubrimiento de muñones de ramas, posterior a la poda artificial o natural, pues se cubren con los nuevos anillos de crecimiento, quedando embutidos en éstos (Retamal, 1975).

Las manchas son producto de la policromías de hifas de hongos en la madera (Donoso, 1991). Varían en la coloración de negro-azulado a pardo-rojizo y anaranjado. Se pueden encontrar en albura de árboles recién cortados, en tablas en proceso de secado y, en general, en distintos productos forestales. La intensidad de los ataques aumenta con contenidos de humedad de la madera comprendidos entre 40 y 50%. La

madera con este tipo de ataque no disminuye su resistencia mecánica de manera apreciable (Boyce, 1961).

Estos hongos aumentan la permeabilidad de la madera, pueden reducir su peso específico en 1 o 2%, la resistencia a la compresión paralela al grano y el módulo de ruptura pueden disminuir hasta en 5% (Del Pozo, 1984). La mancha es perjudicial en la clasificación estética de la madera y causa gran desclasificación en productos aserrados (INFOR, 1989).

Las pecas son rastros de acículas en la madera. Se pueden clasificar como peca fuerte, de color oscuro y gran tamaño de elemento y peca débil, asociada a madera juvenil, de color claro y pequeñas (Frola, Bustamante y Croxatto, 1993).

Las bolsas de resinas son cavidades planas que aparecen por lo general dentro de un anillo de crecimiento. En pino radiata son frecuentes debido a sus canales resiníferos. Este defecto desclasifica la madera para ebanistería, aún en duramen; la bolsa de resina conserva su color claro, alterando aún más su aspecto (Kollman, 1959). Su presencia altera la resistencia a la tracción, compresión y cizalle (INFOR, 1979).

La médula se presenta en la parte central del tronco y está constituida por parenquima blando. Tiene poca importancia sobre las características mecánicas, pero es causa de desclasificación en madera elaborada. Puede ser de sección circular, poligonal o estrellada, su diámetro alcanza hasta los 16 mm (Kollman, 1959).

MATERIAL Y MÉTODO

Para efectos del muestreo se trabajó con un rodal de 26 a 28 años, con una distribución normal de árboles en el bosque: 45% dominante, 33% codominante y 22% intermedios (Forelco, 1992). Para los efectos prácticos se eliminaron del muestreo los suprimidos, ya que no aportan, sino marginalmente al volumen aserrable. Se usó un muestreo estratificado, con muestras proporcionales al tamaño del estrato.

La muestra consistió en 74 m³, de los cuales se usaron 14 m³, para el análisis tridimensional y los 60 m³ restantes, para la clasificación con las tres normas.

De la muestra aserrable de 60 m³, un 20% se consideró de internudo largo, es decir a 1,20 m. Como caracterización de diferencia entre duramen y albura se consideró la presencia de resina en albura. De esta forma se determinó la diferencia de zonas A, B y C. Los nudos, para el modelaje tridimensional se consideraron de 7 formas: ovalado, redondo, lanceolado, ojo, alargado, cónico y en V.

Las trozas se obtuvieron de 4,15 m de largo y se agruparon en 6 tipos, combinando grado de dominancia y largo de internudo (3x2). En cada grupo se distinguieron 4 clases diamétricas: 12-20 cm, 22-30 cm, 32-40 cm y 42-50 cm. A continuación se pintó

la albura, del diámetro menor de cada troza, para reconstituirla, posteriormente, a base de la clasificación secuencial.

En la práctica, los 24 grupos potenciales (3x2x4) quedaron reducidos a 13, con la siguiente caracterización:

Cuadro N°1.
DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS, DOMINANTES

Clase Diamétrica(cm)	Internudos	
	Largos, N° del grupo	Cortos, N° del grupo
12-20	-	1
22-30	22	3
32-40	23	5
42-50	24	7

Cuadro N°2.
DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS, CODOMINANTES

Clase Diamétrica (cm)	Internudos	
	Largos, N° del grupo	Cortos, N° del grupo
12-20	4	-
22-30	6	11
32-40	8	13

Cuadro N°3.
DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS, INTERMEDIOS

Clase Diamétrica (cm)	Internudos
	Cortos, N° del grupo
22-30	18

La cubicación de las trozas se hizo a base de la norma JAS y el esquema de corte corresponde a cada clase diamétrica, extrayendo un cuartón central variable, entre 5x2" y 6x6", sacando el máximo de tablas de 1 y 1,5" de espesor y en diferentes anchos.

Todas las tablas y cuarterones se pintaron de un color en los extremos, en función del grupo. Una vez seca la madera, se cepilló por ambas caras y se clasificó en forma secuencial, Shop y estructural.

Otro de los objetivos, como se mencionó anteriormente, fue el poder predecir la cantidad de cada producto a obtener del bosque, sobre la base de un predictor "FERPA", teniendo en cuenta diámetro, grado de dominancia y tipo de internudo. Para ello se utilizaron los 14 m³ restantes (Figura N°1).

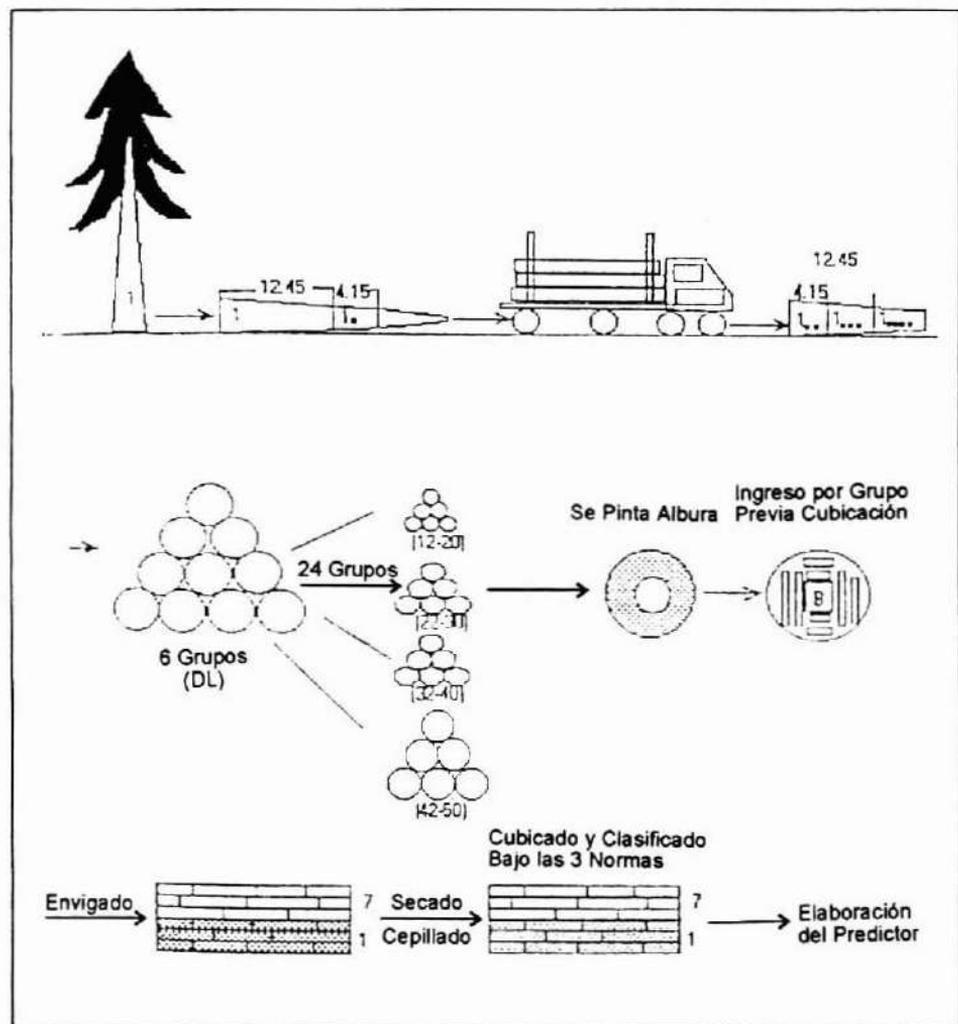


Figura Nº1. METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA CONFECCIÓN DEL PREDICTOR FERPA.

Con esa perspectiva, se relacionaron los volúmenes obtenidos bajo las tres normas y se correlacionaron entre sí. Se obtuvo además regresiones y correlaciones para los volúmenes clasificados para las tres normas y las distintas calidades A, B y C. Finalmente se ajustaron los modelos que explicarían con mayor confiabilidad los volúmenes obtenidos, según las variables predictoras.

El modelaje tridimensional, se obtuvo con la misma metodología ya expuesta, salvo que los defectos se llevaron a coordenadas superficiales con ejes X e Y. Con esta información se alimentó un sistema CAD que permitió obtener los modelos (Figura N°2).

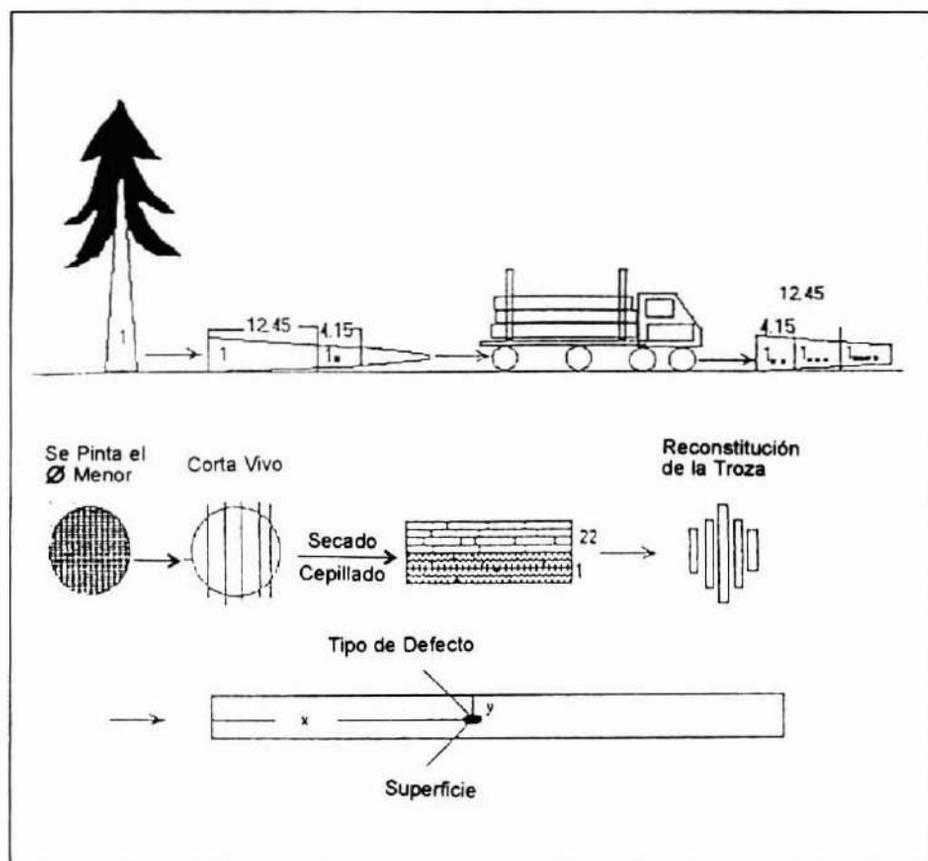


Figura N°2. METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA CONFECCIÓN DEL MAPEO TRIDIMENSIONAL.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de las distintas relaciones establecidas entre las variables.

Cuadro N°4.
VARIACIÓN PORCENTUAL DE CALIDADES A, B Y C EN FUNCIÓN DE LA CLASE
DIAMÉTRICA.

Clase (cm)	Dominante (%)			Codominante (%)		
	A	B	C	A	B	C
16	9	79	12	7	93	-
21	-	94	6	3	85	12
26	8	82	10	8	81	11
31	12	87	1	67	33	-
36	18	81	1	29	64	7
41	44	56	-	-	-	-
46	19	79	2	-	-	-

Cuadro N°5.
VARIACIÓN PORCENTUAL DE CALIDADES ESTRUCTURALES POR CLASIFICACIÓN
SECUENCIAL EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO, ZONA A.

Clase (cm)	Dominante (%)				Codominante (%)			
	ESS *	ES1	ES2	ES0	ESS	ES1	ES2	ES0
16	67	23	-	-	50	50	-	-
21	59	31	10	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	62	33	5	-
31	61	29	10	-	62	29	9	-
36	78	22	-	-	-	57	43	-
41	-	-	-	-	-	-	-	-
46	37	30	33	-	-	-	-	-

* ESS: mejor grado norma estructural

ES1: bueno

ES2: bajo

ES0: eliminado

Cuadro N°6.
VARIACIÓN PORCENTUAL DE LAS CALIDADES SHOP POR CLASIFICACIÓN SECUENCIAL EN
FUNCIÓN DEL DIÁMETRO, ZONA A.

Clase (cm)	Dominante (%)				Codominante (%)			
	SH1 *	SH2	SH3	SH0	SH1	SH2	SH3	SH0
16	-	-	33	67	-	-	50	50
21	-	7	44	49	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	22	60	18
31	2	32	42	24	-	29	51	20
36	-	-	68	32	-	-	-	100
41	-	-	-	-	-	-	-	-
46	-	15	85	-	-	-	-	-

* SH1: mejor grado norma shop

SH2: bueno

SH3: bajo

SH0: eliminado

Cuadro N°7.
VARIACIÓN PORCENTUAL DE CALIDADES ESTRUCTURALES POR CLASIFICACIÓN SECUENCIAL EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO, ZONA B.

Clase (cm)	Dominante (%)				Codominante (%)			
	ESS *	ES1	ES2	ES0	ESS	ES1	ES2	ES0
16	-	34	66	-	18	31	51	-
21	18	42	39	1	-	-	-	-
26	3	55	40	2	8	59	31	2
31	15	47	35	3	8	63	29	-
36	23	41	36	-	12	47	36	5
41	-	-	-	-	-	-	-	-
46	12	28	60	-	-	-	-	-

Cuadro N°8.
VARIACIÓN PORCENTUAL DE LAS CALIDADES SHOP POR CLASIFICACIÓN SECUENCIAL EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO, ZONA B.

Clase (cm)	Dominante (%)				Codominante (%)			
	SH1 *	SH2	SH3	SH0	SH1	SH2	SH3	SH0
16	-	-	-	00	-	-	14	86
21	-	4	19	77	-	-	-	-
26	-	5	26	69	-	4	33	63
31	-	11	33	56	-	4	24	72
36	-	16	35	59	5	22	15	58
41	-	-	-	-	-	-	-	-
46	8	13	52	27	-	-	-	-

Para establecer las regresiones adecuadas, se codificó el número de trozas con los volúmenes totales, por grupo y por cada norma. Como variables de entrada se consideraron clase diamétrica, grado de dominancia y la zona de clasificación A y B, ya que la C queda reducida, en gran parte a cuarterones. Las mismas correlaciones sirvieron para estimar el predictor FERPA.

Cuadro N° 9.
REGRESIONES DE ENTRADA

Tipo de dominancia	Variable independiente	Variable dependiente	r ²
Dominante	Clase diamétrica	Zona A	0.84
Dominante	Clase diamétrica	Zona B	0.99
Codominante	Clase diamétrica	Zona A	0.86
Codominante	Clase diamétrica	Zona B	0.99

Cuadro Nº 10.
REGRESIONES DE SALIDA

Tipo de dominancia	Variable independiente	Variable dependiente	r ²
Dominante	A	SH1	0.82
Dominante	A	SH2	0.86
Dominante	A	SH3	0.94
Dominante	A	SH0	0.77
Dominante	A	ESS	0.98
Dominante	A	ES1	0.99
Dominante	A	ES2	0.68
Dominante	A	ES0	1.00
Dominante	B	SH1	0.02*
Dominante	B	SH2	0.59
Dominante	B	SH3	0.81
Dominante	B	SH0	0.93
Dominante	B	ESS	0.93
Dominante	B	ES1	0.98
Dominante	B	ES2	0.98
Dominante	B	ES0	0.88
Codominante	A	SH1	1.00
Codominante	A	SH2	0.96
Codominante	A	SH3	0.76
Codominante	A	SH0	0.65
Codominante	A	ESS	0.99
Codominante	A	ES1	0.98
Codominante	A	ES2	0.32*
Codominante	A	ES0	1.00
Codominante	B	SH1	0.11*
Codominante	B	SH2	0.68
Codominante	B	SH3	0.99
Codominante	B	SH0	0.99
Codominante	B	ESS	0.99
Codominante	B	ES1	0.99
Codominante	B	ES2	0.99
Codominante	B	ES0	0.75

* Se asume un volumen igual a cero por la naturaleza de los grupos

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los comportamientos de calidades son homogéneos en la zona B, independiente de la clase diamétrica, participa con un 76% del volumen total La zona C varía de 6 a 8%, pero no se considera, ya que se destina preferentemente a cuarterones. La zona A participa con 16 % promedio, como volumen de las trozas.

En la medida que los diámetros aumentan, los volúmenes desclasificados se incrementan, ya que la cantidad de nudos sueltos sigue la misma tendencia. Esta

tendencia se confirma con lo expuesto por Lavery(1986), que diferencia la madera en zona externa, de nudos sueltos, una zona intermedia, de nudos vivos, y el corazón al interior.

La médula no produce desclasificación, ya que va incluida en los cuarterones. En las primeras trozas los nudos son pequeños y firmes, lo cual deriva en calidades buenas a muy buenas, que corresponden a ES1 y ESS, respectivamente.

En la tercera troza, 8 a 10 m de altura, las ramas son mayores y se observa una disminución de calidad en las piezas (ES2). Esta calidad tiende a mejorar en las trozas superiores, en las cuales las ramas disminuyen su tamaño y son vivas.

La calidad más homogénea, se encuentra en la zona B (Cuadro N° 7) de las trozas, debido a que hacia el interior de las mismas, el tamaño de nudo disminuye, pero son más numerosos. Esto acorta el intervalo y decrece la presencia de ES1 y ES2. En la zona A, el 60% del volumen corresponde a ESS (Cuadro N° 5), disminuyendo a 47% en la zona B.

En la clasificación Shop, que consiste en encontrar zonas "clear", aptas para una buena elaboración, se obtiene mucha desclasificación, independientemente de la zona de la troza o de su altura.

Calidades Shop 1, se presentan en cantidades pequeñas y sólo en clases diamétricas altas, preferentemente en la zona A. Los tipos Shop 2 y 3 aumentan en volumen debido a su menor estrictez, siendo casi equivalentes entre zonas A y B.

El tipo más homogéneo en su distribución, es el tipo Shop 3 que alcanza cerca del 50% para la zona A y 30% para la zona B (Cuadros N° 6 y 8).

El sistema de mapeo tridimensional, a través del predictor FERPA y las variables de salida, confirma las bondades del sistema CAD para predecir, sobre la base de variables del bosque la cantidad de volumen que se obtendrá para cada calidad.

CONCLUSIONES

Las calidades A, B y C en pino radiata, para la VII Región, se encuentran en proporciones de 16, 76 y 8% respectivamente.

El 60% de la zona A y el 47% de la zona B, corresponden a calidad ESS. En lo referente a la zona C, el 100% es de calidad estructural y no clasifica para Shop. El 50% de la zona A y el 30% de B son Shop 3.

Los altos grados de correlación alcanzados con las variables de salida permite utilizar el predictor FERPA y el mapeo tridimensional sin restricciones, salvo un muestreo previo del bosque en cuestión.

El mapeo tridimensional abre grandes perspectivas para un mayor conocimiento del pino radiata y posibilita el uso de caracterizaciones tecnológicas, a través de simulación, para un mayor beneficio económico del productor de madera.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean dejar constancia, de su reconocimiento a Forestal CELCO, en especial a la División Estudios, representada en 1993, por los señores Wenceslao Sánchez y Leonardo Frola, con cuyo apoyo este trabajo pudo concretarse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lavery, Peter., 1986. Plantation Forestry with *Pinus radiata*. New Zealand. FRI.
- Wagner, Mario., 1992. Clasificación de la Madera Aserrada Estructural de *Pinus radiata*. CORMA. Curso de Madera Aserrada Estructural. Concepción.
- Western Wood Products Association., 1990. Las Calidades Factory y Shop Proporcionan Ventajas Económicas. Traducción.
- Instituto Nacional de Normalización. NCh-178. Of 79. Madera Aserrada de Pino Insigne. Clasificación por Aspecto
- Instituto Nacional de Normalización. NCh-1207. Of 90. Madera Aserrada de Pino Insigne. Clasificación por Resistencia.
- Frola, L., Bustamante, F. y Croxatto, P., 1993. Metodología de Observación para la Definición de Madera Secuencial. Documento Interno Forelco.
- Kollman, F., 1959. Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones. Tomo I. INFIE. España.
- Zandberg, J., 1988. Finite Element Fracture Prediction for Wood with Knots and Cross Grain. Wood and Fiber Science. Vol. 20.
- Retamal, Alejandro., 1975. Anteproyecto de Norma de Clasificación de Madera en Trozas. UTE.
- González M., J. y Pérez E., 1992. Relación Materia Prima-Producto. Informe Técnico. CELCO.
- Boyce, J., 1961. Forest Pathology. Third Edition. Henry J. Vaux. 550 pags.
- Del Pozo, H., 1984. Durabilidad de Algunos Factores Establecidos en la Norma ASTM y la Norma Británica. Santiago.
- INFOR., 1989. Principio de Organización y Operación del Aserradero. Manual nº 6.
- INFOR., 1979. La clasificación de la Madera. Informe Técnico Nº 52.

TÉCNICAS DE CULTIVO PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN EN LA ZONA SEMIÁRIDA. RESULTADOS PRELIMINARES.

