

Volumen 10 - N° 2
Diciembre de 1996

ISSN 0716-5994

Ciencia e Investigación Forestal



INFOR
Instituto Forestal

ISSN 0716 - 5994

VOLUMEN 10 N° 2

**CIENCIA
E
INVESTIGACIÓN
FORESTAL**

DICIEMBRE 1996

Propiedad Intelectual
Registro N° 106.910

INSTITUTO FORESTAL CHILE



**CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL, es una revista
técnico-científica del Instituto Forestal,
que se publica en junio y diciembre de cada año.
ISSN 0716 - 5994**

- Director** : Gonzalo Paredes Veloso
- Editor** : Alfredo López Vega
- Consejo Editor** : Susana Benedetti Ruiz Ignacio Cerda Vargas
Sandra Perret Durán Alonso Quezada Fonseca
- 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** : Instituto Forestal
Huérfanos 554, Casilla 3085. Santiago / CHILE.
Teléfono: (56-2) 693 0700 Fax: (56-2) 638 1286
Email: alopez@infor.cl
Sitio Web: www.infor.cl

El valor de la suscripción anual, que consta de dos números, vigente a partir del segundo semestre de 1996, es de \$19.100, de \$9.500 para estudiantes y de US \$75 para el extranjero, incluido el costo de envío. Cada número tiene un valor de \$10.000, \$5.000 para estudiantes y US \$38, incluido costo de envío, 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).



MODELOS DE ESTIMACIÓN DE LA COMPETENCIA Y MORTALIDAD INDIVIDUAL PARA RENOVALES DE ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb)(Oerst)) Y RAULÍ (*Nothofagus alpina*) (Poepp et Endl))

CARLOS BAHAMÓNDEZ VILLARROEL (*) y MARJORIE MARTIN STUVEN (*)

(*) Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, Subgerencia de Tecnologías Silvícolas

RESUMEN

Se proponen modelos para la estimación de la mortalidad individual en renovales de Roble-Raulí mediante la utilización de un índice de dominancia y la comparación con índices de competencia descritos por otros autores. Se establece el algoritmo de asignación de muerte individual debido a competencia, una expresión para asignación de muerte aleatoria mediante la utilización de la expresión modificada descrita por Botkin(1993).

Palabras clave: Mortalidad, Competencia, Dominancia

ABSTRACT

Models for the individual mortality and competition are proposed for Nothofagus alpina and Nothofagus obliqua second growth forest. A comparison between some historical competition index and the dominance index is carried out. A mortality algorithm of assignment of individual trees dead due competition and a random dead assignment algorithm are described by using a modified approach from Botkin (1993).

Keywords: Mortality, Competition, Dominance.

INTRODUCCIÓN

La competencia es un fenómeno característico en individuos sometidos a estrés por recursos. Durante las primeras etapas de desarrollo del individuo la competencia puede no manifestarse sino hasta el momento en que las copas se entrecruzan. No obstante, dependiendo de las condiciones de sitio, la oportunidad de competencia aparece más pronto cuando los sitios son más pobres.

Para el caso de rodales nativos provenientes de regeneración natural como el caso de los renovales de Roble-Raulí, la competencia se presenta en forma dispersa en distintos grados y en distinta oportunidad, dependiendo de la distribución horizontal de los individuos y de su forma de regeneración natural.

La importancia del estudio de la competencia radica en la capacidad de afectar el crecimiento de los individuos debido a la presencia de más individuos de la misma o diferente especie. Merriam (1987), describe la reducción del crecimiento, reducción de la capacidad fotosintética, debilitamiento y reducción de copa como algunos de los principales efectos de la competencia. Este efecto sobre los individuos y sobre el rodal resulta, en su etapa extrema, en la muerte de los individuos. De ahí entonces la importancia del estudio de la competencia como una forma de explicar y/o describir la muerte individual.

El objetivo de estudiar la competencia para renovales de Roble-Raulí consiste en utilizar su efecto como un factor de control del crecimiento modificando la tasa de crecimiento potencial. A este propósito, varios autores han intentado describir la competencia mediante el uso de índices (Newnham y Smith, 1964; Daniels, 1976). La mayoría de los índices descritos se basan en variables de tamaño de los individuos y la distancia entre competidores.

En el desarrollo de la investigación "Investigación Modelos de Simulación para Renovales de Roble Raulí", la competencia se explica mediante el uso de un índice que describe la dominancia relativa del individuo, desarrollado por Bahamóndez y Martín (1992). Este concepto de dominancia o preponderancia fue utilizado por Laroze (1985) para explicar la distribución espacial de Lenga (*Nothofagus pumilio*). Ambos índices se basan en el tamaño de los individuos y en la distancia entre ellos.

La mortalidad individual se enfoca como una consecuencia de los niveles de competencia alcanzados por los individuos, definiéndose dos tipos de causas de muerte. Aquella derivada de la competencia por recursos y otra debida a causas no identificables.

DATOS

Los datos utilizados en el estudio de la mortalidad provienen de parcelas permanentes instaladas en 1991 bajo el proyecto "Investigación Modelos de Simulación para Renovales de Roble-Raulí". Estas parcelas en número de 3, comprenden una extensión de 1 hectárea cada una y 2 de ellas se localizan en la cordillera de los Andes en el límite de la VIII y IX Regiones, frente a la Reserva Nacional Malleco, específicamente en los predios El Morro y Carmen y Maitenes de propiedad de Forestal JCE. Una tercera parcela se ubica en la X Región en el sector del complejo Panguipulli, Nueva Remeco, de propiedad de Forestal Neltume Carranco. El total de árboles muestreados es de 3.962 individuos con rango de edad entre 37 y 65 años.

Cada parcela permanente presenta mayoritariamente Raulí (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*) en el dosel superior, y Lingüe (*Persea lingüe*), Avellano (*Gevuina avellana*) y Tapa (*Laurelia philippiana*) en los doseles intermedio e inferior.

En cada parcela permanente se obtiene información de tamaño de cada individuo, DAP, altura total, altura a inicio de copa, diámetro a inicio de copa, diámetro de copa, muestra de edad y posición en plano cartesiano de todos los individuos. Para la estimación de mortalidad se ha realizado un seguimiento de estas parcelas durante 5 años.

MODELOS Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE COMPETENCIA Y MORTALIDAD

Modelos de Estimación de la Competencia

Los modelos de competencia que se prueban para su uso como modificadores del crecimiento individual, comprenden principalmente aquellos que se basan en el cálculo de la distancia entre individuos como un estimador de las interrelaciones individuo - competidor. Se asume individuo competidor a todo aquel individuo que se localice dentro del área de desarrollo de otro individuo generándose interacción negativa.

Los siguientes modelos fueron evaluados para su utilización como modificadores del crecimiento individual.

Índice de Glover y Hool (1979)

$$G = \frac{\pi \frac{D_i}{2}}{\pi \left[\left(\left(\frac{\sum_{j=1}^n D_j}{n} \right) / 2 \right) \right]^2} = \frac{D_i^2}{D^2}$$

donde:

D_i = Diámetro a la altura del pecho del individuo "i"

D = Diámetro a la altura del pecho del individuo de DAP medio de la parcela.

n = Número de individuos competidores.

Este índice es descrito por Glover y Hool como un índice de área basal independiente de la distancia, representando la razón entre el área basal del árbol "i" y el árbol que representa el DAP medio de la parcela.

Índice de Hegyi (1974)

$$C_{ij} = \sum_{j=1}^n \left(\frac{D_i}{D_j} \right) / (L_{ij})$$

D_i = Diámetro a la altura del pecho del individuo "j"

D_j = Diámetro a la altura del pecho del competidor "i".

L_{ij} = Distancia entre individuo "i" e individuo "j".

n = Número de individuos competidores en un radio fijo.

Esta expresión fue descrita por Hegyi basándose en un factor de área basal de 2,3 m², incluyendo como competidores a todos los individuos que clasifiquen dentro del factor. Este índice a diferencia del índice de Glover y Hool depende de la distancia.

Índices de Preponderancia o Dominancia Relativa

La dominancia de un individuo sobre otro es una medida dependiente de la distancia, cuyo objetivo es cuantificar el grado de influencia que un individuo de tamaño dado es capaz de ejercer sobre sus competidores. Este concepto fue utilizado por Laroze (1985) para aplicarlo a modelos espaciales de Lenga, y utilizado por Bahamóndez y Martín (1992) mediante la descripción de un índice que permite la asignación de un valor de

dominancia a cada individuo según su tamaño y el de aquellos que lo rodean. A partir de este valor de dominancia es posible también deducir un valor de competencia.

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{(dx - d_{ij})} \frac{(D_i - D_j)}{(D_i + D_j)}$$

$$IC(W_i) = 1 - \left(\frac{W_i}{W_{max}} \right)$$

donde:

- W_i = Dominancia del árbol "i"
- W_{max} = Dominancia máxima.
- $IC(W_i)$ = Competencia del árbol "i" (derivada de la dominancia)
- D_i = Diámetro (DAP) del árbol objeto "i"
- D_j = Diámetro (DAP) del árbol competidor "j"
- D_{ij} = Distancia entre árbol objeto y árbol competidor.
- Dx = Radio máximo de influencia (4,1 m).
- N = Número de individuos competidores en el radio máximo.

Modelos para la Estimación de la Mortalidad Individual.

La estimación de la mortalidad individual depende de las condiciones de crecimiento individual y del crecimiento de los competidores más cercanos contenidos en el radio fijo (4,1 m). Para asignar muerte a algún individuo, se establece un seguimiento de las condiciones de crecimiento individual, considerando la relación con el crecimiento de sus vecinos. Esto, como una forma de asignar muerte a aquellos individuos que relativamente se encuentren en niveles muy bajos de crecimiento. La asignación de muerte sobre las bases anteriores describe el fenómeno debido a competencia. Cuando los individuos mueren sin causa identificable, se aplica una función que describe la probabilidad de muerte debida a causas desconocidas.

Asignación de muerte sin causa identificable.

La siguiente expresión describe la función de asignación de muerte sin causa identificable y corresponde a una versión modificada de la proposición de Botkin D. (1993).

$$M_i = (1 - \varepsilon_i)^{E_i/E_{max}}$$

donde:

M_i = Probabilidad que un individuo "i" alcance la edad máxima.

ξ_i = Probabilidad anual de muerte para el individuo "i" de la especie de acuerdo a su estado evolutivo.

E_i = Edad actual del individuo "i".

E_{max} = Edad máxima que sobrevive la especie.

Para este caso los valores de probabilidad de supervivencia M_i se calculan considerando una edad máxima de 120 años.

Muerte individual debida a competencia por recursos

La muerte de individuos causada por competencia se explica a través de la observación del comportamiento del incremento en diámetro durante un período de proyección. La muerte individual se asigna cuando la suma de los incrementos de los individuos competidores alcanza el diámetro del individuo objeto. Se utiliza el diámetro como indicador, debido a la sensibilidad de esta variable a la densidad. Este algoritmo permite seleccionar los individuos para muerte de acuerdo a las condiciones específicas de competencia que dependen del micrositio en que se encuentran los árboles. Luego, si los individuos en total, dentro del radio fijo, se encuentran en condiciones marginales, sus tasas de crecimiento serán bajas con relación a otras partes del rodal, por lo tanto una asignación de muerte sólo por el criterio de nivel de incremento mínimo, asignaría muerte a todo un grupo de individuos, errando en la evaluación real de la competencia. Este enfoque permite describir con más realidad la situación de menoscabo de un individuo de acuerdo a la competencia por recursos disponibles en su entorno directo y cualquier cambio en las condiciones de ese entorno significará un cambio en la selectividad individual para muerte. Un raleo, por ejemplo, favorecerá las condiciones de sobrevivencia individual retrasando la asignación de muerte.

Estimación

Para seleccionar el índice de competencia (dominancia) más adecuado se establece un análisis de correlación entre cada índice y los incrementos diamétricos. Esto se basa en el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. Cuya expresión es:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

donde

$$S_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)}$$

$$S_x = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}$$

$$S_y = \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2 / (n-1)}$$

con:

S_{xy} = Covarianza de x e y

S_x = Desviación estándar de x .

S_y = Desviación estándar de y .

Para el caso de la mortalidad individual, la estimación de muerte a nivel de rodal es el resultado de la suma de individuos con muerte asignada cada período. Luego, depende directamente del comportamiento del crecimiento y de la evaluación de la competencia como modificador del crecimiento. Para el caso de muerte sin causa identificable, la muerte se asigna mediante el cálculo de un número aleatorio para cada individuo. Si este número es inferior a la probabilidad calculada de supervivencia M_i , entonces se asigna muerte.

AJUSTE DE MODELOS Y RESULTADOS

Modelos de Competencia

Los modelos de competencia descritos por (1), (2) y (3) fueron calculados sobre la base de las parcelas 1 y 2 del sector de VIII y IX Regiones. Se calcula la correlación de cada índice con los incrementos diametrales y se selecciona un índice como el apropiado para ser utilizado como modificador del crecimiento.

El Cuadro 1 describe la correlación entre incremento diametral y competencia para índices de Glover-Hool, Hegyi y Bahamóndez-Martin.

Cuadro 1
 CORRELACIÓN PARA DISTINTOS ÍNDICES DE COMPETENCIA.

Modelo	Índice	r (Pearson)
1	Bahamóndez-Martin	0,400
2	Glover-Hool	0,165
3	Hegyi	0,168

Las correlaciones son más altas en el modelo N°1, por lo que se estima como una buena aproximación de la Dominancia relativa del individuo sobre los demás. Este índice puede entonces ser incluido como elemento modificador del crecimiento permitiendo una mejor estimación del crecimiento en diámetro. Los modelos N°2 y N°3 del cuadro N°1 presentan bajas correlaciones aunque similares. Esta semejanza puede deberse a que ambos índices aproximan bien el área basal del individuo presentándolo como un efecto resultante de la competencia. Sin embargo, y a pesar que el área basal está relacionada con la ocupación del sitio, otros elementos como cambios en los recursos disponibles debido a micro - variaciones del entorno inmediato, no son bien expresados por estos índices. El modelo N°1, presenta mejor correlación debido a que refleja situaciones de competencia por recursos, utilizando las diferencias entre diámetros, número de individuos y distancia entre competidores, como estimadores de las condiciones del entorno cercano a los individuos. Así, una gran diferencia entre un individuo e individuo competidor (se supone homogeneidad en edades) refleja una fuerte escasez de recursos en el micrositio.

La competencia para individuos se calcula basado en la expresión de dominancia del modelo N° 3, utilizándose como modificador del crecimiento potencial en la forma siguiente:

$$dx/dt = \delta + \frac{\alpha}{(1 + \exp(\beta - \gamma X))}$$

donde:

α, β, δ y γ = Coeficientes a estimar.

dx/dt = Variable a estimar, (Incremento en DAP).

X = Variable independiente ($X = DAP * W$)

W = Índice de Dominancia.

DAP = Diámetro a la altura del pecho.

Este modelo de crecimiento descrito para renovales de Roble - Raulí, utiliza una variable transformada $X = DAP*W$ para la estimación del incremento en diámetro. Esta transformación permite al índice de dominancia modificar el crecimiento de acuerdo a valores de dominancia.

Mortalidad

Para la estimación de la mortalidad individual sin causa identificable, la función (5) se ejecuta mediante el siguiente algoritmo:

1. Cálculo de la probabilidad anual de muerte de acuerdo a la edad del individuo.
2. Cálculo de la probabilidad de alcanzar la edad máxima para ese individuo.
3. Cálculo de números aleatorios para asignación a cada individuo.
4. Si el número aleatorio asignado al individuo resulta menor que el valor calculado en 2, se asigna muerte al individuo.

Este algoritmo permite una buena aproximación a la mortalidad debida a causas distintas a la competencia, y se ejecuta cada año de proyección del crecimiento individual. La figura 1 muestra el comportamiento de la curva de probabilidad de supervivencia según la edad.

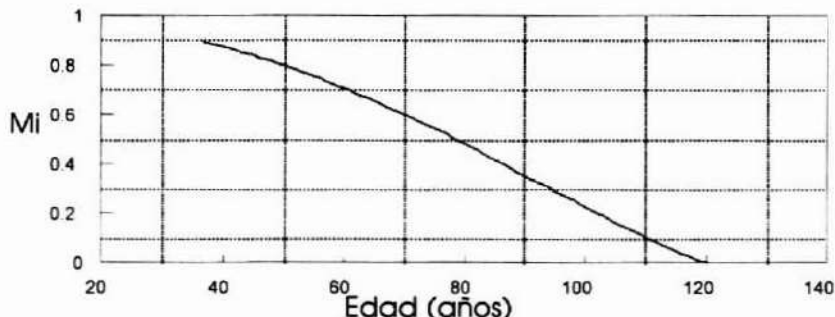


Figura 1. **PROBABILIDAD DE SUPERVIVENCIA DE ACUERDO A EDAD MÁXIMA**

Asignación de muerte debida a competencia

La asignación de muerte por competencia se realiza por seguimiento de los valores de incremento diametral durante el período de proyección. El algoritmo al inicio de la

proyección del crecimiento establece una lista de mortalidad para cada individuo, esta lista consiste en la acumulación del crecimiento diametral durante el período de proyección y el registro del valor de Dominancia (W). Si la suma de la acumulación del crecimiento de los individuos competidores iguala o supera el diámetro del individuo objeto, y su Dominancia se ha mantenido negativa durante todo el período de acumulación, entonces se asigna muerte.

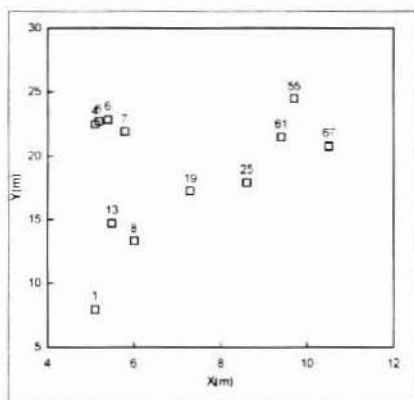


Figura 2. UBICACIÓN ESPACIAL DE LOS INDIVIDUOS EN PLANO CARTESIANO.

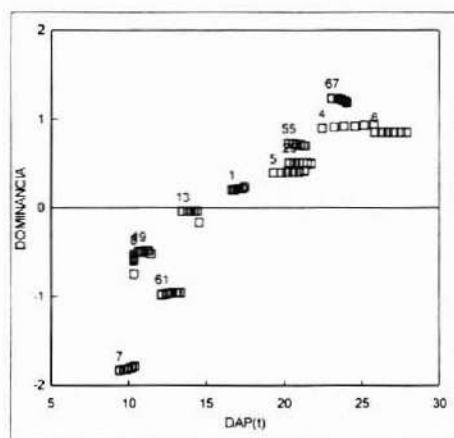


Figura 3. COMPORTAMIENTO DE LA DOMINANCIAS DE ACUERDO AL
CRECIMIENTO EN DIÁMETRO.

Las figuras 2 y 3 describen una pequeña área de la parcela permanente 2. En la figura 2 es posible observar el comportamiento del incremento en diámetro y su relación con el valor de Dominancia (W). Se observan árboles cuyo crecimiento se mantiene parejo y positivo, de pendiente ascendente, como es el caso de los individuos 1,4,5,6,25, éstos se encontrarían de acuerdo al gráfico en pleno crecimiento y con espacio disponible no competido. No obstante lo anterior, la figura 2 muestra que la posición de los individuos 4,5,6 y 7 es muy cercana y su crecimiento debería verse afectado en forma considerable. Esto sugiere que este grupo de árboles está siendo favorecido por condiciones ajenas a la competencia, como condiciones de micrositio, o posición espacial favorecida por microrelieve que permiten mejor acceso a recursos de luz y nutrientes.

Por otra parte, existen individuos que aunque presentan valores de dominancia positivos, y una tasa de crecimiento en diámetro constante, la pendiente de la curva descrita durante el período de crecimiento muestra una tendencia negativa, como es el caso de los individuos 67 y 55, esto indica la presencia de un efecto negativo de competencia sobre los individuos provocado por la presencia de otros, en este caso sería el individuo 61 cuya pendiente es notoriamente creciente estableciéndose como el elemento perturbador. Otro caso es el de aquellos individuos cuya pendiente es definitivamente negativa e incluso nula, ejemplo los árboles 8 y 19 de la figura 3. En la figura 2 se observa que ambos individuos son competidores dada su posición espacial, en este caso específico el árbol 8 de permanecer en esas condiciones de crecimiento por un período prolongado, morirá. Este último caso es el que describe la forma en que funciona el algoritmo de mortalidad implementado.

REFERENCIAS

- Bahamóndez C., Martín M., Kahler C., Blanco R. 1992.** Investigación Modelos de Simulación Renovales de Roble Raulf. Etapa preliminar. Informe final.
- Botkin D. 1993.** Forest Dynamics an Ecological Model. Oxford University Press.
- Daniels R. ; Burkhardt, H.1986.** A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pines trees. Canadian journal of forest research. Vol 16, N°4, pp 1230-1237.
- Laroze A. 1985.** Modelo de Estructura Espacial para Rodales Puros de Lengua. Tesis U. Austral de Chile. Fac.de Cs. Forestales Valdivia.Chile.
- Merriam, R. 1987.** A generalized competition index for Sric stands. Forest growth modelling and prediction. USDA Forest Services. Northern Central Forest Exp.Stn.General Tech.Report NC-120 pp 110 - 117.
- Newnham, R.; Smith J.H.G.1964.** Development and testing stand of stands models for Douglas fir and Lodgepole pine. Forestry chronicles N°40 pp 452-502.



MICROPROPAGACIÓN DE *E. globulus* A TRAVÉS DE SEGMENTOS NODALES

PILAR VIDELA S.(*) y PATRICIO CHUNG G.(**)

(. *) Bióloga, Instituto Forestal

(**) Ingeniero Forestal(e), Instituto Forestal

RESUMEN

Se determinó el efecto de diferentes concentraciones de BAP (0,5 a 2,0 mg/l), ANA (0,01 mg/l) y AIB (1,0 a 2,0 mg/l), en las etapas de multiplicación de brotes, elongación y enraizamiento, respectivamente.

El medio básico de cultivo para las distintas etapas fue MS (Murashige & Skoog, 1962), suplementado con hidrolizado de caseína y las correspondientes vitaminas.

Se obtuvo mayor formación de brotes al cultivar los segmentos nodales en el medio MS con BAP 1,0 mg/l y ANA 0,01 mg/l. La elongación y multiplicación masiva se obtuvo al reducir la concentración de BAP (0,1 mg/l) y manteniendo constante la concentración de ANA (0,01 mg/l).

La formación de raíces fue similar en los tratamientos aplicados, destacándose el cultivo de brotes en medio MS a la mitad de su concentración, suplementado con 2,0 mg/l de AIB por cinco días. En la aclimatación de plantas *ex-vitro*, el porcentaje de sobrevivencia fue de un 70%.

Palabras Clave: Cultivo de Tejido, Segmento Nodal, *Eucalytus globulus*.

ABSTRACT

Different concentrations effect with BAP (0.5 to 2.0 mg/l), ANA (0.01 mg/l) and AIB (1.0 to 2.0 mg/l) in the stages of shoot multiplication, elongation and rooting, were evaluated.

The base culture was MS (Murashige & Skoog, 1962) for different stages. This was supplemented with hydrolysed casein and its corresponding vitamins.

The best shooting results were obtained in nodal segments with MS, BAP 1.0 mg/l and ANA 0.01 mg/l. Reducing the BAP concentration (0.1 mg/l) and maintaining the ANA concentration (0.01 mg/l), a massive multiplication and elongation was obtained

The rooting was very similar in the different essays, however, the best shoot culture was obtained with the MS with one half the original concentration, adding 2.0 mg/l AIB per five days. In *ex-vitro* acclimatization plants, the survival rate was 70%.

Keywords: Tissue Culture, Nodal Segment, *Eucalytus globulus*

INTRODUCCIÓN

En Chile, *Eucalyptus globulus* Labill (*E. globulus*) es la segunda especie en importancia después de *Pinus radiata* cubriendo una superficie de 282.982 ha (INFOR, 1995). El rápido crecimiento y vigor de esta especie en una variedad de ambientes y su gran aporte como materia prima, principalmente para la producción de pulpa, hace necesario la implementación de líneas de investigación que permitan rescatar este material genéticamente superior a través de técnicas de propagación vegetativa. Una de estas técnicas es el cultivo in-vitro, requiriendo inicialmente los protocolos de micropropagación y aplicar estos resultados para obtener individuos con crecimientos superiores a la población natural.

El Instituto Forestal (INFOR), a través del proyecto FONDEF "Mejoramiento Genético del Género *Eucalyptus*", inició los trabajos de micropropagación para lograr resultados que ofrezcan a futuro una rápida propagación clonal en orden a obtener un rápido mejoramiento genético de esta especie, en especial de individuos genéticamente superiores.

La capacidad morfogénica de segmentos nodales de *E. globulus* ha sido evaluada en estudios realizados en varios países, lográndose una producción de brotes arraigados que han garantizado la preservación y multiplicación de material genéticamente valioso (Salinero, 1983).

La regeneración de plantas a partir de segmentos nodales es una forma de cultivar plantas superiores a largo plazo y organizadamente. La multiplicación de brotes a través de meristemas axilares y apicales de plántulas y de material maduro, es la técnica más usada y exitosa en especies de *Eucalyptus* (Chalupa, 1987). Los procesos naturales para llegar a desarrollar múltiples brotes, pasan por romper la dormancia de las yemas axilares, cultivando segmentos nodales en medio que contenga concentraciones apropiadas de citoquininas.

Esta técnica ofrece una capacidad de propagación clonal de genotipos uniformes con una tasa de multiplicación alta incrementando las ganancias en el crecimiento y la calidad de las plantaciones.

Las técnicas de micropropagación son actualmente una realidad en varias empresas forestales en el mundo. En ellas es considerado estratégico el mejoramiento de la productividad y calidad del bosque.

OBJETIVOS

El presente estudio se realizó usando segmentos nodales de plantas de *E. globulus* de dos años mantenidas en vivero. Este material fue sometido a diversos tratamientos con los siguientes objetivos:

- Investigar el efecto de los reguladores de crecimiento BAP (benzilaminopurina), ANA (ácido naftalenacético) y AIB (ácido indolbutírico) en el medio de cultivo para establecer un protocolo de micropropagación de *E. globulus*.

- Establecer un protocolo de aclimatación de plántulas *ex-vitro*.

MATERIALES Y MÉTODO

La investigación es parte del proyecto FONDEF "Mejoramiento Genético del Género *Eucalyptus*"; y fue desarrollada en el laboratorio de cultivo de tejidos del Instituto Forestal.

Los explantes usados en la etapa de inducción de brotes, corresponde a brotes herbáceos de donde se tomaron los segmentos nodales de plantas de dos años de edad producidas en el vivero de INFOR.

Explantes y Condiciones de Cultivo

Al ingresar al laboratorio, el material vegetal se lavó con abundante agua para eliminar el polvo, para luego aplicar una mezcla de fungicidas (Captan y Benlate). Posteriormente, bajo la cámara de flujo laminar se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio por 10 minutos, seguido de enjuagues en agua destilada estéril. Adicional a este proceso de desinfección, se aplicó una solución antioxidante compuesta por ácido ascórbico y ácido cítrico. Una vez finalizado el proceso de desinfección, los explantes fueron cultivados en forma de segmentos nodales de 1 cm de longitud con una porción de hoja de 0,5 cm.

Las condiciones de cultivo para cada etapa fueron las siguientes: fotoperíodo de 16 horas luz a 25 °C +/- 2°C y 8 horas de oscuridad a 18 +/- 2°C, la intensidad lumínica dentro de la sala de cultivo fue de 5.000 lux proveniente de lámparas fluorescentes.

Medio de Cultivo

Para todos los experimentos se usó el medio básico MS (Murashige & Skoog, 1962). Como fuente de carbono se utilizó sacarosa 20 g/l y como gelificante agar 7 g/l. El pH se ajustó a 5,7 previo a la esterilización, en autoclave a 1 atm (atmósfera) durante 20 minutos.

Experimento 1. Inducción de Brotes Múltiples con Distintas Concentraciones de BAP y ANA.

Se usaron segmentos nodales traídos de vivero, los que fueron desinfectados y luego cultivados en tres concentraciones de la citoquinina BAP: 2,0, 1,0 y 0,5 mg/l suplementado con la auxina ANA 0,01 mg/l. El medio básico (MS) fue suplementado con hidrolizado de caseína (150 mg/l). Se colocó un explante en cada frasco con 10 ml de medio de cultivo. Cada tratamiento se implementó con 20 explantes.

Después de 21 días de cultivo se evaluó el establecimiento de los explantes y, además fueron subcultivados a un medio fresco. A los 42 días se evaluó el número de brotes inducidos, contando los brotes axilares y la longitud, medida en centímetros.

Experimento 2. Elongación y Multiplicación de Brotes.

Se usaron los explantes provenientes del ensayo anterior. Este experimento consistió en disminuir las concentraciones de BAP (0,2, 0,1 y 0,05 mg/l) y mantener la de ANA (0,01 mg/l). El medio de cultivo se mantuvo, pero se eliminó la caseína hidrolizada. Las condiciones de cultivo se mantuvieron y el número de frascos por tratamiento fue 20. A los 21 y 42 días se realizó un subcultivo a medio fresco y el día 63 se evaluó la altura y el número de brotes multiplicados.

Experimento 3. Inducción Radicular.

La inducción radicular se realizó aplicando la auxina ácido indol butírico (AIB) en distintas concentraciones, bajo intensidades de luz diferentes y con distintos tiempos de permanencia en la auxina (Loach, 1985). Se cultivaron brotes de 2 cm, provenientes de los experimentos anteriores, en tres tratamientos:

A) Se sumergieron los explantes en una solución de AIB 1 mg/l durante 1 minuto, luego se cultivaron en medio base MS diluida a la mitad de su concentración.

B) Se cultivaron los explantes en medio MS diluida a la mitad de su concentración, suplementado con 2 mg/l de AIB. Se mantuvieron en este tratamiento durante 5 días en la oscuridad, para luego trasladarlos a medio fresco sin hormonas con fotoperíodo de 16 horas luz.

C) Los explantes se cultivaron en medio MS diluido a la mitad de su concentración suplementado con 1 mg/l de AIB, durante 30 días, bajo condiciones de cultivo con 16 horas luz a 25 °C y 18°C en horas de oscuridad.

Cada tratamiento constó de 20 brotes, siendo evaluados a los 30 días desde su inicio, obteniendo el porcentaje de explantes enraizados en cada tratamiento

Experimento 4. Aclimatación *ex-vitro* de Explantes Enraizados *in-vitro*.

Se trasladaron 30 plántulas enraizadas *in vitro* de 6,0 cm de altura (Figura 1), a bandejas que contenían como sustrato turba y arena en una proporción de 1:1 v/v previamente esterilizado en autoclave. Una vez realizado el trasplante se regó con abundante agua destilada estéril, hasta humedecer el sustrato y se cubrió la bandeja con un plástico fino y transparente. Las condiciones ambientales en que se mantuvieron las plántulas corresponden a las de la sala de cultivo. A partir del día 2, la bandeja se mantuvo descubierta por 5 minutos, en forma progresiva se aumentó el tiempo de exposición a las condiciones ambientales, 3 minutos cada día, hasta el día 25 cuando se descubrió por completo la bandeja que contenía las plántulas. A los 30 días las plántulas sobrevivientes se trasladaron a tubetes que contenían sustrato orgánico compuesto por corteza de pino y tierra de hoja en una proporción de 1:1 v/v. La evaluación de los resultados se midió a los 30 días desde el inicio del ensayo



Figura 1. PLANTA DE *E. globulus* ENRAIZADA *in-vitro* Y ACLIMATADA *ex-vitro*.

RESULTADOS

Experimento N° 1

El Cuadro 1 muestra la respuesta de los explantes a los 21 días medido en términos de infección y explantes muertos; además el número de brotes contabilizados a los 42 días desde el inicio del ensayo y la longitud de los mismos, (Figura 2).

El porcentaje de infección fue bajo, entre 1-2%, no registrándose mortalidad en los 3 tratamientos. Sin embargo, el tratamiento 2 presentó la mayor cantidad de brotes inducidos y los más elongados. El Tratamiento 1 indujo brotes pequeños y escasos y en el tratamiento 3 la formación de brotes fue superior al tratamiento 1 pero inferior a la del tratamiento 2.

Cuadro 1

RESPUESTA DE SEGMENTOS NODALES DE *E. globulus* A TRES TRATAMIENTOS CON DISTINTAS CONCENTRACIONES DE BAP EN LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO.

Tratamiento	BAP (mg/l)	ANA (mg/l)	Nº explante	Porcentaje Infección (%)	Porcentaje explantes muertos (%)	Nº de brotes X (42 días)	Longitud brotes X (42 días) (cm)
1	2,0	0,01	20	1,0	0,0	3	0,2
2	1,0	0,01	20	0,0	0,0	10	0,5
3	0,5	0,01	20	2,0	0,0	6	0,3



Figura 2. EXPLANTES EN ETAPA DE ESTABLECIMIENTO Y BAJO EL EFECTO DE TRES CONCENTRACIONES DE BAP

Experimento N°2

En el Cuadro 2 el número de brotes obtenidos se destacó en el tratamiento 2 al igual que la elongación de los mismos. Aunque al comienzo no se observaron diferencias al momento de contabilizar y medir los brotes se determinó la diferencia existente entre los tratamientos, (Figura 3)

Cuadro 2
**PROLIFERACIÓN Y ELONGACIÓN DE BROTES,
FRENTE A TRES CONCENTRACIONES DE BAP.**

Tratamiento	BAP (mg/l)	ANA (mg/l)	Nº explante	Nº de brotes X (42 días)	Longitud brotes X (42 días) (cm)
1	0,2	0,01	20	7	0,8
2	0,1	0,01	20	16	1,6
3	0,05	0,01	20	9	1,0

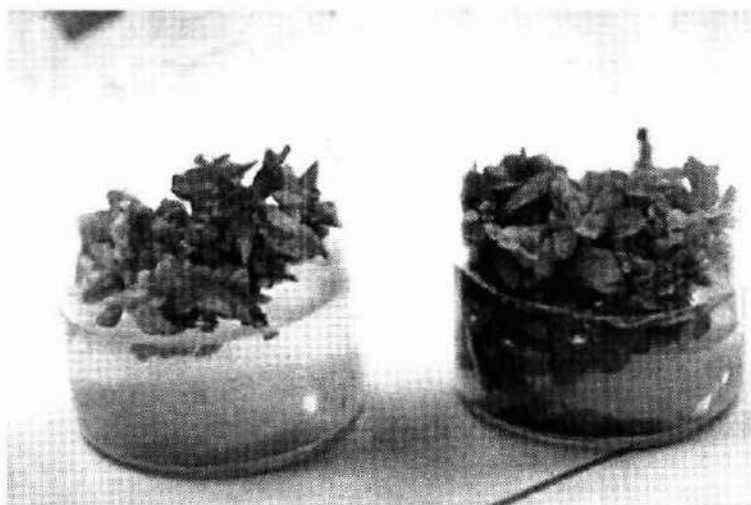


Figura 3. EXPLANTE DE *E. globulus* EN ETAPA DE MULTIPLICACIÓN

Experimento N°3

El Cuadro 3 muestra la respuesta de los explantes en los tres tratamientos, logrando resultados exitosos que superaron el 80% de brotes enraizados (Figura 4). La diferencia está en la masa radicular que se formó en cada tratamiento y la rapidez con que empezaron a responder. En el tratamiento A, las raíces emergieron una semana más tarde que en B y C, sin embargo no hubo formación de callo en la base de los explantes. En el tratamiento B hubo una pequeña formación de callo en el 5% de los explantes y las raíces emergieron más temprano que en los otros tratamientos. En el tratamiento C la formación de callo ascendió a un 20% y las raíces presentaron un aspecto más fino que las obtenidas en los tratamientos A y B.

Cuadro 3
RESPUESTA RADICULAR DE BROTES CULTIVADOS
in vitro FRENTE A TRES TRATAMIENTOS.

Tratamiento	Nº explante	Porcentaje explante con callo (%)	Porcentaje explantes enraizado (%)
A	20	0,0	80,0
B	20	5,0	95,0
C	20	20,0	85,0



Figura 4. EXPLANTE DE *E. globulus* ENRAIZADO *in vitro*.

Experimento N°4

Los resultados de este ensayo fueron medidos en porcentaje de sobrevivencia a los 30 días de iniciado el ensayo, lográndose un 70% de plántulas vivas al momento de salir del laboratorio a vivero. Esta etapa deberá seguir siendo ensayada para evaluar el comportamiento de las plantas en vivero, investigación aun pendiente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El porcentaje de brotes obtenidos en la etapa de establecimiento varió con el tratamiento lo que indica que la concentración de BAP incide directamente en la formación de brotes en los explantes usados en iguales condiciones de cultivo. Existe una relación en la altura de los brotes en los tres tratamientos y en la cantidad de brotes formados, destacándose el mismo tratamiento (BAP 1,0 mg/l + ANA 0,01 mg/l).

En la etapa de multiplicación de brotes se vuelve a presentar una clara diferencia en la respuesta de los explantes frente a los tratamientos aplicados, destacándose el tratamiento de BAP 0,1 mg/l + ANA 0,01 mg/l, tanto en el incremento de brotes obtenidos como en la altura de los mismos. Esto indica que la acción de la citoquinina BAP aplicada en estos tratamientos influye directamente en la respuesta obtenida.

El porcentaje de enraizamiento fue similar en los tratamientos aplicados, sin embargo el crecimiento radicular en *E. globulus* varía con el tratamiento usado. Esto indica que aquellos explantes que permanecieron menos tiempo en contacto con la auxina AIB enraizaron sin formar callo en el 95% de sus explantes. Es posible, además, que la permanencia en la oscuridad durante la etapa de inducción radicular tenga un efecto sinérgico con la concentración de auxina aplicada.

La aclimatación se vio fuertemente influenciada por la humedad y la temperatura mantenida tanto mientras las plántulas estaban cubiertas y sometidas a condiciones ambientales. Lo que marcó el éxito de esta etapa fue el ejercicio de aclimatar paulatinamente las plántulas permitiendo que los procesos fisiológicos de las plántulas se fueran normalizando, hasta lograr su sobrevivencia en condiciones ambientales.

Por lo tanto los resultados obtenidos, permiten continuar investigando para llegar a optimizar los resultados, pudiéndose montar una línea de multiplicación a nivel operacional.

BIBLIOGRAFÍA

Chalupa V. 1987. European hardwoods. In : Bonga JM, Durzan DJ (Eds) Cell and Tissue Culture in Forestry, Vol. 3 (pp. 224-246)

INFOR. 1995. El Sector Forestal Chileno. Documento de divulgación.

Leakey, R.R.B. 1985. The capacity for vegetative propagation in trees . In attributes of trees as Crop. Plants. (M.G. Cannell and J.E. Jackson. Editors). Institute of Terrestrial Ecology. Abbots Ripton, England. pp 592.

Loach, K. 1985. Rooting of cuttings in relation to the propagation medium. Proc. Inter. Plant. Prop. Soc. 35. pp 472-485.

