

# PREDICCIÓN DE VALORES GENÉTICOS VÍA REML/BLUP EN FAMILIAS DE *Eucalyptus cladocalyx* ESTABLECIDAS EN EL NORTE DE CHILE

Sandra Perret D.<sup>1</sup>; Freddy Mora P.<sup>2</sup>; María Paz Molina B.<sup>3</sup>

## RESUMEN

*Eucalyptus cladocalyx* es una especie con un importante potencial para la reforestación de zonas con déficit hídrico en Chile, debido a su capacidad de adaptación a estos ecosistemas, a las propiedades de su madera y a su calidad floral para la producción apícola. Programas de hibridación inter-específica utilizando esta especie han sido priorizados para mejorar características tales como densidad de la madera y la tolerancia al déficit hídrico en otras especies de *Eucalyptus* de interés económico.

En este trabajo, 49 progenies de *E. cladocalyx* fueron evaluadas en función del crecimiento en altura y diámetro a los 4 años de edad en un ensayo establecido en Los Vilos, IV Región. Las familias corresponden a polinización libre, con 47 de ellas provenientes de poblaciones naturales de Australia y 2 de plantaciones preexistentes en Chile. Un diseño de bloques completos al azar fue utilizado, con 30 bloques y una planta de cada familia por parcela. El método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) se utilizó para la estimación de componentes de varianza. Valores genéticos predichos, del efecto familiar, fueron determinados a través de la Mejor Predicción Lineal no Sesgada (BLUP) y en el análisis REML/BLUP se empleó el procedimiento de modelos lineales mixtos PROC MIXED de SAS<sup>®</sup>.

El coeficiente de correlación de Spearman fue calculado para determinar la correlación entre valores genéticos de cada característica, con intervalos de confianza Bootstrap (5% de probabilidad). La heredabilidad estricto sensu fue alta para la altura y moderada para el diámetro, con valores de  $h^2 = 59,51 \pm 1,3$  y  $h^2 = 35,34 \pm 0,8$  respectivamente, indicando una alta posibilidad de ganancia genética con fines de selección entre familias de la especie. Los valores de altura promedio de las mejores diez familias variaron desde 3,70 a 4,48 m, correspondientes a las procedencias de Remarkable y Wirrabara, respectivamente. El coeficiente de correlación de Spearman entre los valores BLUP de la altura y el diámetro fue alto y significativo ( $r_s = 91,11 \pm 0,26$ ) indicando una fuerte correlación genética entre las variables, siendo útil para fines de selección considerando ambas características simultáneamente. En función de los valores BLUP se destacan las procedencias de Wirrabara, Flinders Chase y Remarkable. Las familias de origen nacional no serían consideradas en el proceso de selección debido a su bajo crecimiento.

**Palabras claves:** BLUP, REML, Componentes de Varianza, *Eucalyptus cladocalyx*, modelos mixtos, semiárido, mejoramiento genético.

<sup>1</sup> Instituto Forestal – INFOR Sede Diagonal, Chile [sperret@infor.gob.cl](mailto:sperret@infor.gob.cl)

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Maringá-Paraná, Brasil.

<sup>3</sup> Instituto Forestal – INFOR Sede Bio Bio, Chile.



## PREDICTION OF GENETIC VALUES USING REML/BLUP IN OPEN-POLLINATED FAMILIES OF *Eucalyptus cladocalyx* ESTABLISHED IN NORTHERN CHILE

### SUMMARY

*Eucalyptus cladocalyx* is an important tree species for the arid and semiarid zones of northern Chile, due to its capacity of adaptation to these dry-lands. It has excellent wood properties for different purposes and good flowering for honey production. A large inter-specific hybridization program has been undertaken by the Forest Institute (INFOR) using this species to improve wood and growth properties (basic density and drought hardiness) of other *Eucalyptus* spp of economic interest for the semiarid zone.

In this work, 49 families of *E. cladocalyx* were assessed on a site localized at Los Vilos, IV Region; total height and diameter were the growth traits under analysis at 4-year-old trees. The progeny trial included 47 families originating from natural populations of Australia and 2 from local sub-race plantations. A complete randomized block design was used, with 30 blocks. The **Restricted Maximum Likelihood (REML) method** was utilized for variance components estimation. Predicting breeding values, family effects, were determined by Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) procedure. The REML/BLUP analysis was run using the mixed lineal models procedure, PROC MIXED of SAS/®.

Spearman rank correlation coefficient was calculated to determine the correlation among genetic values ranks of each economical trait, with intervals of confidence Bootstrap (95% of probability). The narrow-sense heritability was high and moderate for total height and diameter, respectively, with values of  $h^2 = 59.51 \pm 1.3$  and  $h^2 = 35.34 \pm 0.8$  respectively, indicating a high possibility of genetic gain by selecting families of the species. The mean height values of the ten best families varied from 3.70 to 4.48 m, which corresponded to Remarkable and Wirrabara provenances, respectively. Spearman correlation coefficient calculated between height and diameter rank, by using BLUP, was high and significant ( $91.11 \pm 0.26$ ) indicating a strong association among the traits, which is useful for selection considering both traits simultaneously. Based on BLUP ranks the best seed origins correspond to Wirrabara, Flinders Chase and Remarkable. The families of local sources would not be selected due to their low growth.