SANDRA PERRET D.

Ingeniero Forestal, U.de Chile. División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554, Stgo. Chile, fono: 6930700, fax: 6381286.

RESUMEN

Los árboles en los sistemas de producción contribuyen notablemente a proteger el suelo de la erosión, a mantener la fertilidad del suelo, a aumentar la capacidad de infiltración del agua, a proteger los cultivos del sol y el viento y a disminuir los riesgos de plagas y enfermedades. Todo esto, complementado con técnicas de preparación de suelo adecuadas, contribuye a recuperar sistemas degradados.

El presente trabajo pretende determinar la o las alternativas de Sistemas Integrados de Producción que disminuyan los procesos erosivos presentes en ecosistemas semiáridos y que aprovechen al máximo el escaso recurso hídrico. En este artículo se entregan los resultados preliminares en cuanto a la respuesta de la vegetación y a pérdidas de suelo.

Palabras Clave: Cultivos integrados, Erosión

SUMMARY

Trees have a beneficial influence in rural production systems, due to their role in soil erosion control, soil fertility increase, infiltration enhancement in the soil, agriculture crops protection against wind and solar radiation, minimizing pest and diseases risks. Therefore it is expected that degraded areas can be restored by afforestation and proper soil cultivation methods.

Experiences to obtain alternative agroforestry systems in a semiarid environment with lack of rainfall, in order to obtain higher yields in crops with an efficient protection against soil erosion, are analyzed in this paper. Preliminary results of biomass production and soil erosion impact are given.

Keywords: Agroforestry systems, Erosion.

INTRODUCCIÓN

Coquimbo es la Región del país donde es más actual y crítica la desertificación; alrededor de un 20 % de la superficie regional se encuentra calificado en el grado extremo de desertificación. Estas limitaciones se hacen especialmente evidentes en el sector de las Comunidades Agrícolas, las que corresponden a una propiedad común donde el número de habitantes es superior a la potencialidad del medio (IREN, 1978).

La condición de marginalidad de los comuneros agrícolas, es en parte el resultado de un uso y manejo de ecosistemas frágiles sin considerar una planificación que permita la estabilidad socioeconómica en armonía con el medio, lo que se traduce en una relación hombre-naturaleza cada vez más rígida.

La estrategia a seguir para el mejoramiento de estos sistemas contempla acciones sobre cuatro factores fundamentales: El hombre, a través de la capacitación y educación; la vegetación, mediante la recuperación de las formaciones naturales, el uso racional de los recursos existentes y la creación de nuevos recursos; el suelo, por medio de su recuperación, conservación y uso racional, y, finalmente, el agua, recurso escaso y de irregular disponibilidad, cuyo uso debe ser optimizado.

Examinando los fenómenos que tienen lugar en esta región de Chile, el de mayor impacto lo constituye el carácter torrencial de las lluvias, que concentradas en el período invernal potencian la erodabilidad de los suelos.

El balance hídrico en las zonas áridas y semiáridas debe constituir el principal elemento de análisis para el manejo sustentable de los ecosistemas, debido a la escasa disponibilidad de agua y a su gran demanda para diversos usos.

Si se analiza el proceso precipitación - escorrentía, se advierte la gran cantidad de caudal sólido que se transporta, dando origen a fuertes procesos erosivos. Sin embargo, no existe para estas zonas una cuantificación de pérdidas de suelo. Por esto, es fundamental desarrollar investigación que aborde el problema de erosión y pérdida de este recurso, mediante una metodología de cuantificación de pérdidas de suelos y escorrentía bajo diferentes tipos de cultivos.

La cuantificación de las pérdidas de suelo provocadas por la erosión hídrica, bajo diferentes tipos de cultivo, es de importancia para la proposición de acciones de uso de estos ecosistemas.

En el año 1992 se estableció en una pequeña cuenca, cercana a la ciudad de Illapel, un dispositivo experimental para medir las pérdidas de suelo por erosión hídrica, bajo diferentes cultivos y combinaciones de estos, y para evaluar el comportamiento de estos cultivos.

OBJETIVOS

El objetivo general de la investigación es la búsqueda de cultivos alternativos, con fines múltiples, que resulten adecuados para las condiciones de suelo y clima de la zona semiárida y permitan mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Los objetivos específicos son en este caso evaluar la respuesta de diferentes cultivos y combinaciones de estos bajo las condiciones climáticas y edáficas locales, en términos productivos, y dimensionar sus efectos de protección ante las pérdidas de suelo por erosión hídrica. A la luz de los resultados obtenidos, sugerir prácticas silvoagropecuarias que representen oportunidades de desarrollo para la zona.

En definitiva aportar ideas para disminuir los procesos de desertificación presente en estas zonas y elevar las condiciones de vida de sus pobladores.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de Estudio

El ámbito de acción de los trabajos corresponde al secano de la IV región, en el área de las Comunidades Agrícolas, donde los sistemas productivos son de escasa rentabilidad, debido principalmente a que los terrenos están degradados como producto de la sobreutilización agrícola y ganadera.

El área de estudio está centrada en una subcuenca, cuya quebrada principal es afluente de la quebrada "Quelón" en la Comunidad Agrícola de Tunga Norte. Sus coordenadas geográficas son 31°37'35" de latitud sur y 71°19'30" de longitud oeste (Carta IGM Mincha, escala 1:50.000).

El terreno elegido corresponde a un área con una sobreexplotación de los recursos, suelos en proceso de degradación, mínima cubierta vegetal y fuertes pendientes.

La microcuenca bajo estudio cubre una superficie de 62,5 ha, el ensayo se ubicó en la vertiente noroeste, con exposición predominante sureste. La instalación de los módulos se centró en esta vertiente con el fin de homogeneizar los parámetros de pendiente, exposición y altitud. La pendiente media de estos módulos es de 40 % y la altitud media de 318 msnm.

En relación a las propiedades del suelo, estos son de origen volcánico y sedimentario marino, con texturas franco-arcillo-arenosas en superficie, franco-arcillosas a medio perfil y arcillosas densas en profundidad. La reacción del suelo (pH) varía de ligeramente ácida a neutra. La relación carbono / nitrógeno es inferior a 15, lo que refleja que son suelos pobres en nitrógeno, y la proporción de calcio y magnesio es mayor en profundidad en el perfil. El área de ocupación de las raíces varía entre 80 y 100 cm de profundidad.

Base Teórica

La escorrentía es la parte de la precipitación que se pierde por el flujo superficial o subsuperficial. En general se considera solo la parte de agua correspondiente a la escorrentía superficial, por lo que se cumple que:

$$E = P - I$$

Donde:

- E* : Escorrentía
- P* : Precipitación
- I* : Infiltración

La mayoría de los factores que intervienen en el proceso de escorrentía están íntimamente relacionados con el proceso de infiltración. Sin embargo, en un suelo ya saturado el volumen y la velocidad del flujo de escorrentía están en función de:

- Volumen e intensidad de las precipitaciones
- Capacidad de almacenamiento superficial del suelo
- Pendiente del terreno
- Rugosidad de la superficie del suelo

De acuerdo a esto la evaluación de la escorrentía está basada en datos climáticos, edáficos y de crecimiento y producción de la vegetación.

La escorrentía total es función de la duración e intensidad de la lluvia. Las lluvias de larga duración, aunque sean de baja intensidad, alteran la estructura superficial del suelo, por lo cual decrece la capacidad de infiltración. Lo mismo ocurre con lluvias de corta duración pero de gran intensidad, pues se provoca con frecuencia un sellado de las capas superficiales, ya que las partículas finas son arrancadas debido al fuerte golpe de las gotas de lluvia (Mintegui y Lopez, 1990).

Con el objetivo de conocer el comportamiento local de las precipitaciones se instaló en el lugar de ensayo una estación meteorológica automática (Davis Instruments, modelo Monitor II), que previamente se envió a la Dirección Meteorológica de Chile para su verificación, calibración y validación, de acuerdo a las normas internacionales de meteorología.

La estación entrega la siguiente información:

- Temperatura interior y exterior (° C)
- Humedad relativa (%)
- Presión atmosférica (milibares)

- Precipitación (mm)
- Dirección del viento
- Velocidad del viento (km / h)

Esta estación es capaz de almacenar 1440 mensajes en intervalos de una hora, por lo cual, según sus especificaciones técnicas, la memoria que trae incorporada podría almacenar sin problemas para este intervalo de frecuencia, aproximadamente 2 meses de información.

La información climática almacenada por la estación se rescata mediante un computador portátil, donde se traspasan los datos mes a mes para su análisis.

Dispositivo Experimental

Se adecuó una metodología que consiste en el establecimiento de módulos o áreas de comprobación de prácticas conservacionistas, mediante parcelas de escurrimiento. Estas parcelas son de tipo rectangular, con el eje longitudinal orientado en la dirección de la pendiente. Su construcción contempla un marco metálico que encierra cada tratamiento, con el objeto de aislar y concentrar la escorrentía en su extremo más bajo, y un colector para recibir el sedimento acarreado dentro del área de este tratamiento (Figura N° 1).

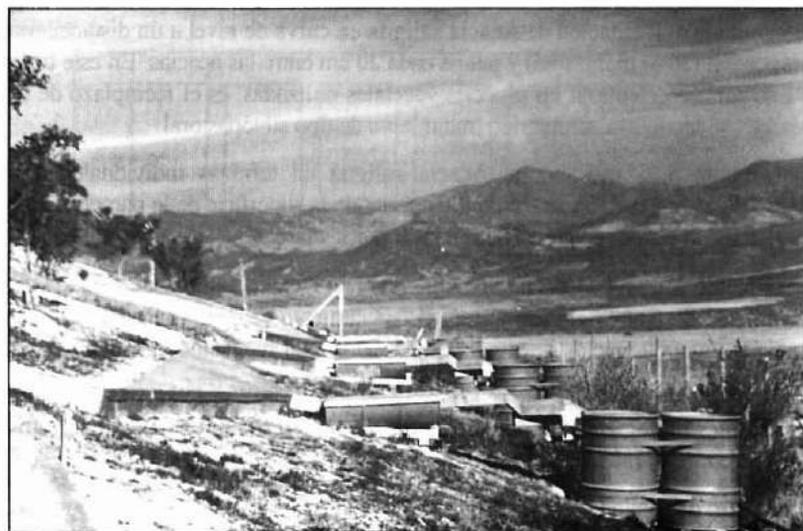


Figura N°1. DISEÑO DE COLECTORES PARA MEDICIÓN DE EROSIÓN

La medición de la escorrentía, además de la de los volúmenes de material transportado, se integra a la información climática recogida por la Estación Meteorológica para el análisis del efecto de los tratamientos.

Las parcelas de escorrentía se establecieron en el año 1992 y se incluyeron seis tratamientos que contemplan prácticas de cultivo compatibles con las costumbres y tradiciones de los pobladores. El diseño experimental de estos módulos de medición de erosión corresponde a un sistema de bloques, con seis tratamientos y tres repeticiones. El área se protegió debidamente con cercos para evitar el ingreso de animales y personas.

Las variables evaluadas en cada parcela son biológicas y físicas, en función de los siguientes tratamientos:

Tratamiento 1: Parcela testigo de pradera natural.

Tratamiento 2: Cultivo tradicional (trigo): Este tratamiento corresponde a la siembra de trigo, de acuerdo al uso tradicional en la zona. Para el caso del ensayo se sembró una superficie de 126 m² con una cantidad de semillas equivalente a 5 kg (400 kg/ha).

Tratamiento 3: Plantación de *Acacia saligna* en curva de nivel a un distanciamiento de 4 m por 1 m (2500 plantas /há.) y falaris cada 20 cm entre las acacias. Entre curvas (fajas) se sembró trigo y hualputra en una proporción de 81 gr de hualputra por 3 Kg de trigo (240 Kg/ha). La incorporación de hualputra tiene como finalidad favorecer la captación de nitrógeno e incrementar la productividad del trigo.

Tratamiento 4: Plantación de *Acacia saligna* en curva de nivel a un distanciamiento de 3m por 2m (1670 plantas/há) y falaris cada 20 cm entre las acacias. En este tratamiento lo que varía en cuanto a las especies vegetales utilizadas, es el reemplazo de trigo por siembra de hualputra, simulando tratamiento de tipo silvopastoral.

Tratamiento 5: Plantación de *Acacia saligna* en terrazas individuales de 1m de diámetro, en disposición de tresbolillo cubriendo la superficie de la parcela (126 m²) con 23 plantas, lo cual equivale a 1825 plantas por hectárea.

Tratamiento 6: Plantación en curvas de nivel de *Acacia saligna* intercalada cada 3 m con hileras de *Cassia closiana* a un distanciamiento de 3m por 1m. Este tratamiento equivale a una plantación de alta densidad, en la cual se efectuó un tratamiento al suelo de escarificado.

Las variables biológicas contempladas son de carácter cuantitativo y cualitativo. Las cuantitativas contemplan:

- Diámetro de cuello (cm) y Altura (m), para las especies arbóreas y arbustivas.
- Peso verde y Peso seco (t/ha), para las muestras de los pastos.
- Peso (kg/ha), para la siembra de trigo.

cuales almacenan ciertas cantidades de material sólido más fino que se encuentra en suspensión. Tanto los sólidos como el líquido son cuantificados después de cada evento pluviométrico. Para la determinación de los materiales finos en suspensión se envían a laboratorio muestras de un litro para su cuantificación exacta.

Las capacidades en volumen de los depósitos para capturar líquidos y sólidos, fueron inicialmente determinadas mediante una calibración de acuerdo al máximo evento pluviométrico registrado en 24 horas durante los últimos 50 años (84 mm), según los registros de diferentes estaciones meteorológicas de la zona.

Como es posible apreciar en la Figura N° 3, entre los depósitos C y E existe un sistema partidor que divide el volumen en 28 partes (alícuotas). Este sistema garantiza que cualquier evento pluviométrico por bajo los niveles del máximo antes indicado no excederá la capacidad del dispositivo instalado.

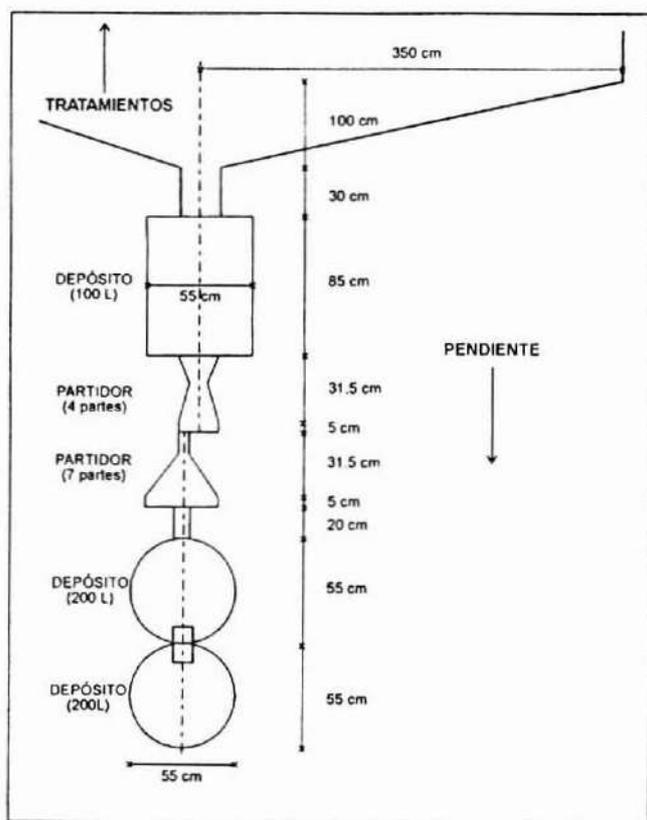


Figura N°3. DISEÑO DE COLECTORES PARA MEDICIÓN DE EROSIÓN

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Información Climática

La estación meteorológica fue puesta en funcionamiento en el mes de marzo de 1993, a partir del cual se ha rescatado y procesado mes e mes la información climática con un registro horario de todos los parámetros.

En el Cuadro N°1 se muestra un resumen de los valores medios de cada parámetro por mes.

Cuadro N°1
DATOS CLIMÁTICOS 1993

MES	TEMP. MIN. (°C)	TEMP. MAX. (°C)	TEMP. MEDIA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PRESIÓN BAROMÉTRICA (mb)	VELOCIDAD VIENTO (km/h)	DIRECCIÓN VIENTO	PRECIPITACIONES (mm)
MAR	10,8	29,1	17,5	78,0	971,1	6,3	W	0,0
ABR	10,4	19,9	13,7	91,2	969,4	6,6	W	68,9
MAY	4,1	25,3	12,2	79,2	973,7	3,6	W	73,7
JUN	5,3	25,6	11,9	81,0	973,6	3,4	W	52,0
JUL	1,4	23,4	9,6	82,9	974,3	3,6	W	0,0
AGO	2,7	23,8	10,9	79,7	974,0	3,8	W	38,1
SEP	5,1	23,8	11,9	80,1	973,9	5,2	W	0,0
OCT	6,1	28,7	13,4	74,6	973,3	6,0	W	0,0
NOV	7,5	30,6	15,4	66,5	973,5	5,6	W	0,0
DIC	9,6	25,8	16,2	70,8	971,7	5,8	W	0,0

El nivel de precipitaciones durante el año 1993, presenta un monto normal, correspondiendo casi exactamente al valor medio registrado por las estaciones meteorológicas de la zona durante los últimos 50 años.

A base de la información reunida por la estación automática instalada en el ensayo, se elaboró un diagrama ombrotérmico (Figura N° 4).

Las precipitaciones se concentraron entre los meses de abril y junio, no excediendo los dos días por mes en cada evento. La última precipitación del año se registró el 29 de agosto con un monto de 38,1 mm, en 12 horas.

La primera lluvia registrada el año 1993 fue de 57,15 mm y ocurrió el 13 de abril. La máxima intensidad de lluvia registrada en una hora fue de 10,16 mm, el día 7 del mes de mayo.

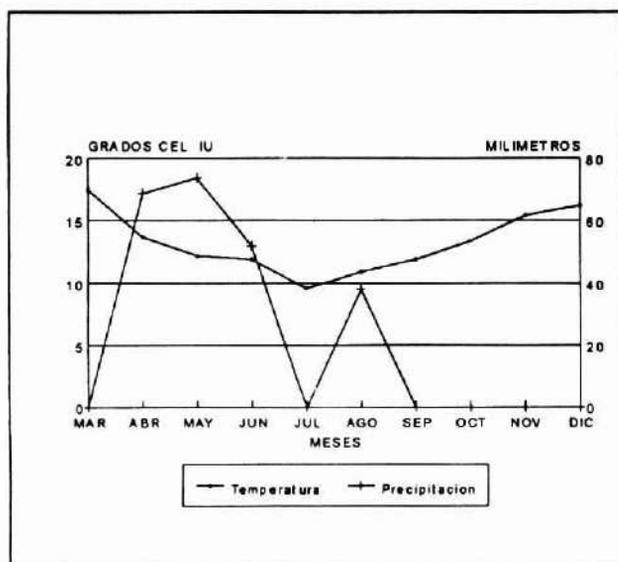


Figura N^o4. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO ESTACIÓN QUELÓN IV REGIÓN.

Vegetación

Las mediciones para las especies arbóreas, se realizaron 3 meses después de efectuada la plantación, octubre de 1992, las siguientes mediciones se hacen con una frecuencia de 6 meses, de manera de ver la evolución del crecimiento después de cada fin de temporada.

En relación a las mediciones de la hualputra, las muestras se toman después de la maduración del fruto de manera de conocer la producción de semillas y para el caso del trigo, la cosecha se efectúa entre los meses de diciembre y enero de cada año.

Desarrollo de Cultivos y Forraje según Tratamiento.

- Tratamiento 2

La cosecha de trigo en este caso, fue de 0 kg para el bloque 1, debido principalmente al daño causado por aves al momento de la siembra y al posterior ataque de roedores al momento de la espigadura. En el caso del bloque 2 y 3, la cosecha fue de 6,4 kg y 5 kg, respectivamente. Lo anterior deja de manifiesto, que el terreno no es capaz de producir

más que lo que se siembra, luego no es un cultivo rentable para estos terrenos con baja fertilidad.

- Tratamiento 3

En el cuadro N°2 se hace una comparación entre los tratamientos 2 y 3, en función de la producción de trigo efectuada el año 1992 y cosechada en enero de 1993.

Cuadro N°2
PRODUCCIÓN DE TRIGO 1993

BLOQUE	TRAT.	SIEMBRA (kg)	SIEMBRA (kg/ha)	COSECHA (kg)	COSECHA (kg/ha)	GANANANCIA (kg/ha)
B1	T2	5	396,8	0,0	0,0	-396,8
	T3	3	238,1	6,0	476,2	238,1
B2	T2	5	396,8	6,4	507,9	111,1
	T3	3	238,1	8,6	682,5	444,4
B3	T2	5	396,8	5,0	396,8	0,0
	T3	3	238,1	5,0	396,8	158,7

En el caso del tratamiento 3 (T3) la siembra en la superficie de experimentación (126 m²) fue de 3 kg, y en todos los casos se obtuvo una ganancia de producción en comparación al T2 (trigo solo), el cual alcanzó una mínima ganancia de 1,4 kg en el bloque 2.

- Tratamiento 4

La producción promedio de Hualputra, considerando los tres bloques, fue de 5,9 t/ha, con una proporción de frutos y semillas equivalente al 18% en relación a la materia seca total. Los resultados obtenidos para cada bloque, en términos de peso seco total y peso de frutos y semilla, se esquematizan en la Figura N°5.