Murashige, T. Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. pp 473-497.

Salinero, M.C. 1983. Advances in micropropagation of *Eucalyptus globulus* by *in vitro* nodal culture. In Colloque International sur les Eucalyptus résistants au froid Bordeaux, France. Pp:609-618.

ESTUDIO TEÓRICO - EXPERIMENTAL DE VIGAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL COMPUESTA, FABRICADAS CON MADERA Y CONTRACHAPADO ESTRUCTURAL (*)

VICENTE PEREZ GALAZ (**)

(*) Proyecto FONDECYT N° 1950295 - 1995

(**) Ingeniero Civil, U. de Chile, Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería en Obras Civiles, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile, Avda. B. O'Higgins 3363, Santiago de Chile.

RESUMEN

El trabajo que se presenta entrega información para el diseño estructural de vigas de sección transversal compuesta tipo Doble - te y Cajón, elementos comunes en la construcción en madera de países desarrollados.

Entrega un proceso de cálculo que considera la normativa chilena y una metodología extraída de la bibliografía australiana, utilizando las características físicas y mecánicas de los materiales nacionales utilizados.

*Para verificar el proceso de diseño se planificó una serie de ensayos de flexión en vigas compuestas, a escala real, fabricadas con alas de Pino radiata (*Pinus radiata* D. DON) y con alma de contrachapado de Coigüe (*Nothofagus dombeyi* Mirb., Blume) fabricado en Chile.*

La teoría y la experimentación aplicada a los elementos estructurales escogidos dieron diferencias entre sí, resultando que un 66,7 % de las propiedades resistentes experimentales fueron menores que las teóricas entregadas por el método de diseño propuesto.

Finalmente, el estudio propone un ajuste al proceso de diseño teórico, para concretar la concordancia que debe existir entre la experimentación y la teoría.

Palabras Clave: Vigas de Madera, Contrachapado Estructural, Ensayos de Flexión.

ABSTRACT

This work deals with the design of I and box sections composite timber beams. This type of elements is commonly used in timber constructions in industrialized countries.

The design procedure given here is related to Chilean wood species taking into account both Chilean standards and an Australian design method.

*The proposed design method is verified through an experimental study which includes testing of full scale composite timber beams constructed with Radiata D. Don pine flanges and Coigüe (*Nothofagus dombeyi* Mirb., Blume) web.*

Some differences were found between experimental and theoretical values. The loading capacity experimentally obtained was lower than the theoretically predicted values for 66,7 % of the test specimens.

Finally, this study proposes a correction to the design procedure in order to obtain a better correlation between theory and experimentation.

Keywords: *Wood Beam, Structural Plywood, Flexion Test.*

INTRODUCCIÓN

Las vigas compuestas de contrachapado y madera son livianas, simples de fabricar, dimensionalmente estables y, con un buen diseño, estructuralmente eficientes y económicas. Además, ellas pueden fabricarse con una contraflecha para controlar las deformaciones.

Las vigas con contrachapado pueden ser usadas en una amplia gama de aplicaciones tales como vigas de techumbre, costaneras, vigas de piso, dinteles, vigas de soporte de moldajes para hormigón, etc.

El objetivo de este estudio es proveer de suficiente información y datos para su diseño estructural de acuerdo a la normativa chilena y a las experiencias australianas.

Se estudian vigas con sección transversal doble-te y cajón. Ver Figura 1. Ellas constan de alas, almas y, normalmente de rigidizadores. Estos ayudan a controlar el volcamiento del alma de la viga y proveer de adecuadas superficies para las uniones de los trozos de contrachapado usados.

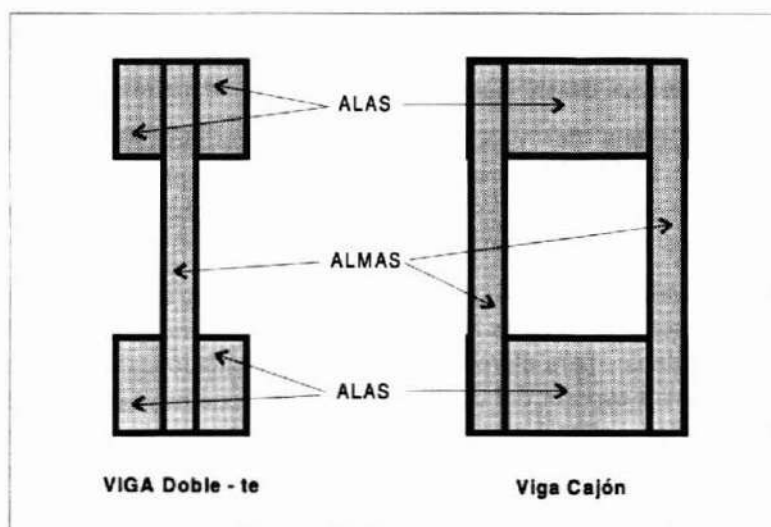


Figura 1. SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS VIGAS ESTUDIADAS.

Es una buena práctica ubicar rigidizadores en aquellos puntos donde existen cargas concentradas para absorber volcamientos localizados en el alma.

Las alas y las almas pueden ser unidas entre sí mediante un clavado, encolado o clavado - encolado.

Para las vigas encoladas se requiere de un proceso de control de calidad y de correctas prácticas de encolado para asegurar su resistencia y durabilidad durante su vida útil. Esto se obtiene sólo en fábricas, por lo tanto, en general, se recomienda el uso de vigas clavadas. El advenimiento del martillo neumático ha hecho posible una económica fabricación "in situ" de las vigas clavadas. Las vigas encoladas son, obviamente más rígidas pero, la experiencia indica que el diseño en la mayoría de las vigas es gobernado por la resistencia, aún en las clavadas.

La utilización de la combinación de madera de Pino radiata en las alas y contrachapado de Coigüe en las almas, se debe a que ambos tipos de madera se encuentran abundantemente en nuestro país.

El presente trabajo corresponde a la etapa final del Proyecto FONDECYT N° 1950295 "Estudio Teórico y Experimental de Vigas de Madera y Contrachapado, de Sección Transversal Compuesta". Antes, se han publicado: "El Contrachapado Estructural"⁽¹⁾ y "Propiedades Físicas y Mecánicas de un Contrachapado de Coigüe, Fabricado en Chile"⁽²⁾

SELECCIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA VIGA

La primera etapa del proceso iterativo de diseño, es seleccionar las dimensiones de la viga y de sus componentes. Esta primera selección está basada en la experiencia o intuición. Sin embargo, las siguientes recomendaciones pueden ayudar.

La razón luz/altura de las vigas cajón puede variar de, aproximadamente, 5:1 para vigas altamente solicitadas hasta 25:1, para costaneras. Las vigas de mayor altura, recomendables para elementos con altas solicitaciones de cizalle (corte), necesitan un mayor espesor del contrachapado que constituye el alma. Las vigas doble-te, a usar en aplicaciones domésticas, pueden tener una razón luz/altura de, aproximadamente, 10:1, mientras que las vigas con poca carga dicha razón pueden ser de alrededor de 18:1. Tal es el caso de las costaneras.

La razón altura/ancho de las vigas, varía entre 3:1 a 15:1, sin embargo la mayoría de la población cae entre las razones 4,5:1 a 10:1.

Generalmente los tres criterios más importantes en la selección de las dimensiones de las vigas son:

- Las tensiones en las alas.
- El costo de los materiales, y
- Una razonable estimación de la deformación.

Para aclarar el proceso de diseño, las fórmulas se presentan aplicadas al siguiente ejemplo de diseño:

Se desea dimensionar una viga doble-te para un galpón industrial de 4,8 m de luz. La viga presenta un sistema de carga conformado por el peso propio y dos carga de 300 Kg, cada una, ubicadas a los tercios de la luz.

La madera aserrada utilizada en la confección de las alas es de Pino radiata, Grado Estructural G1 y no presenta tratamiento químico alguno.

Cuadro 1

TENSIONES ADMISIBLES DEL PINO RADIATA, GRADO G1, SEGÚN NCH 1198.

Madera aserrada	Tensión admisible flexión (kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)
Pino radiata	69	79.300

Cuadro 2

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONTRACHAPADO DE COIGÜE.⁽²⁾

Contrachapado	Tensión admisible flexión (kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	Tensión admisible de cizalle (kg/cm ²)
Coigüe	140	105.500	13

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

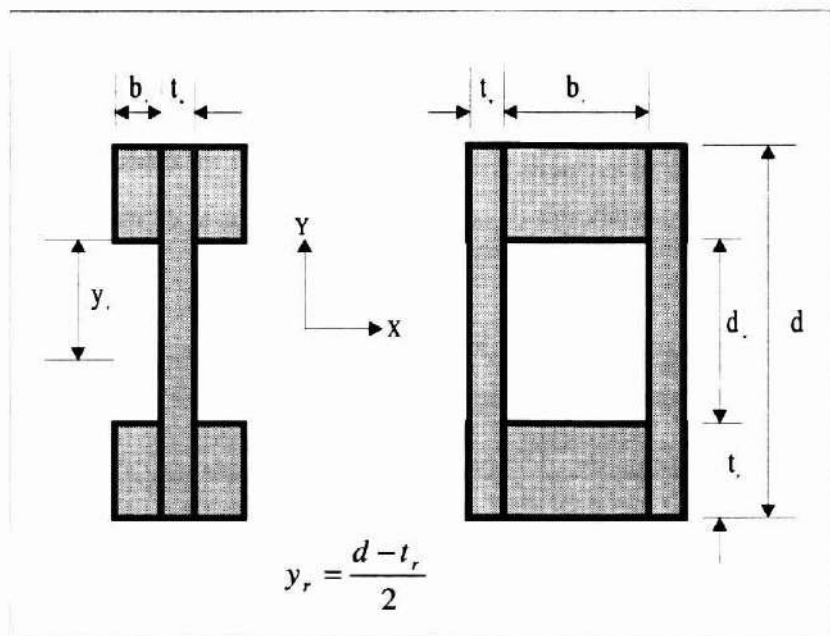


Figura 2. GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES.

Selección de una Sección Transversal Tentativa

Sea la altura de la viga $d = 400$ mm, luego la razón $L/d = 4800/40$ resulta ser igual a 12, encontrándose en el rango óptimo de 10 a 18.

Sea la sección de la viga de las siguientes características:

Alas : $t_f = 9$ cm $b_f = 4,5$ cm Ala: $t_w = 9$ mm $d_w = 22$ cm

Contrachapado formado de 5 chapas, de las cuales 3 son paralelas a la luz de la viga ($k_{34} = 3/5$).

Momento de Inercia del Ala

Se obtiene mediante el teorema de Steiner. Para una viga Cajón:

$$I_{xf} = \frac{b_r (d^3 - d_w^3)}{12} \quad \text{Ec.1}$$

$$I_{xf} = 2A_r y_r^2 \quad \text{Ec.2}$$

o aceptando un porcentaje de error de 1% que se obtiene despreciando la inercia del ala respecto de su propio eje.

en que:

$$A_r = b_r t_r \quad \text{Ec.3}$$

Para vigas Doble Te, utilizando dos piezas de madera para cada ala, cada una de ellas de ancho b_r y alto t_r , el valor de la inercia de las alas es:

$$I_{xf} = \frac{4}{12} b_r t_r^3 + 4A_r y_r^2 \quad \text{Ec.4}$$

$$I_{xf} = \frac{4}{12} 4,5 * 9^3 + 4 * 4,5 * 9 * 15,5^2 = 40.014 \text{cm}^4$$

Momento de Inercia del Alma

El tablero de contrachapado presenta un comportamiento diferente al que presenta la madera compacta, en lo que a inercia se refiere, este comportamiento depende del número de chapas que constituye el tablero y de la dirección de las fibras de la cara exterior con respecto a la luz. Para la determinación de sus propiedades geométricas se considera el método de la sección efectiva que toma como colaborantes, en la determinación de las propiedades mecánicas, sólo a las chapas o tulipas del contrachapado que se disponen según la dirección de los esfuerzos principales.

$$I_{xw} = \frac{nk_{34}t_w d^3}{12} \quad Ec.5$$

en que:

n = número de almas

n = 1 para vigas Doble Te

n = 2 para vigas Cajón

k_{34} = Factor de chapas paralelas, que corresponde a la cantidad de chapas que se orientan paralela a la luz, respecto del total de chapas del tablero.

k_{34} = 3/5 para tablero de 5 chapas (9 mm)

k_{34} = 4/7 para tablero de 7 chapas (12 mm)

k_{34} = 5/9 para tablero de 9 chapas (15 mm)

$$I_{xw} = \frac{1 * (3/5) * 0,9 * 40^3}{12} = 2.880cm^4$$

Rigidez en Flexión Respecto al Eje x-x

La rigidez (EI) de una viga de sección transversal compuesta está constituida por el aporte que entregan las alas y el alma, en función de la geometría y su correspondiente Módulo de Elasticidad (MOE).

De esta manera, la EI respecto al eje x-x, es:

$$(EI)_x = E_f I_{fx} + E_w I_{xw} \quad Ec.6$$

donde:

E_f = Módulo de elasticidad de la madera que conforma las alas.

I_{fx} = Inercia de las alas respecto del eje x-x.

E_w = Módulo de elasticidad del contrachapado.

I_{xw} = Inercia del contrachapado del alma respecto al eje x-x.

Rigidez en Flexión Respecto al Eje y-y.

$$(EI)_y = E_{xf} I_{yf} + E_w I_{yw} \quad Ec.7$$

donde, para vigas Cajón se tiene:

$$I_{yf} = \frac{2t_f b_f^3}{12} \quad \text{Ec.8}$$

$$I_{yw} = \frac{k_{34} t_w d (b_f + t_w)^3}{2} \quad \text{Ec.9}$$

Para Vigas Doble Te, despreciando conservadoramente la contribución del alma, lo cual lleva un error menor al 1 %, se tiene:

$$I_{yf} = \frac{t_r b_r^3}{3} + t_r b_r (b_r + t_w)^3 \quad \text{Ec.10}$$

En este caso, la rigidez respecto al eje X-X es:

$$EI_x = E_k * I_x + E_w * I_{xw} = 79.300 * 42.201 + 105.500 * 2,80 = 347,7 * 10^7 \text{ kg} * \text{cm}^2$$

Momento del Área del Ala

Usado para verificar la transferencia del cizalle en vigas clavadas.

Viga Cajón:

$$Q_{yf} = (b_r t_r) \frac{(d - t_r)}{2} \quad \text{Ec.11}$$

Viga Doble Te

$$Q_{yf} = 2(4,5 * 9) \frac{(40 - 9)}{2} = 1.255,5 \text{ cm}^3$$

$$Q_{yf} = 2(\bar{b}_r t_r) \frac{(d - t_r)}{2} \quad \text{Ec.12}$$

$$Q_{xf} = 2(4,5 * 9) \frac{(40 - 9)}{2} = 1.255,5 \text{ cm}^3$$

Momento del Área del Alma

$$Q_{xw} = \frac{nk_{34} t_w d^2}{8} \quad \text{Ec.13}$$

$$Q_{xw} = \frac{1 * (3/5) * 0,9 * 40^2}{8} = 108 \text{ cm}^3$$

Momento del Área de Vigas

$$(EQ)_x = E_f Q_{xf} + E_w Q_{xw} \quad \text{Ec.14}$$

$$(EQ)_x = 79.300 * 1255,5 + 105.500 * 108 = 1.110.955.150 \text{ cm}^3$$

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Momento Solicitante

- Peso propio:

Volumen de la viga	= 0,09504 m ³
Densidad estimada de la viga	= 646 kg/m ³
Peso de la viga	= 61 kg ⇒ 13 kg/m

- Cargas puntuales:

$$M = \frac{P}{2}$$

Tensión de Trabajo debida al Momento M

Las tensiones inducidas en las alas, producto de la acción solicitante de un Momento de flexión, se traduce en esfuerzos de compresión y tracción, siendo éstas de mayor valor en las fibras más externas de la viga.

Para la determinación de estos esfuerzos existen dos metodologías: Una más analítica y otra aproximada. El método aproximado, usado para obtener un diseño estimado o para un primer cálculo antes de la verificación final, no toma la contribución del alma en la resistencia a la flexión. La carga actuante en el ala, sea ésta comprimida o traccionada corresponde a aquella que, con un brazo de palanca igual a la distancia entre centros de gravedad de las áreas consideradas, origina el $M_{\text{máx}}$.

$$f_b = \frac{\text{Carga en el Ala}}{\text{Área del Ala}} = \frac{M_{\text{máx}} l(d - t_r)}{(b_r - t_r)} \quad \text{Ec.15}$$

con: f_b = Tensión de trabajo en las alas de tracción o compresión

Otra manera para determinar la tensión de trabajo, f_b , a que están sometidas las fibras más extremas de las alas y del contrachapado es con la conocida ecuación de Navier.

$$f_b = \frac{M_{\text{máx}} y_{\text{máx}}}{I} \quad \text{Ec.16}$$

con:

$$y_{\text{máx}} = \frac{d}{2}$$

Para vigas clavadas, es común usar como inercia el valor más conservador I_{xf} aportado sólo por los elementos de las alas, despreciando el aporte del contrachapado del alma. Para vigas de contrachapado - madera, que han sido clavadas a lo largo de los ejes de las alas, las tensiones derivadas de la flexión (compresión y tracción), originan tensiones que son casi uniformes a través de la sección transversal del ala. Por lo tanto, para tales vigas clavadas el valor de $y_{\text{máx}}$ puede sustituirse por el valor menos conservador y_f . El corrimiento de clavos puede producir una absorción del 10 - 15 % del momento en el alma. Esto, normalmente, no produce problemas prácticos que considerar con vigas clavadas más livianas.

VERIFICACIÓN DEL CIZALLE DEL ALMA. DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN DE TRABAJO AL CIZALLE EN EL ALMA OCASIONADO POR LA CARGA DE CIZALLE

Para la determinación del esfuerzo de corte V , la norma Chilena NCh 1198 establece que en las vigas soportadas por medio de un apoyo completo sobre un canto y con cargas aplicadas sobre el canto opuesto, se pueden despreciar todas las cargas ubicadas a una distancia no superior a la altura (h) de la pieza flexionada. Ver Figura 3.

Experiencias de otros países y el hecho que almas de contrachapado queden altamente solicitadas al cizalle, en los apoyos, sugieren que es prudente incluir todas las cargas ubicadas entre apoyos, cuando se verifique la capacidad de resistir cizalle.

En la práctica es normal tener rigidizadores de aplastamiento en los apoyos que transfieren parte de las cargas de cizalle directamente a éstos.

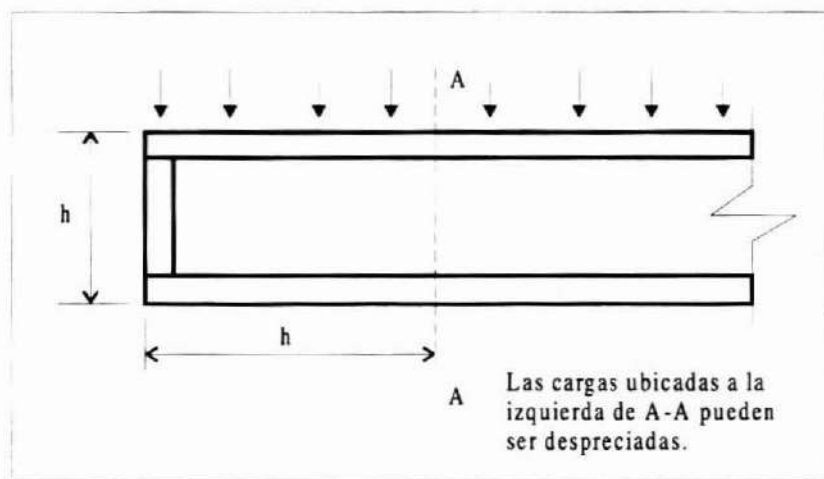


Figura 3. REPRESENTACIÓN DE LAS CARGAS DE CORTE A CONSIDERAR.

Si se requiere aumentar la capacidad de resistencia al cizalle del alma, es mejor incrementar el espesor del contrachapado o usar un contrachapado de 5 o más chapas. Una opción menos efectiva es usar, si está disponible, un contrachapado con mejor grado estructural. La única opción práctica es usar rigidizadores adicionales en el alma.

La tensión de trabajo al cizalle en el alma se puede obtener con la siguiente expresión:

$$f_s = \frac{V(EQ)_x}{(EI)_x n t_w} \quad Ec.17$$

con:

- f_s = Tensión de trabajo al cizalle del alma.
 V = Esfuerzo de corte.
 $(EQ)_x$ = Momento del área de la viga.
 $(EI)_x$ = Rigidez de la viga compuesta.
 n = Número de almas de contrachapados que quedan resistiendo el cizalle.
 t_w = Espesor del contrachapado.

En el ejemplo:

$$V = 331 \text{ kg}$$

$$f_s = \frac{331 * 110.955.15}{3.476.950.200 * 1 * 0,9} = 11,7 \text{ kg / cm}^2$$

En las almas del contrachapado, la distribución del cizalle es más lisa que la distribución parabólica de elementos sólidos. Una aproximación razonable se obtiene calculando la tensión de cizalle promedio, que induce a un error de aproximadamente un 10 %.

$$f_{s, prom.} = \frac{V}{n t_w d} \quad Ec.18$$

DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN DE DISEÑO DE CIZALLE EN EL ALMA

La tensión de diseño de cizalle del alma se puede obtener de la siguiente expresión:

$$F'_s = K_d K_H F'_s \quad Ec.19$$

donde:

F'_s = Tensión admisible de cizalle del contrachapado, dada por el cuadro 2.

K_d = Factor de modificación por duración de carga.

K_H = Factor de modificación por humedad del contrachapado.

Para el ejemplo:

$$F_s = 1 * 1 * F'_s = 13 \text{ kg / cm}^2 > f_s \quad \text{OK!}$$

VERIFICACIÓN DE LAS DEFORMACIONES

Dentro del rango de cargas de servicio, las vigas correctamente diseñadas y fabricadas con contrachapado se deflectan de acuerdo a la teoría de elasticidad pudiéndose emplear la fórmula estándar de deformación para calcular una parte de la deformación total, que es la causada por los esfuerzos de flexión.

El módulo de elasticidad en cizalle, llamado también módulo de rigidez, G , en la madera es relativamente bajo comparado con el módulo de elasticidad en flexión, con lo cual la deformación por corte puede ser una parte significativa de la deformación total.

El método para calcular la deformación de las vigas con madera-contrachapado queda expresado, en forma simple, con la ecuación:

$$\Delta = \Delta b + \Delta s \quad \text{Ec.20}$$

donde:

Δb = Deformación por flexión de una viga.

Δs = Deformación por cizalle.

Cuando existen varios tipos de carga actuando en una viga, la deformación máxima es la suma de las deformaciones calculadas para cada tipo de cargas actuando sola.

DEFORMACIÓN POR FLEXIÓN

Un método razonable exacto para calcular la deformación por flexión es la fórmula tradicional de deformación elástica de vigas sólidas para la carga aplicada, exceptuando que la rigidez seccional (EI) de la viga, corresponde a un valor compuesto por la suma de las rigideces de las alas y del contrachapado del alma.

Para el caso de viga simplemente apoyada, la deformación por flexión para el sistema de carga señalado en la figura siguiente, está dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta b = \frac{(P/2)a}{24EY} (3I^2 - 4a^2) \quad Ec.21$$

$$\Delta b = \frac{3300 \cdot 160}{24 \cdot 3.476.950.200} \cdot (3 \cdot 480^2 - 4 \cdot 160^2) = 0,34 \text{ cm}$$

DEFORMACIÓN POR CIZALLE

Como el área del alma de contrachapado es baja respecto de la madera ocupada, entonces la deformación de cizalle puede resultar bastante alta. En madera, la deformación por cizalle es normalmente menor que el 5 % de la deformación por flexión, sin embargo, en las vigas madera-contrachapado, la deformación por cizalle es alrededor de un 15 % - 30 % y puede resultar aún mayor.

Para cargas uniformemente distribuidas la Ec. 22 da una suficiente exactitud para estimar la deformación por cizalle, para luces simples, en la mitad de la luz y para una sección transversal con EI, constante.

$$\Delta s = \frac{K_{\text{forma}} M_o}{GA} \quad Ec.22$$

A fin de evitar el cálculo del factor de forma (K_{forma}), se propone por simplicidad una buena aproximación, consistente en tomar el valor de $K_{\text{forma}} = 1$ y considerar como área, solamente el área del alma. Cualquier error que se manifieste es despreciable.

Por lo tanto, la deformación por corte puede ser simplificada a:

$$\Delta s = \frac{M_o}{GA_s} \quad Ec.23$$

donde:

M_o = Momento flector en la mitad de la luz de la viga.

G = Módulo de rigidez del contrachapado.

A_s = Área cizallada.

$$\begin{aligned} A_S &= 2 t_w d_N && \text{para vigas cajón.} \\ A_S &= t_w d_N && \text{para vigas doble te.} \\ d_N &= \text{altura entre el clavado superior e inferior en la unión ala-ala} \end{aligned}$$

$$\Delta_s = \frac{51.744}{5.275 * 31,5} = 0,31 \text{ cm}$$

Por lo tanto la deformación total es $0,65 < L/360 = 480/360 = 1,33 \text{ cm}$

DISEÑO DE LA UNIÓN ALA - ALMA

Cálculo del Flujo de Cizalle.

Según NCh 1198:

$$q = \frac{V * (EQ)_{xf}}{(EI)_x} * \frac{1}{n} = \frac{330 * 99.561.150}{3.476.950.200} * \frac{1}{2} = 4,72 \text{ kg / cm}$$

Cálculo de la Carga Admisible de Extracción Lateral del Clavo, P_{adm}

Dimensiones del clavo a usar: $dc = 3,5 \text{ mm}$ (diámetro del clavo)

$lc = 75 \text{ mm}$ (largo del clavo).

Densidad anhidra de la madera (Pino radiata) $\rho_{0,k} = 369 \text{ kg/m}^3$

$$P_{el,adm} = 3,5 * dc^{1,5} * \rho^{0,5} = 3,5 * 3,5^{1,5} * 369^{0,5} = 440 \text{ N}$$

La carga admisible de extracción lateral para el clavo en cizalle doble es:

$$P_{adm}^{(*)} = ((m-1) + 0,75 * K_{pp}) * P_{el,adm} = ((2-1) + 0,75 * 0,75 * 440) = 687, \text{ N / clavo}$$

Por lo tanto el máximo espaciamiento entre clavos es:

$$P_{adm}^{(*)} = 68,75 \text{ kg / clavo}$$

$$s = \frac{P_{adm}^{(*)}}{q} = 14 \text{ cm / clavo}$$

(*) Se adoptará un espaciamiento real de 10 cm en doble fila.

(*) Se colocarán rigidizadores en los extremos de la viga e intermedios, separados en 120 cm, uno del otro, siendo éste de la misma escuadría de los elementos que forman las alas.

FABRICACIÓN Y ENSAYO DE VIGAS DOBLE TE Y VIGAS CAJÓN. RELACIÓN Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A INCLUIR EN EL ESTUDIO.

La finalidad de este estudio es la verificación experimental de la resistencia de vigas de madera de sección transversal compuesta obtenida mediante el método teórico propuesto.

En la tabla siguiente se incluyen los elementos y parámetros que se usaron en la confección de las distintas vigas.

Cuadro 3
ELEMENTOS USADOS EN LA CONFECCIÓN DE LAS VIGAS.

PERFIL VIGA	UNIÓN	ELEMENTO	ESPECIE MADERERA	DIMENSIONES (mm)
DOBLE TE	Clavada y Clavada - Encolada	ALA	Pino radiata	* 4 Listones de 45*90*3200 * 4 Listones de 45*90*1600
		ALMA	Coigüe	* 2 Tableros de e-*400*2400 (e = 9; 12 y 15 mm)
CAJÓN	Clavada y Clavada - Encolada	ALA	Pino radiata	* 2 Listones de 45*90*3200 * 2 Listones de 45*90*1600
		ALMA	Coigüe	* 4 Tableros de e*400*2400 (e = 9; 12 y 15 mm)

NOTA: El total de vigas ensayadas fue:

Tipos de vigas 2

Tipo de unión 2

Espesor alma 3

Repeticiones 9

TOTAL: 2*2*3*9 = 108

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS VERSUS EXPERIMENTALES

Como se dijo anteriormente, el objetivo de este estudio es determinar experimentalmente, a través de un ensayo de flexión, las propiedades mecánicas de las vigas Doble Te y Cajón, construidas con madera aserrada de Pino radiata y contrachapado de Coigüe, de tal manera de poder comparar dichos resultados con aquellos que señala el procedimiento teórico propuesto.

En el análisis teórico se considera una viga conformada por alas de calidad estructural G1 (NCh 1207). En la realidad las vigas fueron fabricadas con grados de esta calidad o mejor, calidades que dada la forma visual con que fueron clasificadas, están sujetas a un error de apreciación y cierta subjetividad.

En la determinación teórica de las propiedades resistentes, se considera un diseño para cargas de 10 años de duración, para lo cual se aplican los factores de modificación correspondientes y que se encuentran detallados en la norma NCh 1198

DETERMINACIÓN TEÓRICA DE LA TENSIÓN DE DISEÑO DE FLEXIÓN

La tensión de diseño en flexión para el Pino radiata se determina de acuerdo a la metodología especificada en la norma chilena NCh 1198.

De acuerdo a lo anterior y considerando una viga con alas de Pino radiata en estado seco y grado estructural G1, la tensión admisible en flexión (F_f), tiene un valor de 69 kg/cm^2 . Ver cuadro 1.

Cabe señalar que debido al arriostamiento lateral dispuesto, durante el ensayo, no existe reducción de la tensión admisible en el ala flexo-comprimida, como tampoco existe reducción en el ala flexo-traccionada.

Por lo tanto, la **tensión de diseño** en flexión del Pino radiata, tanto para la viga DOBLE TE como para la viga CAJÓN toma el valor de 69 kg/cm^2 .

DETERMINACIÓN TEÓRICA DE LA CARGA DE DISEÑO

La carga teórica de diseño, corresponde a la carga máxima que puede soportar la viga bajo un sistema de sollicitación determinado, sin sobrepasar la tensión de diseño que la metodología establece.

Para determinar esta carga máxima, es necesario conocer: el sistema de combinación de cargas, forma en que se dispone la viga, condiciones de apoyo y disposición de las cargas, en el momento del ensayo.

El sistema utilizado, en este estudio, se incluye en la figura siguiente.

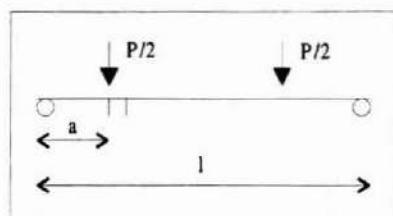


FIGURA 4. DISPOSICIÓN Y SISTEMA DE CARGA DE LA VIGA ESTUDIADA.

Para conocer cual será la carga teórica de flexión, previamente es necesario determinar el momento solicitante y la inercia correspondiente a cada una de las secciones transversales en estudio, valores que a continuación se incluyen.

DETERMINACIÓN TEÓRICA DE LA CARGA MÁXIMA POR FLEXIÓN

Cálculo del Momento Solicitante

En la determinación del Momento flector, se considera, además del efecto de las cargas puntuales, el efecto que produce el peso propio de la viga.

$$M = 177 \left(\frac{P}{2} \right) + \frac{q464^2}{8} \text{ (kgcm)} \quad \text{Ec.24}$$

$$M = 177 * (300) + \frac{*464^2}{8} \text{ (kg * cm)}$$

Cálculo de las Inercias

Según la metodología propuesta y obediendo a un diseño más conservador, se considera que son las alas los elementos capaces de soportar los esfuerzos debidos a la flexión, de ahí que la inercia que interesa en la determinación de la tensión debida al momento, es la inercia I_{xf} de las alas, calculada según Ec.1 a Ec.4.

Conocida la tensión de diseño en flexión para el Pino radiata, es posible, por medio la ecuación de Navier, determinar la carga máxima que resisten las vigas, en flexión.

$$\frac{M_{\text{máx}} * y_{\text{máx}}}{I_{xf}} = F_{f,\text{dis}} \quad \text{Ec.25}$$

con:

$$y_{\text{máx}} = 20 \text{ cm}$$

$$F_{f,\text{dis}} = 69,0 \text{ kg/cm}^2$$

De esta manera se tiene que para cada una de las secciones transversales de las vigas estudiadas, las cargas máximas admisibles para flexión, son las incluidas en el cuadro 4.

Cuadro 4

DETERMINACIÓN TEÓRICA DE LA CARGA MÁXIMA ADMISIBLE PARA FLEXIÓN, EN LAS VIGAS ESTUDIADAS.

VIGA	Peso viga (kg)	Largo efectivo (cm)	Peso propio q (kg/m)	P _{flexión} (kg)
DT 9 mm	55,9	464	12,0	1.523
DT 12 mm	61,0	464	13,1	1.520
DT 15 mm	73,8	464	15,9	1.511
C 9 mm	49,7	464	10,7	967
C 12 mm	56,0	464	12,1	963
C 15 mm	65,6	464	14,1	957

DETERMINACIÓN TEÓRICA DE LA CARGA MÁXIMA ADMISIBLE POR CIZALLE DEL ALMA

Con el valor de la tensión de diseño de cizalle del contrachapado del alma, la que tiene un valor de 13 kg/cm^2 (Ver Cuadro 2), es posible conocer la carga máxima que la viga, sin sobrepasar la tensión anterior, puede soportar trabajando al corte.

Haciendo uso de la Ec. 6 y de la Ec 14 es posible determinar dicha carga (P_{cizalle}), la que a continuación se calcula para cada tipo de viga.

Cuadro 5

DETERMINACIÓN DE LA CARGA MÁXIMA ADMISIBLE POR CIZALLE DEL
 CONTRACHAPADO DEL ALMA.

VIGA	(EQ) _x (kg*cm)	(EI) _x (kg*cm ²)	P _{cizalle} (kg)
DT 9 mm	110.955.150	3.476.950.200	733
DT 12 mm	114.025.200	3.558.923.700	974
DT 15 mm	117.148.000	3.641.952.200	1.212
C 9 mm	79.796.770	2.642.256.310	1.549
C 12 mm	85.947.420	2.806.203.310	2.037
C 15 mm	92.171.920	2.972.260.310	2.515

DETERMINACIÓN TEÓRICA DE LA CARGA MÁXIMA ADMISIBLE POR
 CONDICIÓN DE DEFORMACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE

La deformación máxima admisible (condición de estética) para una viga de madera, está dada por $\delta = L/300$. Para la viga en diseño, esta deformación admisible tiene un valor de 1,6 cm.

De las Ec. 24, Ec. 25 y Ec. 26, se deduce que la carga máxima admisible por condición de deformación (P_{def}) está dada por la ecuación:

$$1,6 = \frac{P_{def} * 177 * (3 * 480^2 - 4 * 177^2)}{48 * EI_x} + \frac{(P_{def} / 2) * 177 + q * (480^2 / 8)}{5257 * A_s} \quad Ec.26$$

Para cada una de las secciones estudiadas, se obtienen las siguientes cargas máximas admisibles por deformación.

Cuadro 6

DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS MÁXIMAS ADMISIBLES POR CONDICIÓN DE
 DEFORMACIÓN.

VIGA	EI _x (kg*cm ²)	q (kg/m)	A _s (cm ²)	P _{def} (kg)
DT 9 mm	3.476.950.200	12,0	31,5	1.394
DT 12 mm	3.558.923.700	13,1	42,0	1.606
DT 15 mm	3.641.952.200	15,9	52,5	1.774
C 9 mm	2.642.256.310	10,7	63,0	1.506
C 12 mm	2.806.203.310	12,1	84,0	1.688
C 15 mm	2.972.260.310	14,1	105,0	1.847

DETERMINACIÓN TEÓRICA DE LA CARGA DE DISEÑO PARA LA VIGA

La carga de diseño de la viga corresponde a la mayor carga que ésta es capaz de soportar, sin fallar ninguno de sus elementos constituyentes.

Corresponde a la menor de las cargas máximas de flexión, cizalle y deformación obtenidas e incluidas en los cuadros 4, 5 y 6.

A continuación se presentan las cargas máximas que soportan los tipos de vigas a las solicitaciones de flexión, cizalle y por condición de deformación, destacándose la carga que limita el diseño.

Cuadro 7

COMPARACIÓN DE LAS CARGAS MÁXIMAS OBTENIDAS PARA SOLICITACIONES DE FLEXIÓN, CIZALLE Y DEFORMACIÓN.

VIGA TIPO	P_{flex} (kg)	P_{ciz} (kg)	P_{deform} (kg)	Diseño limitado por
DT 9 mm	1.523	733	1.394	cizalle contrachapado
DT 12 mm	1.520	974	1.688	cizalle contrachapado
DT 15 mm	1.511	1.212	1.774	cizalle contrachapado
C 9 mm	967	1.549	1.506	flexión alas
C 12 mm	963	2.037	1.688	flexión alas
C 15 mm	957	2.515	1.847	flexión alas

Por lo tanto, de acuerdo a lo anterior, las cargas de diseño teóricas para cada una de las secciones transversales en estudio son las incluidas en el cuadro 8.

Cuadro 8

CARGA DE DISEÑO TEORICO PARA LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LAS VIGAS EN ESTUDIO.

VIGA TIPO	$P_{dis, teórica}$ (kg)
DT 9 mm	733
DT 12 mm	974
DT 15 mm	1.212
C 9 mm	967
C 12 mm	963
C 15 mm	957

TENSIÓN ADMISIBLE DE FLEXIÓN, DETERMINADA EXPERIMENTALMENTE

La **tensión admisible** en flexión, determinada experimentalmente, se obtiene de los ensayos, de los diferentes tipos de vigas a escala real, en los cuales es posible determinar las cargas y deformaciones máximas alcanzadas por cada viga. La obtención de estos valores se realiza en aquella sección transversal de la viga donde se presenta la menor capacidad resistente de ella. Ver Figura 5. Cabe hacer notar que esta sección crítica de la viga coincide con la sección en la cual ocurrió la falla durante el ensayo.

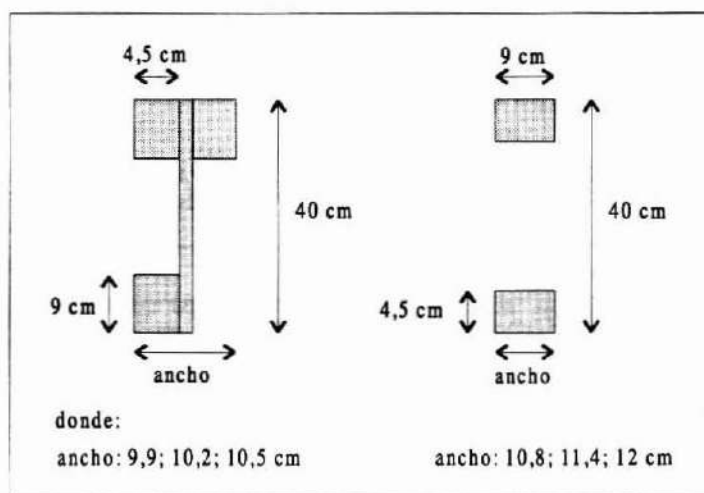


Figura 5. SECCIÓN CRÍTICA, QUE CORRESPONDE A LA DISCONTINUIDAD TANTO EN LAS ALAS DE LA VIGA DOBLE T COMO EN EL CENTRO DE LA VIGA CAJÓN.