**Keywords:** BLUP, REML, Variance Components, *Eucalyptus cladocalyx*, semiarid, mixed models, genetic improvement.

## INTRODUCCIÓN

*Eucalyptus cladocalyx* ha sido plantado en el sur de Australia, principalmente para protección de suelos contra la erosión, producción de postes, cortinas cortavientos y con fines ornamentales. La especie se introdujo con éxito en Sudáfrica, África del Norte, España y Portugal, en donde existen plantaciones en áreas de suelos pobres y con escasa precipitación (Mora y Perret, 2002).

El rápido crecimiento, la buena capacidad de retoñación y los bajos requerimientos de suelo, son algunas de las características que posee *Eucalyptus cladocalyx* que la hace una especie apta para la zona árida de Chile. Según Prado y Barros (1989) la especie crece en suelos arenosos y gravosos, de profundidad moderada a delgada, de baja fertilidad, neutros y ácidos, y posee una moderada tolerancia a la salinidad.

Pocas especies del género *Eucalyptus* son consideradas útiles para la reforestación de áreas con sequías frecuentes o con baja disponibilidad de lluvia (Hardwood *et al.* 2001). Una de ellas es *Eucalyptus cladocalyx* la cual está siendo considerada en programas interespecíficos de hibridación para mejorar características como tolerancia al déficit hídrico (Mora, Palma y Jara, 2005; Potts *et al.* 2001). En estos programas es fundamental conocer el valor genético de los genotipos en orden a seleccionar el material que servirá de base para evaluar su combinación híbrida.

Existen diversos parámetros que permiten determinar el control genético asociado a alguna característica de interés. Entre las estimaciones más relevantes se encuentra la heredabilidad. El concepto de heredabilidad es uno de los más importantes y más usado en genética cuantitativa. El valor de la heredabilidad expresa la proporción de la variación en la población que es atribuible a diferencias genéticas entre individuos. La heredabilidad es de importancia clave para estimar las ganancias que se puede obtener en los programas de selección (Zobel y Talbert, 1984).

Aunque los ensayos de progenie de especies forestales, como los de *Eucalyptus*, se establezcan en zonas climáticamente similares, se puede esperar cierto nivel de interacción genotipo-ambiente debido a diferencias en el tipo de suelo, historia del sitio y prácticas antrópicas (Balmelli, 2000).

Una de las metodologías más difundidas, por la cual se estiman parámetros genéticos, es la máxima verosimilitud restringida (REML) (*restricted maximum likelihood method*). Este método, conjuntamente con la predicción de valores genéticos por medio de la «mejor predicción lineal no sesgada» (BLUP), permite mejores evaluaciones en la presencia de datos no balanceados (Searle *et al.* 1992), aspecto común en la investigación forestal. En estos métodos los componentes de variación y los valores genéticos se pueden obtener mediante procedimientos uni y multivariados. En el univariado los datos se pueden ajustar por modelos mixtos, con o sin ajuste para la interacción. En el multivariado, los datos de un carácter, evaluado en diferentes sitios o localidades, se pueden analizar como un mismo carácter (Resende, 1999).



En modelos mixtos, la mejor predicción lineal no sesgada (BLUP) de los efectos aleatorios es obtenida por medio de la maximización de la función de densidad conjunta que considera los efectos fijos y aleatorios del modelo. El sistema de ecuaciones de modelos mixtos permite obtener además la mejor estimación lineal no sesgada (BLUE) para los efectos fijos.

En orden a obtener las estimaciones y predicciones de los efectos fijos y aleatorios, identificados en el modelo mixto, es necesario obtener los componentes de varianza, los cuales pueden ser estimados por el método REML disponible en los procedimientos MIXED (*mixed linear model*) y VARCOMP (*variance component*) de SAS® (Mora *et al.* 2005; Mora y Arnhold, 2006).

Debido a la importancia que reviste el desarrollo de plantaciones operacionales de *Eucalyptus cladocalyx* en la zona árida de Chile, se desarrolló la presente investigación, que tuvo como objetivo principal estimar parámetros genéticos en 49 familias de medio-hermanos de *Eucalyptus cladocalyx*, de 4 años de edad en un ensayo genético establecido en el norte de Chile.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En septiembre del año 2001 se estableció una prueba de progenies, de cuarenta y nueve familias de medio-hermanos (*half-sibs*) de *Eucalyptus cladocalyx*, en la IV Región de Chile; 47 familias provenientes de poblaciones naturales de Australia y 2 familias provenientes de fuentes de semilla nacional.