Los resultados aquí obtenidos se asemejan bastante a las producciones de esta especie en la zona de Cauquenes VII Región (Ovalle, 1992), donde se obtuvieron en promedio para el primer año de producción 4,6 a 5,4 t m.s./ha/año y, como se observa en la Figura N°5 en el caso de este ensayo en la IV Región la producción de la pradera varió entre 5,4 a 6,5 t m.s./ha/año. Lo que demuestra la importancia de introducir especies leguminosas anuales a los sistema de agricultura de secano.

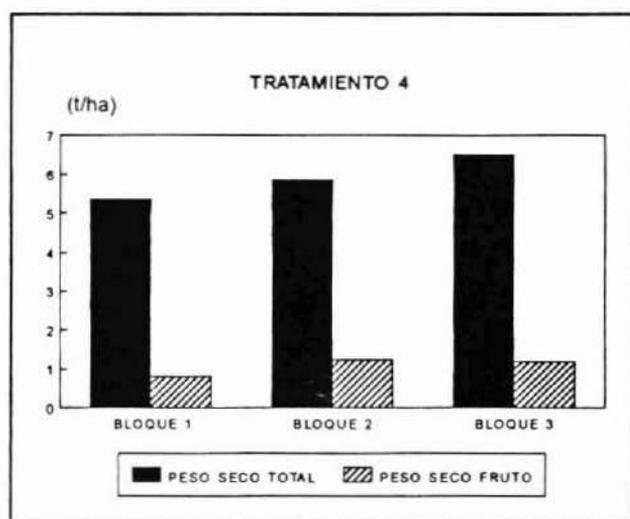


Figura Nº5: MATERIA SECA PROMEDIO DE HUALPUTRA

Desarrollo Estrato Arbóreo.

- Supervivencia Estrato Arbóreo.

Para el establecimiento de vegetación, tanto arbórea como arbustiva y herbácea, en los tratamientos no se consideró riego de establecimiento, ya que el propósito del ensayo es probar el éxito de las técnicas de preparación de suelo en la respuesta que éstos manifiesten en el prendimiento de las especies seleccionadas, bajo condiciones naturales del sitio.

Tanto en las evaluaciones efectuadas en el primer semestre de establecida la vegetación como en las sucesivas mediciones semestrales, el prendimiento promedio en cada módulo para todos los estratos vegetales considerados no bajo del 93 % (Figura Nº6). En el Cuadro Nº3 se presenta la supervivencia de la especie *Acacia saligna*, según tratamiento y bloque a abril de 1994.

Cuadro N°3
 SOBREVIVENCIA DE LA ESPECIE *Acacia saligna* SEGÚN TRATAMIENTO
 Y BLOQUE AL 4 DE ABRIL DE 1994.
 (%)

TRATAMIENTO	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
T3	100,0	96,9	100,0
T4	100,0	100,0	100,0
T5	96,0	96,0	96,0
T6	83,3	100,0	95,8

La respuesta esperada para la especie *Cassia closiana* (quebracho) no fue tan satisfactoria. Su supervivencia varía en cada bloque, arrojando un 87,5 % para el bloque 1, un 100 % en el caso del bloque 2 y un 31,25 % en el bloque 3.

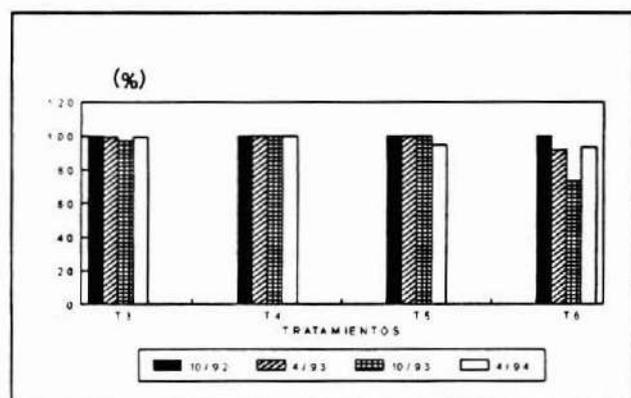


Figura N°6: SUPERVIVENCIA *Acacia saligna*.

Crecimiento.

- Tratamiento 3

En lo que respecta al crecimiento medio observado de la especie *Acacia saligna*, desde octubre de 1992 a abril de 1994 el incremento en altura ha sido de 0,88 m y de 1,95 cm en diámetro de cuello para el bloque 1, de 1,00 m y 2,13 cm, respectivamente para el bloque 2, y de 1 m y de 2,28 cm, respectivamente para el bloque 3. Lo anterior

demuestra el rápido crecimiento de esta especie aún en condiciones adversas. (Figura N°7).

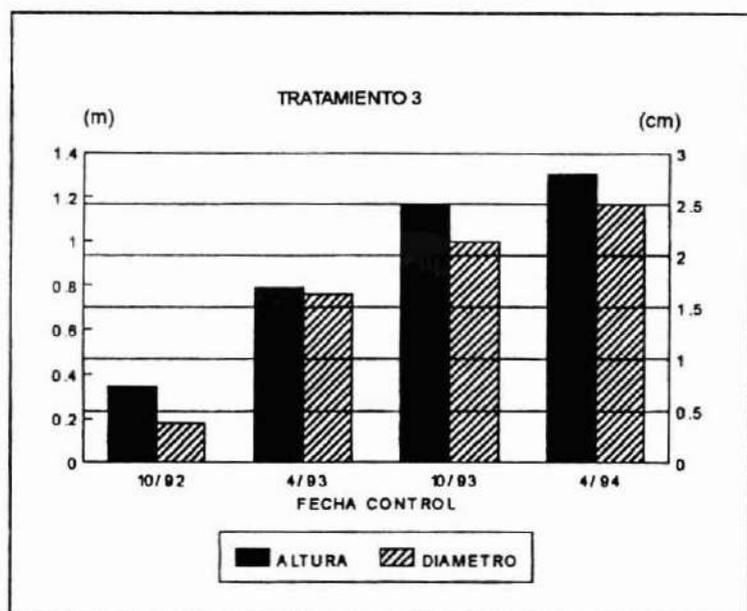


Figura N°7: CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO *Acacia saligna*

- Tratamiento 4

El crecimiento observado en el tratamiento 4 para la especie *Acacia saligna*, según bloque en altura y diámetro de cuello, se indica en el Cuadro N°4.

Cuadro N°4

CRECIMIENTO ANUAL DE *Acacia saligna* EN DAC Y ALTURA, SEGÚN TRATAMIENTO 4.

PARÁMETRO	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
DAC (cm/año)	2.17	2.17	2.35
ALTURA (m/año)	0.90	1.00	0.98

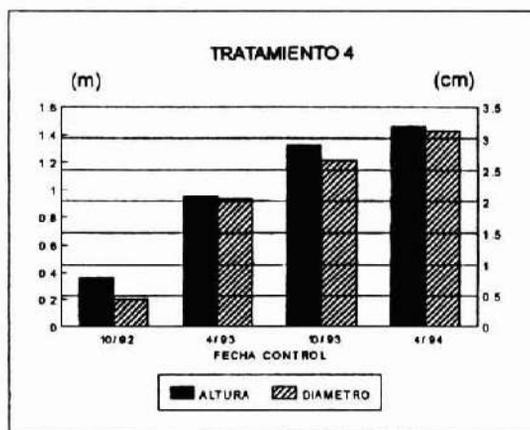


Figura N°8: CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO *Acacia saligna*

- Tratamiento 5

En cuanto al crecimiento de la especie en este tratamiento, los resultados indican que el incremento en altura y diámetro de copa para el bloque 1 fue de 0,91 m/año y de 1,91 cm/año, respectivamente; para el bloque 2 el incremento en altura fue de 0,95 m/año y de 1,91 cm/año, y para el bloque 3 de 1,04 m/año en altura y 2,18 cm/año en diámetro de cuello (Figura N°9).

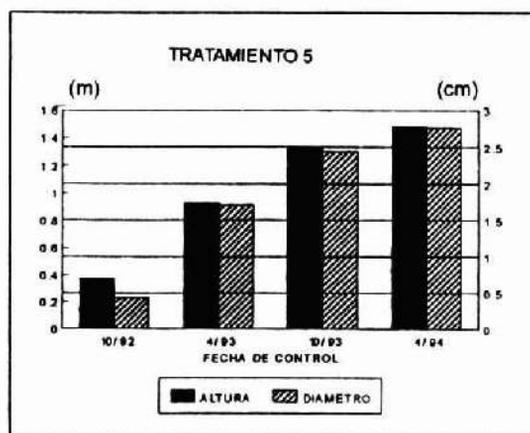


Figura N°9: CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO *Acacia saligna*

- Tratamiento 6

Los incrementos medios de la especie, en relación a la altura y diámetro de cuello para este tratamiento fueron de 0,89 m/año y de 1,92 cm/año para el bloque 1, de 0,78 m/año y 1,72 cm/año, respectivamente para el bloque 2 y de un 0,82 m/año y 1,67 m/año para el bloque 3. Los resultados semestrales medidos se muestran en la Figura N°10.

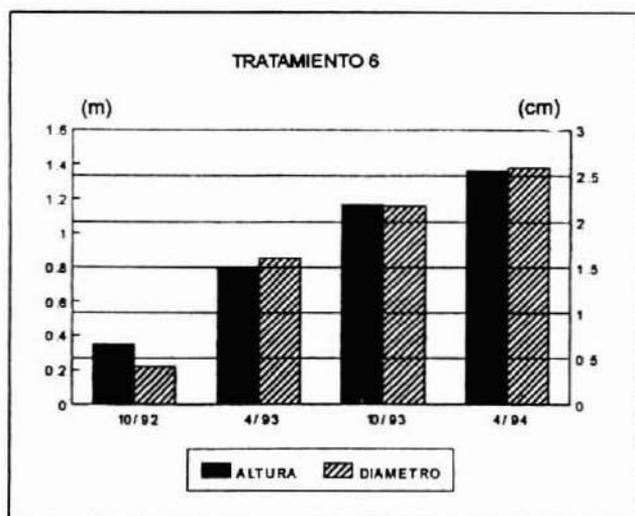


Figura N°10. CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO, *Acacia saligna*

En relación al crecimiento de la especie *Cassia closiana*, incorporada en el tratamiento 6, el incremento medio alcanzado fue de 0,39 m/año en altura y de 0,92 cm/año en diámetro de cuello para el bloque 1; de un 0,24 m/año y 0,72 cm/año para el bloque 2, y de un 0,13 m/año y 0,4 cm/año, respectivamente para el bloque 3. Los resultados de las mediciones efectuadas se entregan en la Figura N°11.

Comparación entre Tratamientos.

Al efectuar un análisis comparativo entre los 4 tratamientos que contemplan a la especie *Acacia saligna*, los mejores resultados a la fecha son los del T4 y T5, es decir el que contempla un mayor cubrimiento de la superficie y el de terrazas individuales, respectivamente.

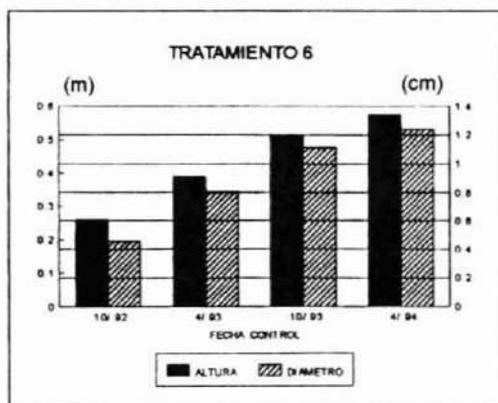


Figura Nº11. CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO *Cassia clesiana*

El comportamiento en estos tratamientos en los tres bloques fue de un 100 % de supervivencia. La altura promedio a octubre de 1993 es de 1,29 m para el T4 y de 1,28 m en T5, y de 2,58 cm de diámetro de cuello para el T4 y de 2,35 cm para T5 en el bloque 1. Para el bloque 2 la respuesta fue relativamente superior con una altura promedio de 1,35 m en ambos tratamientos y un crecimiento diametral de 2,62 cm en T4 y 2,37 cm en T5. El resultado para el bloque 3 fue de 1,33 m en T4 y 1,39 m en T5 de crecimiento en altura y de 2,8 cm en T4 y 2,61 cm en T5 en crecimiento diametral. Los resultados para los tratamientos se grafican en la Figura Nº12.

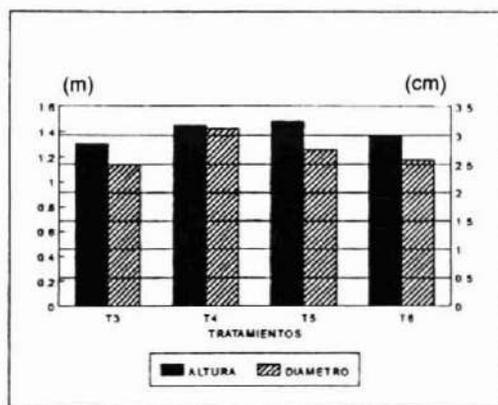


Figura Nº12: CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO *Acacia saligna*

Pérdida de Suelo y Escorrentía.

Se registró la presencia de escorrentía en los depósitos de almacenamiento de cada tratamiento después de dos eventos pluviométricos.

En la Figura N°13 se aprecia la cantidad total acumulada por bloque y tratamiento, de sólidos y agua registrada en cada medición, según evento pluviométrico. De los valores de pérdidas se observa, que la mayor acumulación se produjo con los eventos pluviométricos del mes de mayo, cuya escorrentía ocupó la capacidad de los dos primeros depósitos de acumulación, lo cual no ocurre en los posteriores eventos (junio y agosto).

A continuación se gráfica el comportamiento de la escorrentía después de cada evento muestreado (Figura N°13).

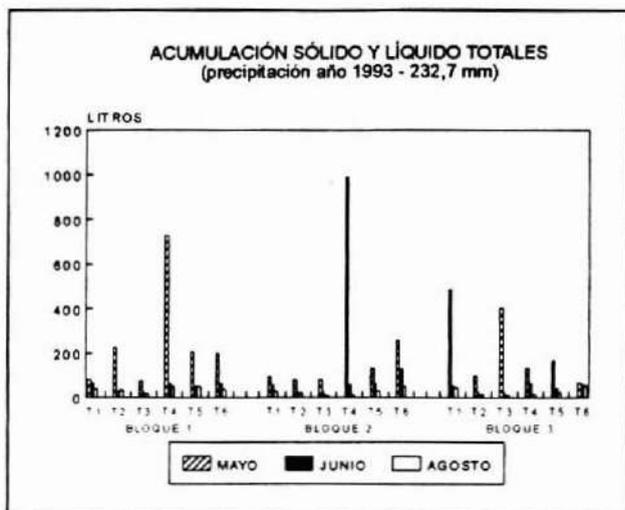


Figura N°13. MUESTRA DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS TOTALES

Entre los meses de abril y mayo se registró una precipitación de 142.6 mm y los dos primeros eventos pluviométricos ocurridos en el mes de abril no fueron suficientes como para acumular una cantidad de agua para tomar muestras, de tal manera que se espero a que se registrara otro evento pluviométrico para efectuar las mediciones correspondientes. Es así como la cantidad de lluvia recibida en estos dos meses arrojó pérdidas de agua y sólido que para los casos del bloque 1 y 2 fue mayor en el tratamiento 4, sin embargo en el bloque 3 la mayor pérdida se produjo en el tratamiento 1 (Testigo) y el Tratamiento 3.

La explicación para estas pérdidas es que en ambos tratamientos (T3 y T4) las hileras entre los surcos se encontraban sin vegetación, en el primer caso porque el terreno estaba siendo preparado para la siembra de trigo y, en el segundo, porque aún no emergía la semilla de hualputra. En el caso del testigo en el bloque 3 no existe una explicación lógica, ya que durante el primer año este tratamiento ha estado excluido y se ha recuperado la pradera natural.

En los siguientes eventos pluviométricos las pérdidas disminuyeron considerablemente, producto de que en todos los tratamientos la superficie estaba cubierta en casi un 70 %. Las lluvias registradas en los meses de junio y agosto fueron de 52 mm y 38,1 mm, respectivamente.

En el Cuadro N°5 se presenta el total de agua escurrida para el año 1993, según tratamiento y bloque.

Cuadro N°5
VOLUMEN DE AGUA TOTAL 1993
(L)

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
T1	185.43	179.01	586.82
T2	276.10	120.52	120.00
T3	105.05	95.83	412.89
T4	838.15	1054.19	202.27
T5	304.61	224.26	228.68
T6	296.62	435.20	178.59

Este último cuadro corresponde a la escorrentía que se produjo, después de cada evento muestreado. Luego el análisis siguiente fue determinar la infiltración de agua en el perfil del suelo. En base a la información obtenida por la estación meteorológica, más la obtenida por los dispositivos de control, se obtuvo el porcentaje final de escorrentía según cada tratamiento (Cuadro N°6) y por diferencia el porcentaje total de infiltración (Cuadro N°7).

Cuadro N°6
ESCORRENTIA TOTAL 1993
(%)

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
T1	0.76	0.67	1.50
T2	0.74	0.39	0.32
T3	0.33	0.24	0.83
T4	2.02	2.20	0.63
T5	0.98	0.78	0.67
T6	0.94	1.47	0.80

Cuadro N°7
INFILTRACIÓN TOTAL 1993
(%)

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
T1	99,24	99,33	98,50
T2	99,26	99,61	99,68
T3	99,67	99,76	99,17
T4	97,98	97,80	99,37
T5	99,02	99,22	99,33
T6	99,06	98,53	99,20

Los resultados finales de pérdida de suelo según tratamiento se presentan en el Cuadro N°8 extrapolados a la hectárea, para las tres mediciones efectuadas (mayo, junio y agosto), dando en promedio pérdidas que no superan los 0,4 t/ha/año, lo cual refleja que los tratamientos propuestos como alternativas económicas para la zona son viables hasta la fecha (Cuadro N°9). Lo que se esperaría en los siguientes años es que las pérdidas cada vez fueran de menor magnitud a pesar de que los eventos pluviométricos fuesen más torrenciales.

Cuadro N°8
PERDIDAS DE SUELO AÑO 1993
(kg/ha/año)

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	PROMEDIO
T1	47,20	24,10	60,50	43,93
T2	153,00	61,50	39,20	84,56
T3	70,50	21,20	89,90	60,53
T4	373,20	395,10	92,60	286,97
T5	48,20	43,40	16,30	35,97
T6	48,80	50,90	51,70	50,47

CONCLUSIONES

-Durante el año 1993 se presentaron 6 lluvias, distribuidas entre los meses de abril a agosto, con un monto total de 232 mm. La intensidad horaria en éstos eventos no superó los 10 mm, dicho valor se considera poco significativo como para provocar riesgos de erosión hídrica.

-El comportamiento de la escorrentía superficial es decreciente comparando las lluvias de abril a agosto, lo que tiene su explicación en el crecimiento y desarrollo de la vegetación.

-La escorrentía el año 1993 alcanza su mínimo valor en el tratamiento T3, en cada una de las mediciones efectuadas, y el valor máximo se presenta en el tratamiento T4.

-La infiltración total obtenida en este período es en todos los tratamientos cercana al 100 %, siendo el valor mínimo registrado de 97,8 %.

-En términos de pérdidas de suelo el mayor valor registrado es de 0,37 ton/ha/año y el mínimo de 0,047 t/ha/año. Estos valores son considerados poco significativos, lo que indica que los tratamientos son efectivos en términos de conservación de suelo, incluso el testigo, el cual por estar excluido ha recuperado su cubierta vegetal.

-Se constata en este año y medio de evaluación el tratamiento T3 (Asociación trigo/Hualputra con acacia y falaris entre surcos) es el que ha demostrado ser el más eficiente en cuanto al aprovechamiento de agua. El tratamiento T4 (Asociación hualputra con acacia y falaris entre surcos), sin embargo, es el que arroja las mayores pérdidas en términos de agua y sólido. Esto tiene su explicación, dado que al momento de producirse las primeras lluvias aún no habían emergido las primeras plantas de hualputra, por lo cual el suelo se encontraba expuesto a la acción erosiva del agua.

-En relación al crecimiento de las especies arbóreas en los diferentes tratamientos, en general ha sido satisfactoria, a excepción de la especie nativa *Cassia closiana*, la cual alcanzó en uno de los bloques, a mayo de 1994, un 12% de supervivencia. De lo anterior se puede inferir, que la adaptividad de una especie nativa en terrenos degradados sería más difícil, producto de la mayor exigencia en los requerimientos de nutrientes y agua para su supervivencia.

-En relación a la *Acacia saligna*, ésta ha demostrado ser una especie de gran adaptabilidad, incluso sometida al estrés hídrico del período estival. La mejor respuesta en crecimiento y desarrollo de esta especie ha sido en los tratamientos T4 y T5.

-En el establecimiento y producción de las especies herbáceas se aprecia un éxito en el prendimiento de la hualputra y un incremento en la producción en relación al primer año. Los valores obtenidos el año 1993 varían entre 5,4 y 6,5 t/ha/año, valores que son superiores a los obtenidos el primer año de producción en la estación del INIA en Cauquenes.

-Con respecto al falaris, el incremento en materia seca promedio en relación a su primer año de producción ha sido de 1,7 a 2,2 t/ha/año, para el tratamiento T4, y de 3,4 a 7,4 t/ha/año, para el tratamiento T3.

-Para finalizar se debe indicar en relación a la producción de trigo en los tratamientos T2 y T3. En el T3 se cosecho más del doble de lo que se sembró. En trigo solo (T2), solo en el mejor de los casos se recuperó lo sembrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Del Pozo, A.; Ovalle, C. y Avendaño, J., 1989. Los Medicagos Anuales III. Perspectivas Agronómicas en el Secano Interior de la Zona Mediterránea de Chile. Agricultura Técnica (En prensa).

INFOR, 1976. Tablas y Factores de Conversión. Manual N°7. Santiago, Chile. 97 páginas.