Conocida la carga máxima capaz de soportar cada viga, es posible encontrar el promedio de estas cargas obtenido para un determinado tipo de viga, su desviación estándar, el coeficiente de variación y el valor mínimo que se obtiene con una confiabilidad del 95 %.

Este valor límite de resistencia, $P_{lim, 5\%}$, se denomina “límite inferior con exclusión de 5 %”, y él asegura, con una certeza de 95 %, que la resistencia de cualquier viga similar a las ensayadas, será superior al límite de resistencia elegido como base. La **carga admisible** ($P_{adm.}$) se obtiene de este valor de resistencia límite, el cual es dividido por un **factor de ajuste “n”** que incluye una corrección para considerar la aplicación de una carga de duración prolongada (10 años), un trabajo elástico y un factor de seguridad.

En flexión, este factor de ajuste toma el valor: $n = 2,1$. Por medio de la siguiente expresión es posible encontrar la **carga admisible** para cada tipo de sección transversal estudiada:

$$P_{adm} = \frac{P_{lim,5\%}}{n} \quad Ec.27$$

Con:

$$P_{lim,5\%} = P - 1,645 * S_p \quad Ec.28$$

en donde:

P = Carga de ruptura promedio del tipo de viga analizado.

S_p = Desviación estándar de las cargas obtenidas para el tipo de viga en estudio.

DATOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LOS TIPOS DE VIGAS ENSAYADAS

El cuadro siguiente entrega las tensiones admisibles calculadas de los datos experimentales para cada uno de los tipos de secciones estudiados.

Cuadro 9

DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN ADMISIBLE DE FLEXIÓN, EXPERIMENTAL.

VIGA	UNIÓN	MODULO DE RUPTURA			TENSION ADM. EXPERIM.
		(kg/cm ²)			(kg/cm ²)
		PROMEDIO	DESV. ESTANDAR	R _{MIN,5%}	
DT-09-C	Clavada	174,2	14,3	150,6	71,7
DT-12-C		176,0	14,4	152,3	72,5
DT-15-C		181,0	23,9	142,3	67,8
DT-09-CE	Clavada y Encolada	159,3	29,5	110,8	52,8
DT-12-CE		176,4	30,1	126,9	60,4
DT-15-CE		163,7	31,9	111,2	53,0
C-09-C	Clavada	134,9	13,2	113,2	53,9
C-12-C		146,3	27,3	101,4	48,3
C-15-C		184,6	29,2	136,6	65,0
C-09-CE	Clavada y Encolada	161,1	30,4	111,1	52,9
C-12-CE		158,2	6,8	147,0	70,0
C-15-CE		254,1	9,0	239,3	114,0

CONCLUSIONES

Del manejo, elaboración y estudio estadístico de los datos experimentales, se obtienen las siguientes conclusiones:

1. Características Físicas

1.1. Las vigas con sección transversal Doble-te (DT), tanto clavadas como clavadas-encoladas, tenían un peso promedio de 12,0; 13,1 y 15,9 kg/ml, usando en su fabricación espesor de contrachapado de 9; 12 y 15 mm, respectivamente.

1.2. Las vigas con sección transversal Cajón (C), tanto clavadas como clavadas-encoladas, en promedio, pesaban 10,7; 12,1 y 14,1 kg/ml, al ser fabricadas con espesores de contrachapado de 9, 12 y 15 mm, respectivamente.

1.3. Las vigas DT, en promedio, presentan un mayor peso en cada uno de los espesores de contrachapado, respecto a las vigas C. Porcentualmente, este mayor peso es de: 12,1 %; 8,3 % y 12,8 %, respectivamente, para los espesores de 9; 12 y 15 mm.

1.4. La madera de Pino radiata, que conformaba las alas de las vigas, tenía un contenido de humedad promedio de 12 %.

1.5. El contrachapado de Coigüe, que conformaba el alma de las vigas, presentó un contenido de humedad de 10 %, para todos los espesores.

1.6. El promedio de la razón entre los dos Momentos de Inercia obtenidos en los Ejes Principales de Inercia (i_x/i_y) para la viga Doble-te, resultó ser 22,5; 21,5 y 20,5 para los espesores de contrachapado de 9; 12 y 15 mm, respectivamente.

1.7. El promedio de la razón entre los dos Momentos de Inercia obtenidos en los Ejes Principales de Inercia (i_x/i_y) para la viga Cajón, resultó ser 10,2; 8,1 y 6,5 para los espesores de contrachapado de 9, 12 y 15 mm, respectivamente.

2. Propiedades Mecánicas de las Vigas Ensayadas

2.1 Al comparar la Tensión Admisible Teórica (TAT) con la Tensión Admisible Experimental (TAE) resultante para cada sección transversal, en cada tipo de unión, se concluye que los 2/3 de las TAE resultaron menores que la TAT resultante del proceso de cálculo teórico.

Para ajustar ambos procedimientos se recomienda el uso del siguiente Factor de Modificación por forma y tipo de unión ($K_{F,U}$), aplicable a la TAT obtenida según las especificaciones de la NCh 1198.

Cuadro 10
FACTOR DE MODIFICACIÓN POR FORMA Y UNIÓN, APLICABLE A LA TENSIÓN
ADMISIBLE TEÓRICA.

TIPO DE UNIÓN	SECCIÓN TRANSVERSAL	K_{UF}
CLAVADA	DT	0,98
	C	0,70
CLAVADA Y ENCOLADA	DT	0,76
	C	0,76

NOTA: Este Factor de Modificación se debe aplicar a vigas compuesta con secciones transversales Doble-te y Cajón, fabricadas en forma similar a las contempladas en este estudio. Estas tenían alas con uniones de tope debido a que la intención era probar, en esta etapa, las vigas confeccionadas utilizando herramientas simples tales como martillo, serrucho y brocha. En una etapa posterior se contemplarán uniones más firmes, para las piezas que forman las alas, como son las uniones endentadas, encoladas y placas metálicas endentadas.

2.2. En general, el diseño de las vigas incluidas en este trabajo queda controlado por la deformación máxima admisible ($\delta_{m\acute{a}x, adm}$)

2.3. Todas las Tensiones Admisibles Experimentales obtenidas en la totalidad de las vigas estudiadas se ubican en la zona de comportamiento elástico del elemento estructural.

2.4. El valor de la Tensión Admisible calculado teóricamente se ubica en la zona de comportamiento elástico, obtenida experimentalmente, en todas las vigas ensayadas, alcanzando los siguientes porcentajes de la Tensión en el Límite de Proporcionalidad, para los distintos tipos de vigas:

- i) **En vigas Doble-te clavadas:** 46 %; 45 % y 49 % para espesores de contrachapados de 9; 12 y 15 mm, respectivamente.
- ii) **En vigas Cajón clavadas:** 61 %; 68 % y 51% para espesores de contrachapado de 9; 12 y 15 mm, respectivamente.
- iii) **En vigas Doble-te clavadas y encoladas:** 62 %; 54 % y 51 % para espesores de contrachapados de 9; 12 y 15 mm, respectivamente.
- iv) **En vigas Cajón clavadas y encoladas:** 62 %; 47 % y 29 % para espesores de contrachapados de 9; 12 y 15 mm, respectivamente.

2.5. Para todas las vigas la Rigidez, $(EI)_{teo}$, obtenida teóricamente, resultó mayor que aquella obtenida experimentalmente. Luego, las deformaciones que entrega el proceso teórico resultan menores que las reales, determinadas experimentalmente.

2.6. Entre las secciones transversales estudiadas, la más conveniente resulta ser la viga Doble-te Clavada pues tiene menor peso propio, menor costo, da plena confianza de trabajo elástico, puede arriostrarse con comodidad, etc.

Respecto a la mayor economía que se logra con la viga Doble-te, basta revisar la participación de los distintos materiales constituyentes, en el peso de ambos tipos de vigas.

MATERIAL	VIGA DOBLE-TE	VIGA CAJÓN
Madera aserrada	75 %	50 %
Contrachapado	21 %	47 %
Clavos	4 %	3 %

La incidencia del contrachapado es preponderante en el mayor costo que se obtiene en las vigas Cajón, para una misma luz y altura.

2.7. El método de cálculo presentado permite, con la introducción del Factor de Modificación (K_{UF}), un diseño que establece un buen acercamiento entre lo teórico y lo experimental

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Perez Galaz Vicente, 1995. El Contrachapado Estructural, Ciencia e Investigación Forestal, Vol. 9., Nº 1, (págs 123 - 140)., Santiago, Chile.

Perez Galaz Vicente, 1996. Propiedades Físicas y Mecánicas de un Contrachapado de Coigüe Fabricado en Chile, Ciencia e Investigación Forestal, Vol. 10., Nº 1, (págs 5 - 32)., Santiago, Chile.

PLYWOOD ASSOCIATION OF AUSTRALIA Ltd., 1993. Design Guide for Plywood Webbed Beams, Australia.

Yagui, J. y Morales V., 1994. Estudio Teórico y Experimental de Vigas de Madera aserrada - Contrachapado Sección Cajón y Doble-te. Memoria de Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles, Dpto de Ingeniería en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION (INN), 1991. NCh 1198: Madera- Construcciones en Madera- Cálculo. Santiago, Chile.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION (INN), 1989. NCh 2149: Madera Aserrada- Determinación del Módulo de Elasticidad en Flexión, Santiago, Chile.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION (INN), 1990. NCh 1207: Pino radiata- Clasificación Visual para Uso Estructural- Especificación de los Grados de Calidad, Santiago, Chile.

Perez Galaz Vicente, 1990. Manual de Cálculo de Construcciones en Madera, Instituto Forestal, Manual N° 13, Segunda Edición, Santiago, Chile.

STANDARDS ASSOCIATION OF AUSTRALIA, SAA, 1979. Timber Structures Codes, Part 1, Design Methods. AS 1720.1, Australia.

STANDARDS ASSOCIATION OF AUSTRALIA, SAA, 1979. Structural Plywood, AS 2269, Australia.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1980. Standard Practice for Dealing with Outlying Observations, ASTM D 178 - 80, USA.

FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1994. Wood Engineering and Construction Handbook, Prentice Hall, Madison, Wisconsin, USA.



EFECTO DEL FUEGO SOBRE EL BOSQUE, LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Y LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO.

RÓMULO SANTELICES (*) y CREIGHTON LITTON (**)

(*) Ingeniero Forestal.

(**) M. Sc. Ingeniero Forestal. Universidad Católica del Maule, Casilla 617, Talca, Chile.

RESUMEN

El uso del fuego es una costumbre arraigada desde hace mucho tiempo en Chile. Básicamente, se le ha utilizado para la habilitación de terrenos con fines agropecuarios o para la eliminación de residuos de cosechas agrícolas o forestales. A pesar de su generalizado empleo como herramienta del manejo, es común que se desconozcan todos los efectos que produce su uso sobre el sitio. En base a una revisión bibliográfica se intenta describir el efecto que tiene el fuego sobre el ecosistema boscoso, la disponibilidad de nutrientes y la materia orgánica en el suelo.

Palabras Clave: Fuego, Materia orgánica, Disponibilidad de nutrientes, Carbono, Nitrógeno.

ABSTRACT

The use of fire in Chile has been an inherent custom for many years. Basically, fire has been utilized for clearing agricultural and grazing lands and for the elimination of the harvesting residues from forestry and agricultural activities. The widely accepted application of fire as a management tool suggests a lack of knowledge about the effects that it produces on the site. The effect of fire on the forest ecosystem, the availability of nutrients, and the organic matter in the soil is described in reference to existing studies.

Keywords: Fire, Organic matter, Nutrient availability, Carbon, Nitrogen.

INTRODUCCIÓN

La eliminación de residuos originados de las cosechas de productos agrícolas y forestales, se ha realizado en Chile tradicionalmente utilizando el fuego. Esta práctica ha sido muy difundida, en forma de quemas controladas, porque es relativamente sencilla de realizar y no se requiere de muchos recursos para su implementación. Además, en forma posterior se facilitan las faenas de establecimiento del nuevo cultivo.

El fuego también ha sido utilizado en la habilitación de terrenos para usos agrícolas y ganaderos, e incluso para facilitar la cosecha de algunas especies de bosques naturales. En muchos casos, estas prácticas se han realizado sin las debidas precauciones y así se han generado incendios de gran intensidad y que han llegado a durar incluso algunos meses.

Durante mucho tiempo se ha pensado, principalmente desde el punto de vista económico, que la utilización del fuego trae consigo más ventajas que desventajas. No obstante, en la actualidad existe la clara convicción de que la alteración de los ecosistemas está íntimamente relacionada con la pérdida de la productividad de ellos, fundamentalmente por el daño que se causa al suelo, ya sea en el mediano o largo plazo. Por ello, cada vez son más estudiados los procesos de transformación de los recursos naturales, incluyendo el efecto del fuego en la eliminación de los residuos de las cosechas.

El manejo sostenible de los recursos naturales adquiere cada vez mayor fuerza y en este sentido resulta fundamental el mantenimiento de la productividad de los ecosistemas. Por ello, es importante estudiar el efecto que tienen las diversas actividades del ciclo productivo en tal aspecto, en donde el uso del fuego muchas veces juega un rol gravitante.

A través del presente trabajo se analiza el efecto que tiene el fuego sobre el ecosistema boscoso, con énfasis en la disponibilidad de nutrientes y el efecto sobre la materia orgánica del suelo.

EFFECTOS DEL FUEGO SOBRE EL BOSQUE

El efecto del fuego sobre el bosque puede ser perjudicial o beneficioso, dependiendo de dónde, cuándo y cómo se aplique, aunque generalmente es, en Chile, un factor destructivo de la vegetación (DONOSO, 1992). SPURR y BARNES (1980) y PRITCHETT y FISHER (1987) señalan que su influencia sobre el ecosistema boscoso se manifiesta en los siguientes aspectos:

- Propiedades físicas y químicas del sitio.
- Acumulación de materia seca.

- Adaptaciones genéticas de las especies.
- Establecimiento, desarrollo, composición y diversidad de las especies. De este modo determina, a menudo, las relaciones en la comunidad, especialmente en las sucesiones.
- Hábitat y poblaciones de vida silvestre.
- Presencia y abundancia de insectos forestales, parásitos y hongos.
- Presencia y abundancia de la microflora y microfauna en el suelo.

Los resultados del fuego sobre el bosque pueden ser considerados como efectos indirectos o directos.

Los efectos indirectos se relacionan principalmente con los cambios de vegetación. Incendios muy intensos matarán la mayoría o toda la vida vegetal sobre la superficie del suelo. El cambio sucesional de la vegetación tenderá a ser con especies heliófitas, de semilla liviana, sin latencia, cuya germinación es inducida por el calor, y capaces de colonizar el área quemada; también puede darse con las especies que han desarrollado la capacidad de reproducirse vegetativamente a partir de rebrotes de los tocones o raíces. Muchas leguminosas caen en esta categoría, y la abundancia de estas y otras plantas fijadoras de nitrógeno es a menudo incrementada por la quema (SPURR y BARNES, 1980; DONOSO, 1992).

Otro efecto indirecto del fuego, es la influencia que ejerce sobre la flora y la fauna del suelo, que actúan descomponiendo la materia orgánica, fijando nitrógeno y proporcionándole aireación. La secuela de la quema en estos organismos va a depender de la intensidad del fuego, la profundidad a la cual llega y el tiempo que dure, el tipo de suelo, y la naturaleza de la vegetación o combustible existente (SPURR y BARNES, 1980).

Producto de la quema también se disminuye la humedad y la capacidad de infiltración del suelo, aumentando el escurrimiento superficial y la erosión (ALTIERI y RODRIGUEZ, 1975). Al incrementar el escurrimiento superficial y la erosión, además se produce un lavado del lecho de cenizas, transportando los elementos minerales que en ella se encuentran; producto de la erosión también se produce una pérdida, junto con el suelo, de elementos minerales (WELLS *et al.*, 1979; LEITCH *et al.*, 1983; PEÑA, 1994).

Los efectos directos se consideran al daño, y generalmente la muerte, de los organismos que conforman el ecosistema forestal. Además de la destrucción de los árboles, el fuego también causa interferencias en los procesos fisiológicos, siendo el más grave el efecto sobre la fotosíntesis, causado por los llamados incendios de copa. El fuego al destruir parte de la copa de los árboles, disminuye la superficie foliar y en consecuencia también merma la capacidad de fotosíntesis del árbol, con la consiguiente pérdida de crecimiento. De acuerdo a lo señalado por HAWLEY y SMITH (1972), numerosos estudios indican que al reducirse la copa viva entre un 25 y 30%, el

crecimiento disminuye considerablemente. Incendios de copa muy severos, fácilmente pueden llegar a destruir más de un tercio de la copa del árbol.

Otros daños directos son las lesiones causadas en la corteza y la zona cambial, que no merman el crecimiento, pero si disminuyen el valor comercial de la madera. La intensidad del daño será mayor en árboles jóvenes y en aquellas especies que no hayan desarrollado mecanismos de defensa contra los incendios, tales como cortezas gruesas (SPURR y BARNES, 1980).

También se consideran efectos directos la quema de la materia orgánica sobre el suelo mineral y el calentamiento de las capas superficiales del suelo. Como consecuencia de la quema de la materia orgánica, se libera a la atmósfera dióxido de carbono, nitrógeno y cenizas, y se depositan minerales en la forma de cenizas, alterando el ciclo de nutrientes. Si la intensidad del fuego es alta, el nitrógeno se volatiliza y se pierde. Además se promueve la solubilización de los compuestos Ca, P y K, lo cual incrementa la cantidad de minerales disponible, pero sólo en forma temporal, ya que rápidamente son lixiviados por las lluvias posteriores. Además por efecto de la liberación de las bases se aumenta el pH del suelo (SPURR y BARNES, 1980; DONOSO, 1992).

Causas y Tipos de Fuegos

El fuego puede originarse por causas naturales o antrópicas. Estos últimos pueden manifestarse como quemas prescritas o incendios fuera de control. En otras latitudes, son frecuentes los incendios naturales como modeladores de la estructura del paisaje y la composición de los ecosistemas. Sin embargo, en Chile no tienen casi ninguna relevancia. La gran mayoría de los incendios que se producen en nuestro país son causados por la acción directa del hombre, muchas veces debido a una quema prescrita mal efectuada.

De acuerdo al nivel al cual se produce la quema, se pueden encontrar diferentes tipos de incendios, teniendo cada uno de ellos diferentes efectos en las propiedades del suelo y del bosque.

El tipo de incendio más común es el fuego superficial. Se desarrolla a nivel del suelo, consumiendo la litera y el humus, matando plantas herbáceas y arbustos, y chamuscando la base y la copa de los árboles. La intensidad y el daño que causen va a depender del combustible acumulado en el suelo. El mayor estrago lo causan en árboles jóvenes de cualquier especie.

Producto de un fuego superficial y por la acción del viento se pueden chamuscar y posteriormente encender las copas de los árboles, generando los llamados fuegos de copa. Estos se desarrollan de una copa a otra, sobre todo en rodales densos, matando muchos árboles en este trayecto. Las coníferas son más susceptibles a los incendios de copa por tener un follaje más combustible que las latifoliadas. Sin embargo, es poco

frecuente que se produzcan en forma muy extensa y devastadora. Dependiendo de la porción de copa que se queme, va a ser el daño que produzcan en el árbol.

En suelos profundos y con abundante materia orgánica, en forma posterior a una sequía se pueden generar los llamados fuegos subterráneos, que queman las acumulaciones de materia orgánica sobre el suelo mineral. Se caracterizan por quemar bajo la superficie, ser muy inflamables, y porque pueden matar a todas las plantas que desarrollan su sistema radicular en la materia orgánica. Tienen una combustión muy lenta y usualmente generan altas temperaturas. Tienden a ser muy persistentes y sirven como reignición a los fuegos superficiales. Sobre este tipo de fuego BARBOUR *et al.* (1987) opinan que destruyen el 100% del suelo y llevan al ecosistema a una fase de sucesión primaria, necesiándose 10.000 años para su recuperación.

Efecto del Fuego sobre la Disponibilidad de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el Suelo

Como ya se ha mencionado, el fuego puede influir en la cantidad de nitrógeno que se encuentra en el suelo de varias formas. Una de ellas es alterando aquel que se encuentra en la materia orgánica sobre el suelo, reduciéndola a un lecho de cenizas e induciendo a una rápida mineralización inicial del nitrógeno (FRANCKE, 1989 y 1992). Sin embargo, el nitrógeno en forma de nitrato es más soluble y fácilmente puede ser lixiviado a capas más profundas del suelo (OPAZO, 1994). Además, por efecto del escurrimiento superficial y del viento el nitrógeno contenido en el lecho de cenizas puede ser movilizado hacia otros lugares, produciéndose las consecuentes pérdidas.

El lecho de cenizas es rico en bases intercambiables y eleva el pH del suelo, con esto se favorece la acción de la flora bacteriana del suelo y el proceso de nitrificación (WELLS *et al.*, 1979; SPURR y BARNES, 1980; DONOSO, 1992).

Por efecto del calentamiento del suelo el nitrógeno se volatiliza, perdiéndose hacia la atmósfera. El grado de volatilización va a depender de la intensidad del fuego. KNIGHT (1966) cit. p. SPURR y BARNES (1980), trabajando en bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en Estados Unidos, encontró que no existían pérdidas de nitrógeno en los suelos calentados a 200° C, un 25% de pérdida con 300° C, y un 64% de pérdida a los 700° C. Estudios de laboratorio, realizados por WHITE *et al.* (1973) cit. p. WELLS *et al.* (1979), con muestras de bosques de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws., confirman lo anterior, ya que las pérdidas de nitrógeno se produjeron sobre los 200° C. Con temperaturas superiores a los 100° C, se produce la destrucción total del mantillo y de gran parte de la materia orgánica, pero no se volatiliza el nitrógeno (DONOSO, 1992).

En quemas prescritas para el control de la competencia en bosques de *Pinus* spp. en Estados Unidos, se han estimado pérdidas, por efecto de la volatilización, que oscilan

entre 112 y 140 kg de N/ha; y entre 10 y 20% (en caso extremo) del nitrógeno total en el ecosistema (WELLS, 1971; WELLS *et al.*, 1979).

En quemas de residuos de la cosecha, que son de mayor intensidad y magnitud que las quemas prescritas para controlar la competencia, GRIER (1975) cit. p. WELLS *et al.* (1979) y SPURR y BARNES (1980) señala que en bosques de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws. en el estado de Washington las pérdidas se han estimado en 907 kg de N/ha, lo que equivale a aproximadamente un 97% del nitrógeno originalmente en el piso del bosque y a la pérdida de dos tercios del contenido en el horizonte A₁ del suelo mineral.

Otros antecedentes sobre grandes pérdidas de nitrógeno por volatilización producto de la quema de residuos, indican valores de 750 kg de N/ha en bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (YOUNGBERG y WOLLUM, 1976 cit. p. WELLS *et al.*, 1979).

Con el objeto de analizar el efecto de la quema sobre la disponibilidad de nitrógeno y fósforo, y de las tasas de mineralización y nitrificación del nitrógeno, KUTIEL y SHAVIV (1989) estudiaron la combustión de suelos en laboratorio. Estos autores llegaron a la conclusión de que con fuegos con temperaturas de 600°C se produce una completa volatilización del NH₄ y un incremento significativo en el pH, de 7,6 a 11,7. Bajo esas condiciones los procesos de amonificación y nitrificación fueron inhibidos. Inmediatamente después que el fuego alcanzó los 600°C, se produjo una menor disponibilidad de fósforo, al compararlo cuando el fuego tenía 250°C. Al quemar el suelo con plantas, se produjo una menor tasa de amonificación y nitrificación, pero aumentó la disponibilidad de fósforo en el suelo. El aumento del pH y de la cantidad de fósforo, que puede ser hasta 300%, es temporal (KUTIEL y NAVEH, 1987).

El fuego produce en el corto plazo un aumento en la disponibilidad de todos los nutrientes (KUTIEL y NAVEH, 1987; MARION *et al.*, 1991). En forma posterior al fuego, en el área quemada se desarrollan especies herbáceas que aprovechan esos nutrientes y posteriormente son devueltos al suelo poco a poco amortiguando la pérdida de ellos. Junto con ello, también el pH tiende a normalizarse (KUTIEL y NAVEH, 1987).

Para mantener la productividad de las áreas frecuentemente quemadas es necesario la adición de nitrógeno mediante procesos de fijación. La depositación atmosférica depende de la región y puede variar de 1 a 22 kg/ha (LANDSBERG, 1986), lo que es insuficiente para balancear las pérdidas producto de la quema u otros mecanismos. Esto lleva a un cambio en la sucesión, cambiando la composición de las especies por aquellas capaces de fijar simbióticamente nitrógeno, como lo son muchas especies de leguminosas (WELLS *et al.*, 1979).

En Chile se han realizado algunas experiencias para evaluar el efecto del fuego, ya sea por incendios o por la quema de residuos de la cosecha, sobre las propiedades del suelo. ALTIERI y RODRIGUEZ (1975), en uno de los primeros estudios efectuados,

encontraron que la cantidad de nitrógeno soluble fue de 0,42% en un sector no quemado, contra 0,16% en un sector quemado, es decir, se redujo por efecto del fuego en más de un 60%.

Al analizar y comparar dos áreas en el sur de Australia, una sometida a quemas frecuentes y otra sin quemar por un largo período, ADAMS *et al.* (1994) indicaron que los efectos del fuego se limitaron a los primeros 2 cm del suelo y que fue menor la actividad fosfática, la concentración de carbono, y la cantidad de nitrógeno, incluyendo aquel potencialmente mineralizable, en los suelos sometidos a quemas frecuentes. Por otra parte, en este mismo tipo de suelos, aumentó la concentración de fósforo inorgánico extraíble. Los suelos del área estudiada son de origen marino con comunidades arbustivas de la familia *Ericaceae*.

Para mantener la productividad del sitio es recomendable, después de la cosecha, distribuir los residuos en todo el terreno, para que de este modo se conserve la humedad, temperatura y nutrientes del suelo, y no eliminarlos con fuego; al utilizar la primera técnica mencionada, y sobre todo en suelos arenosos, se produce una menor pérdida de nitrógeno (TORO, 1987).

Para evaluar el efecto del fuego en la disponibilidad de nitrógeno total, TORO en 1987 decidió comparar dos métodos de tratamientos de los residuos de la cosecha del bosque, en diferentes predios de la zona centro sur de Chile. Las técnicas utilizadas fueron las siguientes:

- quema de los residuos sin apilarlos, usando el método de encendido fuego en retroceso
- retiro de los residuos mayores a 3 cm de diámetro, sin efectuar quema

Después de seis meses de efectuados los tratamientos, concluyó que se produce una pérdida de alrededor de un 63% en un suelo arenoso, al interior de la VIII Región (Predio Maquehua); mientras que en otro arcilloso en la costa de la VIII Región (Predio La Colcha), fue de un 44%. En todos los predios estudiados se produjo pérdida de nitrógeno, pero en un suelo franco arcillo arenoso de la VII Región (Predio San Pedro), ésta fue sólo de casi un 3%. Esta menor pérdida podría explicarse porque en el predio de la VII Región la pluviometría es casi la mitad que en los predios de la VIII Región, razón por la cual podría producirse una menor lixiviación.

FRANCKE (1989, 1991 y 1992) al evaluar después de seis meses los ensayos antes analizados por TORO, es decir, un año después de instalados los experimentos, señala que con todos los tratamientos probados se produce un aumento en el contenido de nitrógeno en el suelo, al compararlos con los valores de seis meses antes. Sin embargo, hace mención a la inconveniencia de realizar quemas en suelos arenosos y en suelos arcillosos analizar la posibilidad de realizar otro tipo de manejo de los residuos, como por ejemplo astillado del material.

En un experimento en la Columbia Británica, al analizar el efecto en el suelo, después de dos años, de la cosecha a tala rasa de un bosque, en el cual los residuos en un sector fueron quemados y en otro no, FELLER y KIMMINS (1984) encontraron diferencias aun más apreciables que las de TORO y FRANCKE, señaladas anteriormente. En efecto, estos autores señalan que producto sólo de la cosecha a tala rasa, hubo una pérdida de nitrógeno equivalente a 245 kg/ha, mientras que al combinarse con la quema, la pérdida aumento a 1.293 kg/ha.

Muchos autores señalan que como consecuencia del fuego, ya sea en forma de quema o de incendio forestal, se promueve una liberación de las bases, razón por la cual se produce un aumento de calcio, potasio y fósforo (WELLS, 1971; TORO, 1987; SPURR y BARNES (1980; FRANCKE, 1989, 1991 y 1992; DONOSO, 1992). En el lecho de cenizas estos compuestos están disponibles para ser utilizados por las plantas, pero por el hecho de ser más solubles pueden ser, por efecto de las lluvias posteriores, rápidamente lixiviados o arrastrados por la escorrentía superficial.

Efecto del Fuego sobre la Materia Orgánica y la Relación Carbono/Nitrógeno en el Suelo

El efecto más obvio de la quema es la reducción del material que se encuentra en el piso del bosque. Por ejemplo, después de una quema realizada en invierno, se produjeron pérdidas de cerca de 3.000 kg, de un total de 12.000 kg. Sin embargo, la cantidad de materia orgánica total del suelo en el largo plazo no cambia significativamente porque aumenta la de los primeros 5 cm (WELLS, 1971). La cantidad de materia orgánica destruida en un incendio depende de la intensidad del fuego y a su vez esta lo hace de la cantidad de materia orgánica y de las condiciones climáticas. En un área quemada anualmente se producen pérdidas de entre 2.000 y 4.000 kg por hectárea y en un área quemada después de varios años sin la presencia del fuego es de 4.000 a 9.000 kg/ha (PRITCHETT and FISHER, 1987).

Si las temperaturas alcanzadas en el suelo son inferiores a 200° C, se produce un aumento en la materia orgánica, al menos en los primeros horizontes del suelo (TORO, 1987). Al incrementar la materia orgánica, proporcionalmente también lo hace el carbono. La cantidad de litera consumida varía con la intensidad del fuego, por ejemplo fuegos de alta intensidad (300° C sobre la superficie del suelo), consumen toda la litera; fuegos de mediana intensidad (180 a 300° C) consumen cerca de la mitad de la litera; y fuegos de baja intensidad, sólo chamuscan la litera (STARK, 1977 cit. p. KOZLOWSKI et al., 1991). En opinión de BARBOUR et al., (1987), con intensidades entre 200 y 300°C se destruye un 85% de la materia orgánica, lo que incide en una disminución de la capacidad de intercambio catiónico.

La quema de los residuos de una cosecha forestal de *Pinus radiata* D. Don, transforma casi en su totalidad el mantillo a un lecho de cenizas. Si esto sucede en suelos arcillosos, aumenta el contenido de materia orgánica en los primeros 20 cm de

profundidad. En cambio, si los suelos son arenosos se producen severas pérdidas. Estas son mayores si se trabaja en suelos con pendientes superiores al 30% y precipitaciones de alrededor de 1.500 mm anuales (FRANCKE, 1991 y 1992).

FRANCKE (1989) entrega antecedentes sobre la relación carbono orgánico total (CT)/nitrógeno total (NT), para distintos tratamientos de los residuos de una cosecha de *Pinus radiata* D. Don, en diferentes condiciones de suelo, después de un año (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1
RELACIÓN CT/NT EN PREDIO MAQUEHUA (SUELO ARENOSO)

Estrata (cm)	Tratamiento					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Orgánica	15,6	23,9	24,7	32,9	19,7	21,8
0-5	12,0	22,0	17,1	16,7	14,3	13,3
5-10	12,5	17,5	11,7	11,7	14,3	12,5
10-20	11,4	10,0	15,0	15,0	8,3	11,7

T1: Residuos apilados - Fuego en retroceso
 T2: Residuos no apilados - Fuego en retroceso
 T3: Residuos no apilados - Fuego frontal
 T4: Residuos no apilados - Fuego por flancos
 T5: Residuos no apilados - Sin quema "control"
 T6: Extracción de residuos (diámetro > a 3 cm) - Sin quema
 (Fuente: FRANCKE, 1989)

Cuadro 2
RELACIÓN CT/NT EN PREDIO LA COLCHA (SUELO ARCILLOSO)

Estrata (cm)	Tratamiento					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Orgánica	15,0	13,9	13,1	11,0	20,5	13,1
0-5	17,5	21,8	18,6	15,3	27,4	30,6
5-10	23,0	17,2	15,9	17,8	18,1	16,3
10-20	17,1	16,3	20,0	18,3	38,8	28,9

T1: Residuos apilados - Fuego en retroceso
 T2: Residuos no apilados - Fuego en retroceso
 T3: Residuos no apilados - Fuego frontal
 T4: Residuos no apilados - Fuego por flancos
 T5: Residuos no apilados - Sin quema "control"
 T6: Extracción de residuos (diámetro > a 3 cm) - Sin quema
 (Fuente: FRANCKE, 1989)

En los dos tipos de suelos, por efecto del fuego, en los primeros 20 cm de profundidad del suelo la relación CT/NT es casi siempre inferior a 20. De acuerdo a lo señalado por OPAZO (1994), en este caso se produciría una mineralización más rápida del nitrógeno.

En los tratamientos que no consideran la quema, en el suelo arcilloso en general la relación CT/NT es mayor a 20, salvo entre los 5 y 10 cm, en cambio en el arenoso está cercana a valores de equilibrio, de acuerdo a lo señalado por OPAZO (1994).

La cantidad y naturaleza de la materia orgánica va a influir en los procesos de desnitrificación. Se ha comprobado que el carbónico orgánico soluble en agua y el carbono mineralizable tienen una alta relación con la capacidad de desnitrificación (OPAZO, 1994).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, M.; Iser, J.; Keleher, A.; and Cheal, D. 1994.** Nitrogen and Phosphorus Availability and the Role of Fire in Heathlands at Wilsons Promontory. *Australian Journal of Botany* 42 (3): 269-281.
- Altieri, M. y Rodriguez, J., 1975.** Acción Ecológica del Fuego en el Matorral Mediterráneo de Chile, en Rinconada de Maipú. Tesis Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Barbour, M.; Burk, J.; and Pitts, W. 1987.** *Terrestrial Plant Ecology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California, USA. 634 p.
- Donoso, C., 1992.** *Ecología Forestal, el Bosque y su Medioambiente*. Tercera edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 369 p.
- Feller, M. and Kimmins, J. 1984.** Effects of Clearcutting and Slash Burning on Streamwater Chemistry and Watershed Nutrient Budgets in Southwestern British Columbia. *Water Resources Research* 20 (1): 29-40.
- Francke, S., 1989.** Efectos de los Diferentes Métodos de Utilización y Manejo de Residuos de Explotación en los Rendimientos de la Segunda Rotación de Pino Insigne. Informe Integrado Anual de Suelos, Parte II Efecto en Determinadas Propiedades Químicas del Suelo y Sobre la Reserva de Nutrientes del Suelo Mineral en Relación al Estado Nutricional y Rendimiento de Plantaciones de Pino Insigne en Segunda Rotación. Instituto Forestal. Santiago, Chile. 122 p.
- Francke, S., 1991.** Efectos del Manejo de Residuos de Explotación en el Suelo y Crecimiento Inicial de Plantaciones de *Pinus radiata*, en las Series de Suelo Coreo (Zona Arenales) y Colico (Zona Arauco). Documento Técnico 52, Chile Forestal. CONAF. Santiago, Chile. 8 p.
- Francke, S., 1992.** Efectos del Manejo de Residuos de Explotación en el Suelo y Crecimiento Inicial de Plantaciones de *Pinus radiata*. Documento Técnico 67, Chile Forestal. CONAF. Santiago, Chile. 8 p.
- Hawley, R. y Smith, D. 1972.** *Silvicultura Práctica*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 544 p.

- Kozlowski, T.; Kramer, P.; and Pallardy, S., 1991.** The Physiological Ecology of Woody Plants. Academic Press, Inc. San Diego, USA. 657 p.
- Kutiel, P. and Naveh, Z. 1987.** The Effect of Fire on Nutrients in a Pine Forest Soil. *Plant and Soil* 104 (2): 267-274.
- Kutiel, P. and Shaviv, A. 1989.** Effect of Simulated Forest Fire on the Availability of N and P in Mediterranean Soils. *Plant and Soil* 120 (1): 57-63.
- Landsberg, J. 1986.** Physiological Ecology of Forest Production. Academic Press, Sidney, Australia. 198 p.
- Leitch, C.J.; Flinn, D.W.; and Graaff, R.H.M. Van De 1983.** Erosion and Nutrient Loss Resulting From Ash Wednesday (February 1983) Wildfires: A Case Study. *Australian Forestry* 46 (3): 173-180.
- Marion, G.; Moreno, J.; and Oechel, W. 1991.** Fire Severity, Ash Deposition, and Clipping Effects on Soil Nutrients in Chaparral. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55 (1): 235-249.
- Opazo, J., 1994.** Fertilidad de suelos. In: Suelos, una Visión Actualizada del Recurso. Editor Wilfredo Vera. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 155-195.
- Peña, L., 1994.** Erosión y Conservación de Suelos. In: Suelos, una Visión Actualizada del Recurso. Editor Wilfredo Vera. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 215-240.
- Pritchett, W. and Fisher, R. 1987.** Properties and Management of Forest Soil. John Wiley and Sons. New York, USA. 494 p.
- Spurr, S. and Barnes, B., 1980.** Forest Ecology. Third Edition. John Wiley and Sons. New York, U.S.A. 687 p.
- Toro, J., 1987.** Efecto de los Diferentes Métodos de Utilización y Manejo de Residuos de Explotación en los Rendimientos de la Segunda Rotación de Pino Insigne. Informe Anual, Parte II Efecto Sobre la Reserva de Nutrientes del Suelo. Fac. Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile; Instituto Forestal, CORFO. Santiago, Chile. 49 p.
- Wells, C., 1971.** Effects of Prescribed Burning on Soil Chemical Properties and Nutrient Availability. In: Prescribed Burning Symposium Proceedings. U.S.D.A. Forest Service Southeastern Forest Experiment Station. Asheville, U.S.A. 86-99.
- Wells, C.; Campell R. E.; Debano, L. F.; Lewis, C. E.; Frederickson, R. L.; Franklin, E. C.; Froelich, R. C.; and Dunn, P. H. 1979.** Effects of Fire on Soil, A State of Knowledge Review. U.S.D.A. Forest Service. Washington, U.S.A. 33 p.

PRECISIÓN DE CORTE EN SIERRA HUINCHA

FRANCIS DEVLIEGER SOLLIER (*), LUIS FLORES GONZÁLEZ (**) y RICARDO BAETTY PALMA (**)

(*) Ingeniero de la Madera, Departamento Industrias Forestales, Universidad de Talca, 2 Norte 685, Talca, Chile.

(**) Ingeniero Forestal, Departamento Industrias Forestales, Universidad de Talca, 2 Norte 685, Talca, Chile.