Los sitios de colección en Australia variaron en latitud desde 32° 43' S a 35° 57' S (Cuadro N° 1). La localización de los sitios de colección de las familias de origen nacional es indicada en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 1  
RESUMEN DE LAS FAMILIAS DE  
*Eucalyptus cladocalyx* PROVENIENTES DE AUSTRALIA

Código	Lugar Origen	N° de Familias	Latitud (Lat S)	Longitud (Long O)	Precipitación (mm/año)
20388	MT Remarkable	16	32° 43' 00	138° 05' 00	242,8
20411	W Of Cowell	10	33° 38' 30	138° 40' 58	405,0
19549	Marble Range	4	34° 30' 00	135° 35' 44	485,1
20389	Winabara SF	9	33° 06' 10	138° 14' 04	256,6
20267	Flinders Chase NP	8	35° 57' 00	136° 42' 00	637,9

**Cuadro N° 2**  
**RESUMEN DE LAS FAMILIAS DE**  
***Eucalyptus cladocalyx*, FUENTE DE ORIGEN CHILE**

Código	Lugar Origen	N° de Familias	Latitud (Lat S)	Longitud (Long O)
I-9	Ilapel	1	31° 40' 46"	071° 14' 55"
CC-8	Comunidad Agrícola Cabra Corral, Comuna Ilapel.	1	31° 34' 06"	071° 20' 75"

El ensayo se estableció en la Comuna de los Vilos, Provincia del Choapa, en terrenos de la Hacienda Agrícola Caracas (31° 55' 05" LS; 71° 27' 10" Long W; 167 m de altitud). El diseño fue de bloques al azar, con parcelas de un árbol (*single tree plots*), con 30 bloques. Todos los árboles fueron plantados a un espaciamiento de 2 m x 3 m. La caracterización ambiental es descrita en el Cuadro N° 3.

**Cuadro N° 3**  
**RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL SITIO**

Ensayo	Comuna	Distrito Agroclimático* (N° y nombre)	Ubicación General	Precipitación Media anual (mm)	Evapo-transpiración Anual (mm)	Temperatura Media anual (°C)	Periodo libre de heladas (días)	Temperatura (°C) (1) (2)
Hacienda Caracas	Los Vilos	III / Amolenas - Los Vilos	Litoral	201,1	1100-1200	14,1	345	7,0 24,1

\* Calderley (1987)

(1) Mínima media del mes más frío, julio.

(2) Máxima media del mes más cálido, enero.

Los caracteres de crecimiento que se midió fueron altura total y diámetro a la altura del pecho (DAP). Ambas características de crecimiento fueron medidas a los 4 y 6 años de edad.

### Máxima Verosimilitud Restringida (REML)

Para la determinación de los componentes de varianza vía REML se utilizó el siguiente modelo lineal mixto:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + B_j + e_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  es la observación (correspondiente a una característica de crecimiento) del k-ésimo árbol en la i-ésima familia ubicada en el j-ésimo bloque

$\mu$  es el promedio total

$F_i$  es el efecto aleatorio de la i-ésima familia

$B_j$  es el efecto fijo del j-ésimo bloque

$e_{ijk}$  es el efecto residual aleatorio



## Valores Genéticos

En términos matriciales el modelo que describe las respuestas del crecimiento de los árboles, es dado por:

$$y = X\beta + Z\gamma + \varepsilon$$

Donde:

$y$  es el vector de las respuestas observadas

$X$  es la matriz de diseño de los efectos fijos

$\beta$  corresponde al vector de parámetros de efectos fijos (bloques)

$Z$  es la matriz de incidencia de los efectos aleatorios

$\gamma$  es el vector de efectos aleatorios

$\varepsilon$  es el vector de residuos.

Se asume que  $\gamma$  y  $\varepsilon$  son independientes y tienen distribución normal univariada con media 0 y matriz de varianzas  $G$  y  $R$ , respectivamente.

Los valores estimados,  $\hat{\beta}$ , y los valores predichos,  $\hat{\gamma}$ , que son los mejores estimadores lineales no sesgados (BLUE) de los efectos fijos, y la mejor predicción lineal no sesgada (BLUP) de los efectos aleatorios, respectivamente, se derivaron a partir de las ecuaciones de modelos mixtos:

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

Los cuales pueden ser escritos de la forma:

$$\begin{aligned} \hat{\beta} &= (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y \\ \hat{\gamma} &= GZ'V^{-1}(y - X\hat{\beta}) \end{aligned}$$

Donde " $^{-1}$ " es una inversa generalizada.

Los valores Genéticos predichos, del efecto familiar fueron determinados a través del procedimiento de modelos lineales mixtos, PROC MIXED de SAS®, dado que este procedimiento proporciona los errores estándares adecuados a cada nivel de análisis, realizando las comparaciones de media en la forma correcta para el tipo de diseño del ensayo.

Con el fin de determinar la correlación existente entre los valores genéticos para cada característica, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman, con intervalos de confianza Bootstrap (5% de probabilidad). SURVEYSELECT y CORR fueron los

procedimientos de SASÆ utilizados para los cálculos de correlación de Spearman entre características, con su respectivo intervalo de confianza.

## RESULTADOS

La Heredabilidad en sentido estricto fue alta para la altura y moderada para el diámetro, con valores de  $h^2 = 59,51 \pm 1,3$  y  $h^2 = 35,34 \pm 0,8$  respectivamente, indicando una alta posibilidad de ganancia genética con fines de selección entre familias de la especie (Cuadro N° 4). Dado que los ensayos evaluados están cercanos a la mitad de la edad de rotación, considerando producción de postes y polines (madera para uso primario), es de esperar que los valores obtenidos para la heredabilidad se mantengan en el tiempo, aumentando la certeza de la selección familiar.