IREN, 1977. Estudio de las Comunidades Agrícolas IV Región. Uso y Manejo Actual. Instituto de Investigación de Recursos Naturales. Corporación de Fomento de la Producción, Publicación 20. Santiago, Chile, 54 páginas.

IREN-CORFO, 1978. Estudio de las Comunidades Agrícolas de la IV Región. Santiago, Chile volúmenes 9 y 10 (publicación 20).

Mintegui, A.J; Lopez, U.F., 1990. La Ordenación Agrohidrológica en la Planificación. Departamento de Agricultura y Pesca, Gobierno Vasco. Primera parte, 172 páginas.

Ovalle, C., 1992. Caracterización y Selección de *Medicago polymorpha* (Hualputra) y otras Leguminosas Forrajeras Anuales, para la Zona Mediterránea de Chile. Programa de Praderas de Secano. INIA. Santiago. 8 páginas.

EL CONCEPTO DE ESTABILIDAD ECONÓMICA APLICADO EN LA RELACIÓN FUNCIONAL BIOMASA - INGRESO NETO ANUAL. Carlos Kahler González. Ingeniero Forestal, División Ordenación Forestal e inventarios. Instituto Forestal. Huerfanos 554. Casilla 3085. Santiago, Chile.

RESUMEN

Es analizado el concepto de estabilidad económica basándose en el comportamiento de la función Biomasa - Ingreso Económico Anual. Se discute la evolución de la renta económica ante alteraciones voluntarias e involuntarias de la biomasa del rodal. Además han sido analizado los efectos de diversas alternativas de manejo sobre la estabilidad económica.

Palabras Clave: Manejo, Estabilidad Económica.

ABSTRACT

The economical stability concept is analyzed based on the behaviour of the Biomass - Annual Economical Yield Function. The evolution of the economical yield caused by voluntary or involuntary disturbance of the biomass stand is discussed. Additionally the effect of diverse management alternatives in relation to the economical stability has been analyzed.

Keywords: Management, Economical Stability.

INTRODUCCIÓN

Las alternativas de inversión basadas en el aprovechamiento de los bosques están asociadas a importantes niveles de riesgo derivados de la naturaleza del recurso. Estos riesgos pueden ser provocados por alteraciones de carácter físico ambiental, como por ejemplo, temporales de viento, nieve, sequías, plagas, enfermedades, fuego etc., o bien originados por motivos económicos, como cambios en el comportamiento de los mercados, variación de las necesidades de consumo, alzas y caídas de precios o de costos, etc.

Las alteraciones de diverso orden a que está expuesto el recurso forestal manifiestan su efecto en modificaciones voluntarias o involuntarias sobre la biomasa del bosque y, por consiguiente, en las diversas variables que con ella se relacionan, como por ejemplo el incremento volumétrico anual y el ingreso económico neto.

Un importante factor de decisión sobre la selección de opciones de manejo del recurso, consiste en evaluar el nivel de estabilidad económica que las diversas alternativas pueden generar, bajo los escenarios de las alteraciones de biomasa antes mencionado, y en el contexto de la búsqueda de la sustentabilidad del recurso y la optimización de las utilidades. Esto significa evaluar la posibilidad de mantener o incrementar la renta económica en el tiempo en el marco de las situaciones de riesgo descritas.

El presente análisis se basa en la relación funcional Biomasa - Ingreso Económico Neto, y evalúa el comportamiento de las alternativas de manejo, situadas en diferentes intervalos de esta curva, en relación a las ventajas y desventajas que involucra la búsqueda de situaciones de mayor o menor estabilidad económica.

El análisis se ejemplifica con datos provenientes de un estudio realizado en la Universidad Técnica de Dresden en Alemania. Este tipo de análisis adquiere una particular importancia en regiones susceptibles a alteraciones originadas por catástrofes naturales. Un buen ejemplo de estas situaciones son los bosques de Alemania, los cuales sufrieron pérdidas de madera en pie que alcanzaron a los 55 millones de metros cúbicos a causa del temporal de viento de 1990.

CONSTRUCCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA CURVA BIOMASA - RENTA ECONOMICA

El concepto está basado en la relación funcional Biomasa - Incremento Volumétrico Anual por hectárea. Bajo el concepto de biomasa se considera al volumen de madera de un rodal expresado en metros cúbicos por hectárea. Esta variable expresada en el eje X puede corresponder a diferentes densidades de rodal, ensayadas, simuladas u obtenidas

de rodales patrones con características comparables, o bien a los diferentes estados evolutivos del bosque.

La relación anteriormente mencionada es llevada a términos económicos por medio de la utilización de la distribución diamétrica y las relaciones de las diferentes clases diamétricas con los precios por metro cúbico, los costos unitarios de cosecha y el ingreso neto unitario, lo que lleva finalmente a una función de Biomasa - Ingreso Económico Neto Anual. Esta última relación funcional queda representada matemáticamente por la función parabólica:

$$Z = a + bV + cV^2$$

La siguiente figura muestra la relación Biomasa - Renta Económica correspondiente a un estudio realizado para la especie *Fagus silvatica* en Alemania (Dr. Deegen, Klammt 1995, U. T. de Dresden)

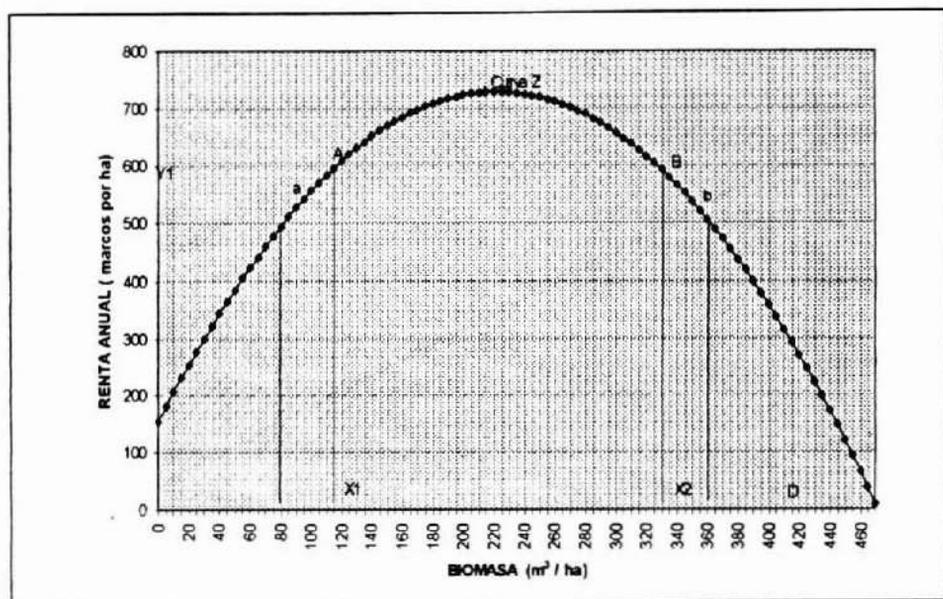


Figura N°1. BIOMASA- RENTA ECONÓMICA

Bajo el supuesto de un manejo sustentable, la curva Z representa la frontera de aprovechamiento económico para asegurar la sustentabilidad del recurso, o en otras palabras es la renta anual máxima obtenible de los productos del bosque para los diversos niveles de biomasa expresados en el eje de las abscisas.

En el centro de la parábola se alcanza el punto de Máximo Rendimiento Sostenible del rodal, el que para el caso del ejemplo citado se obtiene con una biomasa de 222 metros cúbicos por hectárea, alcanzando una renta anual de 735 marcos por hectárea. Sin embargo este punto representaría al óptimo rendimiento solo en el caso de la existencia de un mercado perfecto con una tasa de interés igual a cero. Para toda tasa de interés superior a cero la biomasa del rodal económicamente óptima es siempre inferior a la biomasa correspondiente al punto de máximo rendimiento sostenible (Deegen , 1994).

LA TASA DE CAMBIO DE LA RENTA ECONÓMICA

La derivada de la función Z corresponde a la tasa de cambio de la renta :

$$Z' = dz / dv = b + 2cV$$

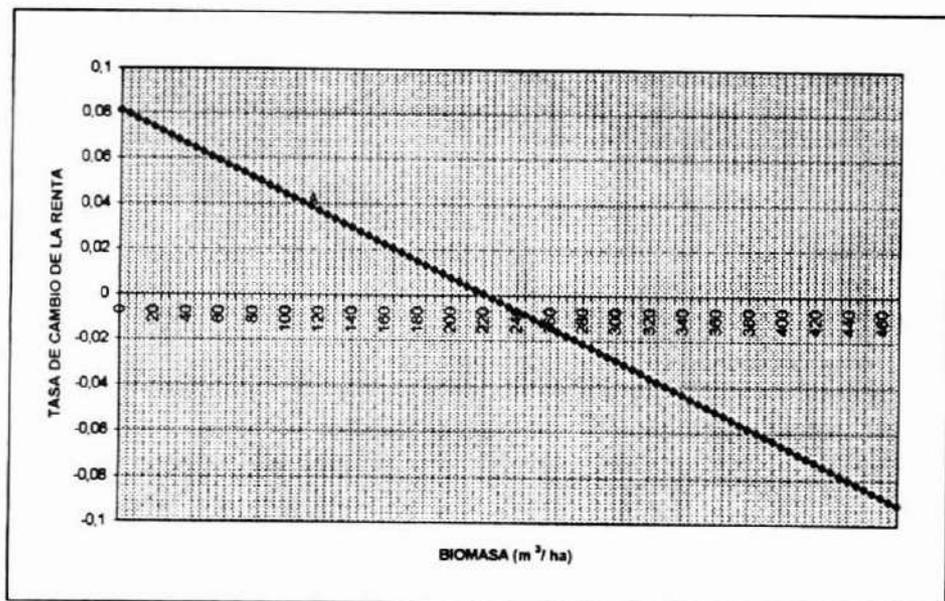


Figura N°2. TASA DE CAMBIO DE LA RENTA

La tasa de cambio de la renta, al ser comparada con una tasa de interés de referencia, sirve como factor de decisión para determinar la densidad óptima de un rodal o la oportunidad de intervención de un bosque en el caso de tratarse del estado evolutivo de este.

Por medio de alguno de esos dos análisis se puede llegar a determinar un punto A de la curva Z (Figura N° 1), que corresponde a la biomasa óptima X1 de un rodal asociada a una renta económica de Y1 para una tasa de interés determinada y expresada en la Figura N°2 también por un punto A.

Al tratarse de una función parabólica es posible encontrar además un punto B, donde se alcanza la misma renta económica de Y, pero asociada a una densidad superior del rodal.

En base a los puntos es posible además definir rangos de densidad y rentas para desarrollar el manejo de un rodal en función de los puntos óptimos encontrados. Estos rangos de manejo quedan representados gráficamente por las secciones de arco de curva a y b. Estos arcos comprenden un mismo rango de rentas del bosque, involucran una variación de biomasa igual para ambos casos y, por tratarse de procesos cíclicos, se cubren además las mismas tasas de cambio de la renta con pendientes positivas y negativas sucesivamente.

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MANEJO EN AMBOS LADOS DE LA CURVA

El análisis se basa en reconocer las ventajas y desventajas del manejo del bosque en cada una de las secciones de arco de curva determinadas a ambos lados de la parábola.

El manejo en el lado izquierdo de la parábola ofrece la ventaja que se puede alcanzar este rango en un estado evolutivo anterior del bosque lo que implicaría un menor tiempo de espera. Esto es en el caso que se trate de un análisis de la evolución del rodal a través del tiempo.

Para este mismo tipo de análisis es posible mantener el bosque constantemente en una situación en que la tasa de cambio de la renta sea mayor o igual a la tasa de interés de referencia, lo que es entendido económicamente como un proceso de inversión. No existe la necesidad de cubrir tramos de la curva Z que impliquen procesos de desinversión.

Si se trata de un análisis de densidad óptima de un rodal y se comienza con una alta densidad inicial (por ejemplo punto D de la Figura N°1), al llevar el rodal a una situación de densidad correspondiente al punto A (X1) se obtendría un ingreso inicial superior al que se obtendría al llevarlo a la densidad X2.

Al manejar el bosque en rangos de biomasa que se encuentran en el lado derecho de la parábola se tienen las siguientes implicaciones:

Si se trata de una curva que representa los cambios de densidades propios de los diferentes estados evolutivos el bosque el paso desde un estado juvenil, ubicado en el lado izquierdo (ejemplo punto A), similar en obtención de renta, pero ubicado en el

lado derecho (punto B), se implica un período de espera que puede ser considerable, dependiendo de la especie.

El trayecto mencionado anteriormente (desde A hasta B) implica cubrir una sección de arco de la curva Z, en el cual la tasa de cambio de la renta es inferior a la tasa de interés de referencia, es decir se estaría manteniendo en pie un recurso cuyo interés es menos significativo que otras alternativas de inversión.

Se debe considerar que estos dos últimos efectos tendrían una ocurrencia única, ingresando una vez alcanzado el punto B a un proceso cíclico que involucra en forma permanente las ventajas propias del manejo en el lado derecho de la parábola.

La principal ventaja que ofrece la mantención del rodal en una situación de biomasa que se encuentre en el lado derecho de la parábola esta asociada al concepto de la Estabilidad Económica.

El lado derecho ofrece una mayor estabilidad económica, dado que para un punto de densidad óptima determinado o para un rango de manejo definido en base a este punto, cualquier cambio en la densidad del rodal voluntaria (mayores necesidades de consumo) o involuntaria (daños por insectos, emisiones, temporales de vientos, fuego etc.), implica una pérdida de biomasa con un desplazamiento hacia la izquierda en la curva Z alcanzando un incremento en la renta económica.

En caso de que la pérdida de biomasa del rodal ocurra en el lado izquierdo de la parábola, por las mismas causas antes señaladas, el nuevo estado implicaría una disminución de la renta económica del bosque. Si se decidiera mantener la renta, se estaría manejando el bosque fuera de la frontera de la sustentabilidad.

EL CONCEPTO DE ESTABILIDAD Y LA RELACIÓN FUNCIONAL BIOMASA - INCREMENTO EN VOLUMEN

En el marco de la relación Biomasa- Incremento Volumétrico Anual, Johansson y Löfgren (1985) relacionan las condiciones de estabilidad e inestabilidad con el umbral de la población y la capacidad de carga, conceptos que se definen como aquellos niveles límites de biomasa a los cuales el incremento volumétrico anual se hace cero.

El límite inferior es el punto umbral y corresponde a la cantidad mínima de biomasa necesaria para que los individuos crezcan y se reproduzcan con incrementos volumétricos positivos, bajo este punto el recurso natural tiende a extinguirse. El punto de capacidad de carga corresponde a la máxima cantidad de biomasa que el medio soporta, sobre este punto la variación volumétrica del rodal comienza a hacerse negativa (Figura N°3).

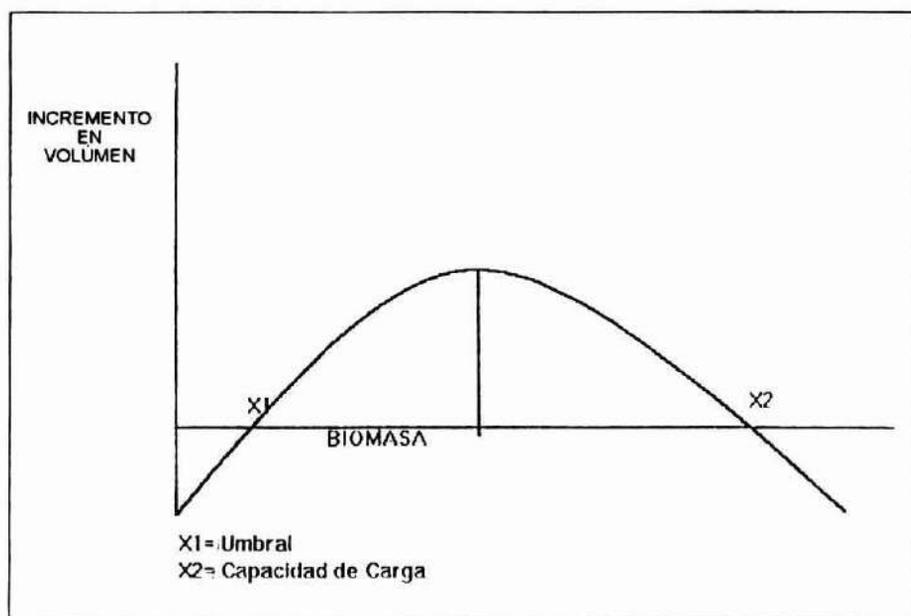


Figura N° 3. BIOMASA-INCREMENTO EN VOLUMEN

De acuerdo a estos autores el lado derecho de una parábola Biomasa- Incremento Volumétrico es considerado estable dado que cualquier punto que se encuentre en esta sección estaría mas cercano a la capacidad de carga que al punto umbral. Al sobrepasar el punto de capacidad de carga, los incrementos anuales del rodal se hacen negativos, sin embargo se produce una mortalidad natural que involucra una disminución de la biomasa del rodal y en consecuencia un incremento del crecimiento volumétrico, por lo tanto se trata siempre de un proceso reversible.

Por otra parte, el lado izquierdo de la parábola implica una mayor cercanía al punto umbral que a la capacidad de carga y cualquier situación voluntaria o involuntaria que lleve al rodal a niveles inferiores al umbral, implicarían ingresar a un proceso irreversible de extinción del recurso.

CONCLUSIONES

La relación funcional Biomasa-Ingreso Económico Neto Anual es matemáticamente representada por una función parabólica. Los puntos situados en el lado derecho de esta parábola se encuentran en un estado de mayor estabilidad económica que los puntos correspondientes a un similar ingreso neto anual situados en el lado izquierdo.

En el lado derecho de la parábola, una alteración que repercute en una pérdida de biomasa implica alcanzar un nuevo estado en el cual es posible mantener o incrementar la renta anual. Esta situación implicaría en el lado izquierdo necesariamente una pérdida del ingreso económico neto anual.

El alcanzar situaciones de mayor estabilidad esta asociado a diferentes costos dependiendo del estado inicial del rodal y del tipo de análisis que se realice (de una rotación o de densidad).

Entre los costos asociados a la estabilidad se mencionan: un mayor tiempo de espera, en el caso de encontrarse en un estado de la rotación cuyo nivel de biomasa se encuentre en el lado izquierdo de la parábola; cubrir tramos de la curva en que la tasa de cambio del ingreso es inferior a la tasa de interés de referencia, al pasar de un punto inicial ubicado en el lado izquierdo hacia el lado derecho; o bien percibir un ingreso inicial inferior al que se obtendría al manejar el rodal en el lado izquierdo, para un estado inicial ubicado en la derecha de la parábola y de ambos puntos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Deegen P., 1994. Ein Erklärungsmodell für die Nutzung regenerierbarer Ressourcen. T.U. Dresden.

Deegen P., Klammt M., 1995. Vertiefungsrichtungsbeleg Forstökonomie: Simultane Bestimmung von optimaler Zielstärke und eingesetztem am Beispiel eines Buchenbestandes. T. U. Dresden.

Johansson P.O., Löfgren K.G., 1985. The Economics of Forestry and Natural Resources.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA HUMEDAD DE EQUILIBRIO EN MADERA DE *Pinus radiata* D.Don. Peter Niemz y H. Poblete W., Fac. Cs. Forestales. I. Tecnología Prod. Forestales. U. Austral de Chile. Casilla 567-Valdivia.

RESUMEN

*Se trataron probetas de madera de **Pinus radiata** D.Don (pino insigne) a diferentes temperaturas, entre 20° C y 200 °C. Estas probetas se climatizaron a 20 °C y con diferentes humedades relativas del aire, entre 40 % y 95 %.*

Los resultados demuestran que existe una clara influencia del tratamiento térmico reduciendo la humedad de equilibrio de la madera. Al tratar la madera con 200 °C y 95% de humedad relativa se produce una diferencia en la humedad de equilibrio de 12 % con respecto al testigo.

*Palabras clave: **Pinus radiata** D.Don, Humedad de Equilibrio, Tratamientos Térmicos.*

ABSTRACT

*Solid wood test pieces of **Pinus radiata** D.Don were treated at different temperatures between 20 °C and 200 °C. After temperature treatments the test pieces were climatized at a temperature of 20 °C with relative humidities between 40 % and 95 %.*

A notorius effect of temperature reducing equilibrium moisture content was registered. A difference of 12 % on equilibrium moisture content between wood treated at 200 °C and at 20 °C was detected.

*Keywords: **Pinus radiata** D.Don., Equilibrium Moisture, Thermal Treatments.*

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los procesos de transformación de la madera se considera un tratamiento térmico de esta. La intensidad de este tratamiento depende del proceso, por ejemplo en el secado de madera aserrada se puede llegar hasta temperaturas de 120 °C, en el secado de partículas para tableros se trabaja con temperaturas entre 400 y 700 °C, en desfibrado para tableros de fibras se llega hasta 280 °C y en el prensado de los tableros se aplican temperaturas que varían entre 120 y 250 °C.

Al tratar la madera con temperaturas mayores a 20 °C se afecta la constitución química y la estructura anatómica de la madera (Fengel, 1966 a, b; 1967). Se alteran también las propiedades físicas y mecánicas. Cabe mencionar que se ha determinado que al tratar la madera a 100 °C se reduce la capacidad de adsorber y retener agua (Poblete, 1984). Lo anterior indica que la humedad de equilibrio de la madera se ve afectada al someterla a temperaturas elevadas.

La estabilidad dimensional de la madera y de sus productos depende de las variaciones que tenga la humedad relativa del aire en que se encuentre el producto. Lo anterior se debe a los cambios que se provocan en la humedad de equilibrio.