RESUMEN

Uno de los principales problemas generados por la transformación mecánica de la madera es la imprecisión de corte y la calidad superficial de los productos obtenidos, lo que descalifica a estos frente a un uso determinado. Esta situación obliga a programar esquemas de corte con exageradas sobredimensiones, lo que trae como consecuencia un bajo nivel de aprovechamiento de la materia prima.

El estudio presentado a continuación entrega un análisis del comportamiento de la variabilidad dimensional y la calidad superficial de la madera juvenil de pino obtenida al redimensionar piezas mediante el empleo de sierras huinchas, sometidas a diferentes condiciones de mantención del elemento de corte y de operación de la máquina.

Palabras claves: *Aserrío, Calidad, Imprecisión de corte.*

ABSTRACT

Inaccuracy in both cutting and quality surface of sawing lumbers are one of the main problems caused by the mechanic transformation of wood which disqualifies them for a specific use. In practice, this situation forces to a cutting pattern with exaggerated target dimensions, which consequently lower the yield of raw material conversion.

The following study gives an analysis of the dimensional variability and surface quality of sawing juvenil pinewood obtained by a bandresaw through different conditions of saw maintenance and machine operation.

Keywords: *Sawing, Quality, Inaccurate sawing.*

INTRODUCCIÓN

La industria del aserrío, cuya producción de madera aserrada representa un rubro importante en el sector industrial maderero chileno, se enfrenta cada día a un desafío productivo que le demanda una mayor atención en cuanto a calidad de los productos, debido a la apertura de nuevos mercados y sus exigencias.

La calidad de corte se ve reflejada no solamente por el aspecto cualitativo sino por la variación dimensional que presenta la pieza aserrada. El conocimiento de la variabilidad dimensional de la madera aserrada permite programar los esquemas de corte de acuerdo a las tolerancias exigidas y optimizar el aprovechamiento de la materia prima. Además, al reducir la variación dimensional se facilita un posterior proceso de elaboración y la calidad dimensional del producto obtenido lo hace capaz de competir en los mercados nacionales e internacionales.

Investigar el efecto que producen algunas variables que intervienen en el proceso de aserrío sobre la variabilidad dimensional o precisión de corte es de real importancia, ya que permitirá realizar recomendaciones prácticas en la operación y mantención de equipos y elementos de corte, con el objetivo de hacer el proceso productivo más eficiente.

En la bibliografía revisada (Allen, 1973, Huber, 1978, Thunell, 1967, Williston, 1981) es posible encontrar trabajos referidos a la influencia de variables que intervienen del proceso de aserrío, pero éstas son tratadas individualmente. Las limitaciones de los estudios mencionados en cuanto a diversos factores no controlados, tales como tipo y altura de corte, mantención de los elementos de corte y otras condiciones de corte no permiten dilucidar algunas tendencias de variabilidad.

OBJETIVO

El presente estudio considera determinar la relación que existe entre estas variables como un conjunto en la variabilidad dimensional y la calidad por aspecto de la madera aserrada.

METODOLOGÍA

Los cuarterones de 135x135x4.000 mm de madera juvenil de **Pinus radiata**, con una superficie nudosa similar, tanto en cantidad como en su distribución a lo largo de la pieza, fueron obtenidos de la parte central de trozas provenientes de la zona de Constitución. Estos cuarterones cuyo volumen está formado por madera juvenil fueron reaserrados en una sierra huincha doble partidora, marca Brawm Canali, para obtener tres piezas, cuyas escuadrías fueron 42x135mm. La pieza elegida para realizar el control dimensional y calidad por aspecto fue la central debido a que sus dos caras fueron

aserradas con las huinchas preparadas para el ensayo correspondiente. Se verificó que la relación madera temprana - madera tardía fuese similar entre las piezas seleccionadas.

El método empleado en la determinación de la variabilidad dimensional es el desarrollado por Warren (1973) y posteriormente modificado por Huber (1978). Este procedimiento consiste en el cálculo de promedios y varianzas de las mediciones dentro y entre tablas.

En la determinación de la calidad por aspecto se utilizó el método visual, consistente en determinar cualitativamente la presencia o ausencia de defectos en la superficie aserrada y en base al porcentaje de piezas defectuosas agrupadas en dos categorías dependiendo de la severidad de los defectos presentados.

El tamaño de la muestra ($n = 20$ para cada situación analizada) se determinó según la fórmula de Huber (1978) para obtener resultados con un nivel de confianza del 95%.

Las variables estudiadas y los valores asignados fueron el pretensionado de la huincha (0,4 - 0,3 mm), el recalado (0,8 - 0,7 mm), la tensión de montaje (106 - 113 N/mm²) y la velocidad de avance de la madera (30 - 45 - 60 m/min). A cada una de las tablas de la muestra se le realizaron 5 mediciones del espesor en un solo lado. Estas se distribuyeron de manera equidistante una de otra, a partir de 25 cm de los extremos de la tabla.

En una segunda etapa, se llevó a cabo un seguimiento del comportamiento del elemento de corte durante el aserrío por un período de 4 horas, a diferentes velocidades.

Las características técnicas de la máquina y de las sierras usadas durante la ejecución del ensayo se indican a continuación:

Herramienta de Corte:

Forma de diente	Pico de loro	Altura del diente	11,5 mm
Paso	35 mm	Ángulo de ataque	30°
Calibre	1,06 mm	Ángulo de diente	55°
Ancho de la sierra	120 mm	Ángulo de incidencia	5°
Largo de la sierra	6.650 mm		

Máquina:

Diámetro de los volantes	1.100 mm
--------------------------	----------

Ancho de los volantes	105 mm
Velocidad de corte	40 m/seg
Potencia de motores	80 HP
Velocidad de alimentación	0 a 90 m/min

RESULTADOS

Calidad dimensional

En general, para las combinaciones de variables estudiadas, los valores de variabilidad total de corte, al inicio del proceso de aserrío, fluctuaron entre 0,175 y 0,593 mm. y pueden ser calificados como buenos según los estándares internacionales. Se obtienen los mejores resultados cuando se utiliza valores de tensión de montaje altos, resultados que concuerdan con lo señalado en la literatura. Al revisar los valores de variabilidad de corte dentro de las tablas (Figuras N°1 y 2) se aprecia que los resultados más promisorios se obtienen con los valores más altos de tensión de montaje (113 N/mm²), pretensionado (0,4 mm) y con un recalcado de 0,8 mm, independiente de las velocidades de avance utilizadas como lo indica el análisis estadístico.

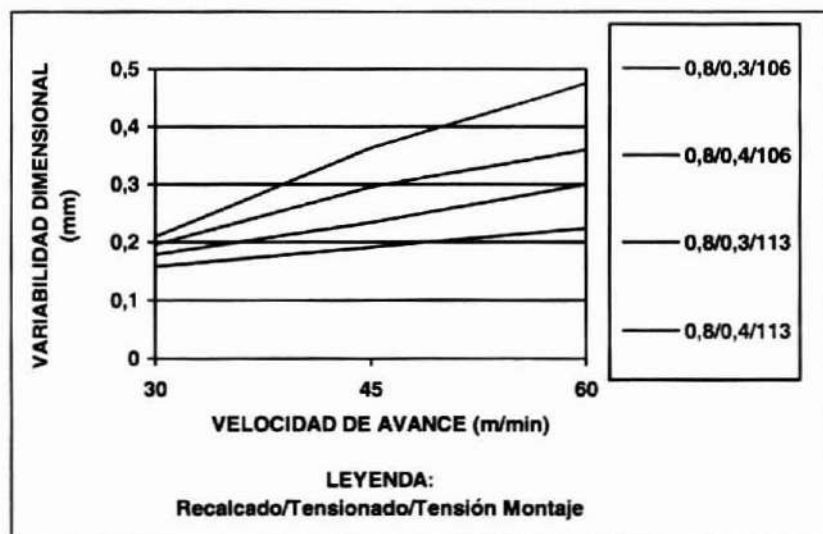


Figura 1. VARIABILIDAD DIMENSIONAL VERSUS VELOCIDAD DE AVANCE (RECALCADO DE 0,8 mm)

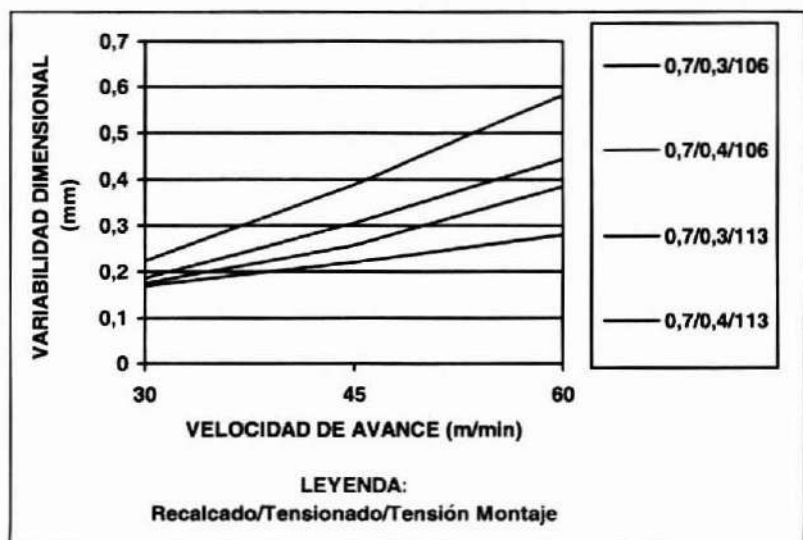


Figura 2. VARIABILIDAD DIMENSIONAL VERSUS VELOCIDAD DE AVANCE (RECALCADO DE 0,7 mm)

Como se muestra en las Figuras 1 y 2, esta variabilidad dimensional dentro de las tablas se incrementa a medida que se utilizan valores más bajos de tensión de montaje, de pretensionado de la huincha o de recalcado y el efecto combinatorio es más notorio a medida que la velocidad de avance aumenta.

Las variables de mayor efecto son la velocidad de avance y la tensión de montaje seguido por el pretensionado. El recalcado tiene un efecto poco notorio.

Estos resultados indican que el aumento de la velocidad de avance en el corte de la madera solo tiende a producir una mayor variabilidad dimensional de las tablas, cuando las condiciones ideales de corte no se cumplen.

Dicho comportamiento tiende a acentuarse en el tiempo al aumentar la superficie aserrada por el elemento de corte (Cuadros 1,2 y 3). Por otra parte, en el caso de aserrar, durante cuatro horas, bajo las mejores condiciones de corte determinadas anteriormente, los resultados no presentan diferencia significativa cuando se utilizan velocidades de avance de la madera entre 30 y 45 m/min. Para velocidad de 60 m/min. y por ende elaborando una mayor superficie aserrada, existe una degradación significativa de la variabilidad de corte (Cuadro 3) que se puede atribuir por una parte a consecuencia un desgaste progresivo del filo del elemento de corte cuya influencia se manifiesta estadísticamente después de 2 horas de trabajo, y por otra parte, a una saturación de la capacidad de la garganta del diente para evacuar el aserrín. En efecto, si se calcula el

cuociente capacidad de la garganta versus producción de aserrín, el resultado entrega un coeficiente de esponjamiento del aserrín de 1.93, lo que indicaría un principio de atochamiento de la garganta del diente, generando inestabilidad del elemento de corte.

Cuadro 1.

**VARIABILIDAD DIMENSIONAL Y RUGOSIDAD PARA UNA VELOCIDAD DE 30 m/min
(AVANCE POR DIENTE 0,44mm)**

TIEMPO ASERRADO (min)	SUPERFICIE ASERRADA (m2)	VARIABILIDAD (mm)	RUGOSIDAD MODERADA (%)	RUGOSIDAD SEVERA (%)
12	34	0,146	70	30
60	130	0,148	70	30
130	361	0,154	65	35
185	545	0,161	65	35
235	698	0,165	55	45

Cuadro 2.

**VARIABILIDAD DIMENSIONAL Y RUGOSIDAD PARA UNA VELOCIDAD DE 45 m/min
(AVANCE POR DIENTE 0,66mm)**

TIEMPO ASERRADO (min)	SUPERFICIE ASERRADA (m2)	VARIABILIDAD (mm)	RUGOSIDAD MODERADA (%)	RUGOSIDAD SEVERA (%)
9	31	0,189	50	50
55	228	0,194	45	55
118	407	0,199	45	55
165	622	0,207	35	65
230	937	0,220	30	70

Cuadro 3.

**VARIABILIDAD DIMENSIONAL Y RUGOSIDAD PARA UNA VELOCIDAD DE 60 m/min
(AVANCE POR DIENTE 0,88mm)**

TIEMPO ASERRADO (min)	SUPERFICIE ASERRADA (m2)	VARIABILIDAD (mm)	RUGOSIDAD MODERADA (%)	RUGOSIDAD SEVERA (%)
15	85	0,228	20	80
65	327	0,246	20	80
120	551	0,260	10	90
175	832	0,267	10	90
190	914	0,280	5	95
240	1.224	0,308	0	100

Calidad por aspecto

Se comprobó que el cien por ciento de las superficies aserradas no presentaba marcas de sierras, resultado que se puede atribuir a la precisión del rectificado del recalcado realizado en una rectificadora doble de flancos.

En cuanto al grado de rugosidad, el cien por ciento de las superficies aserradas presentaron, en mayor o menor grado, este defecto. El incremento del grado de rugosidad esta fuertemente influenciado por un aumento de la velocidad de avance de la madera (Cuadros 1, 2 y 3).

En las condiciones experimentadas, no se puede operar la máquina, durante cuatro horas, a una velocidad de avance en el corte de la madera juvenil de pino radiata igual o superior a 45 m/min, es decir con un avance por diente de 0,66 mm, sin afectar el grado de calidad por aspecto aceptado por los mercados de exportación. Del hecho que esta degradación de la calidad por aspecto se manifiesta inmediatamente al inicio del aserrado a alta velocidad, no se puede deducir que esta situación es únicamente atribuible a un deterioro del afilado de la huincha.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La variabilidad dimensional obtenida para las combinaciones de variables estudiadas es semejante a las exigidas por los mercados internacionales. La variabilidad mínima fue lograda para los valores más altos de pretensionado, y tensión de montaje. En estas condiciones la velocidad de avance de la madera no incide en la precisión de corte. El efecto combinatorio de las variables estudiadas tiene relevancia sobre la calidad dimensional de la madera aserrada cuando las condiciones de aserrado se alejan de una situación ideal antes descrita.

La calidad superficial de la madera juvenil aserrada con sierras huinchas recalculadas, esta fuertemente afectada por la velocidad de avance de la madera.

Para que la calidad dimensional y por aspecto se mantengan en niveles competitivos y, al mismo tiempo aumentar la eficiencia del proceso, se debe considerar otras alternativas tales como el estelitado para aumentar la resistencia al desgaste del filo de los dientes, realizar algunas modificaciones en el diseño del perfil del diente y en las condiciones de aserrado.

Usando un programa de optimización de la geometría de sierras, desarrollado en este estudio y tomando en cuenta los resultados obtenidos, se concluye para el aserrado de madera juvenil de pino, con una altura de corte no superior a 135mm que:

- Si el objetivo corresponde a productividad (60m/min.) sin atochar la garganta del diente, se debe elegir un paso de 40 mm manteniendo la misma relación altura de diente versus paso que en la situación actual y aumentar al mismo tiempo la velocidad de corte de un 10%.

- Si el objetivo principal es mantener un alta calidad superficial de la madera, el programa de optimización indica reducir el paso a 25 mm, aumentando la velocidad de corte en un 10%, y de este modo al aserrar a una velocidad de 45m/min se reduce el avance por diente a 0,43mm sin atochar la garganta, tomando la precaución de utilizar un perfil de diente del tipo SB.

REFERENCIAS

- Allen,E. 1973.** High-Strain / Thin Kerf in Modern Sawmill Technique Vol:1.Ed. Miller Freeman. San Francisco 376 p.
- Huber,W. 1978.** Profits from Process Control Programs. Wood Processing Conference. University of California.
- Thunell,B. 1967.** Factores Affecting Dimensional Accuracy when Sawing Roundwood on High Performance Saws. Schweizerische Zeitschrift fur Obst und weinbau. 118(7):415-434.
- Warren,W. 1973.** How to Calculate Target Thickness for Green Lumber. Forintek. Vancouver.
- Williston,E. 1981.** Small log Sawmills.Ed. Miller and Freeman. San Francisco. 367p.

RENDIMIENTOS EN DIFERENTES PROCESOS DE PULPAJE AL SULFITO

ALDO ROLLERI (*), HERNÁN POBLETE (**), y ROBERTO JUACIDA (**)

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

(*), Ingeniero Forestal.

(**) Doctor, Ingeniero Forestal.

RESUMEN

El objetivo general del estudio fue comparar los diferentes procesos de pulpaje al sulfito alcalino (AS, ASA, ASAM) como métodos de producción de pulpas de calidad papelera variando el factor H.

*Para llevar a cabo el estudio, se utilizó astillas de **Pinus radiata** provenientes de un astillador industrial perteneciente al Instituto de Tecnología de Productos Forestales.*

En cada uno de los procesos, las respuestas de pulpaje evaluadas fueron el rendimiento total clasificado, la cantidad de rechazo y la lignina residual.

Los resultados del estudio permiten confirmar que el poder reductor de la antraquinona favorece la delignificación y junto al metanol actúa como solvente de la lignina degradada, ayudando a disminuir los tiempos de cocción.

Del estudio se concluye que los tratamientos al sulfito alcalino (AS, ASA, ASAM) superan al testigo Kraft en el rendimiento total. No así en el rendimiento clasificado que presenta una situación inversa, en el que Kraft logra mayores valores de rendimiento.

No obstante, hay una tendencia de estos nuevos procesos de pulpaje de alcanzar los rendimientos clasificados de un Kraft industrial.

Palabras Clave: Pulpas, Proceso de pulpaje, Sulfito Alcalino; Procesos AS, ASA, ASAM.

ABSTRACT

General objective of this study was to compare different Sulfite Alkaline processes (AS, ASA, ASAM) as methods of pulp production changing the factor H.

*As raw material **Pinus radiata** chips produced an industrial chipper were utilized.*

The different processes were compared controlling the unscreened yield, screened yield, screened rejects and residual lignin content.

The obtained values confirm the effect of Antraquinone aiding the delignification and, in a mixture with Methanol, helping to diminish the cooking time.

With the Sulfite Alkaline pulping methods (AS, ASA, ASAM) higher unscreened yield as with Kraft were obtained.

The screened yield values obtained with the Alkaline sulfite pulping were lower as those of Kraft.

Keywords: *Pulp, pulp process, Alkaline sulfite; AS, ASA, ASAM processes.*

INTRODUCCIÓN

El aumento progresivo de las normas que intentan proteger el medio ambiente; junto con el interés de las empresas de reducir sus costos energéticos, la alta inversión inicial y la emisión de compuestos azufrados altamente contaminantes del proceso Kraft, ha incentivado el desarrollo de otros procesos, como por ejemplo, los procesos al sulfito.

Una nueva generación de procesos al sulfito aparece en las últimas décadas con el uso de antraquinona y metanol.

Se desarrolla inicialmente el proceso denominado ASA (Sulfito Alcalino Antraquinona). La presencia del catalizador aumenta la velocidad de delignificación, y además, estabiliza las reacciones de degradación de los carbohidratos.

Paralelamente, se estudian los procesos denominados organosolv, en los que se utiliza alcoholes de bajo punto de ebullición (metanol). Este alcohol y la antraquinona poseen las ventajas de ser poco tóxicos y recuperables para su reutilización. El proceso identificado con la sigla ASAM (Sulfito alcalino, Antraquinona, Metanol), es el resultado final de investigaciones de procesos al sulfito y organosolv.

Este estudio está orientado a evaluar, a nivel de laboratorio, los resultados arrojados por tres tipos de procesos al sulfito alcalino: AS, ASA y ASAM; para luego compararlos entre sí y con proceso de pulpaje al sulfato, variando el factor H, este método expresa los tiempos de cocción y temperatura como una variable única, variando el tiempo a temperatura máxima.

OBJETIVOS

El objetivo general del estudio es comparar los diferentes procesos al sulfito (AS, ASA, ASAM) como métodos de producción de pulpas de calidad papelera, variando el factor H:

Los objetivos específicos son evaluar las respuestas del proceso (AS, ASA, ASAM, Kraft), en función del rendimiento total, y clasificado de la pulpa; cantidad de rechazo, y contenido de lignina residual.

MATERIAL Y MÉTODO

Materia Prima

Para los pulpajes se utilizaron astillas de *Pinus radiata* provenientes de un astillador industrial perteneciente al Instituto de Tecnología de Productos Forestales de la universidad Austral de Chile.

Experiencia de Pulpajes

Para llevar a cabo el estudio se realizaron pulpajes AS, ASA, ASAM y Kraft. De acuerdo con los objetivos del estudio, el diseño experimental que se aplicó para cada proceso al sulfito y el testigo Kraft, consideró como variable el factor H. En total se realizaron 16 pulpajes, cuatro por cada proceso.

Las condiciones aplicadas se presentan en los Cuadros 1 al 4.

Cuadro 1
PROCESO AS (SULFITO ALCALINO)

Variable	Condición
Temperatura máxima (°C)	170
Carga de reactivo (% bms, óxido)	25
Tiempo hasta temperatura máxima (min)	90
Temperatura inicial (°C)	80
Factor H	1.582; 2.044; 2.504; 2.965
Relación Licor/madera	4 : 1
Relación Sulfito/NaOH	80/20

Cuadro 2
PROCESO ASA (SULFITO ALCALINO, ANTRAQUINONA)

Variable	Condición
Temperatura máxima (°C)	170
Carga de reactivo (% bes, óxido)	25
Tiempo hasta temperatura máxima (in)	90
Temperatura inicial (°C)	80
Factor H	1.582; 2.044; 2.504; 2.965
Relación Licor/madera	4 : 1
Antraquinona (%bms)	0,1
Relación Sulfito/NaOH	80/20

Cuadro 3

PROCESO ASAM (SULFITO ALCALINO, ANTRAQUINONA, METANOL)

Variable	Condición
Temperatura máxima (°C)	170
Carga de reactivo (% bms, óxido)	25
Tiempo hasta temperatura máxima (min)	90
Temperatura inicial (°C)	80
Factor H	1.582; 2.044; 2.504; 2.965
Relación Licor/madera	4 : 1
Antraquinona (%bms)	0,1
Metanol (%vol)	25
Relación Sulfito/NaOH	80/20

Cuadro 4

PROCESO KRAFT (SULFATO ALCALINO)

Variable	Condición
Temperatura máxima (°C)	170
Alcali activo como óxido	17
Tiempo hasta temperatura máxima (min)	90
Temperatura inicial (°C)	80
Factor H	1.582; 2.044; 2.504; 2.965
Relación Licor/madera	4 : 1
Sulfidez (%)	30

Las respuestas por controlar en la pulpa AS, ASA, ASAM y Kraft fueron: rendimiento clasificado, rendimiento en rechazo y total, contenido de lignina remanente expresado como número Kappa (Tappi T 236 cm-85).

Los resultados obtenidos del estudio planteado se sometieron a un análisis estadístico con el objeto de evaluarlos y posteriormente discutirlos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 están expresados los rendimientos totales de AS, ASA, ASAM y el testigo Kraft. Se puede observar diferencias entre estos procesos.

El primer proceso por desarrollar fue AS que presenta un valor máximo de 77,2% con un factor H de 1.582. A medida que aumenta el tiempo a temperatura máxima, el rendimiento total disminuye por el aumento en las reacciones de delignificación, cayendo progresivamente hasta un 61% con un factor H 2.965.

El alto rendimiento es atribuible a que el sulfito de sodio tiene baja velocidad de reacción, es un proceso comparable a la etapa química de un proceso semiquímico al

sulfito neutro del cual se obtienen altos valores de rendimiento, particularmente dado por la estabilización de las hemicelulosas (KUTTUNEN, VIRKOLA Y YRJALA, 1979).

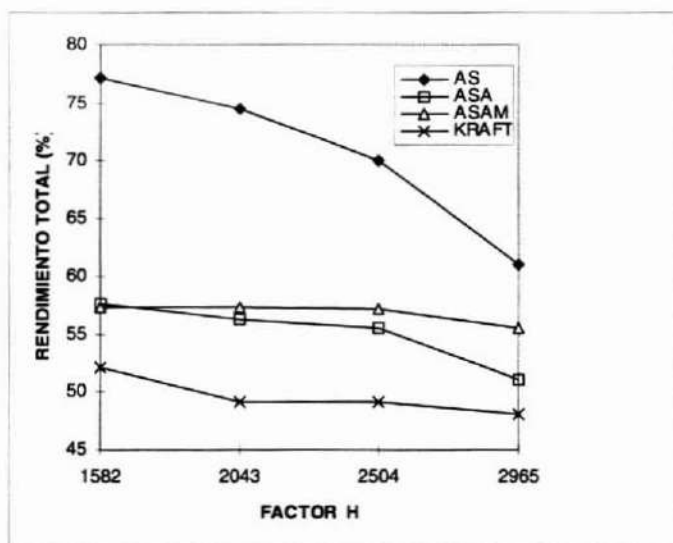


Figura 1. VALORES DE RENDIMIENTO TOTAL PARA LOS PROCESOS (AS, ASA, ASAM Y KRAFT), EN MADERA DE *Pinus radiata*

Se pudo determinar que AS necesita tiempo de cocción prolongados para obtener pulpas más finas. Si el material resultante fuera sometido a una etapa mecánica se obtendría una pulpa utilizable en la manufactura de papeles.

Al agregar antraquinona en el proceso ASA se logra acortar los tiempos de cocción. En la Figura 1, se puede observar que para obtener rendimientos entre 55% y 65% BMS, AS requirió 180 minutos a 170°C; en cambio ASA sólo ocupó 90 minutos a la misma temperatura para obtener igual rendimiento. Además se observa que ASA no sufre una variación muy pronunciada en todo el rango de factor H, si se compara con AS, es decir, hay una tendencia a mantener el rendimiento de las pulpas a medida que avanza la delignificación se ve acentuada con la adición del metanol en el proceso ASAM.

En el caso de ASAM, se determinó que con un factor H de 1.582, el rendimiento total de 57,3% es muy parecido al presentado por ASA, no obstante, la variación es mínima para todo el rango de factor H cubierto, logrando una curva de pendiente casi constante, tendiendo a disminuir con el aumento a temperatura máxima.

NAKANO, DAIMA, HOSOYA, e ISHIZO (1981) determinaron que ASAM es un proceso altamente selectivo en la delignificación, en el que el uso de metanol aumenta el grado de esta reacción, sin que el rendimiento sea afectado.

El proceso KRAFT presentó los valores de rendimiento total más bajo, 52,1% con un factor H de 1.582, para luego disminuir con el aumento de tal factor.

La comparación de procesos anteriormente descrita para el rendimiento total, es coincidente con el análisis de varianza aplicado. Se determinó que AS presenta diferencias significativas al compararlo con los demás procesos, en cambio ASA y ASAM, no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Lo anterior confirma que estos procesos sean considerados como protectores de las hemicelulosas, es decir, que provocan una delignificación más selectiva, reflejando una tendencia más homogénea en los valores de rendimiento total en todo el rango de factor H.

Las Figuras 2 y 3 muestran el rendimiento clasificado y el rechazo de los procesos de los procesos, respectivamente. En este análisis AS no está presente, ya que las pulpas obtenidas sin catalizadores están conformadas por un material con un bajo ataque químico y no pudieron ser desintegradas para lograr diferenciar entre clasificado y rechazo.

En la Figura 2 se presenta el rendimiento clasificado en función del tiempo a temperatura máxima. Se observa una situación inversa a la encontrada en el rendimiento total. ASA presenta el menor valor, 18,8% a un factor H 1.582, para luego subir bruscamente hasta un 42,1% a factor H 2.965. Esto se puede explicar al observar la Figura 3, en la que se presenta el rechazo en función del factor H. También se puede ver una tendencia idéntica, pero inversa al rendimiento clasificado; disminuye el rechazo a medida que aumentan los tiempos a temperatura máxima, es decir, al aumentar el factor H, una parte del rechazo se convierte en clasificado.

En el caso de ASAM, se obtienen mayores valores de rendimiento clasificado y menor rechazo para un mismo factor H, si se compara con ASA. Esta reacción es la esperada, dado que al efecto positivo de la antraquinona se suma el del metanol, que disminuye la tensión superficial y facilita la penetración de los reactivos, aumentando el rendimiento clasificado.

El proceso Kraft presenta la misma tendencia en los rendimientos clasificado y total, esto es que el porcentaje de rechazo es muy bajo, incluso cero.

En general, el rendimiento clasificado aumenta para todo el rango de factor H. Si se compara estos resultados con los de ASA y ASAM, se observa una tendencia a acercarse a los rendimientos clasificados de Kraft. Lo anterior puede entenderse debido a que la acción de la antraquinona y el metanol se orienta a disminuir el porcentaje de rechazo, convirtiendo en clasificado, mediante una aceleración de la velocidad de delignificación por un mecanismo *redox* (LÓPEZ y SOLÍS, 1989).

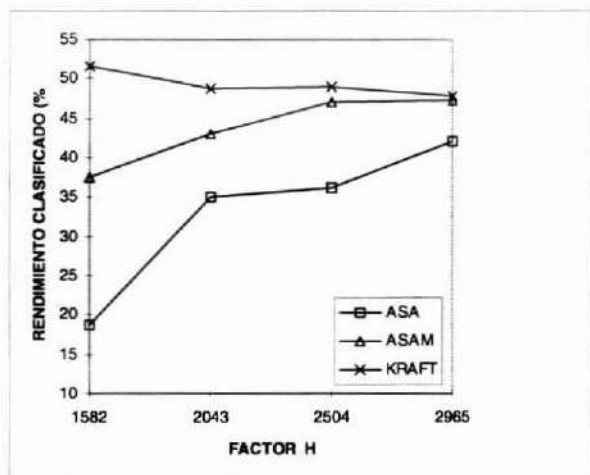


Figura 2. VALORES DE RENDIMIENTO CLASIFICADO PARA LOS PROCESOS (ASA, ASAM Y KRAFT), EN MADERA DE *Pinus radiata*.

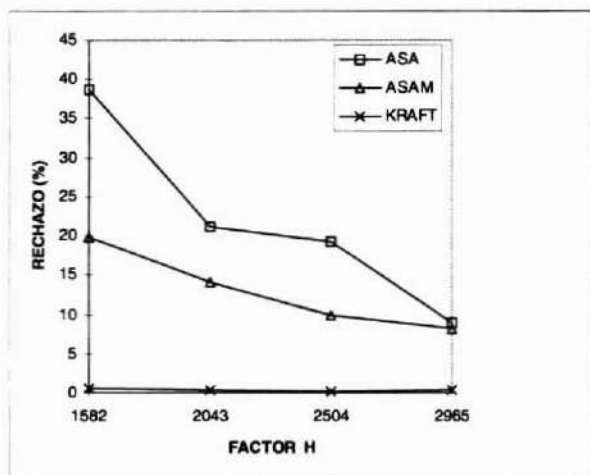


Figura 3. VALORES DE DE RECHAZO PARA LOS PROCESOS (ASA, ASAM Y KRAFT), EN MADERA DE *Pinus radiata*.

En el análisis de varianza realizado para ASA, ASAM y Kraft hubo diferencias significativas al comparar los valores de rechazo. Como se puede ver en la Figura 3, ASA presenta el mayor valor, 38,7%; seguido por ASAM y por último Kraft, en el que el rechazo llega a valores cercanos a cero.

Un análisis de varianza de todas las combinaciones posibles de los procesos en estudio, demostró que no hay una diferencia significativa entre ASA y ASAM, lo anterior se confirmó con el test de Duncan.

La homogeneidad encontrada no es bien expresada por la Figura 3. En ella Kraft presenta una diferencia clara con respecto a ASA y ASAM. Sin embargo, las diferencias de los promedios entre ASA y ASAM no dejan de ser importantes.

Como se menciona anteriormente, la tendencia de estos procesos es a acercarse a un pulpaje Kraft tipo, transformando el rechazo en rendimiento clasificado. ASAM logra este objetivo al estrechar la distancia de sus valores de rendimiento clasificado con los de Kraft; por ello no presentan diferencias significativas entre sí.

Contenido de Lignina residual índice Kappa

Los índices Kappa obtenidos en los diferentes procesos son presentados en la Figura 4. En ella se observa el índice Kappa en función de los tiempos a temperatura máxima, expresado por el factor H.

La menor delignificación, debido a la poca reactividad de los compuestos del licor, la presenta el proceso AS.

Se puede apreciar que mayores tiempos de cocción no afectaron significativamente el contenido de lignina. Un factor H de 1.582 se registró un Kappa de 76,4, obteniéndose un valor final para este índice de 75,5 a un factor H de 2.965.

Sin duda, este es un proceso con un rendimiento relativamente alto, que para ser utilizado en la manufactura de papeles, debería ser sometido a una fase mecánica inicial para cortar las fibras y, luego una fase química. Con eso se lograría una mayor separación de las fibras, similar a lo que ocurre en los procesos semiquímicos.

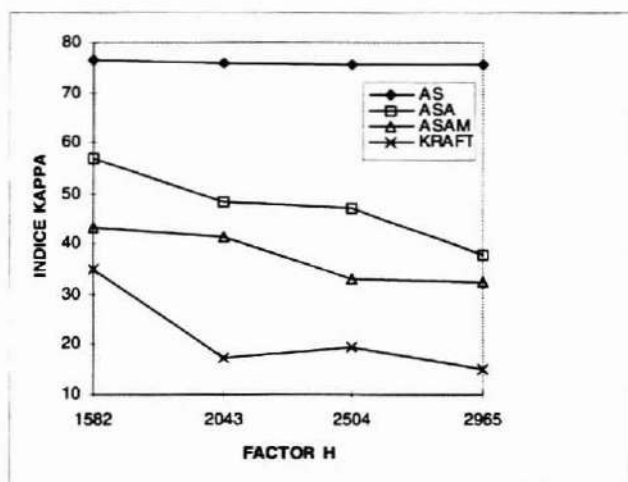


Figura 4. VALORES DE LIGNINA RESIDUAL PARA LOS PROCESOS (ASA, ASAM Y KRAFT), EN MADERA DE *Pinus radiata*.

En comparación al proceso AS, en el ASA la adición de antraquinona manifiesta su poder delignificador al disminuir el índice Kappa de 76,4 a 57,0, para un mismo factor H de 1.582. Lo anterior se traduce en una notable reducción de los tiempos de cocción. Esta baja en el índice Kappa entre AS y ASA está ligada a los rendimientos totales anteriormente descritos.

Es importante tener presente que, a mayor delignificación, menor es el rendimiento de las pulpas. Se puede ver la fuerte variación dentro del mismo proceso ASA a medida que aumentan los valores del factor H. Un índice Kappa de 57,0 a 1.582 en 19,1 puntos al bajar a un índice de 37,9 a un factor H de 2.965.

La aplicación de un segundo catalizador para formar ASAM da origen a una nueva reducción del índice Kappa. A un factor H de 1.582, ASA presenta 57,0, en cambio ASAM logra 43,3. Además, la variación interna de este índice es ASAM es más pequeña que la presentada por ASA, y es igual a 1.076 puntos.

El metanol no tiene un poder de delignificación alto, pero sí es un solvente de la lignina residual (KORDSACHIA, WANDINGENN y PATT, 1993). Sumado esto a los efectos de la antraquinona, se origina una disminución más bien selectiva de la lignina, protegiendo los carbohidratos sin perjudicar los rendimientos. Lo anterior se puede observar en la Figura 1, de Rendimiento total respecto de factor H, en que ASAM muestra rendimientos más altos que ASA.

Hay una tendencia clara de estos procesos de alcanzar los resultados de un proceso Kraft industrial tipo, como el que se ve en la Figura 2. Debe tenerse presente que ASAM, es la última expresión de los procesos al sulfito que tiende a simular el comportamiento de un kraft, sin los perjuicios ecológicos de este último.

El análisis de varianza demostró que hay diferencias significativas en el contenido de lignina residual entre los procesos estudiados, que confirma el test de Duncan respectivo.

Esto es coincidente con los resultados logrados por KORDSACHIA, WANDINGER y PATT (1993). En ese trabajo se pueden ver claras diferencias en el índice Kappa, debido principalmente al efecto de antraquinona y metanol, aplicados como catalizadores.

Los autores citados utilizaron coníferas en sus trabajos, al igual que el presente estudio, ocuparon una relación $\text{Na}_2\text{SO}_3 / \text{NaOH}$ de 80/20, antraquinona en un 0,1% y metanol 25% del volumen considerado para ASAM.

(Sin embargo, la variable temperatura máxima, considerada muy importante, no pudo ser desarrollada).

Los números Kappa 30-35, requeridos en la industria para obtener papeles finos, pueden ser obtenidos con el mismo tiempo de cocción con ASAM y Kraft. No obstante, los pulpajes ASAM requieren de temperaturas más altas, específicamente, sobre 180°C (ZIMMERMANN, PATT y KORDSACHIA, 1991). En la presente investigación sólo se alcanzó 170°C, máxima capacidad de trabajo del digestor empleado.

En la Figura 4 se observa que ASAM alcanza un índice Kappa entre 30 y 35 a factores H de 2.504 y 2.965, en tanto que con el proceso Kraft se requirió de un menor tiempo de cocción. Si se hubiera alcanzado los 180°C, el aumento de la temperatura máxima de 10°C, hubiera duplicado la velocidad de reacción (MELO y PAZ, 1972). Con este aumento de la temperatura máxima, se hubiera estrechado la diferencia entre los resultados de los procesos, siendo mayor el efecto entre ASAM y Kraft.

CONCLUSIONES

Los tres procesos al sulfito alcalino (AS, ASA y ASAM), superan al testigo Kraft en el rendimiento total.

Hay una tendencia a mantener el rendimiento total de las pulpas a medida que aumentan los tiempos a temperatura máxima expresados como factor H en los procesos ASA y ASAM.

Al comparar los tres procesos en un rango de rendimiento total de 55% a 65% bms, se observa que los catalizadores antraquinona y metanol logran acortar los tiempos de cocción.



Las pulpas obtenidas mediante el proceso AS, son difíciles de desintegrar, ya que no alcanzan el punto de liberación de las fibras por lo que no pudo diferenciarse entre rendimiento clasificado y de rechazo.

En el rendimiento clasificado, el proceso al sulfato Kraft supera a los procesos al sulfito alcalino (ASAM y ASA), en todo el rango de factor H utilizado.

A medida que aumentan los tiempos a temperatura máxima, parte del rechazo originado en los procesos ASA y ASAM se convierte en clasificado.

Hay una tendencia de los procesos al sulfito alcalino (ASA y ASAM) de alcanzar los rendimientos clasificados del proceso kraft.

Los nuevos procesos al sulfito alcalino con la adición de catalizadores tienden a alcanzar los niveles de delignificación de un proceso Kraft.

El uso conjunto de antraquinona y metanol en el proceso ASAM, produce una nueva disminución en la lignina residual.