**Cuadro N° 4**  
**ESTIMATIVAS DE MÁXIMA VEROSIMILITUD RESTRINGIDA (REML) PARA LOS COMPONENTES DE VARIANZA**

Estimativas REML	Características	
	Altura	Diámetro
Varianza aditiva	1,331	188,051
Varianza residual	0,906	344,110
Varianza fenotípica	2,237	532,161
Heredabilidad estricto <i>sensu</i>	<b>0,5951</b>	<b>0,3534</b>
Error estándar heredabilidad	0,013	0,008

**Cuadro N° 5**  
**VALORES GENÉTICOS PREDICHOS (BLUP) POR CARACTERÍSTICA DE LAS MEJORES DIEZ FAMILIAS DE *Eucalyptus cladocalyx***

Característica	Procedencia	Familia	BLUP	Promedio
Altura (cm)	Wirrabara	32	1,30	4,48
	Wirrabara	39	0,99	4,16
	Flinders Chase	47	0,93	4,09
	Flinders Chase	42	0,92	4,08
	Flinders Chase	43	0,91	4,08
	Flinders Chase	44	0,82	3,98
	Flinders Chase	46	0,81	3,96
	Wirrabara	36	0,70	3,85
	Wirrabara	40	0,67	3,82
	Remarkable	3	0,56	3,70
Diámetro (mm)	Wirrabara	32	14,98	77,83
	Wirrabara	39	12,89	75,73
	Flinders Chase	43	12,76	75,58
	Flinders Chase	42	11,33	73,75
	Wirrabara	36	10,66	72,91
	Remarkable	6	9,57	71,64
	Flinders Chase	45	8,15	70,06
	Wirrabara	40	7,92	69,70
	Remarkable	16	7,69	69,48
	Flinders Chase	47	6,95	68,62

En el Cuadro N° 5 se puede observar que los valores de altura promedio de las mejores diez familias varió desde 3,70 a 4,48 m, correspondiendo estas a las procedencias de Remarkable y Wirrabara, respectivamente. En función de los valores BLUP se destacan las procedencias de Wirrabara, Flinders Chase y Remarkable. Las familias de origen nacional no serían consideradas en el proceso de selección debido a su bajo crecimiento. McDonald et al. (2003) afirman que *Eucalyptus cladocalyx* crece naturalmente en tres zonas separadas del sur de Australia: Área de Flinders Ranges, incluyendo la región de Wirrabara, Eyre Peninsula y Kangaroo Island. Originalmente en el área de Flinders Ranges la especie sobrepasa los 35 m de crecimiento en altura y, contrariamente, en Eyre Peninsula un número modesto de árboles pueden crecer más allá que 15 m, y los árboles que crecen en Kangaroo Island muestran un crecimiento intermedio.

El Coeficiente de correlación de Spearman entre los valores BLUP de la altura y el diámetro fue alto y significativo ( $r_s = 0,91 \pm 0,026$ ) indicando una fuerte correlación genética entre las variables, siendo útil para fines de selección considerando ambas características simultáneamente.



## CONCLUSIONES

Se confirma la superioridad de las familias provenientes de la localidad de Wirrabara, a su vez, diversas familias provenientes de Flinders Chase y Remarkable, también serían interesantes para el proceso de selección familiar, como parte de la estrategia de mejoramiento de *Eucalyptus cladocalyx*.

Las familias de origen nacional no serían consideradas en el proceso de selección debido a su bajo crecimiento. Esto confirma la importancia de la introducción de germoplasma para fines de selección y mejoramiento forestal.

## REFERENCIAS

- Balmelli, G., 2000. Genetic Parameter Estimates for Growth Traits in *Eucalyptus grandis*: Some Implications for Breeding and Commercial Seed Production. En: Proceedings of Forest Genetics for the Next Millennium:65-68. IUFRO Working Party. Durban - South Africa.
- Caldentey, J.,1987. Distritos Agroclimáticos de la IV Región. Santiago: CONAF/PNUD/FAO. 68p.
- Hardwood, C.; Bulman, P.; Bush, D.; Mazanec, R. and Stackpole, D., 2001. Australian Low Rainfall Tree Improvement Group: Compendium of Hardwood Breeding Strategies. Kingston: RIRDC. 148p.
- McDonald, M.W.; Rawlings, M.; Butcher, P.A. and Bell, J.C., 2003. Regional Divergence and Inbreeding in *Eucalyptus cladocalyx* (Myrtaceae). Australian Journal of Botany vol.51, p.393-403.
- Mora, F. y Arnhold, E., 2006. Inferencia Bayesiana y Metodología de Modelos Lineales Mixtos Aplicados al Mejoramiento del Maíz. Ciencia e Investigación Agraria, 33(3):217-223.
- Mora, F.; Palma-Rojas, C. y Jara-Seguel, P., 2005. Comparación del Cariotipo de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus cladocalyx* (Myrtaceae). Agricultura Técnica, v.65, n.1, p.20-25.
- Mora, F.; Scapim, C.A.; Perret, S.; Deitos, A.; Dandolini, T. y Astorga, M., 2005. Componentes de Variância e Correlações, Via REML, em Acessos de *Acacia saligna* (Leguminosae). Arquivos da Apadec, 9 (Supl.1), p.31-32.
- Mora, F. y Perret, S., 2002. *Eucalyptus cladocalyx* en la Región de Coquimbo: Especie Maderera para el Negocio Frutícola. Revista Tierra Adentro Vol. 46, p.28-29.
- Prado, J.A. y Barros, S., 1989. Eds. *Eucalyptus*: Principios de Silvicultura y Manejo. Santiago, Chile, INFOR-CORFO. 199 p.
- Potts, B.M.; Barbour, R.C. and Hingston, A.B., 2001. Genetic Pollution from Farm Forestry: Using *Eucalyptus* Species and Hybrids. Kingston: RIRDC.108p.
- Resende, M.D., 1999. Predição de valores genéticos, componentes de variância, delineamentos de crescimento e estrutura de populações no melhoramento florestal. Tesis (Doctorado en Genética) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 434 p.
- SAS Institute, 1996. Statistical Analysis System: User's Guide. Cary: SAS Institute, 956p.