Conocer el comportamiento de las maderas y de sus productos ante los cambios producidos por un tratamiento térmico y por los cambios de la humedad de equilibrio son el objetivo principal de un estudio que incluye madera sólida, tableros de partículas y de fibras.

Los resultados que se presentan en este trabajo corresponden a un avance de este estudio y se presentan las determinaciones de la variación que sufre la humedad de equilibrio al tratar la madera a diferentes temperaturas.

MÉTODO

Para el ensayo se emplearon probetas de madera sólida de *Pinus radiata* D. Don (pino insigné) de dimensiones 20 mm * 20 mm * 400 mm. Estas probetas se trataron inicialmente de acuerdo con las condiciones expuestas en el Cuadro N° 1. El número de probetas fue 20 por tratamiento, en total 120 probetas.

Cuadro Nº 1.
TRATAMIENTOS CON TEMPERATURA.

Tratamiento Nº	Ambiente	Tiempo (h)	Temperatura (°C)
1	Aire	240	20
2	Agua	24	100
3	Aire	24	100
4	Aire	24	150
5	Aire	24	170
6	Aire	24	200

El tratamiento 1 equivale a un testigo, donde la madera fue secada al aire con temperatura ambiente (20 °C controlados). El tratamiento 2 se aplicó para conocer el efecto de una extracción en agua caliente y de una plastificación de la pared celular. Los tratamientos 3 a 6 se llevaron a cabo en estufa con control de la temperatura.

Una vez tratadas las probetas, se llevaron a una cámara de clima marca HERAEUS, donde se climatizaron a 20 °C con humedades relativas de 40 %, 55 %, 70 %, 85 % y 95 %. Las probetas se mantuvieron en las condiciones indicadas hasta registrar peso constante.

Cuando finalizó el climatizado (obtención de peso constante), se registró el peso de las probetas y se reguló la cámara para aumentar la humedad relativa al nivel superior siguiente. Luego de efectuado el climatizado con la humedad mas alta (95 %) las probetas se llevaron a estado anhidro en estufa a 103 °C. Conociendo los pesos a los distintos climas y el peso seco, se calculó la humedad de equilibrio de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$H_e = \frac{P_a - P_0}{P_0}$$

Donde:

H_e : Humedad de equilibrio

P_a : Peso con humedad relativa "a"

P_0 : Peso anhidro

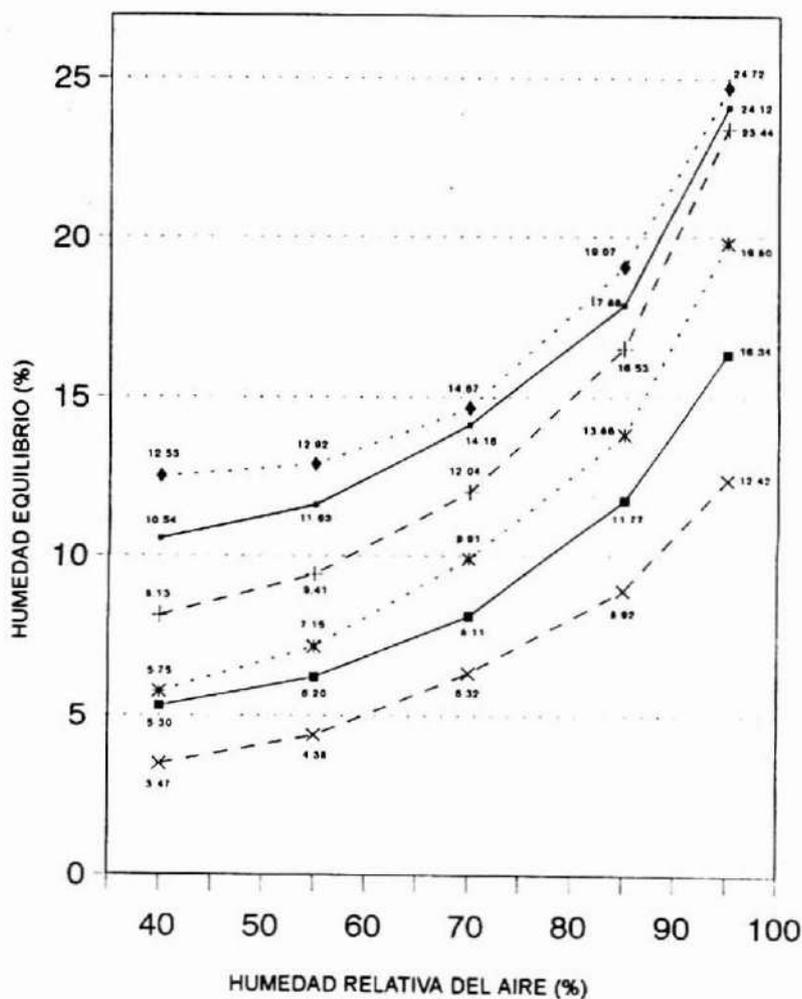
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los ensayos se presentan en la Figura Nº 1. En general se observa un aumento de la humedad de equilibrio al aumentar la humedad relativa del aire. Estos incrementos se ordenan de acuerdo con los tratamientos térmicos, dando origen a una familia de curvas donde, en forma independiente de la humedad relativa, al aumentar la temperatura del tratamiento disminuye la humedad de equilibrio.

El tratamiento 1 (Cuadro Nº1) corresponde al testigo, madera que se climatizó en condiciones ambientales a 20 °C. En este caso la curva que se desarrolla representa el comportamiento normal de la madera de pino insigne. Se observa en la Figura Nº1 que la humedad de equilibrio de estas muestras, testigos, aumenta su valor en 14 puntos al incrementarse la humedad relativa de 40 % a 95 %. La humedad de equilibrio inicial, 10,54 %, corresponde a lo normalmente registrado con esta especie en las condiciones planteadas (40 % humedad relativa. y 20 °C).

Al tratar la madera en agua a 100 °C por 24 horas se provoca una extracción de parte de los componentes secundarios y una destrucción parcial de las hemicelulosas y de la celulosa (Fengel, 1966 a, 1967). Con este tratamiento se produce un aumento de la capacidad de la madera para adsorber agua del medio ambiente y la curva de humedad de equilibrio (Figura Nº 1) se desplaza, obteniéndose una humedad inicial de 12,53 % con 40 % humedad relativa y un incremento del 12 % al aumentar a 95 % humedad relativa.

Con los tratamientos 3 a 6 (Cuadro Nº 1) se produce una alteración de la capacidad de adsorción que está directamente relacionada con la temperatura usada. Esta alteración determina que a mayor temperatura de tratamiento se obtiene una humedad de equilibrio menor, lo cual se registra en todas las condiciones climáticas aplicadas. Al tratar la madera con 200 °C se reduce la humedad de equilibrio inicial, con 40 % humedad relativa, de 10,54 % a 3,47 %. Con el clima más húmedo (95 % humedad relativa) esta diferencia aumenta. Lo anterior significa que al tratar la madera con altas temperaturas se lograría una mayor estabilidad dimensional de la madera y de los productos por obtener con ella.



TRATAMIENTOS

— 20 °C + 100 °C * 150 °C ■ 170 °C × 200 °C ◆ AGUA/100°C

Figura N° 1. HUMEDAD DE EQUILIBRIO A DIFERENTES HUMEDADES RELATIVAS EN MUESTRAS CON DIFERENTES TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fengel, D., 1966 a. Über die Veränderungen des Holzes und seiner Komponenten im Temperaturbereich bis 200 °C. 2 Mitt.: Die Hemicellulosen in unbehandeltem und in thermisch behandeltem Fichtenholz. Holz als Roh- und Werkstoff 24:89-109.

Fengel, D., 1966 b. Über die Veränderungen des Holzes und seiner Komponenten im Temperaturbereich bis 200 °C. 3 Mitt.: Thermisch und mechanisch bedingte Strukturveränderungen bei Fichtenholz. Holz als Roh- und Werkstoff 24:529-536.

Fengel, D., 1967. Über die Veränderungen des Holzes und seiner Komponenten im Temperaturbereich bis 200 °C. 4 Mitt.: Das Verhalten der Cellulose in Fichtenholz bei thermischen Behandlung. Holz als Roh- und Werkstoff 25:102-111.

Poblete, H., 1984. Veränderungen in Holzspänen während der Trocknung und des Pressens zu Holzspanplatten. Diss. para optar a Doctorado. U. de Göttingen. 157 p.

CONSIDERACIONES SOBRE LA FISIOLOGÍA Y EL ESTADO DE MADUREZ EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE ESPECIES FORESTALES. Braulio Gutiérrez C., Ing. Forestal (e), División Silvicultura, Instituto Forestal, Barros Arana 121, Concepción, Chile

RESUMEN

Se analiza la importancia de aspectos fisiológicos en el enraizamiento de estacas de especies forestales, describiendo teorías que explican el proceso, entregando información acerca de la regulación hormonal del enraizamiento y el efecto de otros compuestos sobre la inducción de raíces adventicias.

También se analiza el efecto del estado de madurez sobre el enraizamiento, describiendo aspectos teóricos de la juvenilidad, maduración y envejecimiento, y las características generales de las técnicas de rejuvenecimiento.

Se entregan conclusiones aplicables al campo de la silvicultura clonal y propagación vegetativa de especies forestales.

Palabras Clave: *Propagación vegetativa, Fisiología, Rejuvenecimiento.*

ABSTRACT

The importance of the physiology on rooting of cuttings from wood species is analyzed. Theories which explain the process are described. Information about the hormonal control and the effect of other compounds on the induction of adventitious roots is given up.

The effects of maturity status on rooting of cutting is analyzed too, showing theoretical topics about juvenility, maturity and aging. The main characteristics of rejuvenation techniques also are shown.

Conclusions suitable for clonal forestry and vegetative propagation of woody species are discussed.

Keywords: *Vegetative propagation, Physiology, Rejuvenation.*

INTRODUCCIÓN

Es ampliamente reconocido que las técnicas de propagación vegetativa son frecuentemente difíciles y a veces imposibles de aplicar en árboles adultos. La capacidad de enraizar de los árboles está asociada a su fase juvenil de desarrollo, jugando la edad, o el estado de madurez del individuo, un importante papel en la eficiencia de la propagación y en el desarrollo de los propágulos.

Uno de los principales problemas asociados al enraizamiento de estacas de especies forestales es que al tener los árboles una edad suficiente, como para ser seleccionados en base a las características que se pretenden mejorar o perpetuar, estos ya han perdido su capacidad de enraizamiento. Al respecto, si bien existen algunas técnicas de rejuvenecimiento que permiten superar en alguna medida esta situación, existe también controversia respecto al impacto que ellas puedan tener y si representan efectivamente una reversión de las características propias del estado adulto o corresponden sólo a una revigORIZACIÓN del individuo.

Por el momento, la ausencia de marcadores que definan los estados de juvenilidad y madurez más allá de las características morfológicas, limita la capacidad del propagador para determinar si efectivamente ha ocurrido rejuvenecimiento, y enfatiza la utilidad que tendría el contar con un mayor conocimiento de los aspectos fisiológicos y bioquímicos que regulan los procesos de maduración y envejecimiento.

Por otra parte, el mecanismo de iniciación de raíces en estacas de tallo, al igual que muchos aspectos de la fisiología de la diferenciación, es aún poco conocido.

La formación de raíces depende fundamentalmente de una serie de factores internos o endógenos, los que interactúan en forma compleja y generan un amplio rango de efectos sobre el metabolismo, crecimiento y diferenciación. La falta de conocimiento sobre estos factores restringe severamente las posibilidades del propagador en cuanto a su modificación, quedando este limitado principalmente a la manipulación y control de los factores externos o ambientales que inciden en el proceso rizogénico.

En general existe mucho más información en cuanto a los factores externos que a los internos, reconociéndose entre estos últimos a la identidad genética, el grado de maduración y los aspectos fisiológicos como los principales. De ellos, la identidad genética se refiere al origen taxonómico del individuo, así como a su genotipo específico, mientras que la maduración y los aspectos fisiológicos serán los temas a tratar en este apunte.

Este documento no pretende llegar a dilucidar la problemática asociada a estos factores, pero puede ser una contribución que ayude a definir o reorientar líneas de investigación dentro del campo de la propagación clonal de especies forestales.

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL ENRAIZAMIENTO

Para explicar el proceso de inducción de raíces, normalmente se recurre a la teoría de la rizocalina de Bouillene. Esta teoría, postulada en 1955, establece que un compuesto fenólico específico (posiblemente dihidroxifenol) actúa como cofactor del enraizamiento. Este cofactor es producido en las hojas y yemas de la estaca y posteriormente traslocado a la región de enraizamiento, donde en presencia de un factor no específico, que es translocado y que se encuentra en concentraciones bajas en los tejidos (la auxina), y de una enzima específica, localizada en las células de ciertos tejidos (polifenol-oxidasa), completan un complejo (la rizocalina), que actúa como estimulante de la rizogénesis (Bonga, 1983; Pardos, 1985; Hartmann y Kester, 1990).

Los factores que componen este complejo, junto a otros factores determinantes de naturaleza endógena y ambiental, harían posible el enraizamiento, mientras que la ausencia de alguno de ellos lo impediría.

Los polímeros de dihidroxifenol actuarían como un protector de la auxina (la cual se puede oxidar en presencia de luz de baja intensidad), teniendo como función mantener los tejidos en un estado de reducción. Esto significa que ellos actúan como antioxidantes, pudiendo mantener bajo el potencial redox (óxido- reducción), lo que es una condición asociada y propia de las etapas juveniles, la que a su vez es la condición más favorable para el enraizamiento.

Posteriormente, se obtuvo evidencia de que la auxina al formar un complejo con un determinado factor móvil desconocido, podía inducir la formación de raíces, lo que coincidía con lo propuesto por Bouillene, pero se rechazó el concepto de la intervención de una enzima no móvil, afirmándose que la auxina misma produce la desdiferenciación celular y determina el sitio de formación de las raíces (Libbert, 1964, cit por Hartmann y Kester, 1990)

Actualmente, las hipótesis más aceptadas dicen relación con la existencia de receptores específicos capaces de reconocer a la hormona, así como la sensibilidad del tejido para responder a su acción (Pardos, 1985).

Regulación Hormonal del Enraizamiento.

Las raíces adventicias de las estaquillas se forman como resultado de la estimulación auxínica y de otros factores que emigran a dicha zona (Pardos, 1985).

Normalmente se ha señalado a la auxina como el factor cuya acción inductora desencadena la secuencia de etapas que culminan con la rizogénesis. Efectivamente, en especies fáciles de enraizar se ha observado que la aplicación exógena de una auxina sintética, incrementa sustancialmente el movimiento de carbohidratos, compuestos nitrogenados y otros, desde el ápice hacia la base de la estaca, favoreciendo el fenómeno

rizogénico (Celestino, 1985; Puri y Khara, 1992). Por otra parte, se reconoce que el efecto del regulador de crecimiento depende tanto de la especie como del grado de madurez del árbol, o del órgano, desde donde se extrae la estaca.

A pesar de lo anterior, hasta ahora persiste cierta controversia en relación al efecto de las hormonas y reguladores de crecimiento sobre la formación de raíces en estacas (Puri y Khara, 1992), reconociéndose que es un fenómeno complejo, en que cada una de sus fases se encuentra controlado en distinta forma por el balance entre hormonas, inhibidores y otros compuestos bioquímicos.

Algunos compuestos, como los ácidos fenólicos, flavonoides y terpenos, son capaces de modificar los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal, generando en muchos casos una modificación del nivel de auxina en los tejidos, mediante la activación o inhibición de las enzimas que regulan su metabolismo. En general, estos compuestos parecen no inhibir la acción específica de la hormona, si no que actúan sobre procesos metabólicos generales, indispensables para cualquier forma de crecimiento, como por ejemplo; la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, formación de ATP y otros procesos, aparentemente a través de la inhibición de la actividad de algunas enzimas del metabolismo general.

Se ha confirmado que las auxinas sólo aumentan una potencialidad ya existente en las especies que enraizan sin dificultad, enfatizando el desarrollo de primordios previamente formados (Pardos, 1985; Rauter, 1983), y observándose que la aplicación exógena de auxina no resulta efectiva en estacas de especies de difícil enraizamiento (Celestino, 1985). También se ha confirmado, después de aislar algunos compuestos que actúan en forma sinérgica con la auxina, que ella no es el único factor determinante de la rizogénesis, y que su acción inductora es potenciada enormemente por compuestos de naturaleza fenólica, situación que se discutirá más adelante.

Hess (cit por Celestino, 1985) postula que la regulación del proceso rizogénico obedece a un complejo conformado por la auxina y un cofactor, el cual podría actuar desbloqueando genes reprimidos, generando como resultado la síntesis de enzimas nuevas, requeridas para la iniciación del proceso. En forma complementaria, Haissig (cit por Celestino, 1985) sugiere que las modificaciones en la capacidad de enraizamiento provocadas por tratamientos químicos o ambientales podrían estar basados en la actividad de un sistema enzimático capaz de inducir la formación del complejo auxina-fenol.

Un complejo estimulante del enraizamiento ha sido estudiado en yemas y hojas jóvenes de *Pinus banksiana*, determinándose que se encuentra constituido por una fracción auxínica y otra no auxínica. La primera de ellas es inicialmente necesaria para la formación del callo en la base de la estaca, pero la conjunción de ambas es requerida para la iniciación del primordio, siendo la fracción no auxínica el factor limitante de la respuesta rizogénica.

Durante el enraizamiento de estacas de especies fáciles de enraizar se han observado variaciones importantes en el nivel de auxina endógena, mientras que en especies difíciles de enraizar estas variaciones no se manifiestan. Por lo mismo, los estudios referentes a este proceso actualmente dan más importancia a la dinámica de los reguladores, que a su cantidad total en el tejido vegetal, descartando un antiguo principio que consideraba que la cantidad de compuestos activadores o inhibidores, presentes en el tejido vegetal, estaba directamente relacionado con las respuestas organogénicas (Celestino, 1985).

La dinámica de los niveles de auxina se encuentra fuertemente relacionado con la actividad de las enzimas peroxidadas, las cuales se encargan de la oxidación del ácido indolacético (AIA). Estas peroxidadas son un grupo muy heterogéneo de isoenzimas, y no todas manifiestan la misma actividad en la degradación de la auxina (Ballester, 1985).

Efectivamente, estudios realizados in vitro demuestran que las enzimas peroxidadas básicas (isoenzimas catódicas) son más efectivas que las ácidas (isoenzimas anódicas) para oxidar el AIA. Los mismos estudios indican que durante el proceso de enraizamiento se observa un aumento progresivo en la cantidad de peroxidadas catódicas, las que alcanzan un máximo justo antes de la aparición morfológica de las raíces.

Durante el proceso rizogénico se pueden distinguir al menos dos fases: una fase de inducción, en la que no se observan cambios histológicos; y una fase de iniciación, en la que comienza la formación del primordio radical (Gaspar et al, 1983 cit por Ballester, 1985; Barcello, 1980). Durante la primera fase se produciría un aumento en la actividad de las enzimas peroxidadas y una disminución del nivel de auxina endógena; en la segunda fase los cambios serían opuestos, es decir, decae la actividad peroxidásica y aumenta el nivel de auxina. En esta segunda fase, aunque la actividad peroxidásica total decae, la actividad de las enzimas ácidas continúa en aumento.

Esta teoría explica por qué algunos compuestos fenólicos, como los ácidos ferúlico y clorogénico, los cuales reducen la velocidad de oxidación del AIA por las enzimas peroxidadas, inhiben el enraizamiento si son aplicados durante la fase de inducción y lo estimulan durante la fase de iniciación (Ballester, 1985).

Bansal y Nanda (1981) analizando la actividad de enzimas AIA-oxidadas, determinaron que esta es mayor en especies que enraizan con facilidad (*Salix tetrasperma*, *Populus robusta*), algo menor en especies que enraizan débilmente, e insignificante en aquellas que no enraizan (*Eucalyptus citriodora*).

De lo anterior se desprende que es teóricamente posible estimar la capacidad rizogénica de un individuo a partir de un análisis de la actividad peroxidásica. Esta prueba exhibiría algunas importantes ventajas en relación a los tradicionales ensayos de enraizamiento, por cuanto la evaluación tomaría menos tiempo, ocuparía menos

espacio, no requeriría de invernadero y permitiría evaluar simultáneamente un mayor número de individuos.

Aún cuando concretamente se ha propuesto una prueba de este tipo, para seleccionar en espárragos, a los individuos, o segmentos de individuos, más apropiados para el estaquillado, las actuales limitaciones del conocimiento del proceso global, así como la complejidad del mismo, no permite el uso de pruebas de este tipo, que sean de carácter general, y por lo tanto útiles, en la práctica habitual de la propagación por estaca.

Efecto de los Carbohidratos en el Enraizamiento

La iniciación de raíces en las estacas requiere de energía. Considerando que las sustancias lipídicas normalmente no son abundantes en los tallos, la degradación de carbohidratos se constituye probablemente en la única fuente de energía en la estaca para activar el proceso rizogénico, señalándose que el almidón, cuando está presente, actúa como la fuente principal, y posiblemente única, de energía para la iniciación y desarrollo del primordio radical (Puri y Khara, 1992).

Los hidratos de carbono y los compuestos nitrogenados están de alguna forma involucrados en el proceso de enraizamiento, pudiendo modificar, e incluso controlar, la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1990; Barcello et al, 1980; Rauter, 1983). Aún así, las aplicaciones artificiales de estos compuestos no son capaces de reemplazar a la presencia de hojas en estacas de *Eucalyptus camaldulensis*, como condición esencial para que el enraizamiento se produzca (Hartney, 1980). Efectivamente, Geary y Harding (1984) trabajando con estacas de esta misma especie, concluyen que la remoción del 100% de las hojas de la estaca impide el enraizamiento, mientras que una remoción parcial del 50 al 75% lo estimula.