En el proceso ASAM se requieren menores tiempos de cocción que en cualquiera de los otros procesos al sulfito alcalino aplicados, para alcanzar un Kappa entre 30 y 40.

Las diferencias alcanzadas en los valores de rendimiento y en los tiempos de cocción necesarios para lograrlos hubieran sido menores si se pudiese haber trabajado con temperaturas máximas similares.

BIBLIOGRAFÍA

Kettunen, J.; Virkola, N.E.; Yrjala, Y. 1979. The effect of antraquinone on Neutrasulphite and Alkaline Sulphite cooking of pine. Paperi ja Puu. 11: 685-694.

Kordsachia, O; Wandingenn, B and Patt, R. 1993. ASAM Pulping and Chlorine Free Bleaching Eucalyptus. Química & Industria. Marzo N° 1: 31 - 42.

López, J.; Solís, O A. 1989. Pulpa de madera de *Eucalyptus glabulus* al sulfito alcalino en presencia de antraquinona y metanol. Universidad de Concepción. Cuartas Jornadas Técnicas de Celulosa y Papel 1991. Vol 1: 145 - 162.

Melo, R.; Paz, J. 1972. Procesos semiquímicos de pulpaje. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Proyecto Multinacional sobre Pulpa y Papel. universidad de Concepción, Laboratorio de Productos Forestales, Instituto de Investigación Tecnológica, Escuela de Ingeniería. 1972 2v.

Nakano, J.; Daima, H.; Hosaya, S. and Ishizu, A. 1981. Sulfite on Alkali - Methanol cooking. In: The Ekman Days 1981. Int Simp. wood pulp. chem, Stockolm, vol 2: 72 - 77.

Technical Association of the Pulp and Paper. 1989. Tappi Test Methods, Volume one - two.

Wong, A. 1980. Sulphite an option whose time has care again Tappi 63 (4): 53 - 57.

Zimmeermann, M.; Patt, R.; Kordsachia, O. 1991. ASAM pulping of Douglas fir followed by a chlorine - free bleaching sequence. Tappi Journal. November: 129 - 134.



EFECTO DEL PRECALENTAMIENTO EN AGUA SOBRE LA DENSIDAD BÁSICA Y LA CONTRACCIÓN EN COIGÜE *Nothofagus dombeyi*. Rubén A. Ananías, Profesor Asistente, Depto. Ing. Maderas, Facultad Ingeniería, Universidad del Bío-Bío. Casilla 5-C, Concepción, Chile. Marcela Chamorro y Carmen Díaz, Ingenieros Ejecución en Maderas, INFODEMA S.A. Casilla 732, Valdivia, Chile.

RESUMEN

*En este trabajo se analizó el comportamiento de la densidad básica y la contracción de muestras de coigüe *Nothofagus dombeyi* de 30mm x 30mm x 300mm, frente al precalentamiento prolongado en agua caliente.*

El diseño experimental incluyó como factores variables el tiempo de calentamiento en cuatro niveles (4, 8, 12 y 16 días) y la temperatura de calentamiento en tres niveles (40, 75 y 95 °C) y se contemplaron 3 repeticiones por tratamiento. Un lote de muestras sin calentamiento fue utilizado como control.

Los resultados indican que la densidad básica decrece en forma lineal con el tiempo de calentamiento y se detectó más de un 12% de pérdida de la densidad básica con temperatura de calentamiento superior a 75 °C. La contracción total aumentó significativamente con el tiempo de calentamiento y la temperatura debido al mayor colapso en la madera pretratada.

Palabras clave: *Nothofagus dombeyi*; Colapso; Contracción; Densidad; Precalentamiento; Secado; Chile.

ABSTRACT

*We heated samples of chilean coigüe *Nothofagus dombeyi* in water and studied the effect on basic density and shrinkage. Our samples measured 30mm x 30mm x 300mm.*

We used four heating times (4, 8, 12 and 16 days) and three water temperatures (40, 75 and 95 °C), with three replications each and control samples.

Basic density decreased linearly with heating time. There was a 12-percent basic density loss with temperatures 75 °C and higher. Shrinkage increased with heating time and temperature, due to an increase in collapse.

Keywords: *Nothofagus dombeyi*; Collapse; Shrinkage; Density; Preheating; Drying; Chile.

INTRODUCCIÓN

Diversas formas de pretratamientos se han estado empleando para mejorar el comportamiento de la madera aserrada frente al secado y otros procesos de transformación mecánica de la madera, en particular para el coigüe, **Nothofagus dombeyi**, además se persigue homogeneizar el color de la madera. Los fluidos empleados con más frecuencia en los pretratamientos han sido: vapor saturado, agua caliente y ambiente saturado. La temperatura y el tiempo de tratamiento dependen del objetivo perseguido con el pretratamiento.

Evidencias del aumento de la velocidad del secado en madera pretratada con vapor saturado por corto tiempo (2 a 4 horas) han sido reportadas para especies del género **Eucalyptus** y **Nothofagus** (Campbell, 1961; Haslett y Kininmonth, 1986; Alexiou et al., 1990; Chafe y Ananías, 1996). Similar comportamiento de la tasa de secado en red-beech **Nothofagus fusca**, ha mostrado el pretratamiento de 2 horas con agua caliente a 70 °C (Haslett y Kininmonth, 1986) y el eucalipto **Eucalyptus globulus** pretratada por 3 horas en vapor húmedo a 80 °C (Ananías et al., 1995a). Este mejoramiento de la velocidad del secado frente al pretratamiento ha sido asociado a cambios químico-físicos en la madera, por una parte a un efecto de reubicación de las depositaciones de los lúmenes celulares y por otra parte a una leve hidrólisis ácida de la pared celular (Mackay, 1971).

Otra implicancia del pretratamiento, ha sido su efecto sobre las propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de la madera.

Ciertas depositaciones en la pared celular y en las punteaduras de las células de almacenamiento ha sido reportado en duramen de eucalipto **Eucalyptus pilularis** (Alexiou et al., 1990). Adicionalmente se ha observado un mejor comportamiento frente a la recuperación del colapso de **Eucalyptus pilularis** prevaporizada por media hora a 100 °C (Alexiou et al., 1990). También se ha observado un tercio más recuperación del colapso en **Eucalyptus regnans** precalentada en agua hirviendo por 8 minutos (Chafe, 1993), además se ha detectado un menor colapso y mayor propensión a la recuperación del colapso en madera pretratada de **Eucalyptus globulus** (Ananías et al., 1995a).

Se ha encontrado una correlación negativa entre la densidad de la madera y la propensión a las grietas internas y en la recuperación del colapso de la madera pretratada. La misma tendencia es observada para el contenido de humedad inicial y la propensión a las grietas internas de la madera (Chafe, 1994). El excesivo colapso y las grietas internas durante el secado de la madera pretratada, provienen de una leve hidrólisis ácida de la pared celular de las fibras (Mackay, 1971). Los pretratamientos prolongados a temperaturas convencionales, han mostrado evidencias de aumento de la contracción y del colapso en eucalipto **Eucalyptus regnans** (Kauman, 1961), de grado más pronunciado de la calidad de la madera de red-beech **Nothofagus fusca** durante el secado (Haslett y Kininmonth, 1986) y una reducción en las propiedades de resistencia

mecánica en flexión del coigüe **Nothofagus dombeyi** (Ananías et al., 1995b). No obstante, se observó mayor velocidad del secado y un menor índice de defectos de secado del coigüe **Nothofagus dombeyi** precalentado en agua caliente por largo tiempo en el rango de temperatura de 40 a 60 °C (Díaz-Vaz y Poblete, 1991).

En este trabajo se analiza el precalentamiento prolongado en agua de madera verde de coigüe **Nothofagus dombeyi** y su impacto sobre la densidad básica y la contracción del material.

METODOLOGÍA

La madera fue recogida recién aserrada en una planta industrial de la Décima Región de Chile. Se seleccionaron 12 piezas verdes (recién aserradas) de 42 mm x 250 mm x 3600 mm, proveniente de igual número de trozas (árboles). Tales piezas fueron cortadas en muestras de dimensión 30 mm x 30 mm x 300 mm y luego divididas al azar una para cada combinación de temperatura y tiempo.

El plan experimental fue una combinación de 4 tiempos de precalentamiento (4, 8, 12 y 16 días) y tres temperaturas (40, 75 y 95 °C), con tres repeticiones por tratamiento. Un lote de muestras fue dejado sin pretratamiento para control.

El tratamiento fue llevado a cabo en un baño termostático y la temperatura del agua se mantuvo constante agitando el agua en el recipiente. Por cada tratamiento se introdujeron en el baño las muestras verdes para 16 días y luego fueron agregados los lotes de muestras con tiempos menores de tratamiento, hasta el último lote de 4 días. Para mantener el contenido de humedad original (verde) las muestras fueron envueltas en bolsas de polietileno y dejadas en una sala de clima fría, a la espera de su turno de inmersión.

Antes y después de cada precalentamiento fueron medidos los pesos y las dimensiones de las muestras. Posteriormente las muestras fueron acondicionadas en una cámara de clima Heraeus-Votsch a 30 °C y un contenido de humedad de equilibrio de 12%.

En esta condición, cuando la madera alcanzó el peso constante, se midieron nuevamente los pesos y las dimensiones de las muestras. Además se recogieron pequeñas probetas (10 mm arista) para la obtención de cortes en los tres planos de referencia y observar al microscopio electrónico la estructura de la madera. Finalmente todas las muestras fueron secadas en estufa a 103 °C, hasta peso anhidro.

Microfotos de las muestras tomadas fueron obtenidas bajo el microscopio electrónico. Análisis de varianza y de regresión lineal fue realizado para evaluar el efecto del tiempo y de la temperatura del calentamiento sobre la densidad básica y la contracción de la madera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra las microfotografías de la estructura anatómica de la madera de coigüe ensayada. El efecto sobre la anatomía de la madera comienza a evidenciarse a temperaturas de 75 °C y por un tiempo prolongado a 16 días. Por debajo de esta condición no parece presentarse un cambio notable en la composición de las fibras de la madera. Se aprecia, un leve aplastamiento de las células en la dirección tangencial para un pretratamiento de 40 °C y 16 días de inmersión (Figura 1b)

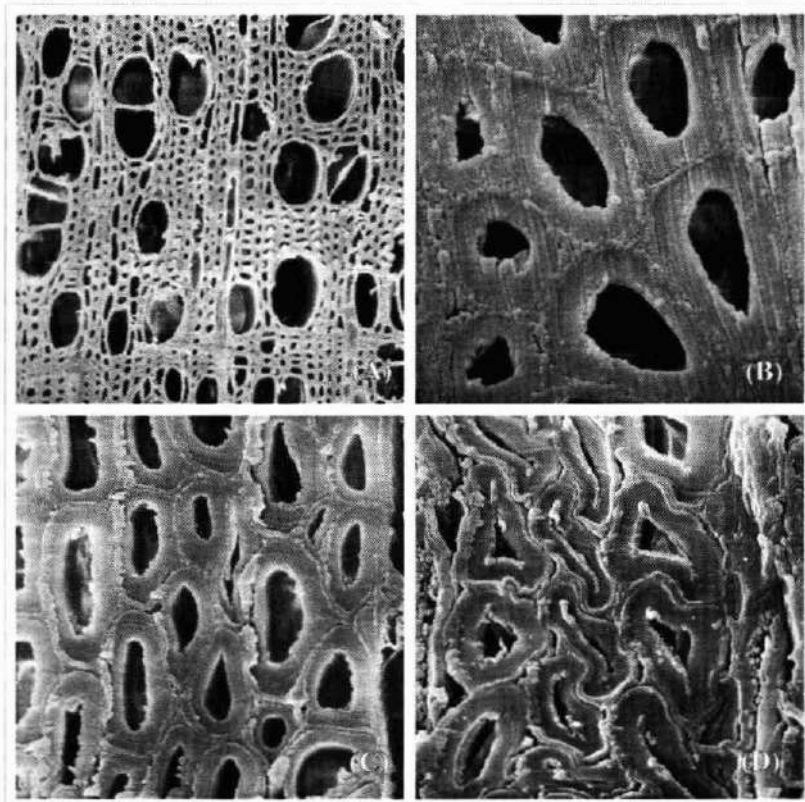


Figura 1. MICROFOTOGRAFÍAS COIGÜE *Nothofagus dombeyi*. (A) SECCIÓN TRANSVERSAL COIGÜE CONTROL (180X); (B) SECCIÓN TRANSVERSAL COIGÜE PRECALENTADO A 40 °C POR 16 DÍAS (2500X); (C) SECCIÓN TRANSVERSAL COIGÜE PRECALENTADO EN AGUA CALIENTE A 75 °C POR 16 DÍAS (800X); (D) SECCIÓN TRANSVERSAL COIGÜE PRECALENTADO EN AGUA CALIENTE A 95 °C POR 12 DÍAS (800X). (FOTOGRAFÍAS:GENTILEZA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN)

Con 75 °C para 16 días se alcanza una importante alteración de los tejidos leñosos (Figura 1c). Ello es manifestado por una degradación a nivel de la lamela compuesta (lamela media más pared primaria). Probablemente el efecto del calentamiento en esta zona sea favorecido por el pequeño espesor de esta lamela, la reducida presencia de microfibrillas de celulosa y la abundancia de lignina en esta región de las fibras. La presencia de agua y temperatura favorece la deformación plástica de la madera. Cuando el precalentamiento es más severo (condición 95°C y 12 días), se observa una deformación intensa de la pared celular, la que es potenciada por la carencia de lamela media compuesta que ha sido degradada enteramente (Figura 1d). En esta condición la madera ha reducido a un cuarto su resistencia mecánica original (Ananías et al., 1995b).

Este comportamiento de la pared celular de las fibras, puede ser atribuido a la degradación térmica de la pared celular de las fibras, similar a lo reportado para el precalentamiento de *Eucalyptus regnans* a temperatura elevada y de larga duración o por alta temperatura de corta duración (Kauman, 1961). Ésta se intensifica en presencia de agua caliente a temperaturas elevadas por tiempos prolongados y con la madera verde. Ello se evidencia cuando la pérdida de la densidad básica fue apreciable a 95 °C y 12 días de inmersión (Figura 2), la densidad básica cayó desde aproximadamente 0,52 g/cm³ en la madera control a 0,46 g/cm³ en la madera pretratada.

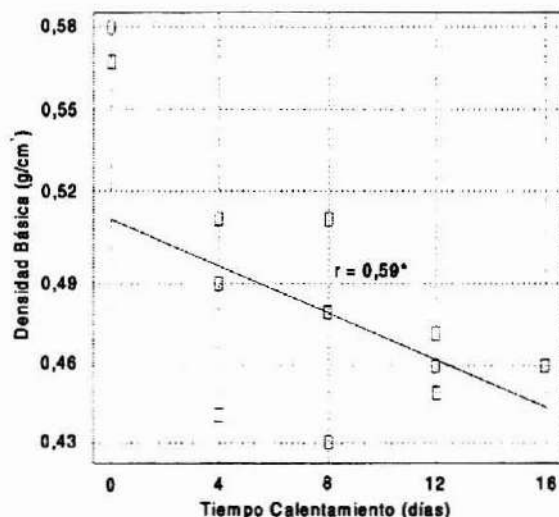


Figura 2. CORRELACIÓN ENTRE DENSIDAD BASICA Y TIEMPO CALENTAMIENTO EN COIGÜE *NOTHOFAGUS DOMBEYI* PRECALENTADO EN AGUA CALIENTE A 95 °C. (r = COEFICIENTE DE CORRELACIÓN; * = CORRELACIÓN SIGNIFICATIVA, SEGÚN T-TEST).

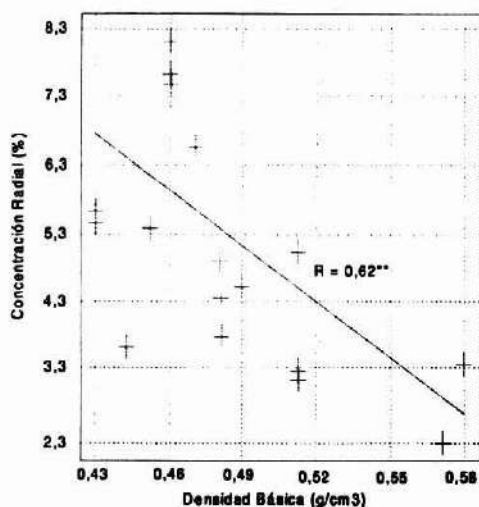


Figura 3. CORRELACIÓN ENTRE CONTRACCIÓN RADIAL Y DENSIDAD BÁSICA EN COIGÜE *Nothofagus dombeyi* PRECALENTADO EN AGUA CALIENTE A 95 °C. (R = COEFICIENTE DE CORRELACIÓN; ** = CORRELACIÓN MUY SIGNIFICATIVA, SEGÚN T-TEST).

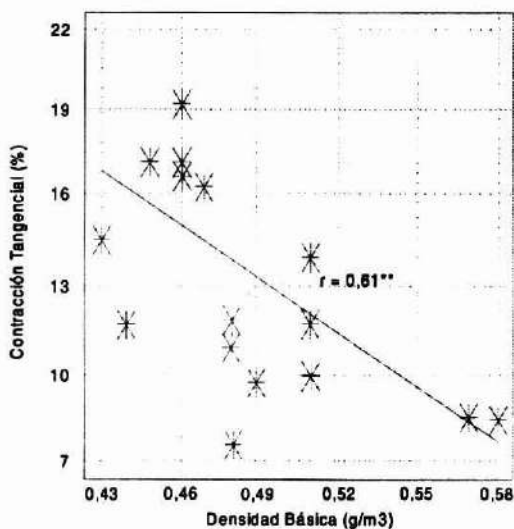


Figura 4. CORRELACIÓN ENTRE CONTRACCIÓN TANGENCIAL Y DENSIDAD BÁSICA EN COIGÜE *Nothofagus dombeyi* PRECALENTADO EN AGUA CALIENTE A 95 °C. (R = COEFICIENTE DE CORRELACIÓN; ** = CORRELACIÓN MUY SIGNIFICATIVA, SEGÚN T-TEST).

Esta disminución en cerca de un 12% de la densidad básica del coigüe, que no es estadísticamente significativa, tal como se aprecia en el Cuadro 1 deviene fundamentalmente de una pérdida de peso de la sustancia leñosa. Tal comportamiento de la densidad básica trae como consecuencia un aumento en la contracción radial (Figura 3) y contracción tangencial (Figura 4).

De acuerdo al Cuadro 1, la temperatura y el tiempo de calentamiento afectan muy significativamente a la contracción radial y tangencial. Por otra parte en las Figuras 5 y 6 se aprecia que el tiempo y la temperatura favorecen los cambios dimensionales de la madera en el sentido radial y tangencial, respectivamente. Este impacto es más notable a temperatura de 75 °C o superior. La madera control alcanza una contracción de 2,9% y 8,4% en dirección radial y tangencial, la cual es mantenida hasta un pretratamiento de 75 °C y 8 días, por más tiempo o incrementando la temperatura la contracción incrementa a 8% y 20% en dirección radial y tangencial a los 95 °C y 16 días de precalentamiento. Este incremento de la contracción total después de los 8 días de ensayo a 75 °C, es ocasionado fundamentalmente por el aumento del colapso de la madera, potenciado por la degradación térmica de la pared celular de las fibras.

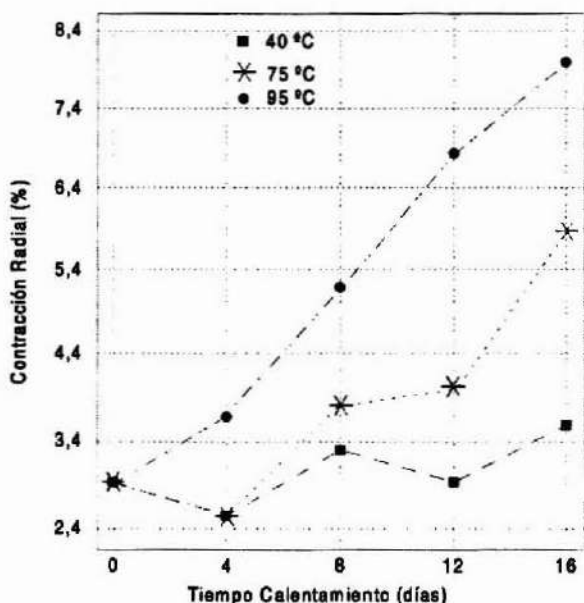


Figura 5. RELACIÓN ENTRE CONTRACCIÓN RADIAL Y TIEMPO CALENTAMIENTO A DISTINTAS TEMPERATURAS EN COIGÜE *Nothofagus dombeyi* PRECALENTADO EN AGUA CALIENTE.

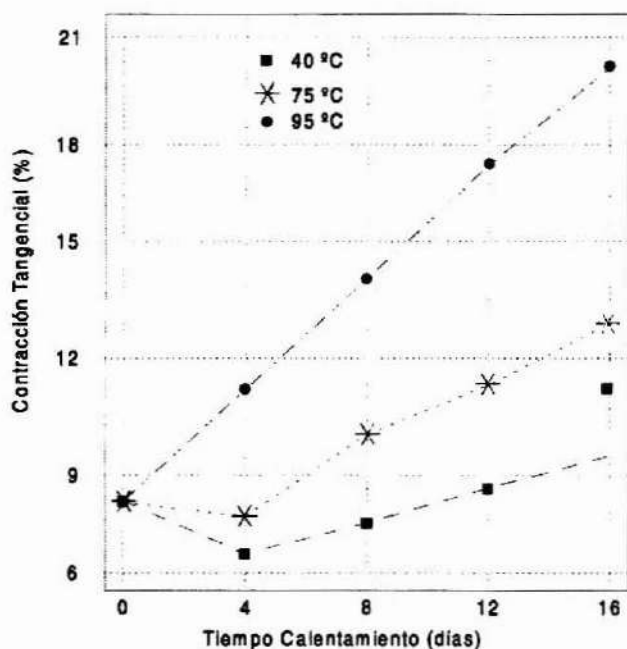


Figura 6. RELACIÓN ENTRE CONTRACCIÓN TANGENCIAL Y TIEMPO DE CALENTAMIENTO A DISTINTAS TEMPERATURAS EN COIGÜE *Nothofagus dombeyi* PRECALENTADO EN AGUA CALIENTE.

Cuadro 1

VALORES DE PROBABILIDAD (P-VALUE) SEGÚN ANÁLISIS DE VARIANZA (F-TEST).

Factor	Densidad Básica	Contracción	
		Radial	Tangencial
Tiempo	NS	0,030	0,0010
Temperatura	NS	0,008	0,0002

P-value<0,05 implica diferencia significativa.

P-value<0,01 implica diferencia muy significativa.

NS= No Significativa.

CONCLUSIONES

El precalentamiento prolongado en agua caliente a 75 °C aumenta significativamente la contracción total radial y tangencial del coigüe. Este incremento se debe a una degradación térmica de la lamela media compuesta en la pared celular de las fibras, lo que favorece el colapso de la madera.

La densidad básica disminuye pero no significativamente, con el precalentamiento prolongado en agua caliente del coigüe. Tal disminución es ocasionada por la pérdida de peso de la sustancia leñosa debido a la degradación de la lamela media compuesta en la pared celular de las fibras.

REFERENCIAS

- Alexiou, P.N.; Wilkins, A.P.; Hartley, J. 1990.** Effect of Presteamng on Drying Rate, Wood Anatomy and Shrinkage of Regrowth *Eucalyptus pilularis*. Wood Sci. Technol. 24:103-110.
- Ananías, R.A.; Espinoza, L.; Kauman, W.G. 1995a.** Preheating of Chilean *Eucalyptus globulus*. Holzforschung 49(2):179-181.
- Ananías, R.A.; Chamorro, C.; Díaz, C. 1995b.** Some Effects of Heating Chilean Coigüe in Water. Poster IUFRO XX World Congress, Tampere, Finland.
- Campbell, G.S. 1961.** The Value of Presteamng for Drying some Susceptible Eucalypts. Forest Prod. J. 11(8):343-347.
- Chafe, S.C.; Ananías, R.A. 1996.** Effect of Presteamng on Moisture Loss and Internal Checking in High-Temperature-Dried Boards of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus regnans*. J. Inst. Wood Science (in press).
- Chafe, S.C. 1994.** Preheating Green Boards of *Eucalyptus regnans*. II Relationships amongst Properties. Holzforschung 48(2):163-167.
- Chafe, S.C. 1993.** The Effect of Boiling on Shrinkage, Collapse and other Wood-Water Properties in Core Segments of *Eucalyptus regnans*. Wood Sci. Technol. 27:205-217.
- Chafe, S.C. 1990.** Effect of Brief Presteamng on Shrinkage, Collapse and other Wood Water Relationships in *Eucalyptus regnans*. Wood Sci. Technol. 24:311-326.
- Díaz-Vaz, J.E.; Poblete, H. 1991.** Inmersión en Agua de Madera Aserrada de Coigüe. Actas VII Reunión Investigación en Productos Forestales 1:241-259. Valdivia, Chile.
- Haslett, A.,N.; Kininmonth, J.A. 1986.** Pretreatments to Hasten the Drying of *Nothofagus fusca*. New Zealand J. Forestry Sci. 16(2):237-246.
- Kauman, W.G. 1961.** Effect of Thermal Degradation on Shrinkage and Collapse of Wood from 3 Australian Species. Forest Prod. J. 11(9):445-452.
- Mackay, J.F. 1971.** Influence of Steaming on Water Vapor Diffusion in Hardwoods. Wood Sci. 16:48-56.

ESTUDIO DE RALEO Y PODA EN PLANTACIONES DE *Pinus ponderosa*, XI REGIÓN DE AYSÉN. (Resultados Preliminares). Raúl Morales Agoni, Ingeniero Forestal y José Luis Canala-Echeverría Vergara, Técnico Forestal. Instituto Forestal, Baquedano 645, Coyhaique. Chile.

RESUMEN

*En 1994, el Instituto Forestal en la región de Aysén, estableció parcelas experimentales de poda y raleo en plantaciones de *Pinus ponderosa* de 12 y 24 años en los predios Miralejos y en la Reserva Nacional Coyhaique, sector Laguna Verde.*

Se analiza las respuestas de 5 tipos de tratamientos de raleo (raleo suave 800 arb/ha, raleo medio 600 y 400 arb/ha, raleo intenso 200 arb/ha y una parcela testigo sin intervención), cuya unidad de control fue el número de árboles a dejar en pie.

Los resultados obtenidos a la edad de dos años después de realizar las intervenciones no son concluyentes, sino que marcan tendencias de crecimiento que se traducen en un aumento en los incrementos de las variables medidas, reduciendo de esta manera la edad de rotación de las plantaciones.

Palabras clave: *Pinus Ponderosa, XI Región, Raleo, Poda.*

ABSTRACT

*In 1994, Instituto Forestal in Aysen, established experimental plots of thinning and pruning in planting areas forested with *Pinus ponderosa* 12 and 24 years ago.*

Five different types of thinning procedures were applied.

After two years the results are not conclusive, but they rather marked tendencies of growth in height, diameter and basal area, and in this way decreasing ponderosa pine forest harvesting time, of the planting areas.

Keywords: *Pinus Ponderosa, 11th Region, Thinning, Pruning.*

INTRODUCCIÓN

En la XI Región de Aysén se han forestado alrededor de 30.000 hectáreas utilizando una gran variedad de especies propias de las zonas frías del hemisferio norte, tales como **Pinus ponderosa**, **Pseudotsuga menziesii**, **Pinus contorta**, **Pinus silvestris**, **Betula pendula**, **Larix decidua**, **Larix kaempheri**, **Alnus nigra**, etc.

Las especies que han demostrado una mayor adaptabilidad a la zona, en términos de incrementos, son pino ponderosa, pino oregón, pino contorta y larix. De las otras especies, en general no existen antecedentes que permitan evaluar su comportamiento en la Región.

Las principales características que presentan las plantaciones antiguas de la zona son un buen prendimiento y una alta densidad inicial, originada en forestaciones con objetivos de protección, el alto número de árboles por hectárea se mantiene incluso después de 20 años por la baja mortalidad natural. Otra característica importante es que estas plantaciones no han sido manejadas, se han desarrollado naturalmente sin intervenciones silvícolas.

La falta de manejo en plantaciones forestales, se ha traducido en una reducción de los incrementos volumétricos posibles de obtener en un período determinado, existiendo en la actualidad una excesiva proporción de árboles delgados y calidad deficiente.

A raíz de lo anteriormente señalado, el Instituto Forestal (INFOR) Sede Coyhaique, se encuentra desarrollando un amplio proyecto de "Investigación y Desarrollo de Plantaciones Forestales Industriales en la XI Región", financiado por FONDEF.

Como línea específica de esta Investigación INFOR, durante 1994, instaló ensayos de "**Técnicas de Manejo en Plantaciones de Pinus ponderosa**", cuyo principal objetivo es el de poder determinar las intensidades de raleo, poda y fertilización más adecuadas para estas especies, desde el punto de vista silvícola y económico.

Este documento corresponde a una segunda etapa de la investigación, y analiza las respuestas observadas en dos rodales de **Pinus ponderosa**, a dos años de realizadas las intervenciones en función de su crecimiento expresado como área basal, diámetro y altura promedios para el período indicado.

METODOLOGÍA

Los aspectos relacionados con la metodología, selección de las áreas de ensayo, la distribución y delimitación de las parcelas como la ejecución de los tratamientos se encuentran descritos en el documento "Estudios de Raleo en Plantaciones de **Pseudotsuga menziesii** y **Pinus ponderosa**", Etapa de Establecimiento de los Ensayos. (INFOR, 1994).

Se describen a continuación los aspectos más relevantes de los ensayos y la metodología en las mediciones y cálculos posteriores.

Para los efectos de este estudio, se consideraron dos sitios de características edáficas y climáticas diferentes: Sitio 1, sector Villa Ortega, predio Miralejos ; y Sitio 2, sector Coyhaique, Reserva Nacional Coyhaique.

Descripción de los Tratamientos y Unidad Experimental

Tratamientos de Raleo

Los ensayos de raleo propuestos, consideran como variable de control, el número de árboles por hectárea a dejar en pie.

Los tratamientos ensayados son :

- 1.- Parcela Testigo: sin intervención , con un tamaño de parcela 600m² (30m x 20m).
- 2.- Raleo suave : 800 arb/ha con una parcela de 600m² (30m x 20m).
- 3.- Raleo medio : 600 arb/ha cuya parcela es de 900 m² (30m x 30m).
- 4.- Raleo medio : 400 arb/ha, con un tamaño de parcela de 900m² (30m x 30m).
- 5.- Raleo intenso : 200 arb/ha, con un tamaño de parcela de 1600m² (40m x 40m).

Tratamiento de Poda

Todos los árboles seleccionados se podaron, utilizando como criterio de poda, la eliminación de todas las ramas secas del árbol o la corta de las ramas verdes en un 50% de la altura total.

Unidad Experimental

Se establecieron parcelas semicuadradas (trapezoidales) como unidad experimental, de superficie variable, dependiendo del tratamiento, de las condiciones del terreno y de la plantación. Las parcelas individuales fueron rodeadas de una faja de aislamiento de 10 m de ancho.

El tamaño de las parcelas varió según el tratamiento, con la finalidad que el número absoluto de árboles por parcela, post-tratamiento, no sea inferior a 25 árboles.

Medición de las Parcelas

En cada parcela se efectuaron mediciones antes y después de realizar las intervenciones. En cada acción se registraron las siguientes variables:

- DAP con corteza a todos los árboles vivos, con huincha diamétrica y precisión de un milímetro.
- Altura total en metros de una sub muestra de 5 árboles. Se utilizó una vara telescópica.

Posterior a los raleos los ensayos han sido medidos en dos ocasiones, (Cuadro 1).

Cuadro 1
FECHAS DE INSTALACIÓN Y CONTROL

Predio	Fecha de Instalación	Fecha Control N°1	Fecha Control N°2	Variables Medidas
Miralejos	Noviembre 1994	Abril 1995	Junio 1996	DAP Altura
Reserva Nac. Coyhaique	Agosto 1994	Abril 1995	Septiembre 1996	DAP Altura

Tratamiento de los Datos

Las mediciones de las parcelas de raleo fueron calculadas y tabuladas en función de una distribución diamétrica y expresadas en términos de densidad y área basal. Dado que se aplicó un criterio de individualizar árboles a dejar y a extraer, se determinó esta información antes y con posterioridad a las de intervenciones de raleo.

Los resultados de los respectivos ensayos individuales se promediaron, proporcionando valores medios de densidad, área basal, DAP y altura, para cada uno de los sitios.

Metodología de Cálculos

Se generaron y compararon tablas de rodal por hectárea para los diferentes tratamientos antes de los raleos, después del primer período vegetativo y después del segundo período vegetativo post tratamiento, respectivamente.

Las observaciones de cada parcela se agruparon en clases diamétricas con intervalos de 2 cm asignándole el valor central como DAP promedio de los árboles incluidos en cada una de ellas.

Las alturas promedio, se calcularon en función de una sub muestra de 5 árboles dentro de cada parcela.

Además se calcularon incrementos corrientes para el período post tratamiento para las variables altura, DAP y área basal entre las dos mediciones efectuadas.

RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados preliminares de mayor interés para lograr una visión objetiva de la situación encontrada en los diferentes sitios, a distintas intensidades de manejo, luego de dos años después de haber realizado las intervenciones, segregadas por sitio de ensayo.

Sitio 1, Predio Miralejos

Se eligió un rodal de 12 años de edad, homogéneo en cuanto a las condiciones de plantación, en función de la estructura y desarrollo, con especial énfasis en la densidad y distribución espacial de los árboles, y que no tuviese intervenciones previas de raleo y además fuese representativo del sector a estudiar.

El sitio seleccionado corresponde al sector Villa Ortega, predio Miralejos. Este se encuentra ubicado a 37 km al norte de la ciudad de Coyhaique por el camino Longitudinal Austral.

En este sitio se establecieron un total de 4 parcelas experimentales 1 de 1600 m², 1 de 900 m², 2 de 600 m². De estas parcelas, una fue dejada como testigo. En las tres restantes se aplicaron diferentes intensidades de raleo, dejando como densidades finales; 400 arb/ha, 600 arb/ha y 800 arb/ha (Cuadro 2).

Cuadro 2
SUPERFICIES Y TRATAMIENTOS POR PARCELA

Parcela N°	Superficie (m ²)	Tratamiento (Arb/ha)
1	1600	400
2	900	600
3	600	800
4	600	Testigo

En los siguientes cuadros se presenta el número de árboles por hectárea, altura y DAP promedio y área basal, para cada tratamiento antes de realizar las intervenciones y con posterioridad. En el Cuadro 6 se presenta, en forma resumida, los resultados obtenidos en relación a las variables medidas.

Cuadro 3
DENSIDAD, ALTURA, DIÁMETRO Y ÁREA BASAL (INICIAL) NOVIEMBRE 1994

Parcela N°	N° de árboles por ha	Altura promedio (m)	Diámetro promedio (cm)	Área Basal (m ² /ha)
1	2037,5	5,8	9,6	15,74
2	1644,4	5,4	10,9	16,21
3	2066,7	5,3	10,4	19,34
4	1686,3	5,2	12,7	20,79

Cuadro 4
DENSIDAD, ALTURA, DIÁMETRO Y ÁREA BASAL (CONTROL N°1) ABRIL 1995

Parcela N°	N° de árboles por ha	Altura promedio (m)	Diámetro promedio (cm)	Área Basal (m ² /ha)
1	450	4,8	14,2	7,25
2	578	5,1	13,7	8,75
3	983,3	5,3	13,7	14,95
4	1.633,3	5,2	12,7	20,79

Cuadro 5
DENSIDAD, ALTURA, DIÁMETRO, ÁREA BASAL (CONTROL N° 2) JUNIO 1996

Parcela N°	N° de árboles por ha	Altura promedio (m)	Diámetro promedio (cm)	Área Basal (m ² /ha)
1	450	5,2	15,6	8,75
2	578	5,8	15,0	10,45
3	983,3	5,9	15,1	17,85
4	1.633,3	5,6	13,8	24,75

Cuadro 6
CUADRO RESUMEN DE PARCELAS ENSAYO DE PODA Y RALEO EN *Pino ponderosa*. PREDIO MIRALEJOS

Parcela N°	Tratamiento Arb. a dejar por ha	N° Arb/ha			Altura promedio				Diámetro promedio				Área basal						
		Inicial	Cont. 1	Cont. 2	Inicial (m)	Cont. 1 (m)	Cont. 2 (m)	I.C. (%)	Inicial (cm)	Cont. 1 (cm)	Cont. 2 (cm)	I.C. (%)	Inicial (m ² /ha)	Cont. 1 (m ² /ha)	Cont. 2 (m ² /ha)	I.C. (%)	I.C. (%)		
1	400	2.037,5	450	450	5,8	4,8	5,2	0,4	8,3	9,6	14,2	15,6	1,4	9,9	15,74	7,25	8,75	1,5	20,7
3	800	2.066,7	983,3	983,3	5,3	5,3	5,9	0,6	11,3	10,4	13,7	15,1	1,4	10,2	19,34	14,95	17,85	2,9	19,4
4	Testigo	1.686,3	1.633,3	1.633,3	5,2	5,2	5,6	0,4	7,7	12,7	12,7	13,8	1,1	8,7	20,79	20,79	24,75	3,9	19

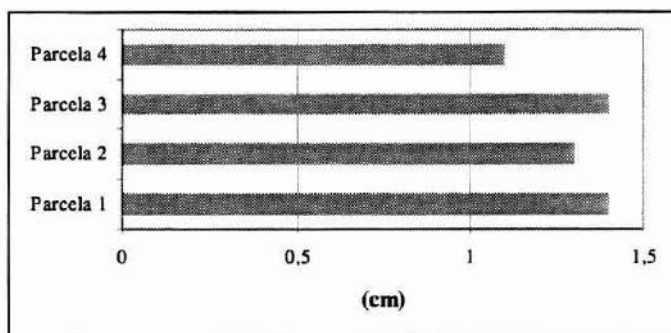


Figura 1. INCREMENTO DIÁMETRO PROMEDIO EN (cm) PREDIO MIRALEJOS

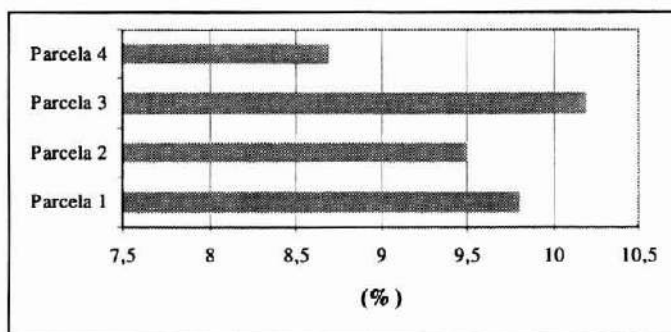


Figura 2. INCREMENTO DIÁMETRO PROMEDIO EN (%) PREDIO MIRALEJOS

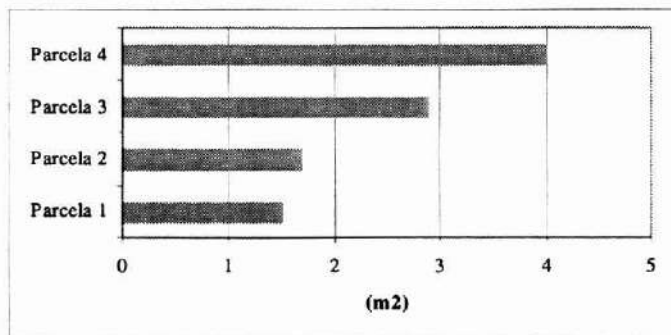


Figura 3. INCREMENTO ÁREA BASAL EN (m²) PREDIO MIRALEJOS

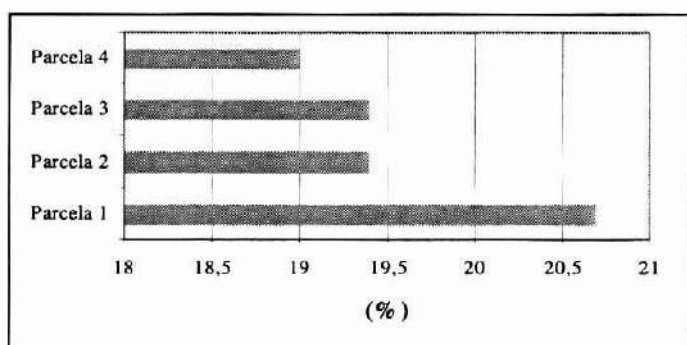


Figura 4. INCREMENTO ÁREA BASAL EN (%) PREDIO MIRALEJOS

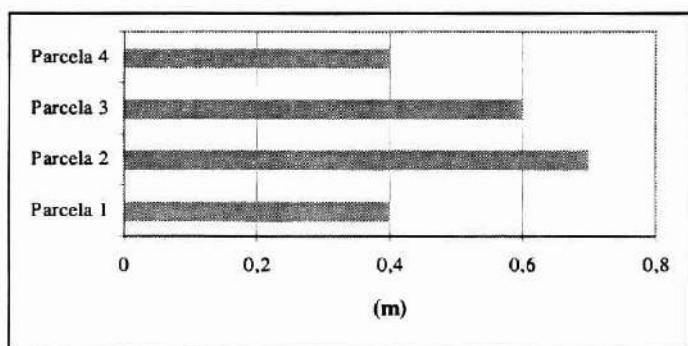


Figura 5. INCREMENTO ALTURA PROMEDIO EN (m) PREDIO MIRALEJOS

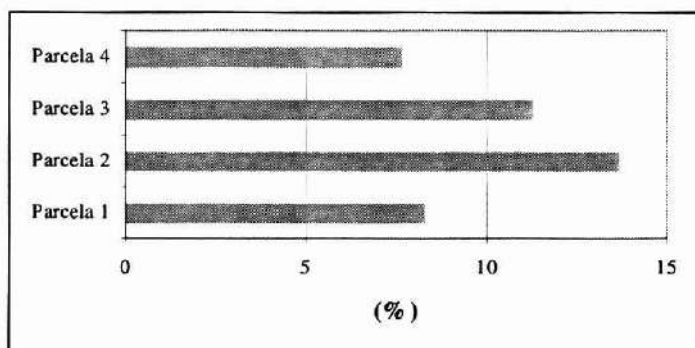


Figura 6. INCREMENTO ALTURA PROMEDIO EN (%) PREDIO MIRALEJOS

Análisis de Resultados

El análisis de los resultados se concentra en los incrementos medidos en el lapso comprendido entre Abril de 1995 y Junio de 1996, cubren sólo un período vegetativo y no se analiza mayormente la situación anterior ya que los resultados están sesgados por la etapa de establecimiento.