Searle, S.R., Casella, G., McCulloch, C.E. 1992. Variance Components. New York: John Wiley & Sons, 501p.

Zobel, B. and Talbert, J., 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons. New York, 505 p.

---

## ENSAYOS DE HIBRIDACIÓN ARTIFICIAL OSP en *Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis* CON ESPECIES TOLERANTES AL DÉFICIT HÍDRICO

Patricio Rojas<sup>1</sup>, Sandra Perret<sup>1</sup> y María Paz Molina<sup>2</sup>

### RESÚMEN

La especie más importante para la producción de pulpa y celulosa de fibra corta en Chile es *Eucalyptus globulus* debido a sus excelentes propiedades físicas, químicas y mecánicas de la madera y su rápido crecimiento. En los mejores sitios la productividad puede alcanzar 40 m<sup>3</sup>/ha/año considerando material genéticamente mejorado, como clones o familias de hermanos completos (*full-sib families*). Sin embargo, la presencia de heladas en la zona centro sur del país y el extenso periodo seco de la zona centro norte son factores limitantes de importancia para el establecimiento de plantaciones con la especie, o la extensión de su cultivo en otros ambientes forestales. INFOR ha desarrollado un largo y extenso programa de investigación desde la década de los sesenta, incluyendo la selección de especies, procedencias, familias y clones en diferentes unidades edafoclimáticas del país. Como consecuencia, en la zona árida de Chile, donde las precipitaciones anuales varían entre 100 y 250 mm, *E. camaldulensis*, *E. cladocalyx* y *E. sideroxylon* han sido seleccionadas para la repoblación forestal de sitios considerados marginales en las zonas áridas con tendencia mediterránea, las que son denominadas como especies "bases".

Estas especies presentan una comprobada tolerancia al déficit hídrico, pero naturalmente, debido a las condiciones climáticas en las que son establecidas, los árboles presentan una o varias características restrictivas para su uso industrial, como lento crecimiento (4 - 7 m<sup>3</sup>/ha/año), forma de los árboles, o las propiedades tecnológicas de la madera. El diseño y establecimiento de una matriz de cruzamientos híbridos entre las especies bases y aquellas como *E. globulus*, denominadas como especies "mejoradoras", forma parte de una estrategia de selección genética con fines de mejoramiento de características múltiples. *E. camaldulensis* es una especie que ha presentado comprobada tolerancia a climas semiáridos, cuando ha sido comparada con otras especies del género, posee una alta variabilidad genética por lo cual ha sido plantada extensivamente en diferentes partes del mundo. Su madera es de alto poder calorífico (4.800 kcal/kg), pero la alta concentración de extraíbles de la madera (lignina) limita su uso industrial como materia prima para la industria de la celulosa y el papel.

Aunque existen herramientas biotecnológicas para la recombinación genética entre especies, de alta tecnología, como fusión de protoplastos, transferencia de genes y otras, éstas son de elevado costo y requieren de equipamiento altamente tecnológico, entre otros aspectos. Por ello, se ha propuesto una tecnología de hibridación artificial más apropiada a los recursos existentes en la zona semiárida de Chile, por su bajo costo y factibilidad de implementación.

<sup>1</sup> Sede Diaguías, La Serena IV Región. parojas@cl, sperret@infor.cl

<sup>2</sup> Unidad de Biotecnología, Concepción, VIII Región mmolina@infor.cl

Investigación financiada por FDI-CORFO. Proyecto tecnológico "Desarrollo de plantaciones forestales económicamente rentables con individuos resistentes al déficit hídrico y de alta productividad en la zona semiárida de la IV Región".

El presente trabajo resume los resultados obtenidos con la aplicación de la polinización en una sola visita (*one stop pollination*) en madres de *E. globulus* y *E. camaldulensis* para la generación de semillas híbridas. La semilla obtenida de los cruzamientos será probada en ensayos de progenies híbridas y también empleada como plantas madres para su propagación clonal y posterior uso en programas operacionales de plantación.