La importancia de las hojas tiene relación con el aporte de fotosintatos a la raíz, pues el 75% de ellos proviene del follaje original de la estaca (Cameron y Rook, 1974, cit por Rauter, 1983). Indudablemente los carbohidratos trasladados desde las hojas contribuyen a la formación de las raíces adventicias, aunque Hartmann y Kester (1990) postulan que su efecto puede deberse a factores más directos, especialmente si se considera que las hojas y yemas son grandes productoras de auxina.

Muchos investigadores han correlacionado positivamente los niveles de carbohidratos en las estacas con su capacidad para iniciar primordios radicales, reconociendo que una adecuada reserva de hidratos de carbono, en combinación con una relación C:N alta, favorecen el enraizamiento.

Rauter (1983) señala que las estacas deben tener reservas suficientes de nutrientes para sobrevivir al período de enraizamiento, y este se puede mejorar en forma sustancial al agregar hidratos de carbono en forma exógena (Nanda y Jain, 1972). Efectivamente, se ha constatado que estacas de *Populus nigra* que no enraizan al ser

tratadas con una solución de auxina sola, si son capaces de hacerlo al agregar a la solución un 0,5% de ribosa, glucosa y sacarosa.

El almidón también ayuda a inducir el enraizamiento. Este polímero es hidrolizado por enzimas que lo dividen en segmentos, o unidades de azúcares más simples, siendo la auxina la que incrementa la actividad de las enzimas hidrolíticas (op cit). Las relaciones entre el desarrollo del primordio radical y el metabolismo de reducción de azúcares también han sido sugeridas por Haissig (1982, cit por Rauter, 1983), pero aún así, la relación entre el metabolismo de los carbohidratos, el desarrollo de los primordios y la actividad enzimática, no es aún bien conocida (Pardos, 1985).

Efecto de los Fenoles y Otras Sustancias en el Enraizamiento.

Como se ha sugerido en un punto anterior, los compuestos fenólicos regulan el crecimiento inducido por la auxina, a través del sistema indolacético-oxidasa, inhibiendo (ácido clorogénico, caféico, ferúlico) o promoviendo (ácido hidroxibenzóico, cumárico, vanílico) la oxidación del AIA por las enzimas peroxidases (Celestino, 1985; Ballester, 1985; Margara, 1988).

En general, los compuestos fenólicos desempeñan papeles importantes en diferentes procesos, entre ellos la regulación de procesos morfogénicos. A pesar de esto, la función fisiológica de la mayoría de estos compuestos no es aún clara, y las experiencias existentes al respecto aluden principalmente al efecto de aplicaciones exógenas, que bien pueden diferir con respecto a las condiciones in vivo.

Los compuestos fenólicos pueden actuar como moduladores de la actividad de las enzimas oxidativas del AIA, o a través de la regulación de su síntesis. El aumento de la actividad del sistema polifenol-oxidasa, antes y durante la diferenciación del primordio radical, puede ser significativo en la determinación del proceso como mecanismo de disponibilidad de compuestos fenólicos.

La actividad inhibitoria de los procesos organogénicos que muestran determinados fenoles, parece estar asociada con su acumulación durante el periodo de dormición y durante la transición desde la condición juvenil a la adulta (Celestino, 1986). En estacas de especies que enraizan con dificultad se han encontrado fenoles inhibidores de la rizogénesis, lo que ha llevado a postular que las diferencias existentes en cuanto a la capacidad rizogénica, así como la pérdida de esta capacidad, al aumentar la edad del ortet, radica en la presencia de determinados fenoles y de sus niveles en los tejidos (Celestino, 1985). El mismo autor (op cit) señala que en una especie de *Salix*, los fenoles extraídos desde yemas en reposo son capaces de inhibir la respuesta rizogénica en estacas del mismo árbol durante el periodo de crecimiento.

De lo anterior se desprende que la capacidad rizogénica de las estaquillas puede depender, al menos parcialmente, de las diferencias en el contenido fenólico, ya que en

muchas especies difíciles de enraizar, la presencia de auxina no parece suficiente para que la rizogénesis se produzca.

Es un hecho generalizado en las especies forestales que la respuesta rizogénica sea dependiente del clon y que dicha respuesta se mantenga en los rametos, lo cual corrobora que la capacidad de enraizamiento se encuentra bajo control genético. En este sentido, Celestino (1986) afirma que el contenido de determinados fenoles podría servir como marcador de la capacidad rizogénica del clon, aunque esto no es tan claro pues el papel que desempeñan los compuestos fenólicos en la iniciación de raíces adventicias es aún motivo de controversia.

La capacidad de enraizamiento de las estacas también ha sido positivamente correlacionada con la cantidad de antocianinas formadas en las hojas de estacas de *E. camaldulensis*, señalándose que tratamientos en base a sucrosa y riboflavina (un precursor de la antocianina) estimulan el enraizamiento (Hartney, 1980).

Consistentemente con lo anterior, compuestos como el ácido giberélico que ha demostrado ser un poderoso inhibidor de la síntesis de antocianina, tiene también un efecto inhibidor del enraizamiento.

Hartney (1980) señala que se ha propuesto un esquema que involucra a un compuesto derivado de un determinado ácido orgánico (3,4,5-trihidroxi-1-ciclohexeno-1-ácido carboxílico), el cual interactuaría con la auxina para provocar la iniciación de raíces y también conducir a la formación de antocianinas y otros compuestos flavonoides.

Las leucoantocianinas también tienen cierta relación con la respuesta rizogénica. Ellas están asociadas a áreas de crecimiento activo en los eucaliptos, presentando una alta concentración en las hojas jóvenes durante el crecimiento primaveral, así como en el tejido cambial en división activa. Posteriormente las antocianinas y leucoantocianinas declinan en concentración y parecen ser transportadas fuera de la hoja cuando esta madura y adquiere su pigmentación clorofílica definitiva.

INFLUENCIA DEL ESTADO DE MADUREZ EN EL ENRAIZAMIENTO

El estado de madurez juega un importante papel dentro del mejoramiento genético. Desde el punto de vista de la reproducción sexual, especialmente en lo que respecta a la floración y producción de semillas, se pueden conseguir grandes ventajas al acortar la fase juvenil; en este caso la aceleración del envejecimiento (ontogénico) resulta beneficiosa, permitiendo llevar a cabo más ciclos de mejora en un tiempo determinado. Por el contrario, en lo que respecta a la propagación asexual, los procesos de maduración y envejecimiento generan una serie de dificultades (Roulund y Olesen, 1992; Toribio, 1985).

En el caso particular de la propagación por estacas, los principales problemas asociados al envejecimiento tienen relación con la dificultad para enraizar material proveniente de árboles adultos, así como también con los fenómenos de variación dentro del clon.

Aspectos Teóricos de la Maduración y el Envejecimiento

En las plantas, como en todos los organismos vivos, se presenta durante el crecimiento y desarrollo una serie de cambios morfológicos y fisiológicos que conducen a la muerte del individuo. El proceso que determina estos cambios se denomina envejecimiento.

A diferencia de los animales, en las plantas no hay un reemplazo continuo de células, sino que las células nuevas se van acumulando sobre las muertas y más antiguas. Esto explica la paradoja de que los primeros tejidos en formarse en la planta, y cronológicamente mayores, son en realidad los más juveniles. Por el contrario, los tejidos periféricos recientemente formados, son ontogénicamente los más maduros.

Según Chaperon (1979) el envejecimiento es un fenómeno complejo que obedece a un origen doble.

Por una parte se manifiesta ontogénicamente, como un proceso relacionado con la diferenciación celular, específicamente con la pérdida de capacidad regenerativa de los meristemos, los que durante su fase juvenil son totipotentes. En las primeras etapas de desarrollo de la planta, partiendo desde el cigoto, hay una concentración de toda la información genética necesaria para realizar las funciones vitales, en cambio al aumentar la complejidad de la estructura, se forman órganos especializados, los que van reteniendo parte específica de la información genética, dependiendo unos de otros para vivir.

El segundo origen es de naturaleza fisiológica, y corresponde a una modificación del funcionamiento de los meristemos por efecto nutricional. Este es consecuencia del desequilibrio que se produce entre las crecientes demandas de agua, metabolitos y sustancias de crecimiento en la parte aérea del vegetal y los aportes restringidos que puede hacer de ellos el sistema radicular, debido a las limitaciones que le impone el suelo para su expansión.

De acuerdo con Fortanier y Jonkers (cit. por Toribio, 1985) existen tres tipos de envejecimiento, coincidiendo en alguna medida los dos últimos, con los indicados por Chaperon (1979):

- Envejecimiento Cronológico: Definido como el tiempo que ha transcurrido desde la germinación de la semilla que originó al individuo.

- **Envejecimiento Ontogénico:** También llamado **maduración**, es la transición gradual entre los distintos estados de desarrollo, desde las formas juveniles a formas maduras o adultas. Este proceso se encuentra bajo control genético, tiene lugar en los meristemas y se puede apreciar exteriormente como cambios morfológicos (Aparición de órganos reproductivos, cambio de hábito, cambio en forma o tamaño de hojas, pérdida de espinas, etc.).
- **Envejecimiento Fisiológico:** Es el proceso asociado al deterioro de los ritmos de crecimiento y a la pérdida de vigor del árbol, comúnmente se asocia con un incremento en la complejidad de la estructura y la pérdida de la capacidad morfogénica.

Durante el desarrollo del árbol se distinguen tres fases; juvenilidad, madurez y senescencia. El paso desde un estado de desarrollo a otro se denomina cambio de fase, y según Wareing (1959, cit por Olesen, 1978) se distinguen dos tipos; maduración y envejecimiento.

El paso del estado juvenil al maduro, denominado maduración, se asocia al envejecimiento ontogénico. Es un cambio genéticamente programado, acelerado por las mejores condiciones de crecimiento y difícilmente reversible. Por su parte, el paso desde la fase de madurez a la de senescencia, denominado envejecimiento, se asocia con el envejecimiento fisiológico, y normalmente comprende una serie de procesos degenerativos como pérdida de clorofila, degradación de proteínas y otros, los que invariablemente conducen a la muerte de los tejidos y del individuo. Se tratan estos últimos de cambios reversibles y que corresponden a efectos fenotípicos (Olesen, 1978; Toribio, 1985).

Normalmente se señala a la floración como el evento que determina el paso desde la fase juvenil a la adulta, pero esto obedece más a un criterio práctico, derivado de la claridad con que este fenómeno puede ser percibido, y no significa que el cambio de fase sea un proceso repentino, homogéneo y simultáneo para todas las características.

Efectivamente, existen observaciones que señalan que la velocidad del cambio y la duración de la fase de transición entre el estado juvenil y el maduro son diferentes para cada una de las características que varían con el tiempo. Por ejemplo, en muchas especies arbóreas la floración tarda años en manifestarse, sin embargo la capacidad de enraizar de sus estacas se pierde mucho antes (Franclet, 1983; Toribio, 1985).

El envejecimiento tampoco se manifieste uniformemente en todo el árbol. La zona basal, y en general el área más próxima a las raíces permanece joven, mientras que las demás son más maduras. De la misma forma, las ramas más internas son más jóvenes que las externas (Chaperon, 1979; Bonga, 1982; Franclet, 1983; Kleinschmit, 1977; Rauter, 1983; Roulund y Olesen, 1992; Toribio, 1985).

Está claramente demostrado que las estacas provenientes de las partes más bajas del árbol enraizan mejor y exhiben un patrón de crecimiento más adecuado que aquellas

obtenidas desde las ramas superiores; en forma similar, las púas de injerto colectadas desde la porción superior de la copa florecen antes que las obtenidas desde las ramas inferiores. Ambas observaciones confirman las ideas del envejecimiento zonal del árbol.

El proceso de maduración es aparentemente independiente de la edad del árbol, aunque esta influye de alguna forma que afecta al proceso. Muchos autores sostienen que la maduración se correlaciona o depende más del crecimiento de la planta que de su edad, siendo el crecimiento, o tal vez el número de divisiones celulares del meristemo apical lo que regula el proceso de maduración (Olesen, 1978).

La idea anterior ha llevado a la formulación de la teoría de la maduración ligada a los meristemas. Ella afirma que el proceso de maduración está inequívocamente ligado a los meristemas apicales del árbol y que se encuentra correlacionado positivamente con el crecimiento total detrás de cada uno de ellos, en base al número de sus divisiones mitóticas.

Esta teoría se fundamenta básicamente en investigaciones realizadas con plantas de *Betula verrucosa*, especie que normalmente florece entre los 5 y 10 años de edad, cuando alcanza una altura cercana a los 2 metros. Artificialmente se hizo crecer a las plantas bajo condiciones de iluminación continua, con temperatura y humedad relativa óptimas, de modo que ellas alcanzaron los dos metros de altura en menos de un año, verificándose en ese momento la floración.

La maduración forzada que se indujo en las plantas de abedul fue permanente y se transmitió a los propágulos vegetativos obtenidos desde esas plantas, los cuales también florecieron en la estación siguiente. Esto permitió concluir que el cambio de fase depende de alcanzar un determinado tamaño, aún cuando persiste el desconocimiento en cuanto a la forma en que este factor opera (Olesen, 1978), pareciendo más probable que sea el número de divisiones celulares que han sufrido los meristemas, y no el tamaño, lo que determina los distintos grados de madurez (Olesen, 1978; Toribio, 1985).

Esta teoría también puede explicar por que los árboles manejados como setos permanecen en estado juvenil por mucho más tiempo, pues sólo las partes más internas y bajas de las ramas permanecen en el árbol. Dichas ramas provienen de meristemas juveniles, cuya formación ha sido precedida por un crecimiento moderado o un número relativamente bajo de divisiones celulares.

En términos estrictos, si esta teoría fuese suficiente, ninguna parte de la planta que se encuentre dentro de una determinada distancia de la base del árbol podría pasar a la fase adulta, pero esto no es así. La posible explicación dice relación con las correlaciones que se establecen dentro del árbol, entre los factores que determinan el envejecimiento fisiológico.

Otras observaciones sugieren que el cambio de fase puede estar influenciado por la relación raíz-tallo. Es así como plantas que crecen en macetas pequeñas o han sufrido severas podas radicales, exhiben una floración temprana. Por otra parte el anillado de la corteza también puede conducir a la floración cuando la planta tiene un tamaño pequeño. Ambas observaciones se relacionan con el envejecimiento fisiológico, y aunque también conducen a la floración, lo hacen por una vía distinta al de la maduración o envejecimiento ontogénico.

Por último, la fertilización al aumentar el crecimiento y la división celular también suele acortar la fase juvenil.

Problemas Asociados al Envejecimiento en Propagación Vegetativa

El principal obstáculo que ha debido enfrentar la propagación vegetativa, principalmente a través de enraizamiento de estacas, ha sido la dificultad para manipular adecuadamente el grado de maduración de los árboles adultos. El material que presenta un avanzado estado de maduración normalmente no enraiza o lo hace en baja proporción.

El efecto del envejecimiento sobre el enraizamiento de estacas no se presenta sólo en el porcentaje de arraigamiento; normalmente las estacas obtenidas desde la copa de árboles adultos desarrollan raíces de peor calidad, requieren más tiempo para enraizar, exhiben comportamientos más heterogéneos (ciclófisis y topófisis), reducen su crecimiento y vigor vegetativo, aumenta el plagiotropismo y se incrementa el tiempo requerido para que un brote recupere el crecimiento ortotrópico (Kleinschmit, 1977; Rauter, 1983; Roulund y Olesen, 1992; Thompson, 1983).

Para poder aplicar con éxito las técnicas de estaquillado, se debe disponer de la capacidad para inducir rejuvenecimiento en el material considerado, de lo contrario, la selección de los árboles a incorporar en el programa de enraizamiento deberá contemplar solamente individuos juveniles, aceptando por consiguiente los riesgos asociados a la selección temprana.

La selección temprana, si bien puede ser apropiada para aquellas características que no manifiestan gran variación en su expresión durante el desarrollo del árbol, resulta totalmente ineficiente para aquellas que exhiben cambios importantes. Entre estas últimas se encuentran características fundamentales, como la tasa de crecimiento, propiedades mecánicas de la madera y algunas variables morfológicas, las cuales se expresan en distinta forma cuando el individuo pasa de la etapa juvenil a la fase adulta.

Francllet (1983) resume los problemas de aplicar propagación vegetativa en árboles adultos de la siguiente manera:

- Heterogeneidad en cuanto a la calidad y vigor vegetativo de las estacas tomadas desde la copa de un árbol adulto.

- Reducción de la homogeneidad y capacidad regenerativa de órganos, así como también una reducción en la capacidad para recuperar el vigor vegetativo, aún cuando las estacas se tomen de la zona más adecuada y la técnica de propagación sea la más sofisticada.
- Transmisión y memorización de la heterogeneidad en las sucesivas generaciones de estacas enraizadas.

La pérdida de la capacidad morfogénica es el principal problema asociado al envejecimiento que afecta a las técnicas de estaquillado y cultivo *in vitro*.

Por otra parte, el fenómeno de variación dentro del clon, es decir los distintos comportamientos exhibidos por rametos provenientes del mismo ortet, también se relacionan con los procesos de envejecimiento y maduración. Esta variación es consecuencia de la memorización de funciones mencionada por Franclet (1983), y aunque se manifiesta en distintas características, resulta más evidente en la forma o hábito de crecimiento de los rametos propagados por estacas o injertación.

Efectivamente, individuos genéticamente idénticos, a menudo crecen en forma distinta dependiendo de la posición que ocupaban en la planta madre (topófisis) y de la edad de esta al tomar el propágulo (ciclófisis) (Franclet, 1983; Zobel y Talbert, 1984). Esta variación dentro del clon aumenta con la edad del ortet del que proviene, y aumenta también en la medida que se acentúa la diferenciación entre órganos, tejidos y células en el rameto (Franclet, 1979).

Técnicas de Rejuvenecimiento

Las dificultades asociadas a la propagación de árboles adultos hace necesario recurrir a las técnicas de rejuvenecimiento como una medida intermedia para poder aplicar el estaquillado en forma operativa y funcional.

Se han desarrollado varios métodos para retardar, al menos parcialmente, la maduración y ocasionalmente inducir rejuvenecimiento. Básicamente estos métodos de rejuvenecimiento corresponden a tres enfoques distintos; la formación de setos, la propagación sucesiva (en serie o en cascada) y el cultivo *in vitro* (Thompson, 1983). La inducción de brotes epicórmicos basales también es útil para estos fines (Rauter, 1983), pero puede considerarse como un caso especial de formación de setos.

En el caso de los eucaliptos, el rejuvenecimiento es fácil de obtener al cortar los árboles, pues los retoños que se desarrollan desde el tocón exhiben características juveniles, incluyendo una aceptable capacidad de enraizar (Zobel et al, 1983; McComb y Bennett, 1986). Esta característica de los eucaliptos favorece la formación de setos a partir de retoños enraizados, permitiendo la obtención de plantas madres que generan estacas con una capacidad de enraizamiento superior a la de los brotes de tocón y que constituyen el elemento fundamental de los programas operativos de producción de

plantas por enraizamiento de estacas implementados en España y Portugal con *Eucalyptus globulus*.

La capacidad de enraizar se puede conservar, retardando la maduración del árbol madre mediante podas intensas que eviten su crecimiento en altura, y lo transformen en un seto. Hartney (1980) indica que setos derivados de estacas enraizadas de *Eucalyptus grandis* han proporcionado material para nuevas estacas por más de siete años, sin que decline la capacidad de enraizar.

A pesar de lo anterior, los métodos de corta y poda drástica no se consideran como verdadero o total rejuvenecimiento, pero son lo suficientemente apropiados para estabiliar la madurez a un nivel compatible con la clonación económica (Franclet, 1983)

La propagación sucesiva permite lograr grados crecientes de rejuvenecimiento. Así al aplicar injertos en forma iterativa se logra una ganancia en la recuperación de características juveniles, por cada vez que se injerta. Efectivamente, Franclet (1983) determinó que después del tercer injerto sucesivo, a intervalos de 2 o 3 meses, los clones de *Eucalyptus camaldulensis* de 83 años, recuperaron las características juveniles y exhibieron un hábito de crecimiento igual al de plántulas de semilla, pudiendo ser propagados posteriormente por estacas.

Las estacas enraizadas, producidas desde retoños de tocón o brotes de una púa injertada, pueden usarse como fuente de material para nuevas estacas, lo que mejora los porcentajes de arraigamiento (Heth et al, 1986). La capacidad de enraizamiento de las estacas aumenta de generación en generación, lográndose los mejores resultados cuando se selecciona cuidadosamente en cada generación el árbol madre de mejor calidad.

Lo anterior se puede ilustrar con los trabajos de Franclet (1983), donde trabajando en propagación por estacas, provenientes de retoños de tocón del híbrido *Eucalyptus tereticornis* x *Eucalyptus camaldulensis* de 40 años de edad, se obtuvo como mejor enraizamiento un 8%, pero en un segundo ensayo, tomando el material desde las estacas enraizadas en la fase anterior, el porcentaje de enraizamiento llegó hasta un 65%

El cultivo sucesivo *in vitro* tiene el mismo efecto que la propagación sucesiva para rejuvenecer. Esto se debe a que al usar porciones más pequeñas del tejido a rejuvenecer, se eliminan los posibles factores o sustancias que promueven la maduración. Por otra parte la reiteración de los tratamientos permite el suministro continuo de sustancias de juvenilidad, entre las cuales las citoquininas desempeñarían un papel importante (Toribio, 1985)

Las técnicas de micropropagación se usan en algunos programas operativos de producción de estacas para rejuvenecer el material y generar plantas madres más

reactivas y apropiadas para la propagación masiva por enraizamiento de estacas (Gomes y Coucelo, 1992).