La altura total promedio al control N°2 varía entre 5,2 m y 5,9 m, siendo ésta mayor en la parcela N°3 con 5,9 m, en cambio si se comparan los incrementos, existe una marcada diferencia en cuanto al incremento corriente de las parcelas intervenidas con respecto a la testigo, destacándose las parcelas N°2 y N°3 donde los tratamientos correspondieron a 600 arb/ha y 800 arb/ha a dejar en pie, los incrementos promedios del período fueron de 0,7 m y 0,6 m, respectivamente. La parcela testigo muestra un incremento de sólo 0,4 m (Cuadro 6).

El incremento corriente porcentual de las alturas promedios por parcela, varía entre 7,7% y 13,7% verificándose un mayor incremento porcentual en la parcela con el tratamiento de 600 árboles por hectárea con 13,7% de incremento. El menor incremento porcentual en altura con respecto a la situación inicial, se midió en la parcela testigo 7,7%. (Cuadro 6 y Figura 3).

Como se puede apreciar en el Cuadro 6 el DAP promedio fluctuó entre 15,6 cm y 13,8 cm, siendo este mayor en la parcela N°1, cuyo tratamiento es de 400 arb/ha. Al analizar los incrementos respecto al control anterior, se observa una diferencia entre las parcelas N°1, N°2 y N°3 con incrementos corrientes de 1,4 cm, 1,3 cm y 1,4 cm, respectivamente frente a la parcela testigo (N°4) que creció 1,1 cm en el período.

Las áreas basales por hectárea de cada parcela presentan una homogeneidad en incrementos porcentuales. Ellos se encuentran alrededor de un 19%, sin embargo, la parcela N° 1 es la que presenta un mayor incremento con un 20,7%. La parcela sin intervención presenta el menor incremento con un 19%. (Cuadro 6 y Figura 2).

La evaluación y comparación se realiza con respecto a los incrementos observados en sólo un período vegetativo, no obstante todas las variables medidas dan como resultado incrementos mayores para las parcelas intervenidas y menores en las parcelas testigos, probablemente después de haber transcurrido dos años de efectuados los raleos se empiezan a observar las respuestas a los tratamientos.

En evaluaciones futuras deberían observarse diferencias de crecimientos más marcadas entre los tratamientos con la parcela testigo y también diferencias entre los tratamientos.

Sitio 2, Reserva Nacional Coyhaique

Fue seleccionado un rodal de 24 años de edad, homogéneo en cuanto a su composición y distribución, no raleado previamente. El sitio elegido corresponde al denominado Laguna Verde de la Reserva Nacional Coyhaique, ubicada a 10 km de la ciudad de Coyhaique.

En este sector se establecieron 5 parcelas experimentales de superficies; 1.600m², 900 m², y tres de 600m². De éstas , al igual que en el sector anterior, una fue dejada como testigo. En las cuatro restantes se aplicaron diferentes intensidades de raleo como densidad final se dejaron : 200 arb/ha, 600 arb/ha y dos de 800 arb/ha (Cuadro 7)

Cuadro 7
SUPERFICIES Y TRATAMIENTO POR PARCELA

Nº Parcela	Superficie (m ²)	Tratamiento (arb/ha)
1	600	800
2	900	600
3	1.600	200
4	600	Testigo
5	600	800

En los Cuadros 8, 9 y 10 se encuentran resumidos por parcela el número de árboles por hectárea, altura, DAP y área basal promedio antes y después de realizar las intervenciones de manejo.

En el Cuadro 11 se resumen los principales resultados obtenidos.

Cuadro 8
DENSIDAD, ALTURA, DAP Y ÁREA BASAL (INICIAL) AGOSTO 1994

Parcela Nº	Nº de árboles por ha	Altura promedio (m)	Diámetro promedio (cm)	Área Basal (m ² /ha)
1	2.583	9,7	19,9	83,71
2	1.833	9,9	21,4	66,82
3	1.962	10,8	21,1	71,02
4	2.033	10,0	22,1	81,19
5	1.633	9,7	22,6	57,12

Cuadro 9

DENSIDAD, ALTURA, DAP Y ÁREA BASAL (CONTROL N°1) ABRIL 1995

Parcela N°	N° de árboles por ha	Altura promedio (m)	Diámetro promedio (cm)	Área Basal (m ² /ha)
1	816	9,1	23,2	35,24
2	600	8,8	23,6	27,04
3	250	9,7	25,0	12,44
4	2.033	10,0	22,1	81,19
5	800	7,2	23,0	34,11

Cuadro 10

DENSIDAD, ALTURA, DAP, ÁREA BASAL (CONTROL N°2) SEPTIEMBRE 1996

Parcela N°	N° de árboles por ha	Altura promedio (m)	Diámetro promedio (cm)	Área Basal (m ² /ha)
1	816	10,1	24,6	39,43
2	600	9,4	25,1	30,41
3	250	11,1	26,4	13,79
4	2.033	10,3	23,1	85,59
5	800	8,4	24,0	37,33

Cuadro 11

CUADRO RESUMEN DE PARCELAS ENSAYO DE RALEO Y PODA EN *Pino ponderosa*. RESERVA NACIONAL COYHAIQUE

Par. N°	Trat. Arb. a Dejar x ha	N° Arb/ha			Altura promedio					Diámetro promedio					Área Basal				
		Ini.	Cont. 1	Cont. 2	Ini (m)	Cont. 1 (m)	Cont. 2 (m)	I.C. (m)	I.C. (%)	Ini (cm)	Cont. 1 (cm)	Cont. 2 (cm)	I.C. (cm)	I.C. (%)	Ini (m ²)	Cont. 1 (m ² /ha)	Cont. 2 (m ² /ha)	I.C. (m ² /ha)	I.C. (%)
1	800	2.583	816	816	9,7	9,1	10,1	1	11	19,9	23,2	24,6	1,4	6,0	83,71	35,24	39,43	4,19	11,9
2	600	1.833	600	600	9,9	8,8	9,4	0,6	6,8	21,4	23,6	25,1	1,5	6,4	66,82	27,04	30,41	3,37	12,5
3	200	1.962	250	250	10,8	9,7	11,1	1,4	14,4	21,1	25,0	26,4	1,4	5,6	71,02	12,44	13,79	1,36	10,8
4	Teatigo	2.033	203	2.033	10	10	10,3	0,3	3	22,1	22,1	23,1	1,0	4,5	81,19	81,19	85,59	4,4	5,4
5	800	1.833	800	800	9,7	7,2	8,4	1,2	16,7	22,6	23,0	24,0	1,0	4,5	57,12	34,11	37,33	3,22	9,4

I.C. = Incremento corriente en (%), (cm), (m) y (m²)

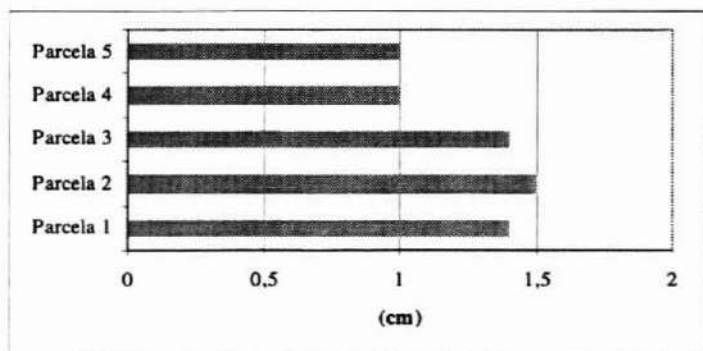


Figura 7. INCREMENTO DIÁMETRO PROMEDIO EN (cm) RESERVA NACIONAL COYHAIQUE

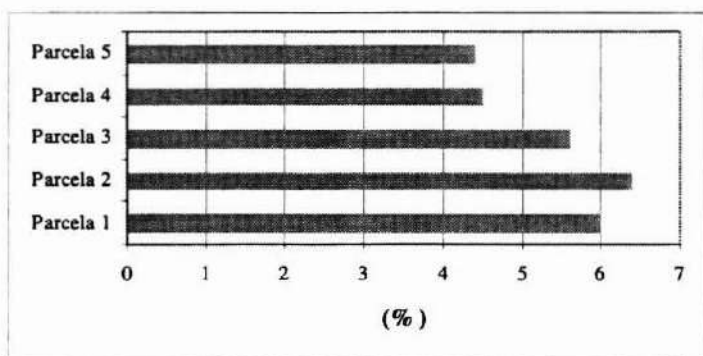


Figura 8. INCREMENTO DIÁMETRO PROMEDIO EN (%) RESERVA NACIONAL COYHAIQUE

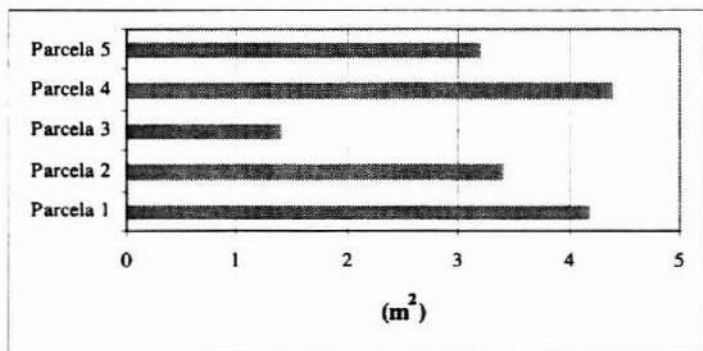


Figura 9. INCREMENTO ÁREA BASAL EN (m²) RESERVA NACIONAL COYHAIQUE

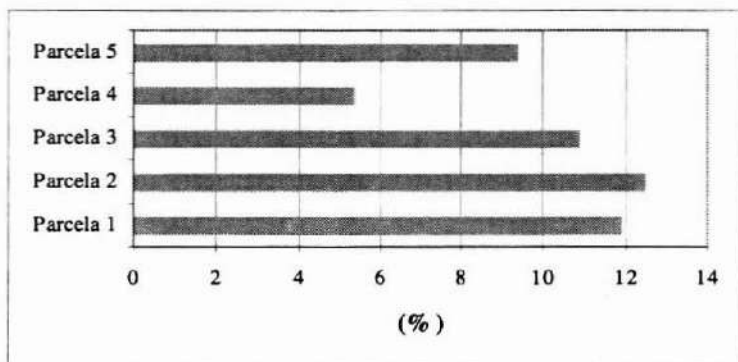


Figura 10. INCREMENTO ÁREA BASAL EN (%) RESERVA NACIONAL COYHAIQUE

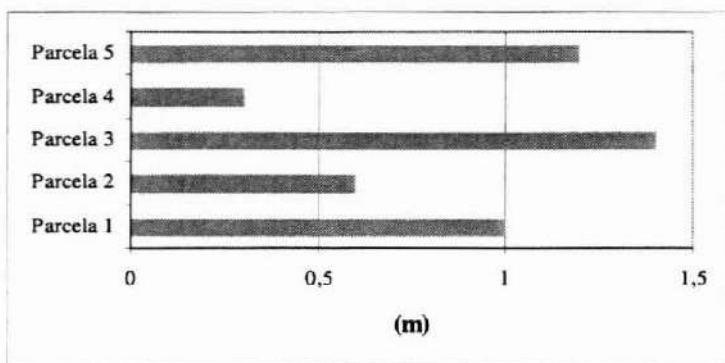


Figura 11. INCREMENTO ALTURA PROMEDIO EN (m) RESERVA NACIONAL COYHAIQUE

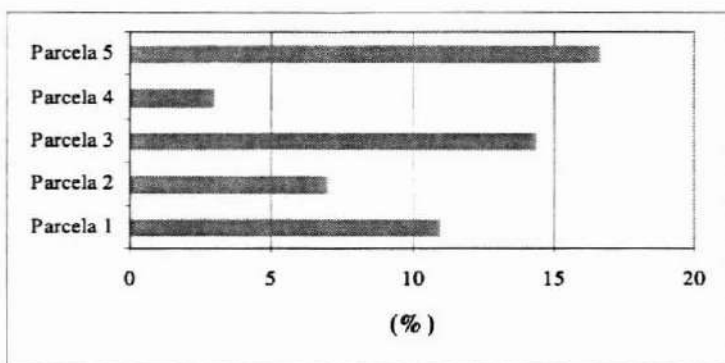


Figura 12. INCREMENTO ALTURA PROMEDIO EN (%) RESERVA NACIONAL COYHAIQUE

Análisis de Resultados

La variable altura promedio varió de 11,1 m a 8,1 m, siendo la parcela N°3 con un tratamiento de 200 arb/ha la que obtuvo el mayor crecimiento con 11,1 m, mientras que la parcela que obtuvo el menor crecimiento corresponde a la N°5 con 8,4 m. Al comparar los incrementos corrientes del período 1995 - 1996, se puede decir que no hubo una tendencia clara, el mayor incremento lo obtuvo la parcela N°3 con 1,4 metros. (Cuadro 11).

Para el DAP promedio, se observan pequeñas diferencias de las parcelas respecto a la parcela testigo. Este varió entre 23,1 cm (parcela N°4) y 26,4 cm (parcela N°3). Los incrementos corrientes para esta variable, muestran un mayor incremento en la parcela N°2 con 1,5 cm, mientras que para la parcela testigo (N°4) el incremento alcanzó a 1 cm.

La áreas basales por hectárea, presentan una tendencia clara, la de aumentar sus crecimientos porcentuales considerablemente en las parcelas N°1, N°2 y N°3, con 11,9%, 12,5% y 10,8%, respectivamente, mientras que las parcelas que presentaron el menor incremento se encuentran la N°4 (testigo) con un 5,4% y la N°5 con un 9,4%. (Cuadro 11).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a la fecha en este estudio son preliminares, sin embargo, proporcionan antecedentes que permiten destacar ciertas diferencias en el desarrollo de rodales de **Pinus ponderosa** en la región. Se hace necesario, por lo tanto, continuar la investigación y evaluación de las áreas de ensayo establecidas, a fin de obtener conclusiones de validez general, considerando tanto aspectos silvícolas como económicos.

Al comparar las distintas respuestas a los tratamientos en ambos predios, se observan diferencias en cuanto al porcentaje de incremento en sus diámetros y áreas basales promedios, siendo éstos mayores en el predio Miralejos. Esto se puede atribuir a las diferencias de edad de los rodales al momento de ser intervenidos, lo que hace suponer que intervenciones más tempranas, a los 12 años, producen una mayor respuesta en crecimiento, que intervenciones a los 24 años.

Si se analizan las respuestas experimentadas en cada sitio, no existe aún una tendencia clara que manifieste algún grado de significación de los tratamientos respecto a las parcelas testigo, aunque éstas siempre presentan los menores incrementos.

Al proyectarse las tasas de crecimiento en diámetro en ambos predios, de 1,4 cm/año para el predio Miralejos y de 1,5 cm/año en la Reserva Nacional Coyhaique con la edad

actual de estos rodales se podría pensar en una edad de rotación de 30 y 37 años, respectivamente, para un diámetro objetivo de 40 cm.

Si las plantaciones jóvenes de *Pinus ponderosa* son manejadas en el momento adecuado, y se logra mantener las tasas de crecimiento observadas después de las intervenciones, 1,4 y 1,5 cm anuales en diámetro, las rotaciones serían sólo de 30 años.

REFERENCIAS

INFOR. 1994. Estudio de Raleo en Plantaciones de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) y pino ponderosa (*Pinus ponderosa*). Etapa de Instalación de Ensayos.

VIBRACIÓN Y RUIDO EN VACÍO DE SIERRAS CIRCULARES COMERCIALES. Víctor Poblete, Jorge P. Arenas, E. Millar. Instituto de Acústica, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile. R. Ríos. I.M.P.T., Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile.

INTRODUCCIÓN

Los estudios relacionados a sierras circulares han venido publicándose continuamente hasta hoy desde hace casi cinco décadas (Foyster, 1947). De estos estudios ha surgido una base de información que permite esperar mejores condiciones de operación y trabajo, en aserraderos e industrias en los que se utilizan estas herramientas.

Hoy existen respuestas para aquellos problemas de vibraciones en una sierra circular en rotación. Se pueden prevenir por medio de una apropiada fabricación de alta calidad, un buen mantenimiento y montaje, en que se eviten velocidades críticas de rotación y se empleen collarines grandes y bien construidos.

En materia de ruido en vacío producido por una sierra circular se han descrito explícitamente dos mecanismos de radiación. Uno debido a una respuesta forzada o resonante de la sierra, y otro causado por la interacción del aire turbulento y el área periférica de la sierra. Se habla muchas veces de ruido aerodinámico para referirse exclusivamente al ruido asociado a una sierra en vacío, esto es, rotando libremente en su plano, excluyendo la respuesta resonante.

El sonido de tono puro radiado por una sierra resonante se ha vinculado directamente a los modos naturales de vibrar de la sierra. Esta relación se puede ilustrar al comparar un espectro de vibración y un espectro de ruido para una sierra resonante en vacío.

El ruido aerodinámico se caracteriza en su espectro de frecuencia por un "peak" relativamente ancho con una frecuencia central que crece al subir la velocidad de rotación.

En la literatura existente sobre este tema, se ha llegado a establecer que el modelo de fuente de ruido aerodinámico es dependiente de un exponente de la velocidad periférica de la sierra. El Nivel de Presión Sonora debiera aumentar teóricamente 18 dB por cada duplicación de la velocidad de rotación. El modelo idealizado de fuente de ruido depende del diseño de la sierra, incluyendo la geometría de los dientes. La desviación de la ley teórica de 18 dB por cada duplicación, es atribuida a la especificación de la fuente de sonido y del receptor. Esto es, si el tamaño de la fuente es grande o pequeño, comparado con la longitud de onda del sonido en cuestión.

Si es pequeño, tiene sentido imaginar que el sonido viene desde una fuente y considerar las características de la fuente. Pero, si la región de fuentes no es pequeña comparada con la longitud de onda, existe la probabilidad que efectos de difracción, los cuales determinan que el acoplamiento de la fuente al sonido radiado, sea tan importante que ellos dominen el problema. Es probable que este sea el caso, en aspectos fundamentales del ruido de sierras circulares. Los exponentes de la velocidad periférica reportados en la literatura se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1
VARIACIÓN DEL EXPONENTE N DE LA VELOCIDAD PERIFÉRICA

Referencia	Exponente n
Bies, 1992	5,25
Cho & Mote, Jr., 1979	4,9 - 6,0
Stewart, 1978	5,6
Martin & Bies, 1992	4,9 - 5,5
Mote, Jr. & Zhu, 1984	5,37
D'Angelo III et al., 1985	4,9 - 5,6
Leu & Mote, Jr., 1984	4,65 - 6,0
Reiter & Keltie, 1976	5,0 - 5,6

En el presente trabajo, la dificultad lógica asociada a realizar comparaciones experimentales con más de un parámetro en sierras circulares disponibles comercialmente, condujo a seleccionar un grupo de trece diferentes sierras circulares, típicas de uso comercial. A tres de éstas se les modificó su geometría en taller, en orden a poder obtener un conjunto más amplio de sierras y de esta manera evaluar experimentalmente mayores alternativas de diseño. La sierra en operación normal, por supuesto, vibrará y aquella vibración es importante al momento de establecer el nivel y carácter del sonido. Por esta razón no se amortiguó ninguna de las sierra de prueba utilizadas.

El estudio de las vibraciones se realizó con el propósito de medir las frecuencias naturales en sierras estacionarias y las frecuencias resonantes en sierras rotatorias. Con ellas se intentó poder establecer relaciones entre los parámetros geométricos y de operación. Finalmente, algo importante que observar en casi la gran mayoría de estos estudios, es que sus hipótesis han sido puestas a prueba en discos circulares con cortes en la periferia, sierras artificiales con contorno en forma de espiral y empleando variados modelos de dientes y grandes espesores de las sierras. Sin embargo, estos resultados obtenidos pueden no llegar a ser aplicables a cualquier sierra real. Además, en Chile no se fabrican sierras circulares, todas son importadas, cualquier posibilidad de modificar aspectos de las sierras es descartado inicialmente. Como usuarios y no como fabricantes, se realizó una investigación con el objetivo de estudiar las fuentes de ruido que producen contaminación acústica en sierras circulares comerciales disponibles en el comercio

local. Se desarrollaron experimentos de vibración y de ruido, en una cámara anecoica diseñada y construida exclusivamente para este trabajo, sobre un conjunto de sierras clasificadas en grupos de acuerdo a su diámetro, espesor, número de dientes, altura de dientes y área de dientes.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es analizar los mecanismos generadores de ruido en sierras circulares en vacío. Para clarificar las fuentes fundamentales de ruido, se desarrollaron experimentos de vibración y de ruido en una cámara anecoica que permite suponer condiciones de campo libre, es decir, un medio en el cual todas las paredes absorben la energía sonora incidente, no permitiendo al sonido reflejado interferir en el campo acústico directo emitido por la sierra circular en vacío. Esta condición fue válida en todo el rango de frecuencias a medir.

MATERIAL Y MÉTODO

Para desarrollar las mediciones de vibraciones y de ruido emitidos por una sierra circular en vacío, fue necesario contar con dos condiciones mínimas que les dieran validez:

- 1) Condiciones de campo libre. Esto es un medio libre de reflexiones, de tal manera que todas las mediciones correspondan al sonido directo emitido por la fuente de ruido, y no a una superposición del sonido directo y el reflejado por las superficies adyacentes.
- 2) Condición de bajo nivel de ruido de fondo. Esto se refiere a un medio donde el ruido medido no sea afectado por otras fuentes secundarias produciendo interferencia en las mediciones.

Con estos requerimientos se diseñó un laboratorio para llevar a cabo las mediciones. Éste consistió en una cámara anecoica, un motor de velocidad variable, un convertidor de frecuencia que conectado a un motor eléctrico permite variar la velocidad del motor en un rango determinado, transductores para recepcionar las señales acústicas y vibratorias, un sistema de adquisición de datos por medio de una tarjeta conectada a un computador personal y un programa de análisis.

Las dimensiones de la cámara anecoica fueron 2,5 m x 3,0 m x 2,2 m. El material absorbente interno de la cámara anecoica, compuesto de cuñas de espuma flexible de poliuretano, eliminó el sonido reverberante por encima de una frecuencia de corte de 160 Hz, aproximadamente. Fuera de esta cámara se ubicó el motor eléctrico para minimizar su contribución al ruido interior de la sala. Un eje portasierras se introdujo a la cámara

anecoica por medio de un filtro cilíndrico plástico, concéntrico al eje. Este eje permitió unir el motor eléctrico al extremo donde se ubicó cada sierra circular. Las sierras se fijaron en el eje mediante dos anillos rígidos llamados habitualmente, collarines. Las mediciones acústicas se desarrollaron por medio de un micrófono de condensador de diámetro 12,7 mm (Brüel & Kjaer). Las posiciones en las cuales se ubicó el micrófono de medición se muestran en la figura 1. La vibración de las sierras se midió con un transductor de desplazamiento de no contacto fijo al piso de la sala. Este transductor permaneció cercano a la superficie de la sierra a una distancia constante de 1,5 mm, aproximadamente. Las señales de vibración y ruido fueron digitalizadas por un tarjeta conversora A/D y procesadas por una tarjeta DSP instalada en el computador personal. La señal captada por el micrófono fue ingresada a un sonómetro (Brüel & Kjaer) y luego de la salida AC de éste, la señal se envió a la tarjeta A/D, para su posterior proceso de análisis.

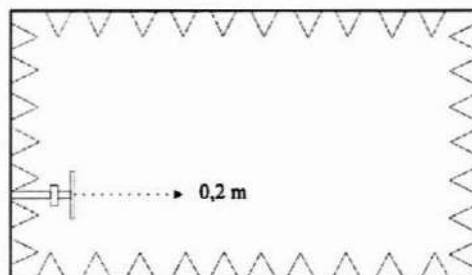
En los Cuadros 2 y 3, son resumidas las características geométricas de cada una de las sierras y los grupos de estudio. Las velocidades a las cuales fueron probadas estas sierras variaron entre 1.000 rpm hasta 3.000 rpm, aproximadamente. Esto corresponde a un rango de velocidad periférica del orden de 10-52 m/s, dependiendo del radio de las sierras. Así, las sierras fueron evaluadas en un rango de velocidades de operación encontradas en la práctica.

Cuadro 2
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS SIERRAS CIRCULARES

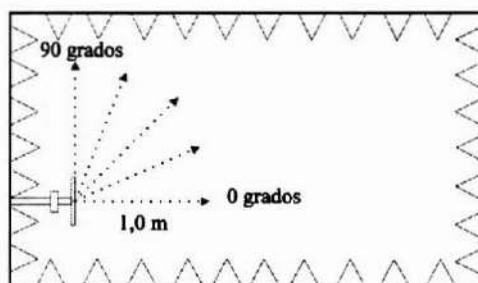
Sierra	Diámetro mm	Espesor mm	No de dientes	Altura dientes mm	Área dientes $\times 10^5 \text{ mm}^2$
A	350	1,80	80	8,4	4,5
B	200	1,75	72	7,3	2,8
C	307	2,75	80	6,8	3,4
D	184	1,35	200	1,9	0,2
E	184	1,35	150	2,2	0,3
F	184	1,35	150	1,8	0,3
G	184	1,35	40	8,5	6,1
H	229	2,00	28	7,0	8,4
I	229	2,75	28	5,2	9,6
J	229	2,0	28	12,0	15,8
K	235	2,75	16	4,8	16,8
L	235	2,75	30	4,8	10,0
M	235	1,25	100	4,8	1,5

Cuadro 3
CLASIFICACIÓN POR GRUPO DE SIERRAS

Grupo	Sierras	Característica en común
1	A, B, C	Geometría de dientes
2	D, E, F, G	Diámetro
3	H, I, J	Número de dientes
4	K, L, M	Altura de dientes



(a)



(b)

Figura 1. POSICIONES EN LAS CUALES SE UBICÓ EL MICRÓFONO DE MEDICIÓN. (a) MEDICIÓN DE NIVEL DE PRESIÓN SONORA, (b) MEDICIÓN DE DIRECCIONALIDAD A INTERVALOS DE 10 GRADOS.

RESULTADOS

Los resultados experimentales de los valores de frecuencias naturales muestran que los parámetros geométricos, diámetros, espesores, altura de dientes y área de los dientes, condicionan los modos de vibrar y sus frecuencias naturales. Las sierras con mayores diámetros se excitaron hasta el vigésimo modo, aproximadamente (sierras A y M). En las sierras más pequeñas, la excitación no sobrepasó del undécimo modo (sierras B, D, E, F, G). Las frecuencias naturales se relacionaron fuertemente con el diámetro correspondiente. Se pudo notar una dependencia inversa entre las frecuencias naturales

de las sierras y los diámetros, es decir, a medida que aumentó el diámetro disminuyeron los valores de las frecuencias naturales. En las sierras D, E, F, y G, los valores de las frecuencias naturales aumentaron con la altura de los dientes. En las sierras K, L y M los valores de las frecuencias naturales mostraron un aumento proporcional al espesor. Comparadas sólo las sierras K y L los valores de las frecuencias naturales resultaron ser independientes del número de dientes, hasta los tres primeros modos.

De los espectros obtenidos durante los ensayos de sierras giratorias, pudo apreciarse pares de frecuencias resonantes, es decir, dos frecuencias "peaks" muy próximas una de la otra, correspondientes a los distintos modos de vibrar. Interesante fue observar el distanciamiento entre los pares de frecuencias resonantes producto de la velocidad de giro. Comparadas estas frecuencias en pares, con los valores de las frecuencias naturales correspondientes, se encontró que ellas en un determinado modo de vibrar, se distanciaban uniformemente, aumentando y disminuyendo en frecuencia, respecto de su valor de la frecuencia natural. Estos pares de frecuencias resonantes mostraron un comportamiento lineal con la velocidad de rotación. Una de las componentes del par, aumentó proporcionalmente con la velocidad, mientras que la otra lo hizo en forma inversa. De acuerdo a estos resultados y conforme a la literatura existente, estas frecuencias corresponderían a las frecuencias de dos ondas generadas por la rotación, las cuales se trasladarían en sentidos a favor de la rotación y en el sentido opuesto. La figura 2 muestra estos resultados para la sierra Y.

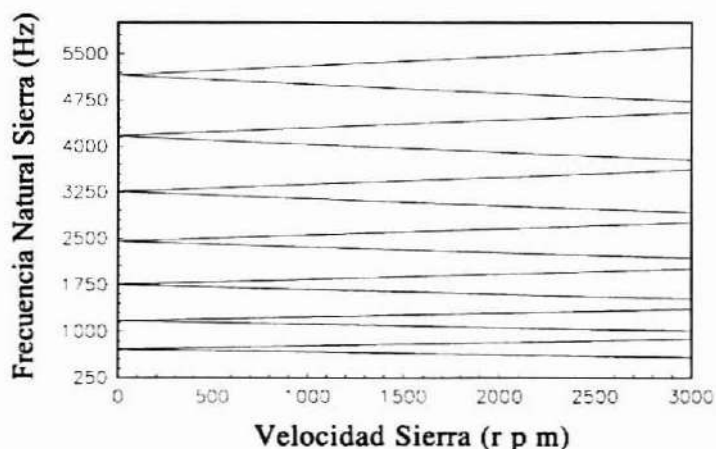


Figura 2. EFECTO DE LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN (rpm) SOBRE LA FRECUENCIA NATURAL DE VIBRACIÓN (ESTACIONARIA) CORRESPONDIENTE A LA SIERRA I.

A partir de las mediciones de ruido se pudo establecer que la velocidad de rotación es el parámetro más importante que afecta la radiación de sonido. Los parámetros de diseño de la sierra como número de dientes, altura del diente, diámetro y área del diente están relacionados directamente con los valores de presión sonora fluctuantes.

Sin embargo, su contribución al ruido total no resultó ser tan significativo como el aumento en Nivel de Presión Sonora por duplicación de la velocidad de rotación (rpm). Se pudo confirmar la variación del Nivel de Presión Sonora (dB), de acuerdo a un exponente de la velocidad periférica de borde (m/s). Estos exponentes de la velocidad periférica fluctuaron entre 4,04 y 5,52, aproximadamente. Esto produjo aumentos de 12,2 dB a 16,6 dB en los Niveles de Presión Sonora, por duplicación de la velocidad periférica. La figura 3 muestra estos resultados para las diferentes sierras por grupo.

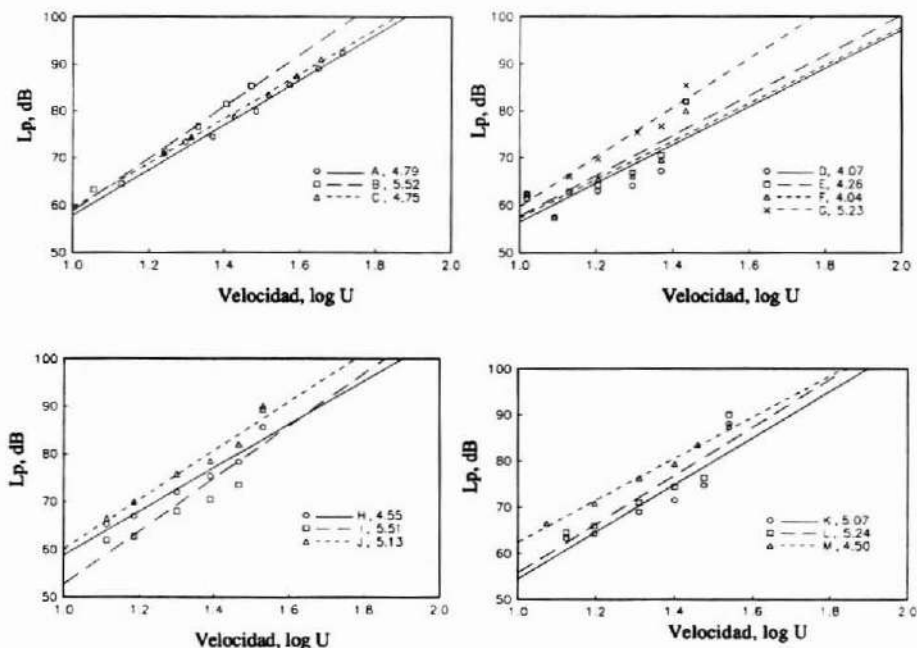


Figura 3. NIVEL DE PRESIÓN SONORA, L_p , dB - VELOCIDAD PERIFÉRICA, U , $\log U$, PARA LAS DIFERENTES SIERRAS POR GRUPOS.

En la figura 4 (a), se observa que para sierras con igual geometría de dientes, pero diferentes diámetros, el Nivel de Presión Sonora, L_p , crece a medida que aumenta el diámetro. En la figura 4 (b), se puede ver el efecto del aumento del área de los dientes

sobre L_p . Este grupo de sierras con igual diámetro, donde las sierras D, E, F tuvieron dientes con áreas muy pequeñas comparadas con el área de la sierra G, muestra un claro aumento de Nivel de la sierra G por sobre las demás.

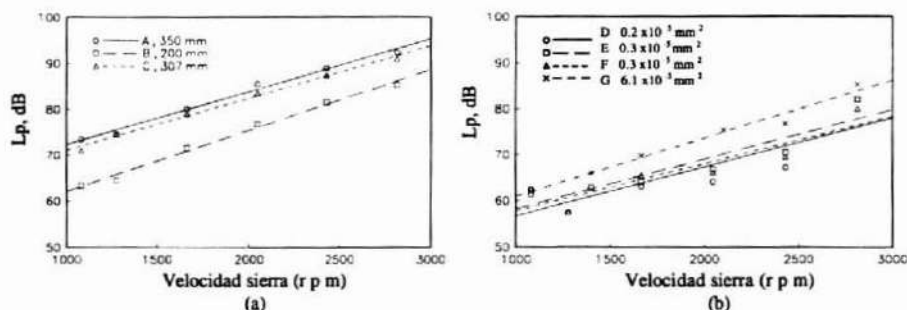


Figura 4. (a) EFECTO DEL DIÁMETRO SOBRE L_p . (b) EFECTO DEL ÁREA DE LOS DIENTES SOBRE L_p .

En la figura 5 (a), es posible notar la influencia de la altura de los dientes sobre el Nivel de Presión Sonora L_p . Para las sierras H, I, J con igual diámetro e igual número de dientes, se observa que a medida que crece la altura va aumentando también L_p . El efecto del aumento del número de dientes sobre el Nivel de Presión Sonora, L_p , es claramente visto en la figura 5 (b). En ella se aprecia un crecimiento del Nivel a medida que aumenta el número de dientes. Las sierras K, L, M tuvieron igual diámetro e igual altura de dientes. El espectro del sonido radiado por las sierras en vacío, tendió a ser angosto sobre una frecuencia "peak" característica. La figura 6 ejemplifica esto para la sierra I. Experimentalmente se pudo comprobar que la frecuencia "peak" resultó ser numéricamente igual a una constante por la velocidad rotacional de la sierra en revoluciones por minuto (rpm). Para las sierras B, C, G, I, J, K y L, estas constantes resultaron ser: B= 0,72; C= 0,7; G= 0,85; I= 0,34; J= 0,95; K= 0,8; y L = 0,58. Esta constante es directamente proporcional al diámetro e inversamente proporcional al espesor. Para las sierras B y K, la Figura 7 muestra que las frecuencias acústicas características resultaron ser proporcionales a la velocidad periférica e inversamente proporcional al espesor.