**Palabras claves:** *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus*, hibridación, zonas semiáridas.

## POLLINATION TRIALS USING OSP TECHNIQUE ON *Eucalyptus globulus* AND *E. camaldulensis* WITH DROUGHT RESISTANT *Eucalyptus* SPECIES

### SUMMARY

One of the most important exotic species for pulp and paper production in Chile is *Eucalyptus globulus* due to exceptional chemical and physical wood properties and tree fast growing. In the best sites (costal and mild temperate zones of the south of Chile) with the right silviculture technology and improved genetic material (controlled crosses seed, elites clones propagated by cuttings) the species can achieve more than 40 m<sup>3</sup>/ha/year.

Nevertheless, there are some limitations to extend commercial plantations for other zones in Chile. Frost damage is the main problem for planting in the south and a long dry season in the north and interior valleys (called "secano"). INFOR which is the forest research branch of the Chilean state has been developing a large tree breeding program that included species / provenance / progeny trials, o.p. family's selections and elite clones for different soil and climatic conditions.

INFOR has selected three species denominated "base species": *Eucalyptus camaldulensis*, *E. cladocalyx* and *E. sideroxyton* for the semiarid zone with an annual rainfall less than 100 mm which show good adaptation to drought and soil conditions, but have one or more restrictions for industrial and commercial uses like slow growth (4 - 7 m<sup>3</sup>/ha/year), deficient form of the trees and low quality of wood properties.

Based on genetic strategies to improve drought tolerance of genotypes, a controlled cross matrix was designed with bases species and those like considered as "improved species" using OSP technique. Reciprocal crosses considered *E. camaldulensis* which is well adapted to drought and has a high genetic variability. The species has been widely planted in the world for bioenergy due to high calorific wood properties, nevertheless a high wood lignin content limits the use for pulp and paper industry.

Considering the high cost of emergent technological tools, like protoplast fusion and genetic transformation for gene recombination of selected material between species, the proposed technique for artificial hybridization is closer of social reality of the semiarid zone of Chile due to low cost and feasibility of implementation.

This paper shows preliminary results of hybrid seedlings and clones obtained by using OSP technique on *E. globulus* and *E. camaldulensis* females that will be planted on progeny and clonal trials for operational production using mother plants.

**Key Words:** *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus*, hybridization, semiarid zones

## INTRODUCCIÓN

El programa de hibridación de *Eucalyptus* de INFOR tiene como objetivo generar semillas de cruzamientos interespecíficos por polinización artificial entre especies con algún potencial económico para las zonas semiáridas de Chile. La semilla de cruzamientos será probada en ensayos de progenies híbridas y también empleada como plantas madres para su propagación por estacas.

Para ello, INFOR ha seleccionado especies que han demostrado buena adaptación a zonas que presentan déficit hídrico y que además su madera presenta propiedades tecnológicas de interés comercial. Entre las especies potenciales para las zonas semiáridas se ha seleccionado especies bases y mejoradoras<sup>1</sup> de acuerdo a los resultados de ensayos de progenies/procedencias de INFOR como: a) *Eucalyptus camaldulensis*, especie de gran resistencia a climas semiáridos y de alta variabilidad genética en su distribución natural. La madera es de alto poder calorífico (4.800 Kcal/kg), pero su alta concentración de extraíbles (lignina) dificulta su uso industrial para la producción de pulpa. La especie se propaga fácilmente por estacas y su hibridación artificial con otras especies también ha resultado exitosa. La especie es muy afín con *Eucalyptus tereticornis* según su taxonomía. La mejor procedencia probada en Chile y otras latitudes de climas templados es Lake Albakutya, material sobre el que se ha concentrado los cruzamientos híbridos del presente programa. b) *Eucalyptus sideroxyloides*, ha demostrado buenos resultados de adaptación a sitios con déficit hídrico, sin embargo la forma y el crecimiento evaluado en parcelas experimentales ha sido menor que otras especies forestales probadas en ambientes áridos. La corteza es rica en taninos y su madera es muy densa, llegando a valores cercanos a los 1.000 g/cm<sup>3</sup>, y c) *Eucalyptus cladocalyx* que constituye la especie de mayor potencial para la zona semiárida de Chile, debido a la forma, crecimiento de los árboles y propiedades tecnológicas de su madera. La especie, sin embargo, presenta incompatibilidades genéticas asociadas al número y forma de los cromosomas para el cruzamiento con otras especies del mismo género (Ruggeri, 1961; citado por Eldridge *et al.*, 1993).