CONCLUSIONES

Se reconoce que la juvenilidad del material a propagar es una característica fundamental para conseguir un enraizamiento exitoso. Lo anterior, junto a un depurado manejo nutricional de las plantas madres y el acucioso control de las condiciones ambientales de enraizamiento, ha permitido la implementación de importantes programas operativos de producción de plantas a través de estaquillado.

Particularmente en el caso de *Eucalyptus globulus*, empresas como ENCE, SOPORCEL y CELBI son capaces de producir millones de plantas con esta técnica y han establecido extensas superficies con plantaciones clonales.

A pesar de lo anterior, la fisiología del proceso rizogénico sigue reconociéndose como un tema complejo, que hasta la fecha no ha sido comprendido cabalmente. Esta falta de conocimiento ha impedido que los propagadores puedan manipular y controlar realmente la inducción de raíces adventicias en las estacas, y se han visto obligados a multiplicar solo a aquella pequeña proporción de individuos que presentan una aptitud rizogénica favorable.

Esta última situación queda claramente reflejada en los programas operacionales de propagación de las empresas antes mencionadas, los cuales a pesar de presentar importantes diferencias entre sí, coinciden en haberse generado después de haber evaluado la capacidad de enraizamiento de entre 2.000 y 3.000 árboles superiores, para posteriormente identificar a sólo 15 a 30 que son propagados operativamente.

La productividad de las plantaciones establecidas con plantas propagadas vegetativamente a partir de individuos superiores está fuera de discusión. Aún así, no se debe olvidar que en la actualidad los árboles de mayor interés no son necesariamente propagables. Por lo mismo, los esfuerzos orientados a esclarecer el funcionamiento del proceso de enraizamiento, hasta permitir la eficiente propagación de cualquier individuo, permitirá aumentar considerablemente los ya altos rendimientos generados por la silvicultura clonal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballestero, A., 1985. Aspectos Bioquímicos de Cuestiones Relacionadas con la Propagación Vegetativa. En: Propagación Vegetativa de Especies Leñosas de Interés Forestal. Curso monográfico. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Monte. Madrid, Junio de 1985. Pp 56 - 65.
- Bansal, M. y Nanda, K., 1981. IAA Oxidase Activity in Relation to Adventitious Root Formation on Stem Cutting of Some Forest Tree Species. *Experientia* 37(12):1273.

Bonga, J., 1973. Vegetative Propagation: Tissue and Organ Culture as an Alternative to Rooting Cutting. *N.Z. Jour. For. Sci.* 4(2):253 - 260.

Bonga, J., 1982. Vegetative Propagation in Relation to Juvenility, Maturity and Rejuvenation. En: Bonga, J. y Durzan, D. ed. *Tissue Culture in Forestry*. Boston, London. Nijhoff, M. y Junk, W. publisher. Pp 387 - 412.

Celestino, C., 1985. Aspectos Fisiológicos del Enraizamiento: Su Control Hormonal. En: *Propagación Vegetativa de Especies Leñosas de Interés Forestal*. Curso monográfico. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Monte. Madrid, Junio de 1985. Pp 21 - 30.

Celestino, C., 1986. Papel de los Compuestos Fenólicos en la Mejora Forestal. En: *Primer Congreso Forestal Nacional*. Fundacao Calouste Gulbenkian. Lisboa, Portugal. 2 al 6 Dezembro de 1986. Pp 107 - 109.

Chaperon, H., 1979. Maturation et Bouturage des Arbres Forestiers. *AFOCEL. Etudes et Recherches* N° 12(6): 19 - 31.

Chaperon, H., 1983. Clonal Propagation of Eucalypt by Cutting in France. En: *Proceeding of a Workshop on Eucalyptus in California*. Sacramento, California. June, 14 - 16. Pp 108 - 114.

Dickman, D., 1991. Role of Physiology on Forest Tree Improvement. *Silva Fenica* Vol. 25 N° 4.

Durand-Creswell, R.; Boulay, M. y Franclet, A., 1982. Vegetative Propagation of Eucalypt. En: Bonga, J. y Durzan, D. ed. *Tissue Culture in Forestry*. Boston, London. Nijhoff, M. y Junk, W. publisher. Pp 150 - 181.

Franclet, A. 1979. Rejuvenissement des Arbres Adultes en vue de leur Propagation Vegetative. *AFOCEL. Etudes et Recherches* N° 12 (6): 1 - 18.

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

Geary, T. y Harding, W., 1984. The Effects of Leaf Quantity and Trimming on Rooting Succes with *Eucalyptus camaldulensis* Cuttings. *Comm. For. Rev.* N° 63: 225 - 230.

Gomes, F. y Coucelo, F., 1992. Micropropagation of *Eucalyptus globulus*. En: *Workshop Eucalyptus for Biomass Production*. J.S. Pereira y H. Pereira Editores. Lisboa, 10 -13 de febrero de 1992. Pp 171 - 173.

Haggman, H., 1991. Application of Biotechnology to Forest Tree Breeding. *Silva Fenica* Vol 25 N° 4.

Hartmann, H. y Kester, D., 1990. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. Compañía editorial Continental. México. 760 p.

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

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

- Kleinschmit, J., 1977.** Problems of Vegetative Propagation. Third World Consultation on Forest Tree Breeding. Canberra, Australia. 21 - 26 march 1977. 13 p.
- Margara, J., 1988.** Multiplicación Vegetativa y Cultivo In Vitro. Los Meristemos y la Organogénesis. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 232 p.
- Nanda, K y Jain, M., 1972.** Utilization of Sugars and Starch as Carbon Sources in the Rooting of Etiolated Stem Segments of *Populus Nigra*. *New Phytologist* 71(5):825 - 828.
- Olesen, P., 1978.** On Cyclophysis and Topophysis. *Silvae Genetica* 27(5): 173 - 178.
- Pardos, J., 1985.** Fisiología de la Producción de Raíces. En: Propagación Vegetativa de Especies Leñosas de Interés Forestal. Curso monográfico. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Monte. Madrid, Junio de 1985. Pp 13 - 20.
- Puri, S. y Khara, A., 1992.** Influence of Maturity and Physiological Status of Woody Cutting: Limits and Promises to Ensure Successful Cloning. *Indian Forester*. Agosto, 1992.
- Rauter, R., 1983.** Current Status of Macropropagation. En: Proceeding of the 19^o Meeting of the Canadian Tree Improvement Association. Part 2: Symposium on Clonal Forestry. Its Impact on the Improvement and our Future Forest. Toronto, Ontario. August, 22- 26, 1983. Pp 58 - 74.
- Roulund, H. y Olesen, K., 1992.** Mass Propagation of Improved Material. Lecture Note D-7. Danida Forest Seed Centre. Denmark. 13 p.
- Thompson, D., 1983.** Clonal Reforestation: Forest of the Future? En: Seedling Physiology and Reforestation Success. Proceedings of the Physiology Working Group Technical Session. Edited by Duryea, M. y Brown, G. Soc. of American Foresters National Convention. Portland, Oregon, USA. October 16 - 20, 1983. Pp 3 - 28.
- Toribio, M., 1985.** Problemas Derivados de los Estados de Juvenilidad y Madurez en la Propagación Vegetativa. En: Propagación Vegetativa de Especies Leñosas de Interés Forestal. Curso monográfico. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Monte. Madrid, Junio de 1985. Pp 75 - 84.
- Zobel, B. y Talbert, J., 1984.** Applied Forest Tree Improvement. Ed. John Wiley & sons. New York, USA. 505 p.

ANÁLISIS SILVICULTURAL Y ECOLÓGICO DEL MÉTODO DE PLANTACIÓN ENRIQUECIMIENTO EN FAJAS, ESTABLECIDO EN LOS LLANOS OCCIDENTALES DE VENEZUELA. Jesús Antonio Quintero Carruyo, Ingeniero Forestal, Estudiante de Postgrado en la opción Manejo de Bosques, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela.

RESUMEN

Hay que desarrollar técnicas que permitan manejar el bosque con un rendimiento económico comparable al de la agricultura y la ganadería, para justificar la permanencia de las Reservas bajo el Dominio Forestal. El enriquecimiento en fajas puede constituirse en una alternativa viable, ya que ofrece ventajas comparativas frente a la reforestación (bajos costos iniciales, mayor calidad de la madera producida y bajo efecto sobre el ambiente natural).

En los Llanos Occidentales de Venezuela se viene aplicando este método desde hace algún tiempo, pero las evaluaciones realizadas a las plantaciones indican que no existe el rendimiento que pueda garantizar el éxito del mismo. Es por esto, que en el presente trabajo, además de hacer una presentación del método, se discute sobre los factores ecológicos (luz, suelo, humedad y competencia) y silviculturales (selección de la especie, crecimiento inicial, relación luz-despeje del dosel, mantenimiento, cuidados culturales y dificultad con las plagas) que pudieran estar afectando el buen desarrollo de las plantaciones de enriquecimiento. Se concluye que el bajo rendimiento del enriquecimiento en fajas se debe posiblemente a la falta de mantenimiento eficaz y motivación del crecimiento inicial.

Palabras clave: Silvicultura, Bosques Nativos Tropicales.

ABSTRACT

It is necessary to develop silvicultural techniques focussed on the management of native forest in the Llanos Occidentales region, Venezuela, in order to obtain economic yields comparable to those of the agricultural and cattle practices. The mean objective is to justify the continued use of the land for forestry.

Forestry plantations in strips previously harvested, to improve the future quality of natural forests, could be a good alternative. This system has been used for some years, but evaluations of this results indicate that yields obtained do not warrant its continued use. Because of this problem the paper presents the system and also discusses some ecological and silvicultural variables that could effect adequate forest management in the region. It is concluded that a more intensive silviculture to maintain the plantations and to accelerate their initial growth might be the solution.

Keywords: Silviculture, Tropical Native Forests.

INTRODUCCIÓN

El manejo forestal en los bosques de los Llanos Occidentales de Venezuela se debe orientar en gran parte hacia la producción de madera fina, por lo que éste tendrá que ser bastante intensivo, para justificar la permanencia de tierras bajo el dominio forestal, debido a que en esta zona hay una excesiva demanda de éstas, para la agricultura y ganadería.

Se tienen que desarrollar técnicas que permitan manejar los bosques con un rendimiento económico comparable al de la Ganadería y la Agricultura actual. Una de las técnicas para mantener el dominio del bosque, es inducir la regeneración natural mediante intervenciones sencillas, sin embargo, se ha considerado muy difícil económicamente conducir los brinzales al tamaño adecuado que le permitan defenderse por sí mismos, ya que los cuidados culturales (limpiezas y despeje de dosel) se requieren frecuentes y por largos periodos. La producción de madera fina en los Llanos Occidentales de Venezuela se ha basado en los métodos de regeneración artificial, como por ejemplo la plantación en fajas, donde se busca reducir los costos iniciales, aplicación de una intervención menos intensiva y práctica de cuidados culturales solamente en una porción de la superficie total explotada.

El enriquecimiento en fajas ha sido uno de los métodos que más se ha empleado en las selvas de las regiones tropicales; tiene por finalidad aumentar el valor económico del bosque, mediante la plantación de individuos pertenecientes a especies valiosas o comerciales. Por lo general, este método es utilizado en lugares donde la regeneración natural de las especies comerciales no se establece o lo hace de una manera muy deficiente. Una vez establecidas las plantaciones, la silvicultura queda encargada de conservarlas por tiempo indefinido, originando alternativas para reponer al bosque lo que de él se extrae.

Después de haber practicado el enriquecimiento durante 10 a 15 años en escala importante, los forestales de habla francesa abandonaron progresivamente esta técnica debido al escaso crecimiento de los plántones y la imposibilidad de determinar la duración de los trabajos de mantenimiento (FAO, 1969). Existen resultados de evaluaciones de plantaciones en fajas que expresan valores no satisfactorios. Algunos autores concluyen que el bajo rendimiento es debido a la falta de mantenimiento y apertura del dosel (Silvicultura), otros aseguran que este bajo rendimiento es debido a factores ecológicos (luz, suelo, humedad, punto de compensación de luz, patógenos, etc.).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe una interrogante que se vienen planteando desde hace un tiempo, en cuanto al método de plantación de enriquecimiento en fajas. ¿Cuáles son las causas que han impedido un buen establecimiento y desarrollo del método en el occidente del país?. Desde las primeras evaluaciones realizadas en los años 1960, se observó alta mortalidad y poco crecimiento, que se atribuyó a la falta de mantenimiento y apertura del dosel, sin tomar en cuenta la especie plantada. Esta gran dificultad en el enriquecimiento ha traído desconfianza sobre la posibilidad de mantener el bosque bajo rendimiento sostenido, debido a que este es uno de los métodos con más superficie plantada en los bosques del Occidente.

Por el interés de aportar algunas ideas para aclarar esta interrogante, nace el presente trabajo como iniciativa durante el curso de postgrado en la materia Planificación Silvicultural Avanzada I (período 1993-94).

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE PLANTACIÓN ENRIQUECIMIENTO EN FAJAS (SISTEMA ORIGINAL)

Existen una serie de métodos de plantación bajo cubierta, entre los que se destacan enriquecimiento en fajas y limba.

Definición de Plantación de Enriquecimiento

Según Catinot (1965), este método que ha sido planificado y llevado a la práctica es una técnica extensiva que consiste en introducir los plantones de las especies seleccionadas en simple fajas abiertas en el bosque natural, luego darles luz a estas plantas extrayendo progresivamente el bosque entre las fajas.

Según FAO (1970), son las operaciones que tienen como objetivo introducir en el bosque natural un porcentaje, previamente determinado, de especies útiles y que nunca llevarán consigo la constitución de una masa uniforme y continua de estas.

Corredor (1987), citado por Prado (1987), señala que el enriquecimiento es un método de transformación indirecta que se emplea en bosques naturales jóvenes y pobres. Hay diversos procedimientos de enriquecimiento, que dependen de la o las con que se desea enriquecer el bosque, de las condiciones locales y del objetivo del manejo.

Operaciones en el Método Enriquecimiento en Fajas

Existe una evolución de este método; inicialmente las plantaciones se establecieron con distanciamiento entre fajas de 10 a 12 m y entre árboles de 2 a 3 m, eliminando

toda la masa forestal (envenenamiento) existente entre fajas; luego, tratando de evitar costos, se ampliaron las distancias entre fajas de 20 a 40 m.

- Etapa de Aprovechamiento: Consiste en aprovechar la masa comercial existente en el área a tratar, evitando en lo posible el daño a la masa remanente.
- Envenenamiento: La idea principal es dar luz a las plantas, anillando progresivamente los árboles del piso superior que evitan la penetración de ésta.
- Apertura de la línea de plantación y despeje del dosel: Estas dos etapas son realizadas simultáneamente y en la mayoría de los casos, el ancho de las fajas es de 3 a 6 m, al mismo momento que se hace la tumba de los árboles que se encuentran a lo largo de las fajas se está despejando el dosel.
- Realización de la plantación: Es el proceso de llevar a campo el material vegetal producido en los viveros y de su establecimiento.
- Mantenimiento: Es la etapa de mayor duración e importancia en el método y consiste en la eliminación periódica de la competencia que se establece en el área de plantación.

Consideraciones Silviculturales

Las especies valiosas seleccionadas para un enriquecimiento en fajas deben tener crecimiento inicial rápido, fuste recto y deben ser capaces de soportar con éxito la competencia radicular. Lamb (1967), citado por Vincent (1969), señala cinco requerimientos generales para este tipo de plantaciones.

- No debe haber demanda de los productos provenientes del aclareo, el sistema es adecuado para la producción de madera gruesa para aserrio o contrachapados.
- La especie debe ser de crecimiento inicial rápido (1,5 m de altura anual mínimo), de buena forma, características de autopoda y del tipo colonizadora u oportunista heliófita.
- No debe haber dosel superior. La plantación en faja es conveniente en bosque raleado y envenenado intensivamente, o en bosque secundario.
- La maleza entre las fajas no debe ser combustible.
- No debe haber problemas con animales que se alimenten de follaje.

Sugerencias Básicas para las Plantaciones de Enriquecimiento en Fajas

- Fuerte despeje del dosel a corto plazo, antes de plantar.
- Medidas especiales para rápido crecimiento inicial, técnicas especiales de plantación (material grande, abonamiento, etc.).
- Cuidados culturales intensivos durante los primeros años.

Hay que destacar que quizás una de las grandes desventajas de este método es la imposibilidad de mecanizar las operaciones de limpieza, debido a la acumulación de ramas y fustes caídos, resultado del envenenamiento de los árboles indeseables.

DISCUSIÓN SOBRE LOS FACTORES ECOLÓGICOS QUE PUEDEN ESTAR AFECTANDO EL ESTABLECIMIENTO Y BUEN DESARROLLO DE LAS PLANTACIONES DE ENRIQUECIMIENTO EN FAJAS

Luz

La luz es un factor determinante del crecimiento de las plantas (en esta afirmación se supone que la especie está en un ambiente conforme a sus exigencias en cuanto a temperatura, humedad, suelo, drenaje, etc.) y es el factor sobre el cual la silvicultura puede influir en mayor grado. En el Bosque Alto Tropical en general, el factor limitante es la luz en cuanto a crecimiento se refiere.

Las especies que se deben plantar en fajas son las llamadas colonizadoras, oportunistas y heliófitas, que son las que dan un buen rendimiento. En el occidente, cuando se plantan estas especies, la apertura del dosel es de nula a muy reducida, por lo que la incidencia de luz es baja, en contraste al punto de compensación de las especies heliófitas, la cual es alta, por esta causa estas especies, al ser colocadas en sombra, reducen su crecimiento. Las especies de luz, al estar en ambiente de sombra, dedican la mayor cantidad de energía a producir sustancias para protegerse de patógenos e insectos y sustancias anti-hervíboros, por lo que no crecen satisfactoriamente.

En algunos casos las especies plantadas en fajas son aquéllas que requieren de claros para desarrollarse, aún así no es abierto suficientemente el dosel. Las grandes ventajas de una penetración adecuada de luz en las fajas está en que la evaporación del agua aumenta a nivel del suelo, que la disponibilidad de agua a pocos centímetros de profundidad podría ser mayor en las fajas y a que existe una rápida descomposición de la materia orgánica que cae del dosel (hojas, ramas y estructuras reproductivas) provocando una pronta liberación de nutrientes que pueden ser aprovechados por la plantación.

Suelo

Las condiciones dentro del Bosque Alto Tropical excluyen casos como plantaciones en áreas xerófitas y pantanosas. En general, el suelo no es muy susceptible a la modificación salvo casos especiales. Quizás por esta razón, a menudo no es considerado en mayor grado este factor, excepto para la clasificación para selección de sitio a plantar o en la selección de especies para diferentes sitios. Según Vincent (1969), tal vez con el manejo más intensivo llegue a ser factible hacer ciertas modificaciones tales como abonamiento y drenaje

En el occidente de Venezuela se ha venido trabajando con la tipificación para determinar sitio, pero ha sido utilizada en poco grado para planificar plantaciones. Cuando se seleccionan los mejores suelos, el material plantado no es el más adecuado, existen algunos casos en donde sólo por cumplir cuotas de plantación se planta en cualquier sitio y cualquier especie. La selección del sitio (tipo de suelo) ha jugado un papel importante en el bajo rendimiento de las plantaciones en fajas en los Llanos Occidentales.

Humedad

La cantidad total de humedad no puede ser modificada, solamente se puede influir sobre la disposición de ésta, mediante el manejo de la cobertura para reducir la evaporación y mantener un ambiente más húmedo. Claro está que la humedad puede ser objeto de la competencia radicular, convirtiéndose en factor limitante en ciertos tipos de bosques (Bosque Seco Tropical).

Competencia

La Silvicultura es la encargada de mantener la plantación, ésto se logra mediante la eliminación o reducción de la competencia por luz, nutrientes, humedad y espacio entre los árboles introducidos y la vegetación natural existente e invasora. Si el material de plantación es de buena calidad (vigoroso y resistente) su crecimiento inicial posiblemente será rápido y pronto dominará a la maleza, si esto no sucede, el individuo introducido será dominado por el agresivo crecimiento de las invasoras y será eliminado. Esta "Ley de la Selva" tiene una importancia especial con respecto al éxito técnico y económico de las plantaciones (Catinot, 1965).

Los factores económicos pueden influir sobre el tiempo y cantidad de aplicación de técnicas silviculturales sobre las plantas introducidas, por lo que es necesario que éstas se desarrollen rápidamente para dominar sobre sus competidoras.

Las plantaciones bajo el método de enriquecimiento, hasta ahora realizadas en el occidente del país, en general no son establecidas con especies adecuadas (colonizadoras, oportunistas y heliófitas), además el material vegetal producido en los viveros no es de la mejor calidad. Unido a esto los stump son muy cortos y de poco diámetro en el cuello de la raíz, por lo que no presentan condiciones adecuadas al principio para competir por los elementos y factores que ayudan a un rápido crecimiento inicial.

Es de resaltar que la ocupación puede ser aumentada mediante la incorporación de individuos de regeneración natural en el vuelo. La apertura de fajas y despeje del dosel a menudo aumenta la posibilidad del establecimiento de regeneración indeseable, o en la liberación de ésta que ya pudiera estar presente en las áreas entre fajas.