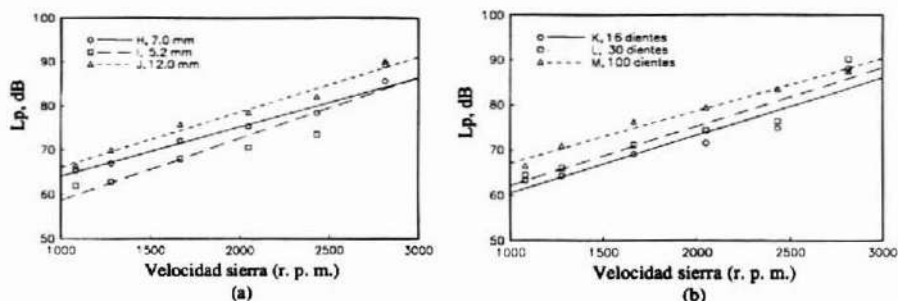


Figura 5. (a) EFECTO DE LA ALTURA DE LOS DIENTES SOBRE L_p . (b) EFECTO DEL NÚMERO DE DIENTES SOBRE L_p .

La distribución direccional del campo acústico se midió a diferentes velocidades para todas las sierras. Se pudo observar mínimos de Nivel de Presión sonora L_p , en el plano de rotación de la sierra, y máximos de L_p , en la dirección del eje de la sierra. No se apreciaron diferencias importantes entre las diferentes sierras, lo que demuestra que la distribución direccional del campo acústico no es dependiente del tamaño de la sierra, del número de dientes, del área de los dientes, y tampoco de la altura.

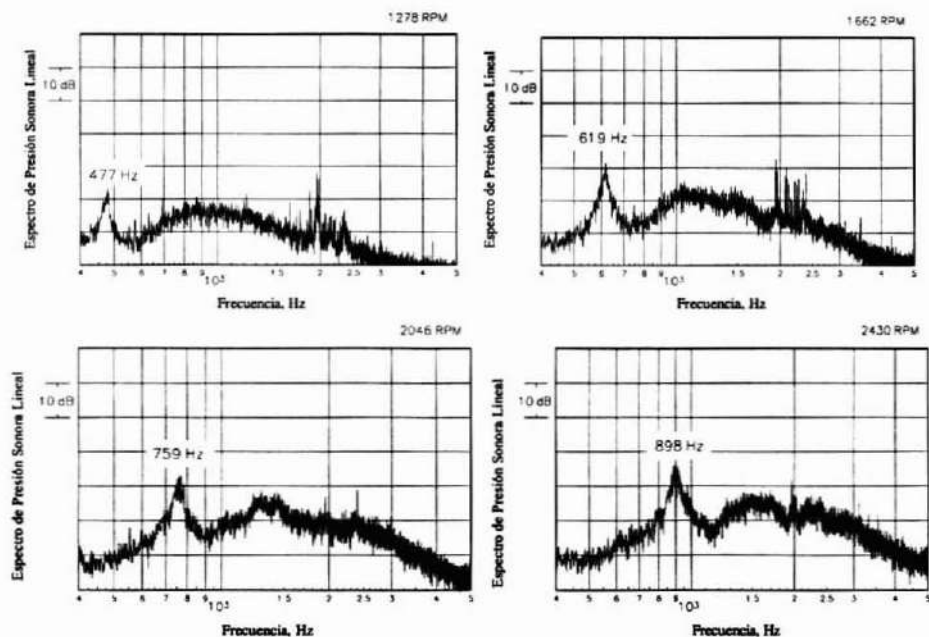


Figura 6. CONTENIDO ESPECTRAL DEL CAMPO SONORO RADIADO POR LA SIERRA I.

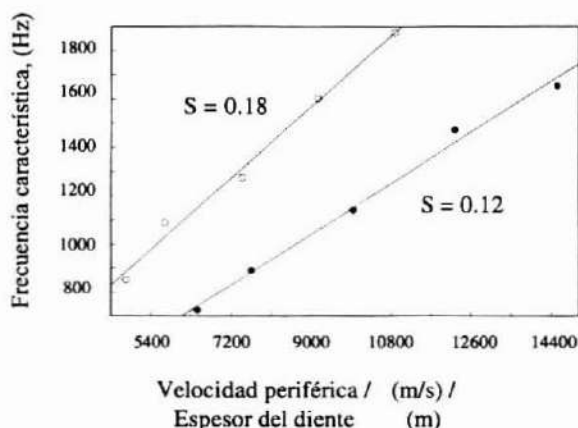


Figura 7. FRECUENCIAS ACÚSTICAS CARACTERÍSTICAS DEL ESPECTRO SONORO RADIADO POR LAS SIERRAS B Y K. PARA SIERRA B, $S = 0,12$, Y PARA SIERRA K, $S = 0,18$. S ES LA CONSTANTE DE PROPORCIONALIDAD, COMÚNMENTE REFERIDA COMO NÚMERO DE STROUHAL.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los principales resultados de este trabajo demuestran que la velocidad de rotación de la sierra es el parámetro que afecta fundamentalmente la radiación de sonido. Durante la rotación las frecuencias naturales comenzaron a dividirse en dos frecuencias de resonancia, las que fueron aumentando linealmente con la velocidad de rotación. Se pudo observar que la presión sonora fluctuante depende de la geometría de los dientes, de su, y de la altura y área de ellos. Estos resultados experimentales están corroborando el tipo de modelo de fuente teórica que describe la literatura. El campo sonoro está siendo generado por fuentes acústicas de presión puntuales dipolares. Los patrones de direccionalidad, la dependencia de la velocidad y los espectros lineales, están sugiriendo radiación sonora dipolar. La ley de proporcionalidad característica de exponente 6 (seis) para la velocidad periférica de borde, varió entre los valores 4,04 a 5,52. La dependencia angular de la distribución del campo acústico con mínimo sobre el plano de la sierra y máximo en la dirección del eje confirma una característica dipolar de radiación sonora. La supuesta relación lineal entre la frecuencia "peak" característica del contenido espectral del campo sonoro y la velocidad de la sierra, pudo apreciarse con claridad. Los valores de estas frecuencias dipolares fluctuaron entre 0,08 y 0,18 (valores de número de Strouhal para todas las sierras), veces la razón entre la velocidad periférica de borde y el espesor.

Finalmente, de este trabajo puede plantearse que al disminuir la velocidad de operación (rpm) a la mitad, se obtendría una reducción del orden de 16 dB en el Nivel de

Presión Sonora Lp. Entre otras posibles alternativas para reducir los niveles de ruido se pueden considerar, en el momento de seleccionar una sierra circular, disminuir las alturas de los dientes, disminuir el área de los dientes, disminuir el número de dientes y el diámetro de las sierras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Fondo de Desarrollo de Ciencia y Tecnología, FONDECYT, 1951155 y a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile, DID - UACH, F - 95 -15 y DID UACH, F - 96 - 09. Agradecemos además, a Víctor Cumián y Claudia Ugalde por su ayuda en el trabajo de laboratorio.

REFERENCIAS

- Foyster, J. R. 1947.** Modern Mechanical Saw Practice. Crosby Lockwood & Son, Ltd., London.
- Bies, D. A. 1992.** Journal of Sound and Vibration **154**(3), 495-513. Circular saw Aerodynamic Noise.
- Cho, H. S. & C. D. Mote, Jr. 1979.** Journal of the Acoustical Society of America **65** (3) 662-671. On the aerodynamic noise source in circular saws.
- Stewart, J. S. 1978.** Noise Control Engineering **11** (1), 5-11. An investigation of the aerodynamic noise generation mechanism of circular saw blades.
- Martin, B. T. & D. A. Bies. 1992.** Journal of Sound and Vibration **155** (2) 317-324. On aerodynamic noise generation from vortex shedding in rotating blades.
- Mote, Jr., C D. & Wen Hua Zhu 1984.** Journal of Vibration, Stress, and Reliability in Design **106** 441-446. Aerodynamic far field noise in idling circular sawblades.
- D'Angelo III, C., N. T. Alvarado, K. W. Wang & C. D. Mote, Jr. 1985.** The Shock and Vibration Digest **17** (5) 11-23. Current research on circular saw and band saw vibration and stability.
- Leu, M. C. & C. D. Mote, Jr. 1984.** Wood Science Technology **18**, 33-49. Origin of idling noise in circular saws and its suppression.
- Reiter Jr., W. F. & R. F. Keltie. 1976.** Journal of Sound and Vibration **44** (4) 531-543. On the nature of idling noise of circular saw blades.

CORTAS DE PROTECCIÓN EN HOYOS DE LUZ: EFECTOS MICROCLIMÁTICOS. Luis Otero D., Ing. Forestal, M.Sc. Medio Ambiente; Alvaro Contreras J., Ing. Forestal; Luis Barrales M., Técnico Forestal. Instituto Forestal – Valdivia.

PRESENTACIÓN

Las Cortas de Protección en Hoyos de Luz o Protección en Grupos, constituyen una variante del Método de Protección, donde el efecto del dosel lateral permite regular las condiciones ambientales al interior del área intervenida. Se trata de un sistema que imita procesos de perturbaciones naturales, tales como la caída por viento de grandes árboles envejecidos, permitiendo el desarrollo de abundante regeneración.

Este tipo de cortas posee numerosas ventajas con respecto a los sistemas tradicionales, entre las cuales se puede mencionar las siguientes: facilidades operacionales para la cosecha, facilidad de marcación de las áreas a intervenir, posibilidad de seleccionar grupos de árboles de alto valor y orientar la intervención, con criterios de rentabilidad, sin producir un floreo del bosque.

Este sistema permite abrir espacios al interior del bosque mejorando las condiciones para la plantación y el manejo de la regeneración natural, también habría que mencionar las facilidades de control de las cortas por parte de los organismos fiscalizadores.

Desde una perspectiva más social, este sistema permite al campesino ordenar su bosque con menos complicaciones, ya que su marcación es simple y la escala de trabajo puede ajustarse a la capacidad, equipos y necesidades de los propietarios. El tamaño de los hoyos puede variar desde un diámetro equivalente a media altura del dosel dominante hasta 2 veces la altura.

Desde el punto de vista silvícola, la protección lateral presenta numerosas ventajas para el crecimiento de la regeneración natural, tal como ha quedado demostrado en los ensayos de Donoso (1989), en el sistema de Protección en Fajas. Estudios realizados por INFOR en crecimiento inicial de plantaciones de raulí (Otero, Barrales, Contreras, 1995), muestran que con protección lateral en fajas, las plantaciones tienen un crecimiento un 24% mayor que con el método de Protección Uniforme (protección vertical).

Con respecto a los efectos ambientales de estos sistemas de corta, estudios realizados por INFOR en los bosques de Panguipulli (Otero, Contreras, Barrales, 1994), en Cortas en Fajas de un ancho equivalente a dos veces la altura del dosel (60m), muestran cambios con respecto al bosque de la siguiente magnitud: de 3,6 veces la intensidad de luz; 1,3 veces la temperatura del aire; 2,1 veces la temperatura del suelo y prácticamente no se presentan cambios en la capacidad evaporativa del aire y la humedad relativa.

El sistema de cortas de protección en **hoyos de luz** es un sistema utilizado en Gran Bretaña para las especies latifoliadas y es crecientemente utilizado en superficies de 0,1 a 0,5 ha (the group system). Este sistema es utilizado como cortas sucesivas, agrandando el área cada 5 años aproximadamente, cuando la regeneración natural ya se ha establecido. Una de las razones del creciente uso de este sistema son sus beneficios ambientales (Kerr y Evans,1993).

Este sistema puede tener algunas desventajas como por ejemplo la creación de bolsones de frío en áreas con heladas o muy planas, así como algunas complicaciones operativas debido a la distribución poco sistemática de las áreas cortadas (Hawley y Smith,1972).

METODOLOGÍA

Área de Estudio

Los ensayos con este sistema han sido realizados en el bosque Siempreverde en el subtipo Chilote, tanto en el sur de la Isla Grande, sector de Compu (43° S y 73°30 O). En la Figura 1 es posible ver la localización de los ensayos implementados.



Figura 1. **ÁREA DE ESTUDIO**

Los bosques corresponden al subtipo Chilote dominado principalmente por Canelo y Coigüe de Chiloé, el número de árboles por ha corresponde a 1133 y el área basal a 54.7 m² por ha (Cuadro 1).

Cuadro 1

NÚMERO DE ÁRBOLES Y ÁREA BASAL POR HECTÁREA SEGÚN ESPECIE DEL BOSQUE

Canelo		Coigüe		Tepa		Mañío		Mirtaceas		Tiaca	
N	AB	N	AB	N	AB	N	AB	N	AB	N	AB
407	19,3	44	19,2	198	5,2	22	0,7	341	5,8	121	4,3

N : Número de árboles por hectárea

AB : Área basal por hectárea

Los volúmenes de este bosque son de 350 m³ por ha de los cuales 120 m³ son industrializables (aserradero y debobinado) y 230 m³ son pulpables o leña.

La Figura 2 muestra un perfil del bosque estudiado

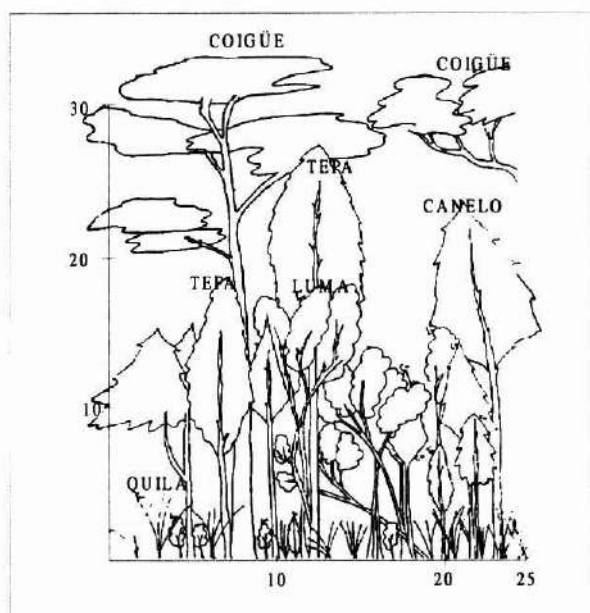


Figura 2. PERFIL VERTICAL DEL BOSQUE ANALIZADO

Condiciones Ambientales

Los suelos del área donde se realizaron las intervenciones corresponde a trumaos de lomajes (terrazas fluvio-glaciales altas). La serie de suelos corresponde a Dalcahue y se caracterizan por ser orgánicos, con altos contenidos de este elemento, ácidos y con excesiva humedad. Poseen un estrato de arcillas denso a profundidades variables (40-50 cm) que impide el drenaje interno y la penetración de raíces, sobre este estrato se deposita Fe y Si formando un fierrillo (hardpan).

La precipitación media anual es de 2.427 mm, durante los meses secos la pluviometría es de 100 mm por mes y en invierno alcanza los 200 mm mensuales. En general, existe un superavit hídrico mayor de 200 mm mensuales en invierno y de 100 mm en verano (Serraga, Rayo, Tosca, 1990).

El régimen térmico es moderado, con escasa amplitud térmica. Las temperaturas medias fluctúan entre 7,8° C y 14°C, las temperaturas máximas se registran en enero y no superan los 18°C, las mínimas medias se presentan en agosto y son cercanas a los 8°C.

Descripción del Método de Corta de protección en Grupos u Hoyos de Luz

Las cortas de protección en grupos u **hoyos de luz**, constituyen una variante del sistema de protección lateral, en el cual se extrae el 100% del área basal, en una superficie cuyo diámetro equivale al de una o dos alturas del dosel dominante del bosque (Figura 3).

Este sistema permite seleccionar grupos de árboles de valor dentro del bosque. Entre cada hoyo se deja un área sin intervenir (bosque de protección) con excepción de las vías de saca de madera, la distancia entre estos hoyos debe ser a lo menos una altura del dosel dominante. Con este método es posible extraer entre el 40% y 50% de la superficie del rodal.

El bosque de protección es posible extraerlo una vez que la plantación de los hoyos esté establecida y con a lo menos 3m de altura. Posteriormente, se planta esta área con densidades entre 700 – 1.500 plantas/hectárea y se maneja la regeneración natural existente.

Este tipo de cortas parece más adecuado cuando no existe una demanda por madera pulpable y es necesario hacer una extracción más selectiva. También, es un método bastante adecuado para propietarios de pequeñas y medianas superficies de bosques, los cuales trabajan con equipos sencillos y no requieren extraer grandes volúmenes, ya que de lo contrario no sería sustentable el manejo de sus predios.

Desde el punto de vista ambiental parece aconsejable mantener indefinidamente la matriz de bosque de protección, sin embargo esta área también es posible intervenirla mediante cortas de selección o bien mediante cortas de protección que permitan

mantener una cobertura mínima basada en grandes árboles envejecidos con el objeto de regular las condiciones ambientales y conservar parte de la biodiversidad (Figura 3b).

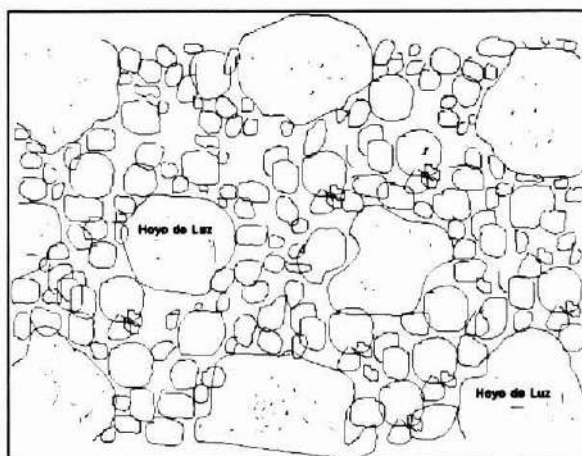


Figura 3a. MÉTODO DE PROTECCIÓN EN HOYOS DE LUZ. PRIMERA CORTA , SELECCIÓN DE GRUPOS DE ÁRBOLES DE VALOR COMERCIAL DEJANDO UNA MATRIZ DE BOSQUE SIN INTERVENIR

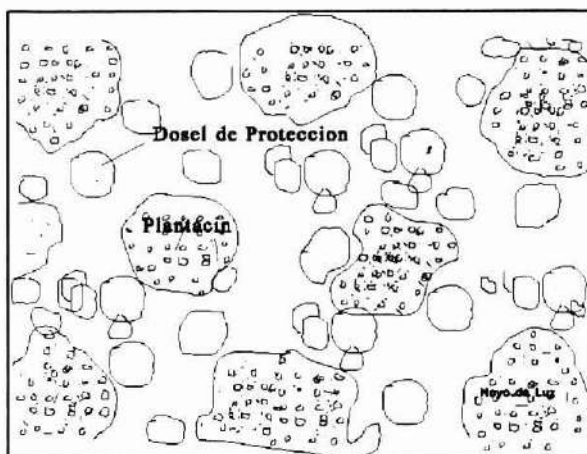


Figura 3b. MÉTODO DE PROTECCIÓN EN HOYOS DE LUZ; CORTA FINAL EN LA CUAL SE HA OPTADO POR DEJAR ÁRBOLES ENVEJECIDOS COMO PROTECCIÓN, UNA VEZ QUE LA PLANTACIÓN HA ALCANZADO 3 M DE ALTURA. ESTA ÁREA IGUALMENTE DEBE SER PLANTADA.

Muestreo

La toma de datos se realizó sobre la base de mediciones comparadas entre el área intervenida y una zona adyacente de bosque intocado. En cada área se establecieron cinco estaciones de medición distribuidas de acuerdo al siguiente diseño (Figura 4).

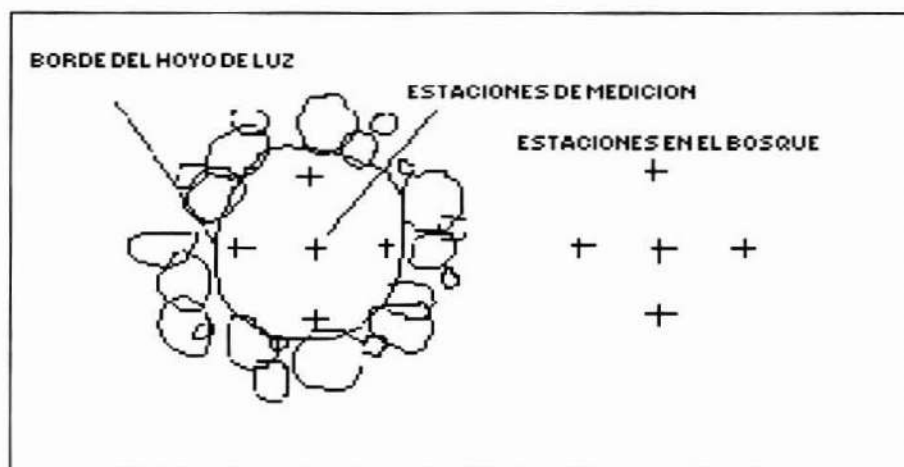


Figura 4. **ESTACIONES DE MEDICIÓN**

El período de medición correspondió a 4 días típicos de verano, sin nubosidad ni vientos, con mediciones simultáneas en el área intervenida y en el bosque. Las mediciones se hicieron cada dos horas entre las 8 AM y 6 PM.

Las 5 variables consideradas en el estudio son las siguientes: luz difusa (medida en lux), temperatura del aire (°C), humedad relativa del aire (%), capacidad evaporativa del aire (ml cada 2 horas), temperatura de suelo (°C a 10 cm de profundidad).

La evaluación de los efectos ambientales de la intervención se hizo mediante funciones matemáticas (lineales simples), cuya validación estadística está dada por regresiones. Se consideró como variable independiente las condiciones originales del bosque (variable X) y como variable dependiente o impacto de la corta (variable Y), las condiciones existentes en el área intervenida (**hoyo de luz**).

Las regresiones son del tipo: $Y = a + bX$

El parámetro "a" de la regresión se considera como el nivel inicial o fijo del impacto de las cortas y está influido por las condiciones climáticas generales. El parámetro "b",

pendiente de la regresión, es considerado como impacto variable de la corta y permite evaluar la tasa de cambio generada por la intervención con respecto a un bosque sin intervenir.

Las mediciones de temperatura y humedad relativa se realizaron con un sensor ambiental (Tri Sense, Cole Palmer). Las mediciones de luz se hicieron mediante un luxímetro, la temperatura de suelo se obtuvo con termómetros de suelo (Amarell precisión) y la capacidad evaporativa del aire mediante evaporímetros de Piche.

RESULTADOS

Cortas

Se realizaron 4 intervenciones con este sistema de corta, con un diámetro equivalente a una vez la altura del dosel, entre 22 y 30 m de diámetro con un promedio de 25 m de diámetro (490 m²). Las cortas se ejecutaron al barrer dentro del **hoyo de luz**, vale decir se extrajo el 100% del área basal del bosque. Las superficies de cada hoyo se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2
SUPERFICIE DE LOS HOYOS DE LUZ.

Hoyo (Nº)	Superficie (m ²)
1	490
2	490
3	380
4	706

Efectos Microclimáticos

En el Cuadro 3 se pueden ver los parámetros y estadígrafos obtenidos para las regresiones realizadas con las variables ambientales estudiadas.

Cuadro 3
VARIABLES AMBIENTALES, PARÁMETROS Y ESTADÍSTICOS.

VARIABLES	a	b	r	n
Luz Difusa	2450,98	1,51383	0,60	98
Humedad Relativa	-4,18712	0,961909	0,87	103
Temperatura del Aire	-1,01351	1,12502	0,95	103
Temperatura del Suelo	-12,4142	2,14715	0,78	56
Capacidad Evaporativa del Aire	0,0799665	1,2641	0,89	57

donde:

a = intercepto

r = coeficiente de correlación

b = pendiente

n = número de datos

Luz Difusa

Los efectos del método tienden, en general, a duplicar la intensidad de la luz, y sus valores fluctúan entre incrementos de 2.500 lux y 14.500 lux. Para condiciones al interior del bosque la variación es de 200 a 8.000 lux.

La función obtenida es la siguiente: $Y=2.450,98 + 1,51383 X$

donde: Y = Luz difusa en el área intervenida

X = Luz difusa en el área testigo

El impacto sobre la luz es obviamente el efecto más importante de estas intervenciones con un impacto variable de 1,51 (b) sobre las condiciones del bosque sin intervenir (Cuadro 3).

Los resultados obtenidos en Cortas en Fajas de 30m de ancho, presentan un impacto similar a las obtenidas bajo este método, las fajas presentan un efecto variable de 1,56, aunque con niveles iniciales de luz menores 1.170,6 lux (Otero, Contreras y Barrales, 1994). Con respecto a las Cortas de Protección Uniforme, el impacto de estas intervenciones es bastante menor, en P. uniforme el impacto variable (b) es de 4,412 (Otero, Donoso y Barrales, 1994).

Las condiciones generadas en el bosque, permitirían una adecuada regeneración de especies intolerantes de este bosque como lo son Canelo, Coigüe y Ulmo, este último por medio de la plantación. Hacia los bordes del hoyo se generan condiciones de luminosidad adecuadas para especies tolerantes como Tapa y Mañío.

En general, de acuerdo a los señalado por Donoso (1990) y Ronco (1970), las condiciones producidas están dentro del rango óptimo para la fotosíntesis, entre 40 y 50 mil lux, en luz total y 2.500 a 3.000 lux en luz difusa.

Temperatura del Aire

Las temperaturas medias durante el día en el área intervenida tienden a ser superiores que las del bosque en 1°C promedio durante el día. El los valores extremos de la función (15°C) el área intervenida presenta aproximadamente 2°C más que el bosque sin intervenir.

El valor negativo del intercepto "a" revela un grado de inversión térmica en las áreas intervenidas, vale decir para los valores de temperatura más bajos, el área intervenida presenta menores temperaturas que el bosque. Ello podría ser una desventaja del método si se aplica en zonas sin pendientes y con heladas frecuentes, tal como lo establece Hawley y Smith (1972).

La función obtenida fué la siguiente: $Y = -1,01351 + 1,12502 X$

donde : Y = son los °C en el área intervenida.

X = la temperatura en el bosque sin manejo (°C).

Los valores obtenidos son superiores a los de la faja de 30m de ancho y similares a los logrados en funciones de impacto en fajas de 60m de ancho (Otero et al, 1994), donde la pendiente de la función es 1,26 (impacto variable), aunque con niveles de efecto inicial similar (-1,17).

Las temperaturas obtenidas dentro del hoyo se encuentran dentro de los rangos más favorables definidos para especies templadas según Weares y Clements (Citado por Donoso, 1990), este rango va entre 16 y 32°C.

Temperatura de Suelo

El impacto de la corta sobre las temperaturas del suelo, para las condiciones analizadas, fluctúa entre + 0,2°C y + 2,5 °C.

La regresión obtenida es la siguiente: $Y = -12,4142 + 2,14715X$

donde: Y = Temperatura del suelo (°C) en el área intervenida.

X = Temperatura del suelo (°C) en el bosque sin intervenir.

Las variaciones de temperatura de suelo son bastante similares a las encontradas en cortas en fajas, tanto de 60 como 90 m. La pendiente de estas funciones o impacto variable, es de 2,01 y 2,1, respectivamente, aunque con niveles iniciales más estables de - 8,89 y -5,84, según sea el caso (Otero et al, 1994).

Con respecto a las cortas de Protección Uniforme los cambios en la temperatura del suelo son similares tanto en el nivel inicial del efecto (-12,25) como en la variación del impacto (2,367), Otero et al ,1994).

El incremento de las temperaturas generadas por la intervención pareciera ser favorable al desarrollo de la regeneración ya que permite acercarse a los 15°C, que es la temperatura ideal para el desarrollo de las raíces (Kaufmann,1977).

Humedad Relativa del Aire

Los efectos de la intervención sobre la humedad relativa fluctúan entre -6% y -8%, para valores de esta variable de entre 42% y 94%, en áreas sin intervenir.

La función obtenida fué la siguiente: $Y = -4,18712 + 0,961909 X$

donde: Y = Humedad relativa del aire (%) en el área intervenida.

X = Humedad relativa del aire (%) en el bosque sin intervenir.

El valor negativo del impacto inicial (a), es sólo teórico y refleja el rápido descenso de la humedad relativa para los valores menores de esta variable.

La regresión presenta parámetros similares a los de una faja de 30 m de ancho, cuyo impacto variable (b) es de 0,95, aunque esta última presenta un mayor nivel inicial del efecto (a), de 0,311 (Otero et al, 1994). Para el caso de las cortas de Protección Uniforme, el efecto variable es bastante mayor (1,372) y los niveles de humedad descienden más bruscamente (a= -39,37).

En términos generales las variaciones de humedad son bastante menores que en otros factores ambientales y sus cambios dependen esencialmente de la temperatura ambiental (Arntz, Delmastro y Schalatter, 1969).

Capacidad Evaporativa del Aire (CEA)

Los efectos causados por la intervención varían entre +0,2 y +2,2 ml/2 h para el rango estudiado en el área sin intervención (0,1 y 1,7 ml). Lo que representa incrementos de 100% en los valores de evaporación bajos y de 30 % para los valores altos.

La función obtenida fué la siguiente: $Y = 0,0799665 + 1,2641 X$

donde: Y = Capacidad evaporativa del aire (ml) en el área intervenida.

X = Capacidad evaporativa del aire (ml) en el bosque sin intervenir

La regresión obtenida presenta parámetros similares a los estimados para funciones de fajas de 60 m de ancho, cuyo impacto variable es de 1,02, aunque el nivel inicial del impacto es más alto (0,84) (Otero, Contreras y Barrales, 1994). En el método de

Protección Uniforme, el impacto variable es menor (0,914), sin embargo, el nivel inicial del efecto es mayor (0,32) (Otero, Donoso y Barrales, 1994).

La CEA constituye un muy buen indicador de las condiciones al interior del bosque ya que sintetiza las condiciones de temperatura, humedad y viento. Los incrementos obtenidos (30%), en las condiciones más extremas son inferiores a los observados al comparar bosques y praderas, donde los incrementos son del orden del 240 % de la CEA (Donoso, 1990).

CONCLUSIONES

Las Cortas de Protección en Hoyos o Protección en Grupos, constituirían un método silvicultural apropiado para el bosque siempreverde, ya que provee de protección ambiental y genera condiciones microclimáticas adecuadas para las áreas intervenidas, durante el período estival.

Los principales efectos provocados por las Cortas de Protección en Hoyos se producirían a nivel de la luz difusa y la temperatura del suelo, igual que lo que ocurre con las cortas de Protección en Fajas y Protección Uniforme.

Las condiciones generales de este sistema son similares a las encontradas en el sistema de cortas de Protección en Fajas realizadas en el tipo forestal Coigüe-Raulí-Tepa, para anchos de fajas de 30 y 60 m de ancho.

Los cambios a nivel de temperatura del aire, humedad relativa del aire y capacidad evaporativa, estarían dentro de los rangos adecuados y aceptables para el desarrollo de un nuevo bosque, basado en regeneración natural y de plantaciones con especies nativas como Canelo, Ulmo, Mañío y Tepa.

En sectores con heladas severas y con topografía plana este método podría generar inversión térmica y podría no ser recomendable su aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Arnz J. Delmastro, R. Schlatter, J. 1969.** Influencia de un Rodal de Pinus Radiata sobre Algunos Factores Ecológicos en Comparación al Campo Abierto. Tesis. UACH. Valdivia.
- Donoso, C. 1989.** Regeneración y Crecimiento en el Tipo Forestal Siempreverde Costero y Andino Tras Distintos Tratamiento. Silviculturales. Rev. Bosque Vol 10 N 1 y N 2. Valdivia.
- Donoso, C. 1990.** Ecología Forestal. El Bosque y su Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. UACH. Editorial Universitaria. Santiago.
- Kerr, G., Evans, J. 1993.** Growing Broadleaves for Timber. Forestry Commission. Handbook 9.
- Hawley, R. Smith, D. 1972.** Silvicultura Práctica. Barcelona



Otero, L., Barrales L., Contreras A. 1995. Crecimiento Inicial de Plantaciones de Raulí, en los Métodos de Protección en Fajas y Protección Uniforme en el Área de Neltume y Coñaripe. Ciencia e Investigación Forestal. Vol N° 9 2.

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. INFOR. Ciencia e Investigación Forestal Vol 8 N°1.Santiago.

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

Ronco, F. 1970. Influence of Ligth Intensity on Survival of Planted Engelmann Spruce. For. Sci. 16:331-339.

Serraga F., Rayo, G.,Tosca, G. 1990. Situación Actual y Perspectivas del Sector Campesino en Chiloé. Santiago.

ANEXO: Estadígrafos de Dispersión

	Luz Hoyo	Luz Bosque	Temp. aire Hoyo (°C)	Temp. aire Bosque (°C)	Temp. suelo Hoyo (°C)	Temp. suelo Bosque (°C)	HR Hoyo (%)	HR Bosque (%)	CEA Hoyo (ml)	CEA Bosque (ml)
Promedio	5.148	1.781	18,5	17,4	13,9	12,2	64,6	71,5	0,72	0,51
Mediana	3.800	1.168	19,1	17,7	13,5	12	62,8	69,7	0,70	0,45
Moda	2.970	3.190	20,4	17,7	14	13	56,9	65,5	0,50	0,40
Varianza	2.04E7	3,24E6	17,0	12,0	3,35	0,45	209,9	173	0,18	0,09
Desv.estan	4.522	1.800	4,12	3,47	1,83	0,67	14,5	13,2	0,43	0,31
Min	461	158	10,4	10,4	11	11	27,1	42,3	0,10	0,10
Max	1.9170	8.930	28	24,9	18,5	13	91,9	94,9	2,00	1,70
Rango	1.8709	8.772	17,6	14,5	7,5	2	64,8	52,6	1,90	1,60

IMPACTO AMBIENTAL DE LA DESERTIFICACIÓN: CONSIDERACIONES SOBRE UN PROYECTO DE REVERSIÓN DEL PROCESO. Susana Benedetti R. Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, Gerencia de Investigación.

INTRODUCCIÓN

La región latinoamericana está amenazada por un proceso de desertificación de incalculables proporciones, algunos de cuyos efectos más visibles están en el norte de Chile, la sabana de Bogotá y el nordeste brasileño.

El proceso de desertificación puede llegar a ser un fenómeno irreversible del medio natural. En Chile adquiere gran intensidad y compromete casi la totalidad de las zonas áridas y semiáridas, excluyendo las zonas naturalmente desérticas (1).

Se entiende por DESERTIFICACIÓN: "La intensificación o extensión de las condiciones desérticas; proceso que lleva a la pérdida de la productividad biológica, con la consecuente reducción en la biomasa vegetal, la capacidad de carga animal, el rendimiento de los cultivos y en el bienestar humano" (2).

Sin desconocer que el fenómeno de desertificación es importante en varias zonas del país, resulta prioritario enfocar la atención hacia la IV Región de Coquimbo, especialmente en el sector rural, ya que en ella se conjugan grados extremos de deterioro de los recursos naturales y de las condiciones de vida de la población (3) (4) (5) (6). Además de la predisposición del ecosistema al deterioro por sus factores ambientales, especialmente climáticos, la intervención humana juega un rol importantísimo en la desertificación de la Región (7).

Las evaluaciones del impacto ambiental estudian los efectos de la actividad humana sobre el medioambiente; son en definitiva una herramienta metodológica útil para identificar las actividades antrópicas que contribuyen a este proceso, aunque es necesario aclarar que los estudios de impacto ambiental no son en sí mismos una solución. Esto se hace evidente en el sector de las denominadas "Comunidades Agrícolas", sistema de tenencia de la tierra tal vez único en el país (8).

El sistema de Comunidades Agrícolas tiene su origen en Mercedes de tierra otorgadas por la Corona de España después de la Conquista, a sus soldados en agradecimiento por su acción. La gran mayoría de estas tierras fueron concedidas en terrenos de secano poco productivos (9).

Este sistema corresponde a una forma de propiedad comunitaria, conformando una organización social de pequeños agricultores, unidos por lazos de parentesco o amistad, en torno a una propiedad común de una extensión territorial indivisa (10), donde el número de habitantes es manifiestamente superior a su potencialidad. Ello se traduce en un sobretalajeo de la pradera natural, siembra en lugares inapropiados y aprovechamiento esquilante de la vegetación (11).

Las formas tradicionales de explotación del ecosistema en las comunidades agrícolas son: la cosecha de material leñoso, los cultivos de secano y la ganadería caprina, todas en general, realizadas con una intensidad y en una forma que sobrepasa la capacidad sustentadora y la fragilidad del medio (12). Esta explotación de recursos naturales por parte del hombre, debido a su situación de extrema pobreza, determina una regresión del ecosistema, imprimiéndole un cambio de signo opuesto a la sucesión ecológica, ocasionando de esta forma una desertificación creciente (13).

Los estudios de impacto ambiental emplean distintos criterios para analizar los múltiples impactos que estas actividades puedan tener. Así, en el caso de los recursos, prima un criterio de lógica y racionalidad que apunta a la supervivencia del conjunto de seres humanos que ocupan un determinado ambiente. Se trata fundamentalmente de cuestionar si la utilización de los recursos disponibles para desarrollar una actividad, justifica el uso de dichos recursos, especialmente, en el caso de los no renovables o los escasos. Sin embargo, pocos son los elementos económicos que por sí solos pueden en forma autónoma, guiar la decisión.

Otro impacto que resulta interesante considerar es el que se produce sobre el paisaje y el patrimonio cultural. En este caso el criterio de evaluación es esencialmente de carácter estético y subjetivo, dado que éstos constituyen elementos base para la vida espiritual del hombre, una variable clave de la calidad de la vida. Los elementos estéticos configuran un Todo que comprende, a la vez, el medioambiente natural, el paisaje, el medioambiente construido y el patrimonio cultural. En este terreno la mayor o menor valoración de dichos elementos tiene un fuerte carácter subjetivo y puede ser sometida, por lo tanto, a todo tipo de manipulaciones para orientar este subjetivismo hacia ciertos intereses, lo que ha puesto en peligro la calidad ambiental.

En este contexto cabe preguntarse:

¿Quién paga la recuperación de los ambientes desertificados?

Para aproximarse a una respuesta es necesario analizar desde una perspectiva económica, social, política y ética un proceso de reversión de la desertificación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Reconocida la acción recíproca entre Hombre y Naturaleza, y entendida esta relación del hombre como componente de la Sociedad y el medio ambiente, esta interacción se traduce en el empleo de los recursos naturales por parte de la Sociedad. Así, a medida que el hombre va dominando la tierra, la influencia del medio natural transformado sobre el hombre supera la influencia del medio natural original.

En este contexto, el proceso de desertificación acelerado verificado en la IV Región de Coquimbo, se explicaría entonces como un costo ambiental producto de un beneficio: la satisfacción de ciertas necesidades humanas. Específicamente, en el caso de las comunidades agrícolas, la subsistencia de la población de este sector, obtención de alimentos y energía. El beneficio de un bien o servicio es su valor para el consumidor, estimado generalmente por el sacrificio de otros bienes o servicios en los cuales el consumidor está dispuesto a incurrir. De esta forma, los costos son básicamente beneficios perdidos, concebidos entonces como costos de oportunidad (14).

Es así que el costo de cualquier bien o servicio económico consiste en los beneficios perdidos del consumo de algún otro bien o servicio. Beneficios y costos son medidos, de manera más o menos exacta, por los precios monetarios pagados por los bienes y servicios en el mercado.