Entre las especies consideradas "mejoradoras" de las características de crecimiento y de las propiedades tecnológicas de la madera se encuentra

*Eucalyptus globulus*, de gran adaptación en Chile en zonas con precipitación anual superior a los 500 mm y sin presencia de heladas. Esta especie es de gran importancia industrial debido a las excelentes propiedades de su madera para la producción de pulpa. La especie presenta incompatibilidades unilaterales para el cruzamiento con especies de flores pequeñas, por lo cual es necesario efectuar diversos tratamientos al estilo de la flor para asegurar la fecundación de los óvulos de las especies receptoras (Potts, 2003). El objetivo de la estrategia de mejoramiento es generar semilla híbrida de *Eucalyptus* a través del sistema de polinización en una sola visita (OSP) (Harbard, 1999), ya sea en flores de *E. globulus* o *E. camaldulensis* como madres. El objetivo de la hibridación en flores de *E. camaldulensis* es mejorar sus características de crecimiento y propiedades de la madera. La hibridación basada en *E.*

<sup>1</sup> Especies bases: de gran adaptación a condiciones de secano, pero con limitaciones de crecimiento y/o propiedades tecnológicas de la madera, por ej. *E. camaldulensis*. Especies mejoradoras: buen crecimiento, propiedades tecnológicas de la madera, pero con poca tolerancia a la sequía, por ej. *E. globulus*.

*camaldulensis* es una estrategia válida para las zonas semiáridas, debe sin embargo notarse que las experiencias de híbridos  $F_1$  (dependiendo de los genotipos usados como polen) pueden ser en algunos casos menos resistentes a la sequía que las especies puras, lo cual debe ser comprobado en los ensayos de progenies híbridas.

Algunas investigaciones realizadas en Australia señalan que la resistencia al stress hídrico es intermedia entre los padres. Por ejemplo el híbrido  $F_1$ , *E. camaldulensis* x *E. grandis* puede ser de mejor forma que *E. camaldulensis*, pero sucumbir a un stress hídrico más rápidamente. Según Bush (Comunicación personal, 2004)<sup>2</sup>, la estrategia más razonable es la propagación clonal o el cruzamiento controlado entre los mejores individuos (CP) de las mejores familias. Según otros autores una forma de fijar características deseables en los genotipos híbridos es efectuar "retrocruzamientos" o "backcrossing". De esta forma el polen colectado en las progenies híbridas es cruzado con el progenitor de mayor valor comercial, por ejemplo cruzar el polen híbrido *E. camaldulensis* x *E. globulus* sobre madres de *E. globulus* en una segunda generación ( $F_2$ ). El nivel de inversión económica en un programa de hibridación debe ser ponderado en función de los sitios potenciales de plantación.

## OBJETIVOS

El objetivo de la investigación es explorar la factibilidad de producir semilla híbrida de *E. globulus* y *E. camaldulensis* a través del sistema de polinización en una sola visita. Para este propósito se evalúa en las madres de *E. globulus* el efecto de la madre (clon), el genotipo del polen, el tipo de yema floral, diferentes tipos de cortes en el estilo/estigma de la flor y el efecto del aislante. En el caso de los cruzamientos en *E. camaldulensis* se evalúa el efecto del estadio floral y del aislante usado.

## MATERIAL Y MÉTODO

### El Sistema de Polinización Artificial de una sola Visita OSP (*One Stop Pollination*)

Los sistemas tradicionalmente usados en la polinización artificial demandaban al menos tres visitas al árbol, la primera para determinar la receptividad del estigma para efectuar la polinización, la segunda para emascular, polinizar y aislar la flor y la tercera para retirar los aislantes de la flor para evitar la contaminación. El desarrollo de una nueva tecnología, iniciada en Chile y simultáneamente en Australia en la década de los noventa (Harbard et al, 1999; Williams et al, 1999), permitió reducir a una sola visita estas tres operaciones, reducir drásticamente los costos de las polinizaciones artificiales y permitir la producción de semillas híbridas (intraespecíficas) a gran escala. De esta forma las principales empresas forestales del país producen semillas de cruzamientos controlados "full sib" de los clones de mayor ranking genético de los huertos, constituyendo una alternativa a la plantación de clones.

<sup>2</sup> David Bush, CALM, Australia. Visit Report to Chile, INFOR. 28<sup>th</sup>-7<sup>th</sup> May, 2004.



Trabajo Polinización OSP



Flor en Antesis *E. globulus*



Flor Polinizada OSP

### Figura N° 1 POLINIZACIÓN ARTIFICIAL

La tecnología OSP se sustenta en lo siguiente : a) no es necesario esperar el proceso natural de maduración del estigma para su receptividad del grano de polen y asegurar el éxito de la fertilización de los óvulos y b) el uso de bolsas aislantes no es la única forma de proteger las flores de la contaminación por los insectos. Debido a que *E. globulus* presenta incompatibilidades unilaterales para el cruzamiento con especies de flores pequeñas, fue necesario efectuar diversos tratamientos al estilo de la flor para asegurar la fecundación de los óvulos de las especies receptoras (Potts, 2004).