DISCUSIÓN SOBRE LOS FACTORES SILVICULTURALES QUE PUEDEN ESTAR AFECTANDO EL ESTABLECIMIENTO Y BUEN DESARROLLO DE LAS PLANTACIONES DE ENRIQUECIMIENTO EN FAJAS

Selección de Especie

Las especies utilizadas deben ser de crecimiento rápido, especialmente el inicial, del tipo "cicatrizadora" u "oportunistas". Estas especies son definidas como aquellas que poseen la virtud de germinar bajo la protección de la cubierta boscosa y en la oportunidad de un claro producido por la caída de un árbol o efecto natural. Inician un rápido crecimiento para competir bien con el resto de la vegetación (Dawkin, 1958; citado por Vincent, 1969). La mala forma de los fustes puede resultar a causa de la desviación por búsqueda de luz, por lo cual las especies introducidas preferiblemente deben tener crecimiento recto. La especie introducida debe tener capacidad de soportar intensa competencia radicular y mayormente las especies cicatrizadoras tienen esta capacidad.

En los Llanos Occidentales se viene plantando (en enriquecimiento en fajas), en suelos con mal drenaje, exclusivamente apamate (*Tabebuia rosea*) (especie no oportunista) y, en buenos suelos, caoba (*Switenia macrophylla*), cedro (*Cedrales odorata*) y saqui-saqui (*Bombacopsis quinata*) (especies no oportunistas). Estas últimas son exigentes en cuanto a suelo, podrían tener rápido crecimiento pero la apertura del dosel es nula, por lo que la incidencia del sol no favorece el crecimiento, dando oportunidad a especies invasoras no deseables.

Crecimiento Inicial

La mayor limitación que posee el método de plantación de enriquecimiento en fajas es la frecuencia y el largo período de los cuidados culturales. El número y frecuencia de estos cuidados son inversamente proporcionales a la rapidez de crecimiento en las plantaciones. En lo posible hay que lograr un crecimiento inicial rápido para reducir los costos de mantenimiento, se puede lograr en gran parte, creando condiciones de luz favorables según las exigencias de la especie. Los factores principales para esto son la intensidad y el momento de la apertura del dosel. Para lograr un rápido crecimiento también hay que considerar el tipo de material vegetal a plantar (tamaño, envase, etc.) y la factibilidad de tratamientos especiales como el abonamiento.

Se recomienda para plantar en fajas material de envase preferiblemente al de stump o stripling, debido al crecimiento inicial más lento de estos últimos, aunque esto depende de la especie (Lamb, 1967; citado por Vincent, 1969). En un ensayo en Selagor se encontró que el crecimiento inicial en material de envase fue dos veces mayor que en raíz desnuda, pero también los costos de plantación en envase fueron tres veces mayores (Ali, 1964). Una gran ayuda al crecimiento inicial rápido es el tamaño del



material. Según ensayos realizados en el Congo se ha encontrado que se obtienen los mejores resultados con material de 1 a 1,5 m de altura. Se recomienda el uso de plántulas de hasta 2 m de altura para competir con la maleza y evitar daños, siempre que la especie de interés tolere este tratamiento (Dawkins, 1958; citado por Vincent, 1969).

En el país una de las posibles causas del bajo rendimiento en el enriquecimiento en fajas es la calidad y tamaño del material vegetal que se produce en los viveros, lo que incide en la falta de un rápido crecimiento inicial.

Relación Luz - Depeje del Dosel

La luz es el factor ecológico más importante en el crecimiento y desarrollo de la plantación, debido a su importancia natural y al hecho que es el factor más susceptible al manejo silvicultural (Catinot, 1965). En general, se puede decir que hay que darle mucha luz a las plántulas introducidas mediante despeje del dosel. Generalmente en el occidente del país se realiza un despeje del dosel muy reducido, lo que hace reaccionar a los árboles que quedan en pie, de tal manera que aceleran el crecimiento lateral de ramas y ocupan los espacios dejados por los árboles tumbados, evitando de esta forma la penetración de la luz intensa a los estratos inferiores, lo reduce la posibilidad de un crecimiento inicial rápido de las especies introducidas.

En Venezuela es característico el despeje de baja intensidad del dosel durante el mantenimiento de las plantaciones (por costos), por lo que se forma una especie de túnel vegetal, evitando de esta manera la penetración de la luz en todas las direcciones. Así, las especies introducidas tienen poca posibilidad de luz y alta competencia por nutrientes, humedad, espacio, etc. Estas plantas utilizan gran cantidad de su energía en producir sustancias en contra de depredadores, plagas y enfermedades, por lo que es baja la posibilidad de éxito de las plantaciones.

Mantenimiento y Cuidados Culturales

Si los cuidados culturales se realizan eficazmente y con la frecuencia adecuada seguramente se tendrá éxito, sin olvidar que gran parte de los costos de la plantación son constituidos por éstos. En el enriquecimiento en fajas las especies introducidas tienen que competir con una masa de vegetación establecida, por lo que, a través de las limpiezas y liberaciones se tiene que controlar la excesiva acumulación de área basal en las zonas entre las fajas, de tal manera que los cuidados culturales no sólo deben ser a lo largo de la línea de plantación. Si se desarrollan árboles deseables en las fajas de enriquecimiento pueden ser dejados, de lo contrario eliminarlos antes que comiencen a competir con los introducidos. Cuando las limpiezas son incorrectas, es decir se limpia solamente alrededor de la plántula sin mirar hacia arriba, seguramente se producirá el efecto túnel. Se requiere la eliminación de ramas procedentes de las áreas entre fajas

que puedan o formen puentes para las trepadoras. Cuando se realiza limpieza, las paredes laterales de las fajas deben mantenerse en forma de "V" amplia (Schulz y Rodríguez, 1966), aunque en la práctica esto ha sido difícil de llevar a cabo, especialmente en los Llanos Occidentales.

Las limpiezas de plantaciones de enriquecimiento en Venezuela se hacen por poco tiempo, con el pretexto de los costos elevados, además cuando se realizan se deja el efecto túnel, el cual no permite la penetración de la luz, evitando de esta manera la posibilidad de un buen desarrollo en la plantación.

Dificultad con las Plagas

Especies susceptibles a ataques de insectos no son selecciones razonables para la plantación en fajas (Vincent, 1969). En el occidente del país se han utilizado las **Meliáceas** extensivamente en las plantaciones en fajas, con resultados desalentadores debido al crecimiento lento y al ataque de **Hypsiphylia**.

Este problema del ataque de plagas podría ser superado en buena parte mediante tratamientos silviculturales, especialmente tendientes a la obtención de un crecimiento inicial rápido, mediante la selección de sitio, la creación de condiciones favorables de luz y competencia, el uso de material de plantación de mayor tamaño y la fertilización.

EXPERIENCIAS EN OTROS PAISES CON EL MÉTODO ENRIQUECIMIENTO EN FAJAS

Camerún

Las plantaciones en fajas de Meliáceas han dado resultados desfavorables debido al ataque de insectos (Aubreville, 1953).

Fiji

Donde no existe **Hypsiphylia** se ha tenido éxito con **Swietenia macrophylla**, la cual crece más rápido en área de marga volcánica con alta pluviosidad, bajo el método de plantación en fajas (Lamb, 1967 citado por Vincent, 1969).

Surinam

Hasta 1986 se estaba plantando **Virola surinamensis** en gran escala. El método aplicado ha consistido en: explotación de toda la madera aprovechable; envenenamiento de todos los árboles no aprovechables de diámetro igual o mayor de 15 a 20 cm; apertura de fajas orientadas en dirección este-oeste; utilización de plantas de 80 cm de altura; replante si es necesario; limpiezas y claros.

Uganda

El hecho de no haber tomado en cuenta las condiciones necesarias para las especies, resultó en el estancamiento de algunos miles de acres de plantaciones, debido a una cubierta excesiva sobre las plántulas. Es decir, principalmente debido a la deficiencia de apertura del dosel.

Paraguay

Molas (1989), a pesar de no presentar resultados, indica que el problema más grave en las parcelas de experimentación es la falta de luz por la no apertura del dosel. Las mediciones del crecimiento indican que, por lo menos, el peterevy (*Cordia trichotoma*) y guatambú (*Balfourodendron riedelianum*) han logrado buen desarrollo y un aumento alentador de sus volúmenes.

En América Tropical, se tiene conocimiento de la aplicación del enriquecimiento en fajas en varios países. Weaver (1987) realizó un listado de 163 especies empleadas en América Latina para el enriquecimiento. Graaf (1986) y Baver (1987), citados por Moles (1989), constatan buenos resultados con este método en Puerto Rico, Surinam y Perú. Sin embargo, en muchos casos, las parcelas fueron establecidas y luego abandonadas (Moles, 1989).

El método de plantación de mejora en los trópicos ha sido abandonado en la mayoría de los casos, debido al crecimiento insuficiente de gran parte de las especies plantadas (FAO, 1974). La única causa aparente es la deficiencia de luz que sufren las plantas, por falta de mantenimientos frecuentes y eficaces. En la mayoría de los casos, los cuidados culturales sólo se realizan alrededor de la planta, sin mirar hacia arriba.

CONCLUSIONES

- Según el análisis realizado se puede concluir que el principal factor que está afectando las plantaciones en fajas es la apertura del dosel, por falta de limpiezas eficaces.
- Las limpiezas de plantaciones de enriquecimiento en el occidente, generalmente se realizan sólo alrededor de la planta sin mirar hacia arriba, con la consecuente formación del efecto túnel.
- Las especies heliófitas (punto de compensación de luz alto) plantadas en el occidente, al ser colocadas en sombra reducen el crecimiento y su carga energética es utilizada en producir sustancias para repeler los insectos y evitar los herbívoros.
- En el occidente del país a las especies establecidas en fajas no se les motiva el crecimiento inicial con abonamiento, buen material producido en el vivero, despeje del dosel, etc.

- Las especies que deben plantarse en fajas son las conocidas como oportunistas, colonizadoras y heliófitas, es decir especies de claros.
- Los roedores y animales en general, no influyen en el establecimiento y desarrollo de las plantaciones en fajas del occidente del país.
- El factor económico no debe ser determinante para el cumplimiento de la fase de mantenimiento y tratamientos silviculturales, en las plantaciones de enriquecimiento en fajas en los Llanos Occidentales de Venezuela.
- Según el análisis realizado no es recomendable seguir estableciendo plantaciones de enriquecimiento en los Llanos Occidentales a escala comercial, hasta tanto no se superen todas las dificultades del establecimiento y mantenimiento del método, a través de la experimentación

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ali, I., 1964.** Enrichment planting in Selangor. *Malayan Forester*. Vol 27, N° 1. 3pp.
- Aubreville, M., 1953.** Experience de Enrichissement par la Yons the Cote D'voire. *Bois et Forests des Tropiques*. N° 29. 3pp.
- Catinot, R., 1965.** Sylviculture Tropicale the Dense Africaine. *Bois et Forests des Tropiques*. N° 100-104
- FAO. 1969.** Resultados obtenidos con las plantaciones de enriquecimiento Forestal en los Trópicos. Comité de la Fao para el Desarrollo Forestal en los trópicos (segunda reunión). Roma, Italia. 7p.
- FAO. 1970.** Comité de la FAO desarrollo en los Trópicos. Roma, Italia. 149p.
- FAO. 1974.** Plantaciones de Mejora (enriquecimiento). Comité sobre desarrollo Forestal en los Trópicos, Roma, Italia. 65p.
- Molas, P., 1989.** Enriquecimiento del Bosque Nativo Degradado: Una Alternativa para el Paraguay. *Rev. For. del Paraguay*. N° 2. 20-28 pp.
- Prado, L., 1987.** Evaluación y Aplicación con Fnes de Manejo de un Ensayo de Enriquecimiento en Fajas en un Bosque Deciduo Trópic. Caimital Barrancas Edo. Barinas. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Schulz, J. y Rodriguez, L., 1966.** Plantaciones Forestales en Surinam. *Revista Forestal Venezolana*. N° 14.
- Vincent, L., 1969.** Estudios sobre Técnicas y la Factibilidad Económica de la Plantación en Línea con Referencia al Bosque Experimental "El Caimital" Edo. Barinas. Universidad de Los Andes, Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida, Venezuela. 71p más anexos.
- Weaver, P., 1987.** Enrichment Plantings in Tropical America. *Management of the Forests of Tropical America. Prospects and Technologies*. Institute of Tropical Forestry. San Juan, Puerto Rico pp 259-279

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

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

1.- PRECIOS DE PRODUCTOS FORESTALES 1994. Boletín Estadístico N° 39. División Estudios Económicos. Instituto Forestal 1995. Se entrega en primer lugar un análisis general del comportamiento de los precios de los diferentes productos durante el año, con los correspondientes índices de precios para los principales productos. En la segunda parte se incluyen completas series de precios, tanto para el mercado interno como para el externo.

2.- BOLETINES DE PRECIOS FORESTALES N°s 50, 51, 52 y 53. División Estudios Económicos. Instituto Forestal 1995. Informes bimestrales para el segundo semestre de 1995, con precios de productos e insumos, tanto silvícolas como industriales.

3.- ESTADÍSTICAS FORESTALES 1994. Boletín Estadístico N° 40. División Estudios Económicos. Instituto Forestal 1995. Se da una completa cuantificación del Sector Forestal en cifras del año 1994, ordenada en los siguientes temas: Indicadores Macroeconómicos, Recurso Forestal, Consumo y Producción, Comercio Exterior, Precios de Productos Forestales, Transporte, Disponibilidad Futura de Madera de Pino Radiata, Ocupación Forestal, e Índices.

4.- Y CÓMO SE ENFERMÓ MI SUELO?. Folleto de Divulgación N° 1. División Silvicultura. Instituto Forestal y Estudios Agrarios de Ancud 1992. Se entrega material simple de divulgación sobre la erosión de los suelos como producto de la sobreutilización de los bosques.

5.- TRABAJANDO JUNTOS. Folleto de Divulgación N° 2. División Silvicultura. Instituto Forestal y FOSIS 1995. Proporciona material simple de divulgación sobre la recuperación de suelos degradados por la sobreutilización forestal y ganadera en zonas semiáridas.

6.- APRENDAMOS A VIVIR CON LA NATURALEZA. El Vivero. Folleto de Divulgación N° 3. División Silvicultura. Instituto Forestal 1995. Material didáctico simple sobre la producción de plantas en pequeños viveros.

7.- MANUAL DE FORESTACIÓN EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS. Manual N° 21. Material didáctico sobre el tema, que entrega información técnica para la Planificación de una Forestación, la Selección de Especies, la Producción de Plantas y la Plantación.

8.- MANUFACTURAS DE MADERA EN CHILE. Propuestas de Desarrollo en Areas de Innovación Tecnológica. Informe Técnico N° 135. División Estudios Económicos. Instituto Forestal 1995. Se analizan aspectos relevantes de la situación actual y de las restricciones para el desarrollo de la industria manufacturera forestal secundaria. El trabajo constituye una muy apretada síntesis del análisis efectuado en el Estudio Prospectivo sobre Oportunidades y Requerimientos Tecnológicos para el Desarrollo del Sector Forestal y Actividades Productivas y de Servicios Vinculadas, cuyo informe final se tradujo en cinco tomos.

9.- EL CASTAÑO EN CHILE. UN CULTIVO FRUTO - FORESTAL PROMISORIO. Informe técnico N° 136. División Silvicultura. Instituto Forestal 1995. Se presenta una completa descripción del castaño (*Castanea sativa*) y de su cultivo, se efectúa un análisis de las plantaciones existentes en el país y se estima su rentabilidad en pequeñas propiedades al ser utilizado con un objetivo productivo mixto, madera y frutos.

10.- MANUAL DE FRESAS Y CUCHILLOS PARA MADERA. División Industrias Forestales. Instituto Forestal 1995. Se proporciona una detallada información sobre fresas y cuchillos para el trabajo de la madera, sobre su mantención y sobre los principales materiales abrasivos utilizados para esta.

REGLAMENTO DE PUBLICACION

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

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

La publicación cuenta de tres secciones:

-Artículos: Trabajos que contribuyan a ampliar el conocimiento científico o tecnológico como resultado de investigaciones que hayan seguido un método científico.

-Apuntes: Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigaciones, informen sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de interés dentro del Sector Forestal.

-Notas Bibliográficas: Informan sobre publicaciones recientes, en el país o en el exterior, comentando su contenido e interés para el Sector, en términos de desarrollo científico y tecnológico o como información básica para la planificación y toma de decisiones.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

-Artículos:

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

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

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

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

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

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

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

Reconocimientos es un punto optativo, destinado, cuando sea necesario, a los créditos correspondientes a instituciones, colaboradores, fuentes de financiamiento, etc. Es obvio que se trata de un punto de muy reducida extensión. En las **Referencias** se identificarán todas las fuentes de información del trabajo. Sólo se incluirán aquellas citadas en el documento.

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

-Apuntes

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

-Notas Bibliográficas

En las **Notas Bibliográficas** se identificará detalladamente la publicación, se explicarán sus objetivos y la metodología empleada y se comentarán los principales resultados en función de su importancia o trascendencia para el Sector. El título de la nota bibliográfica será el de la

publicación que se comenta e irá seguido del nombre del o los autores y la identificación de la institución y el editor. Se anotará asimismo el año de publicación y su extensión.

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

PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

La publicación aceptará colaboraciones sólo en español, redactadas en lenguaje universal, que pueda ser entendido no sólo por los especialistas, ya que el objetivo es transferir conocimientos al Sector Forestal en general. No se aceptará redacción en primera persona.

El formato de los trabajos debe ser tamaño carta a espacio simple y doble espacio entre párrafos. La letra deberá ser tipo Courier paso 10. No se dejará sangría al inicio de cada párrafo. No se numerarán páginas.

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

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

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

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

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

Los títulos de los puntos principales (Introducción, Objetivos, etc.) se escribirán en mayúsculas, negritas y pegados al margen izquierdo. Los títulos de segundo orden se escribirán con minúsculas, negrita y en la misma ubicación, en tanto que los de tercer orden se ubicarán de igual modo, se escribirán en minúsculas y en letra corriente no negrita. Si se requieren títulos de

cuarto orden, se usará letra corriente en minúsculas y se antenpondrá un guión antes de estos. No se numerarán los títulos.

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

Las citas bibliográficas se anotarán en minúsculas y letra corriente, mediante el sistema autor, año. Las referencias bibliográficas se ordenarán alfabéticamente en el punto Referencias, separadas por doble espacio. En este punto se usarán letras minúsculas en negrita para autor (es) y año y minúsculas corrientes para el resto de la identificación bibliográfica, pero la primera letra de las palabras en mayúsculas. No se usarán sangrías a la izquierda. La normas para esta identificación bibliográfica serán las del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Cuando los autores son tres o más se podrá anotar el nombre del primero seguido de et al, en el texto, pero en el punto Referencias se deberán mencionar todos los autores, en el orden en que aparecen en la publicación.

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

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

Tanto cuadros como figuras se citarán en texto como Cuadro N° o Figura N°.

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

Se aceptarán fotos sólo en blanco y negro, siempre que reúnan las características mínimas de contraste y resolución como para ser satisfactoriamente reproducidas y su tamaño máximo sea de 12 cm (ancho) x 15 cm (alto).

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

Si se hacen necesarias aclaraciones u observaciones a pie de página, estas se numerarán correlativamente en cada página, con número entre paréntesis ubicados donde sea necesario, y bajo una línea trazada al pie de página se proporcionará en igual orden correlativo la aclaración u

observación correspondiente, en letra pequeña y corriente, no negrita. Esta nota de pie de página deberá estar siempre al pie de la misma página en la cual el texto la hizo necesaria.

ENVIO DE LOS TRABAJOS

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

Se agradecerá enviar original y una copia, además del original en diskette 3 1/2", procesador de texto Word Perfect o Words.

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

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



Ciencia e Investigación Forestal

Volumen 9 N° 2
Diciembre de 1995

CONTENIDO

Artículos

- PÉRDIDAS DE PRESIÓN DE FLUJO DE AIRE POR PILAS DE MADERA. Rodolfo Neumann, Alberto Tamn y Mauricio Bravo..... 153
- UTILIZACIÓN DEL COLIGÜE (*Chusquea culeou*) EN LA FABRICACIÓN DE PULPA QUÍMICA. Sandra K. Rodríguez y Marco Torres..... 165
- MÉTODOS DE PROTECCIÓN EN FAJA Y PROTECCIÓN UNIFORME EN EL ÁREA DE Neltume y Coñaripe. Luis Otero, Luis Barrales, Álvaro Contreras e Ignacio Ojeda..... 177
- PRIMEROS RESULTADOS EN UN ENSAYO DE ESPACIAMIENTO, PODA Y RALEO CON *Eucalyptus globulus* EN CONSTITUCIÓN (VII REGIÓN). Juan Carlos Pinilla..... 191
- COMPARACIÓN DE CLASIFICACIÓN DE MADERA ASERRADA DE PINO RADIATA POR EL MÉTODO SECUENCIAL, ESTRUCTURAL Y SHOP. Javier González, Rose Marie Garay, Fernando Bustamante y Pablo Croxatto..... 213
- TÉCNICAS DE CULTIVO PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN EN LA ZONA SEMIÁRIDA, RESULTADOS PRELIMINARES. Sandra Perret..... 225

Apuntes

- EL CONCEPTO DE ESTABILIDAD ECONÓMICA APLICADO EN LA RELACIÓN BIOMASA-INGRESO NETO ANUAL. Carlos Kahler..... 247
- EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA HUMEDAD DE EQUILIBRIO EN MADERA DE *Pinus radiata* D. Don. Peter Niemz y Hernán Poblete..... 255
- CONSIDERACIONES SOBRE LA FISIOLÓGÍA Y EL ESTADO DE MADUREZ EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE ESPECIES FORESTALES. Braulio Gutiérrez..... 261
- ANÁLISIS SILVICULTURAL Y ECOLÓGICO DEL MÉTODO DE PLANTACIÓN ENRIQUECIMIENTO EN FAJAS, ESTABLECIDO EN LOS LLANOS OCCIDENTALES DE VENEZUELA. Jesús A. Quintero..... 281

- Notas Bibliográficas..... 291
- Reglamento de Publicación..... 293
-