El problema reside en que el costo de detener el deterioro ambiental o mejorar la calidad ambiental va en detrimento de otros bienes y servicios económicos deseables. Esto repercute en el bienestar económico de los individuos; luego no siempre se está dispuesto a tenerlos, pero están además relacionados con el bienestar social, creándose aquí una contradicción.

DISCUSIÓN

Los aspectos económicos y sociales de la acción recíproca entre Hombre-Sociedad-Naturaleza son básicos y poseen una importancia decisiva en la comprensión y solución de los problemas generados a partir de dicha relación. Pensar esta interacción sólo a nivel de las combinaciones óptimas para la producción, el intercambio y el consumo humano, lleva a omitir los mecanismos que regulan el funcionamiento del medio natural.

Conferir un carácter sobredeterminante a lo económico reduce arbitrariamente al de un subsistema el orden coherente de la biósfera con su lógica, su regulación y sus leyes de reproducción.

A partir del momento en que el impacto creciente de las intervenciones humanas cuestiona la reproducción del medio en que se desenvuelven, el agotamiento de los recursos y la alteración del entorno vital repercuten en todos los niveles, y por una suerte de retroalimentación, comprometen la reproducción de la actividad humana (15), finalmente del hombre mismo. Desde este punto de vista y entendido el proceso de desertificación como un problema fundamentalmente humano, las medidas para combatirlo deben estar dirigidas en último término al mejoramiento y sostenimiento del modo de vida de los seres humanos.

Si bien es cierto que la desertificación es un problema humano, paralelamente supone un problema de interrelación entre un medio seco y poco fiable y los efectos de la utilización y ocupación por el hombre de ese medio en sus esfuerzos por obtener sustento (16). A modo de ejemplo, en un análisis histórico del avance de la desertificación en el

sector de las Comunidades Agrícolas, se determinó una tasa de desertificación de 0,4-0,6 % anual (17) (18).

A nivel regional, alrededor de un 20% de la superficie se encuentra calificada en el grado extremos de desertificación (19), pero es en las Comunidades Agrícolas donde el proceso está operando más activamente y donde, además, se encuentra el mayor problema social.

Según el periodista francés Saint Mart (20), la Sociedad deberá elegir entre una economía de posesión o una economía de plenitud, entre la búsqueda de un *más* que incremente los beneficios o de un *mejor* que pujan el cuadro social y físico de la vida. El bienestar no puede ya tender principalmente al alza en el nivel de vida (conquista de bienes materiales cada vez más abundantes y perfeccionados), sino que debe encaminarse, ante todo, a incrementar rápidamente los bienes inmateriales, es decir, las satisfacciones colectivas respecto al entorno.

Este enfoque, aplicado al problema del deterioro ambiental en las Comunidades Agrícolas, parece inapropiado, dada su total marginalidad, no cabe exigirles que a través de sus propios medios tomen medidas que apunten a detener o, en última instancia, estabilizar este proceso, sin querer decir con esto que los Comuneros no comprendan el grave problema y el inminente agotamiento de sus recursos naturales.

Frente a esto, el peligro de *desierto social* es real, dada la magnitud y el incremento progresivo del deterioro.

Surge así el concepto de *costo ambiental* y toda la problemática de la evaluación económica del medioambiente, tratando de expresar, a través de funciones y modelos matemáticos el comportamiento del medio, suponiendo que éste es reducible al comportamiento de los modelos económicos convencionales, olvidando que la Naturaleza posee efectos y reacciones propias (efecto de sinergia, umbral, irreversibilidad, etc.).

Se plantea entonces que los bienes o servicios ambientales son bienes económicos, por lo tanto escasos, es decir, su demanda excede la oferta, manifestándose en deterioro ambiental. Los costos ambientales son beneficios perdidos en la calidad ambiental, siendo ésta una valoración subjetiva que depende de las necesidades de bienes y servicios ambientales, definidas como tales por un grupo social, y un nivel de satisfacción de éstos deseado. En este sentido, la calidad ambiental es un componente de Bienestar Social. (21).

El enfoque de la *Economía del Medio Ambiente* persigue expresar en términos económicos, las disminuciones en la calidad ambiental para tener una expresión de los efectos que los cambios en la oferta y la demanda de bienes y servicios ambientales, tienen en el Bienestar Social, entendiendo el bienestar económico como una parte del Bienestar Social.

Entonces, el problema radica en la metodología y las herramientas utilizadas para la evaluación de medidas destinadas a la protección y restauración del medio ambiente.

Se ha preferido el análisis Costo-Beneficio y ha sido bastante utilizado en la evaluación de problemas ambientales, pero este debe entenderse como una herramienta de apoyo importante pero no decisiva, ya que presenta una serie de falencias para evaluar esta problemática. Lo principal es que se limita al carácter financiero y de corto plazo, por lo tanto, no puede ser aplicado a una cuestión social global y de largo plazo, como es lo ambiental, es sólo un enfoque desde un punto de vista monetario. Otro problema, aparte de asignar un valor económico a las funciones ambientales, es la determinación de cuáles variables se consideran costos y cuáles beneficios (22).

De este modo, muchos de los proyectos que apuntan a mejorar la calidad ambiental evaluada de esta forma son rechazados como desembolsos de capital para la investigación, planificación e implementación de las medidas para aumentar la capacidad del medio. Los beneficios no se visualizan claramente, ya que su evaluación económica es difícil, luego son calificados como intangibles o inconmensurables, finalmente esta evaluación determina la no viabilidad de los proyectos de este tipo.

En el caso de los Comuneros de la IV Región, no podrían pensar en que el costo ambiental de la desertificación es alto y aún cuando sea superior en el futuro, deben tomar medidas **Hoy** para tratar de revertir el proceso. Simplemente no poseen la capacidad económica, técnica y de gestión para llevar a cabo un proyecto de recuperación de áreas desertificadas. El Estado sería el único que podría tomar esta responsabilidad, ya que tampoco una institución privada con intereses productivos y con criterios de eficiencia económica le interesaría este tipo de proyectos.

En consecuencia, la evaluación económica de proyectos para revertir el proceso de desertificación no es la más adecuada y por lo tanto debe buscarse otra forma de hacerlo. Aparentemente lo más apropiado sería una evaluación social, ya que los beneficios se conciben como elementos importantes para el bienestar social. De esta forma, la obtención de una mayor calidad o una recuperación del medioambiente, debe hacerse a expensas de otros bienes y servicios deseables por el hombre.

Los costos ambientales, así como los beneficios que derivan del mejoramiento o preservación del medio, envuelven decisiones respecto a su distribución entre los individuos de la Sociedad y también entre éstos y las generaciones futuras (23).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **Peralta, M., 1978.** Procesos y Áreas de Desertificación en Chile Continental. Mapa preliminar s.esc. En Ciencias Forestales N° 1, Santiago, Fac. de Cs. Forestales, U. de Chile.
- (2) **Naciones Unidas, 1977.** Conferencia sobre la desertificación. Nairobi, Kenya.
- (3) **INIA, 1977.** Etude de cas sur la desertification Region de Combarbalá. Nairobi, Kenya. Conference des Nations Unies sur la Desertification.

- (4) **IREN, 1977.** Estudio de las Comunidades Agrícolas, IV Región. Santiago. Chile.
- (5) **Gajardo, R., 1978.** Antecedentes para la determinación de las Comunidades Vegetales en Aucó (Illapel), IV Región). Santiago, Chile. Fac. de Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales, Ciencias Forestales.
- (6) **Bustamante et al., 1979.** Huentelauquén: una comunidad humana en zona de desertificación. Coquimbo, Chile. U. del Norte, Centro de Investigación para el Desarrollo Rural.
- (7) **Hajek, E. y Fuentes, E., 1978.** Interacciones Hombre-Clima en la desertificación del Norte Chico Chileno. Santiago, U. Católica de Chile, Fac. Agronomía. Ciencia e Investigación Agraria V.5 N°3.
- (8) **IREN, 1977.** Anteriormente citado
- (9) **González del Río, F., 1970.** Algunas consideraciones sobre las Comunidades Agrícolas de la Provincia de Coquimbo. Santiago, Chile. In EL Hombre de la zona árida del Norte chileno. PLANDES, Boletín Especial.
- (10) **INIA, 1977.** Anteriormente citado
- (11) **Jorquera, M. G., 1970.** El problema de las Comunidades Agrícolas en las provincias del Norte. Santiago, Chile. Estudio Mimeografiado.
- (12) **Cunill, P., 1977.** Variables geohistóricas en la destrucción de los parajes geográficos chilenos. Santiago, Chile. In Consultas colectivas sobre los problemas del medio ambiente en Chile. CEPAL.
- (13) **Margaleff, R., 1977.** Ecología. Barcelona, Ed. Omega S.A.
- (14) **Leal, J., 1981.** Conceptos básicos de economía del medio ambiente. Notas de clase. Documento CDA-30. ILPES.
- (15) **Martner, G., 1986.** Crecimiento y Medio Ambiente: Breve Historia de un desencuentro. Transformación Forestal y Medio Ambiente, Agricultura y Sociedad 4/86. G.I.A. Ac. de Humanismo Cristiano.
- (16) **Raig, V. 1970.** Desertificación en América Latina. Una visión de Conjunto. Proyecto PNUD/RLA/74-018.
- (17) **Valdés, J. 1983.** Dinámica de la desertificación en tres áreas de la IV Región. Tesis Ing. Forestal. Fac. Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. U. de Chile. Santiago, Chile.
- (18) **Etienne, et al. 1983.** Bases ecológicas para el desarrollo de la Zona Mediterránea Árida de Chile. Elementos para una planificación a nivel regional. Fac. Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. U. de Chile. Santiago, Chile.
- (19) **Etienne, et al. 1983.** Anteriormente citado.
- (20) **Duvigneaud, P. 1974.** La Síntesis Ecológica. Ed. Alhambra. Madrid. España.
- (21) **Leal, J. 1981.** Conceptos básicos de Economía del Medio Ambiente. (Notas de Clase). Documento CDA-30. ILPES.

- (22) **Leal, J. 1982.** Análisis Costo-Beneficio de Protección del Medio Ambiente. (Notas de Clase). Documento CDA-31. ILPES.
- (23) **Leal, J. 1981.** Anteriormente citado.

ASPECTOS SOBRE LA SEMILLA Y GERMINACIÓN DE *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser DE DOS PROCEDENCIAS DE LA VII REGIÓN. Rómulo Santelices. Ingeniero Forestal, Universidad Católica del Maule, Casilla N° 617, Talca. Magno Riquelme y Francisco Rojas. Técnicos Forestales, Universidad Católica del Maule, Casilla N° 617, Talca.

RESUMEN

Se evalúan aspectos relativos a las semillas y a la germinación de Nothofagus glauca (Phil.) Krasser, de dos procedencias, costera y andina, de la zona mesomórfica de Chile.

Se efectuaron análisis de pureza, peso y germinación de las semillas. En este último, se ensayaron cuatro tratamientos pregerminativos, en los que se consideró estratificar las semillas a 4°C durante dos a cuatro semanas, sumergirlas en una solución de tiourea a una concentración del 0,5% durante tres días, y remojarlas en agua a temperatura ambiente por 24 horas.

Los resultados indican que la pureza de las semillas disminuye considerablemente debido al ataque de insectos perforadores, lo que se manifiesta con mayor intensidad en la procedencia andina.

En promedio, un kilogramo contiene 1.501 y 2.103 semillas para las procedencias costera y andina, respectivamente.

La semilla de Nothofagus glauca presenta algún tipo de latencia fisiológica. Para sacarla de este estado es recomendable estratificarla por un período no inferior a cuatro semanas. Con este tratamiento se alcanzaron tasas de germinación del 56% para procedencia costera y 9% para la andina.

Con la inmersión de la semilla en tiourea, también se rompe el estado de latencia, pero no se logra superar la tasa de germinación de la semilla estratificada. Se obtuvo una capacidad germinativa del 37% y 3% para las procedencias costera y andina, respectivamente.

Palabras clave: *Nothofagus glauca*, Semilla, Germinación, Estratificación, Tiourea.

ABSTRACT

This study analyze the relative aspects and the germination rates of seeds of Nothofagus glauca (Phil.) Krasser. Seeds were picked from the coastal and mountain areas in the chilean mesomorphic region.

The seeds were analyzed for purity, weight and their germination capacity. In terms of germination, four treatments were used. The treatments consisted of moist storage for two weeks at 4°C and for four weeks at 4°C, submergence in an solution of 5% thiourea for three days and submergence in water for 24 hours at room temperature.

The results indicate that seed purity is affected considerably by insect attack. The effect was more pronounced in mountain areas.

An average kilogram contained 1,501 and 2,103 seeds for the coastal and mountain areas, respectively.

Nothofagus glauca seeds have an inter dormancy that may be embryotic. To overcome this problem, storing the seeds in a moist, cold environment for at least four weeks is recommended. Under this treatment, germination rates of 56% and 9% were achieved for the coastal and mountain areas, respectively.

The immersion of the seeds in thiourea also broke the state of dormancy, but the germination rates remained inferior to those mentioned above. Using thiourea the germinative capacity for the coastal and mountain zones was 37% and 3%, respectively.

Keywords: *Nothofagus glauca*, Germination, Seeds, Moist storage, Thiourea.

INTRODUCCIÓN

Nothofagus glauca (Phil.) Krasser, conocido comúnmente como hualo o roble maulino, es una especie característica de la zona mesomórfica de Chile. Su área de distribución natural comprende las altitudes medias de la Cordillera de los Andes y de la Cordillera de la Costa, en donde se presenta un clima mediterráneo muy característico. Las precipitaciones se concentran en el invierno y el período estival es muy seco, llegando a tener hasta cinco meses sin precipitaciones.

A inicios de este siglo, la madera de *Nothofagus glauca* fue muy apreciada para la construcción de un tipo de embarcaciones que, en país, se conocieron como "faluchos maulinos". También ha sido empleada en mueblería y en la construcción de puentes y otras obras de infraestructura vial (Hoffmann, 1991). Actualmente, su uso está restringido a la producción de leña y carbón.

Esta especie, como la mayor parte de los bosques nativos en Chile, ha sido sometida a fuertes intervenciones que no han considerado los criterios silvícolas que aseguraran su reposición. Producto de ello, los bosques de esta especie, que aun existen, son escasos y se encuentran degradados.

Para intentar cambiar la situación de estos bosques, es necesario desarrollar, en una primera fase, técnicas orientadas al repoblamiento. En consecuencia, es prioritario conocer métodos de propagación, los que pueden ser enfocados el forma germinativa o vegetativa. Para esta especie son todavía escasos los antecedentes relativos a la propagación (Donoso, 1975; Espinoza y Cabello, 1993; Mebus 1993). Por ello que es interesante ahondar en técnicas que permitan una reproducción eficiente.

La mayoría de las especies del género *Nothofagus* tienen latencia, es decir, siendo las semillas viables, no germinan; a pesar de esta en condiciones ambientales favorables para hacerlo. En base a los antecedentes que entregan Hartmann y Kester (1987) sobre las características de maduración de las semillas, es posible que se trate de una latencia de tipo fisiológica.

Para romper tal estado, se puede aplicar diversos procedimientos. Los más usados son, la estratificación fría por un lapso variable, e inmersiones en hormonas y otros estimulantes químicos como las giberelinas, citoquininas, etileno, tiourea e hipoclorito de sodio (Hartmann y Kester, 1987).

Para algunas especies del género *Nothofagus*, incluida *glauca* se han efectuado ensayos a base de tratamientos pregerminativos como la estratificación fría y la inmersión de la semilla en soluciones que estimulan la germinación.

Para *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., se ha sugerido sumergir la semilla en una solución de giberelina con una concentración de 25 ppm, durante 15 ó 30 horas, o en tiourea al 0,5%, durante dos ó cuatro días. En cambio para *Nothofagus pumilio*



(Poepp.et Endl.) Krasser, es recomendable la inmersión en tiourea al 0,5% durante dos días. En ambos casos resulta más ventajoso que la estratificación fría por la ganancia en tiempo y su fácil aplicación (Rocuant,1984).

Para *Nothofagus glauca*, se han realizado pruebas con semillas viables de diferentes procedencias, que indican la conveniencia de efectuar una estratificación en arena húmeda a una temperatura de 4° C +/- 2°C durante 30 a 60 días (Donoso, 1975). En un estudio más reciente, realizado por Espinoza y Cabello (1993), se evaluó el efecto sobre la germinación de tres tipos de tratamientos pregerminativos: estratificación a 5°C por lapsos de entre 30 y 60 días; inmersión en ácido giberélico en concentraciones entre 25 y 800 ppm; y remojo en soluciones de tiourea 0,75% a 3%. Los resultados de este trabajo indican que la capacidad germinativa para las semillas sin tratamiento fue de 19%; entre 72% y 95% para las estratificadas, según haya sido la duración del tratamiento; entre 84% y 97% para aquella tratada con ácido giberélico, según la concentración usada; y entre 5% y 92% para semilla tratada con tiourea.

En este trabajo se estudian diversos aspectos relativos a la semilla y germinación de dos procedencias de *Nothofagus glauca* de la VII Región del Maule.

MATERIAL Y MÉTODO

Procedencia de las semillas

Las semillas se obtuvieron desde dos áreas diferentes de la VII Región del Maule, una de ellas en la Costa y la otra en la procordillera andina, como se indica en el Cuadro 1, a continuación.

Cuadro 1
ORIGEN DE LA SEMILLA ENSAYADA

VARIABLES	PROCEDENCIA	
	COSTERA	ANDINA
Latitud (sur)	35°21'	35°36'
Longitud (oeste)	72°26'	71°15'
Altitud (msnm)	250	650
Predio	Costa Azul	Cordillera
Comuna	Constitución	San Clemente

La semilla fue cosechada en los meses de febrero y marzo de 1993, en ambos casos desde el suelo y de rodales adultos.

Características de las Semillas

La metodología seguida se basó en las "Reglas internacionales para el ensayo de semillas" de la Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas (ISTA, 1964).

Con el objeto de caracterizar las semillas se realizaron los análisis de pureza y peso para las dos procedencias. En ambos casos, para el pesaje de las muestras se utilizó una balanza de precisión al miligramo.

En el análisis de pureza se tomaron cuatro muestras al azar, cada una una de aproximadamente 100 g, y luego se pesaron. Se separaron las semillas llenas, de las partidas y perforadas, y de la materia inerte.

Para estimar el peso de la semilla se pesaron cinco muestras, también elegidas al azar, de 100 granos cada una. Se promediaron y, por extrapolación se calculó el peso de 1.000 granos y el número de granos contenidos en un kilogramo de semilla.

Germinación

En los análisis de germinación, se seleccionaron sólo semillas sanas, descartándose las perforadas o que mostraran algún tipo de anomalía externa. No se efectuaron pruebas de viabilidad debido a la poca disponibilidad de semillas.

Los procedimientos y aplicaciones previos a la siembra se efectuaron de tal modo que se permitiera iniciar el ensayo en una misma fecha, única para todos los tratamientos.

La germinación se efectuó en una estufa de cultivo, colocando las semillas en bandejas de plástico. Con el propósito de mantener la humedad por un lapso mayor, se usó papel filtro como sustrato, cambiándolo cada cinco días. Con la misma frecuencia, las semillas se asperjaron con una solución fungicida de nombre comercial "Captan 83 WP" (polvo mojable, captan 83% pp). La temperatura diurna se mantuvo en 25°C por 8 horas y la nocturna en 15°C por 16 horas. Durante el proceso de germinación las semillas estuvieron en completa obscuridad.

Se llevó un registro diario con la evolución del ensayo. Las semillas cuya radícula logró un desarrollo de al menos 1,5 cm de longitud, se consideraron germinadas. Luego, fueron retiradas del ensayo.

La germinación se evaluó a través de los parámetros capacidad germinativa y valor máximo.

El valor máximo de Czabator es el cociente máximo entre el porcentaje de germinación acumulado a cualquier día y el número de días corridos para alcanzar dicho porcentaje.

Diseño Estadístico

La determinación de la pureza y el peso de las semillas se realizó en base a la media aritmética de las muestras seleccionadas.

Para el ensayo de germinación se empleó un diseño estadístico completamente aleatorizado. Se aplicaron cuatro tratamientos con tres réplicas; las unidades muestrales estuvieron constituidas por 50 semillas cada una. Los tratamientos ensayados fueron

Cuadro 2
TRATAMIENTOS APLICADOS

Tratamiento	Tipo de tratamiento
T ₁	Estratificación fría durante 4 semanas.
T ₂	Estratificación fría durante 2 semanas
T ₃	Inmersión en tiourea al 0,5% durante 3 días
T ₄	Sin tratamiento

En los dos tratamientos de estratificación, las semillas se mezclaron con arena húmeda esterilizada, y luego se introdujeron en bolsas de polietileno. éstas fueron almacenadas a 4°C por períodos previamente determinados para cada uno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las Semillas

Las semillas provenientes del área costera registraron un mayor peso que las cosechadas en el área de la precordillera de Los Andes. Esta diferencia podría deberse un sesgo en la cosecha (Cuadro 2).

Cuadro 3
PESO DE LAS SEMILLAS

PROCEDENCIA	PESO DE 1.000 GRANOS (g)	CANTIDAD POR PESO (Nº semillas /kilo)
Costa	666,2 +/- 42,6	1.501 +/- 96
Precordillera	475,6 +/- 5,2	2.103 +/- 23

Las semillas de las dos procedencias presentaron daños de insectos, y fue más notorio en las que provenían del área de la precordillera. Este fue el principal motivo que afectó la pureza, llegando a ser más de un 16% superior la cosechada en la costa respecto de la colectada en la precordillera.

Cuadro 4
PUREZA DE LA SEMILLA

PROCEDENCIA	PUREZA (%)
Costa	79,6
Precordillera	63,0

No se determinó la proporción de semilla atacada por insectos.

Germinación

La capacidad germinativa de las semillas que fueron estratificadas fue significativamente mayor que las tratadas con tiourea y, también, que aquellas sin tratamiento. El valor máximo más alto se obtuvo al estratificar por cuatro semanas (Cuadro 5).

Cuadro 5
CAPACIDAD Y ENERGÍA GERMINATIVA DE LA SEMILLA DEL ÁREA COSTERA

TRATAMIENTO	CAPACIDAD GERMINATIVA (%)	VALOR MÁXIMO (%/día)	ENERGÍA GERMINATIVA (%)	PERÍODO DE GERMINACIÓN (días)
T ₁	56 a	2,53 a	38	15
T ₂	37 b	1,14 b	27	24
T ₃	20 c	0,84 bc	19	23
T ₄	2 d	0,07 c	2	30

NOTA: Valores promedio representados por letras minúscula distintas, asignadas según resultado del test de Duncan, difieren entre sí al nivel de significancia (según ANDEVA) = 0,05.

Los resultados obtenidos concuerdan con los de Donoso (1975) y con los de Espinoza y Cabello (1993), en el sentido de la conveniencia de estratificar la semilla en frío por un período no inferior a 30 días.

Con la inmersión de la semilla en una solución de tiourea al 0,5% durante tres días, no obstante ser capaz de inducir la germinación, no se logran valores que sean comparables con la estratificación por un lapso igual a cuatro semanas. Es probable que con concentraciones más bajas y períodos de remojo más cortos, como los usados por Espinoza y Cabello (1993), se puedan conseguir tasas de germinación semejantes a las obtenidas con la estratificación fría. De acuerdo a lo señalado por Cabello (1995)¹, en

¹ Cabello L., Angel. Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, U. de Chile. Comunicación personal.

ese ensayo al remojar la semilla en tiourea a concentraciones de 0,75% y 3%, durante 24 horas, las tasas de germinación fueron de 92% y 3%, respectivamente.

Las semillas de *Nothofagus glauca* de las procedencias ensayadas, tienen una respuesta diferente a las de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus pumilio*. En estas especies, los niveles de germinación alcanzados con la inmersión en tiourea al 0,5% durante dos días, hacen aconsejable usar este estimulador, en reemplazo de los tratamientos de estratificación (Rocuant, 1984).

La tiourea tiene un efecto colateral que se manifiesta en la inhibición del crecimiento, por lo cual se sugiere remojar la semilla por no más de 24 horas y, luego, enjuagarlas (Hartmann y Kester, 1987). Esto pudo afectar el desarrollo de la germinación, por lo que sería conveniente ensayar períodos más breves de inmersión en solución de tiourea y, además, comparar en el vivero el desarrollo de las plantas provenientes de semillas que hayan sido germinadas usando este estimulador, con aquellas sometidas a estratificación fría.

Los niveles de germinación alcanzados para el área precordillerana son demasiado bajos, no más del 9%, al compararlos con los del área de la costa. Se consiguieron los mayores valores de capacidad germinativa y valor máximo con la semilla estratificada durante cuatro semanas (Cuadro 6).

Cuadro 6

CAPACIDAD Y ENERGÍA GERMINATIVA DE LA SEMILLA DEL ÁREA PRECORDILLERANA

TRATAMIENTO	CAPACIDAD GERMINATIVA (%)	VALOR MÁXIMO (%/día)	ENERGÍA GERMINATIVA (%)	PERÍODO DE GERMINACIÓN (días)
T ₁	9 a	0,67 a	7	10
T ₂	3 b	0,19 b	3	14
T ₃	3 c	0,14 b	3	19
T ₄	0 d	0 c	0	0

NOTA: Valores promedio representados por letras minúscula distintas, asignadas según resultado del test de Duncan, difieren entre sí al nivel de significancia (según ANDEVA) = 0,05.

El *Nothofagus glauca*, se caracteriza, al igual que otras especies de *Nothofagus*, por presentar un período cíclico en el proceso de germinación. Cuando se cosechó la semilla, pudo haber sido un mal año semillero, lo que incidiría en disminuir la producción de semillas y su viabilidad. Sería necesario plantear otros ensayos para el área andina que permitieran estudiar el efecto de la ciclicidad en la calidad de la semilla, que también podrían combinarse con pruebas de viabilidad.

Sería necesario ahondar el efecto que tienen, sobre la germinación de *Nothofagus glauca* de diferentes procedencias, otros estimuladores como la giberelina, y compararlos con los antecedentes ya obtenidos.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se entregan a continuación se basan en los análisis de este ensayo particular y, por lo tanto, no debieran extrapolarse a otras zonas.

La pureza de la semilla disminuye considerablemente debido al ataque de insectos perforadores. Esto se manifestó con mayor intensidad en el área precordillerana.

En promedio, un kilogramo de contiene 1.501 y 2.103 semillas en las área costera y andina, respectivamente.

Con la inmersión de la semilla en tiourea, al 0,5% durante tres días, también se puede romper el estado de latencia. Sin embargo, se obtiene una germinación menor que con la estratificación durante cuatro semanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Donoso, C. 1975. Aspectos de la fenología y germinación de las especies de *Nothofagus* de la zona mesomórfica. Boletín Técnico N° 4. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 32p.

Espinoza, N. y Cabello, A. 1993. Propagación del hualo (*Nothofagus glauca*) por semillas. En: Avances en silvicultura. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Silvicultura. Publicaciones Misceláneas Forestales N° 1. Santiago, Chile. 23p.

Hartmann, H.T. y Kester, D.E. 1987. Propagación de plantas, principios y prácticas. Continental. México. 760 p.

Hoffmann, A. 1991. La flora silvestre de Chile. Claudio Gay. Santiago, Chile. 258 p.

ISTA. 1964. Reglan internacionales para el ensayo de semillas. International Seed Testing Association. Vol 4 (3). Traducido por Centro Regional de Ayuda Técnica. Rebas. México. 128 p.

Mebus, I. 1993. Enraizamiento en estacas de *Nothofagus spp*



EL MANEJO DE LA RESERVA FORESTAL DE TICOPORO COMO EJEMPLO DEL MANEJO FORESTAL BAJO REGIMEN DE CONCESIONES EN VENEZUELA. A. Luna Lugo, Director del IFLA, Prof. Titular (J) Manejo de Bosques ULA, Mérida, Venezuela.

RESUMEN

Se hace un análisis de sendos trabajos publicados por el Ing. For. José Domingo Duque y por el Dr. Miguel Plonczak, sobre los Planes de Manejo en ejecución en dos Unidades de la Reserva Forestal de Ticoporo en Barinas, y se concluye que, de acuerdo con estos resultados, no son imprescindibles ni la plantación ni el tratamiento silvicultural de la masa remanente para lograr el rendimiento sostenido en la producción de maderas; ya que en ambos casos éste está asegurado para el segundo ciclo de corta en base al crecimiento natural de la masa residual en la áreas explotadas.

Además, el Manejo Forestal puede prevenir mejor la ocupación anárquica y la eliminación total de la cubierta vegetal que el cambio de status jurídico que se hizo en parte de la Reserva Forestal de Ticoporo.

Palabras Claves: Manejo Forestal, rendimiento sostenido, ordenación forestal, reserva forestal, concesiones madereras.

SUMMARY

An analysis is made of each published project by the Forest Engineer José Domingo Duque and by Dr. Miguel Plonczak on the management plans under way in two Units of the Forest Reserve of Ticoporo in Barinas, and it is concluded that according to these results neither the plantation nor the silvicultural treatment of the remaining bulk, are indispensable to achieve the sustainable yield in wood production; since in both cases this is secured for second harvest cycle in base to the natural growth of the residual forest in the harvested areas.

Furthermore, the forest management can better prevent the anarchical occupation and the total elimination of the vegetation cover than the change of legal status that was made in part of the Forest Reserve of Ticoporo.

Keywords: Forest Management, sustainable yield, forest planning, forest reserve, wood concessions.

Los Llanos Occidentales de Venezuela, otrora cubiertos de extensos bosques ricos en maderas preciosas, se han convertido en áreas de producción agropecuaria en los últimos 40 años. Las maderas comerciales fueron extraídas mayormente bajo la modalidad de permisos anuales en corta, y la vegetación remanente fue eliminada con la finalidad de incrementar la superficie de pastizales para ganadería principalmente.

Como una muestra de esa extensa superficie boscosa que cubría los Llanos Occidentales quedaban las Reservas Forestales de Turén, Ticoporo, Caparo y San Camilo, decretadas con el propósito de asegurar el abastecimiento de la industria maderera nacional; las cuales desde el momento de su creación (y aún antes) fueron también objeto de depredación y uso indebido, hasta el punto que hoy sobreviven precariamente Ticoporo, Caparo y San Camilo, pero con una reducción de más del 60% en la superficie boscosa. Turén, la primera Reserva en ser creada (1956), desapareció totalmente sin llegar a ser manejada forestalmente.

En Ticoporo se inició el Manejo Forestal en Venezuela, en 1970, y actualmente sólo dos empresas concesionarias ejecutan aún Planes de Manejo (Unidas II y III), de las cuatro en que fue subdividida la Reserva.

Extrañamente han sido más invadidas y han dejado prácticamente de operar las Unidades I y IV, donde el sector empresarial (privado) no ha tenido ninguna participación directa como accionista de las empresas concesionarias. En especial la Unidad I, que fue otorgada e inició la ejecución de su Plan de Manejo tardíamente (26 años después de creada la Reserva).

Las actividades de manejo en las Unidades que se mantienen operativas (II y III) han tenido, naturalmente, altibajos. Las empresas concesionarias (una privada y otra mixta) no han cumplido cabalmente, es decir, con regularidad, sus compromisos contractuales con la República; pero han hecho esfuerzos extraordinarios por contener la invasión y ocupación anárquica de las Unidades recibidas en concesión.

Las Unidades II y III han cumplido más de dos tercios del Ciclo de Corta fijado en 30 años, por lo que es procedente un análisis sobre lo que se ha realizado, con miras a responder la interrogante que despierta el inminente segundo ciclo de corta.

De acuerdo con Plonczak, en la Unidad II las pérdidas del bosque explotado "en cuanto a número de individuos se refiere, son compensadas ya a los 4 años después de la explotación, si bien la composición florística es diferente... Además se observó que el número de especies (diversidad florística) por unidad de superficie es marcadamente superior en los rodales explotados que en el bosque primario, por lo menos durante los primeros 13 años". Algo similar puede decirse del incremento del área basal (y del volumen), 4 años después de la explotación y hasta que el área basal se aproxima a un valor máximo que depende de la calidad de sitio, según el mismo autor.

El rendimiento sostenido en la producción maderera, y la extensión del manejo hacia el 2º ciclo de corta, parecen estar garantizados en la Unidad II, aún sin tomar en consideración el aporte del crecimiento de las plantaciones (que si las hay, efectivamente), pero el tratamiento de la masa residual (remanente en áreas explotadas) es recomendable.

En la Unidad III, la situación parece todavía más halagüeña, cuando se incluyen las plantaciones y el crecimiento de la masa remanente (tratada o sin tratar) y si se prevé, además, la incorporación de nuevas especies y productos al mercado.

En efecto, según Duque, hasta 1993 Emallca había plantado 4.335 ha a campo abierto, 1.162 ha por método limba y 2.304 has en fajas de enriquecimiento con rendimiento promedios de 8, 5 y 3 m³/ha/año, respectivamente; lo que representa un aporte global aproximado de 45.000 m³/año, a la masa forestal comercial. Es decir, algo más del doble de lo que se viene extrayendo anualmente por explotación del bosque natural. Si a ello agregamos el crecimiento de la masa remanente del bosque intervenido y la incorporación al mercado de especies hasta ahora sin valor comercial, entonces podemos ser más que optimistas respecto del rendimiento sostenido para el 2º ciclo de corta (años 31 - 60).

La situación de ocupación incontrolada y dedicación de las tierras al uso agropecuario también ha afectado a un sector de la Unidad III (15.351 hectáreas), que fuera separado del régimen de Reserva Forestal para convertirla en Reserva de Fauna Sabanas de Anaro.

CONCLUSIONES

Dos conclusiones generales pueden obtenerse de esta evaluación rápida de los resultados del Manejo Forestal en la Reserva Forestal de Ticoporo y agregarse algunos comentarios al respecto:

- 1) A juzgar por los resultados obtenidos en la Unidad II y los cálculos y propuestas hechos por el Dr. Plonczak, aparentemente no son indispensables ni la plantación ni el manejo de la masa remanente para asegurar el rendimiento sostenido y constante.

Esa parece ser la impresión también en Itacoatiara, Estado. Amazonas, Brasil, donde una empresa internacional que está operando allí sólo ejecuta, por ahora, explotación controlada y vigilancia del bosque.

En este mismo contexto, parece importante destacar el llamado reciente, a nivel mundial, por un Manejo Simplificado y de Bajo impacto Ambiental en nuestros bosques naturales mixtos tropicales. Vale decir, sin excesiva complicación técnica y sin mayores intervenciones humanas en el área después de la explotación.

- 2) El Manejo Forestal en las Unidades II y III ha contribuido a preservar el bosque de la destrucción total (deforestación rasante). Al menos la cubierta forestal se mantiene mayormente en estas Unidades, aunque obviamente alterada por las explotaciones madereras, las intervenciones silviculturales y las plantaciones, como consecuencia del manejo. En el resto de las áreas, en cambio, el ecosistema bosque ha desaparecido totalmente, para dar paso a la producción agropecuaria.

El cambio de figura jurídica (de parte de la Reserva Forestal a Reserva de Fauna) no ayudó a evitar la ocupación anárquica e ilegal del área transferida.

REFERENCIAS

Duque, D., 1993. Análisis sobre la Sostenibilidad del Recurso Forestal en la Unidad III de la Reserva Forestal de Ticoporo. Barinas, Venezuela.

Johnson, N.; Cabarle, B., 1995. Sobreviviendo a la Tala. Manejo del Bosque Natural en los Trópicos Húmedos. WRI y CCAD.

PRECIOUS WOODS, 1996. A strategy that protects tropical forests by making use of them.

Plonczak R., Miguel A., 1991. Efectos del Aprovechamiento Forestal sobre la estructura y composición de los bosques de Ticoporo y sus consecuencias para el manejo silvicultural

REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN

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 del Sector Forestal que deseen difundir sus experiencias en el área de la silvicultura, el manejo forestal, las industrias de la madera, problemas ambientales y otros temas relacionados con la actividad y desarrollo del Sector.

La publicación tiene 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 dispone de dos 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 importancia dentro del Sector Forestal.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

-Artículos:

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 párrafo de reducida extensión.

En las Referencias se identificarán todas las fuentes de información 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 estima que la información adicional que presentan es necesaria. 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 podrá adoptar una estructura más simple prescindiendo de los puntos innecesarios.

-Notas Bibliográficas

En las Notas Bibliográficas se identificará detalladamente la publicación reseñada, 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 seguido del nombre del o de 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 ésta, 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 (21,6 por 27,9 cm) 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 de los 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 antepondrá un guión antes de estos. No se numerarán los títulos.

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

Las citas bibliográficas se anotarán en minúsculas y letra corriente, mediante el sistema autor, año. Las referencias bibliográficas se ordenarán alfabéticamente en el punto Referencias, separadas por doble espacio. En este punto se usarán letras minúsculas en negrita para autor (es) y año y minúsculas corrientes para el resto de la identificación bibliográfica, 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, 2º piso Santiago.

Se agradecerá enviar original y una copia, además del original en diskette 3 1/2", procesador de texto Word Perfect o Word y gráficos en Excel.

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 10 N° 2
Diciembre de 1996

CONTENIDO

Artículos

- Modelos de Estimación de la Competencia y Mortalidad Individual para Renovales del Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb) (Oerst)) y Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp et Endl). Carlos Bahamóndez, Marjorie Martin. 153
- Micropropagación de *E. globulus* a través de Segmentos Nodales. Pilar Videla, Patricio Chung. 165
- Estudio Teórico-Experimental de Vigas de Sección Transversal Compuesta, Fabricadas con Madera y Contrachapado Estructural. Vicente Pérez. 175
- Efecto del Fuego sobre el Bosque, La Disponibilidad de Nutrientes y la Materia Orgánica en el Suelo. Rómulo Santelices, Creighton Litton. 205
- Precisión de Corte en Sierra Huincha. Francis Devlieger, Luis Flores, Ricardo Baetty. 217
- Rendimientos en Diferentes Procesos de Pulpaje al Sulfito. Aldo Rolleri, Hernán Poblete, Roberto Juacida. 225
- Apuntes**
- Efectos del Precaentamiento en Agua sobre la Densidad básica y la Contracción en Coigüe *Nothofagus dombeyi*. Rubén A. Ananías, Marcela Chamorro, Carmen Díaz. 239
- Estudio de Raleo y Poda en Plantaciones de *Pinus ponderosa*, XI Región de Aysén. Raúl Morales, J. Luis Canala-Echeverría. 249
- Vibración y Ruido en Vacío de Sierras Circulares Comerciales. Víctor Poblete, Jorge Arenas, E. Millar, R. Ríos. 265
- Cortas de Protección en Hoyos de Luz: Efectos Microclimáticos. Luis Otero. 277
- Impacto Ambiental de la Desertificación: Consideraciones sobre un Proyecto de Reversión del Proceso. Susana Benedetti. 289
- Aspectos sobre la Semilla y Germinación de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser de dos Procedencias de la VII Región. Rómulo Santelices, Magno Riquelme, Francisco Rojas. 297
- El Manejo de la Reserva Forestal de Ticoporo como Ejemplo del Manejo Forestal bajo Régimen de Conseciones en Venezuela. A. Luna. 307
- Reglamento de Publicación 311