#### Ensayo de Polinización en *E. globulus*. Huerto Clonal Anilehue (IX Región)

Las polinizaciones fueron efectuadas en el Huerto Semillero Clonal Anilehue, perteneciente a Forestal y Agrícola Monteaguila (FAMASA) y ubicado en las proximidades de Angol (IX Región). El huerto tiene una superficie de 6 hectáreas y tiene en la actualidad 22 clones, cuya ganancia genética estimada en volumen varía entre 7 y 29,7%. Se seleccionaron cuatro clones de acuerdo a su ranking genético, disponibilidad y acceso a las flores con escalas de 3 metros y baja tasa de abortos. El polen fue proporcionado por CSIRO/ALRTIG<sup>3</sup> desde Australia, incluyendo 3 genotipos: de *E. camaldulensis* (C1,C2,C3), 1 genotipo



de *E. tereticornis* y 1 genotipo de *E. benthamii*. La empresa FAMASA colaboró con el polen mix 751 de *E. globulus*, que fue empleado en los cruzamientos OSP que sirvieron de control a los cruzamientos híbridos. El diseño consideró 7 tratamientos OSP más 2 controles; uno de polinización artificial OSP con polen mix de *E. globulus* y otro de polinización abierta. Los tratamientos de polinización fueron asignados al azar dentro del árbol, siendo la unidad experimental de 20 polinizaciones por rama. El número de réplicas (ramas/árbol) fue desigual entre clones.

**Cuadro N° 1**  
**DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL EN *E. globulus***

Tratamiento	Descripción protocolo de polinización
1	Testigo, yemas florales de polinización abierta
2	Yemas florales no dehiscentes, corte transversal de 1/3 del estilo, polinización y aislación con Tygon sellado con algodón.
3	Yemas florales no dehiscentes, corte oblicuo de 1/3 del estilo, polinización y aislación con Tygon sellado con algodón.
4	Yemas florales no dehiscentes, corte longitudinal 1/3 del estilo, polinización y aislación con Tygon sellado con algodón.
5	Yemas florales dehiscentes, emasculación con bisturí curvo, corte transversal de 1/3 del estilo, polinización y aislación con Tygon sellado con algodón.
6	Yemas florales dehiscentes, emasculación con bisturí curvo, corte oblicuo de 1/3 del estilo con tijeras quirúrgicas, polinización y aislación con Tygon sellado con algodón.
7	Yemas florales dehiscentes, emasculación con bisturí curvo, corte longitudinal 1/3 del estilo, polinización y aislación con Tygon sellado con algodón.
8	Yemas florales no dehiscentes, emasculación con bisturí curvo, corte transversal de 1/3 del estilo, polinización y sin aislante.
9	Control OSP Forestal Monteagula. Polinización corte del estigma en forma longitudinal, hasta del largo del estilo y aplicación de polen mix con mondadentes, sin aislante.

### Ensayo de Polinización en *E. camaldulensis*. Predio El Tangué (IV Región)

Las polinizaciones fueron efectuadas en El Tangué (Tongoy, IV región), con personal de la misma Comunidad Agrícola que fue capacitado para efectuar los diferentes tratamientos de polinización. Para esto se aisló flores cercanas al estadio de ántesis, se las emasculó y aisló con bolsas. Al segundo día, una vez receptivo el estigma se aplicó la polinización en las flores.

<sup>2</sup> Commonwealth Scientific Research Research Organization, Australian Low Rainfall Tree Improvement Group



Yemas en Antesis.



Emasculación con Bisturi



Aislamiento con Bolsa

**Figura N° 2**  
**PROCESO DE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL**

Se usaron 4 madres y 6 genotipos de polen de diferentes especies, 2 de *E. camaldulensis* (C2, C24), 2 de *E. globulus* (EGG, G00066), 1 de *E. grandis* y 1 de *E. tereticornis*. Los árboles corresponden a una plantación de la Hacienda El Tangué, que fueron seleccionados por el estadio de floración predominante (yemas en antesis y pre-antesis) y por la accesibilidad de las flores desde el suelo o con escala de 3 metros.

Los tratamientos de polinización fueron asignados al azar dentro del árbol, siendo la unidad experimental de 25 polinizaciones por rama. El número de réplicas (ramas/árbol) fue desigual entre clones.

**Cuadro N° 2**  
**DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL EN *E. camaldulensis***

Tratamiento	Protocolo de polinización
1	Testigo de polinización abierta
2	Técnica OSP. Yemas florales en antesis, dehiscentes. Corte 1 mm del estilo, polinización, sin aislante
3	Yemas en antesis. Emasculación con bisturí curvo. Aislación de la flor con bolsa con ventana. 2 días después retiro de la bolsa y polinización sin corte del estilo. Aislación con bolsa. Retiro de la bolsa 10 días después.
4	Selección de yemas florales pre-antesis, no dehiscentes. Corte 1 mm del estilo, polinización, sin aislante. Identificación de la cruz.
5	Operacional. Selección de yemas florales antesis, dehiscentes, no dehiscentes. Corte 1 mm del estilo, polinización, sin aislante.

**Colecta de las Cápsulas y Procesamiento de las Semillas**

Las cápsulas de los cruzamientos híbridos efectuados en Anilehue (Angol, IX Región) y de El Tangué (Tongoy, IV Región) fueron colectadas en bolsas de papel individual, manteniendo la identificación de las cruzas para el secado y procesamiento de las cápsulas. En el caso de ambos tipos de cápsulas se efectuó un secado a 25° C en estufa por un período de 24 horas.



Secado de las Cápsulas



Limpeza Bajo Lupa



Semillas Híbridas

**Figura N° 3**

**PROCESO DE EXTRACCIÓN DE SEMILLAS**

Las cápsulas fueron mantenidas en placas Petri o envases de vidrio, manteniendo la identificación de la combinatoria híbrida específica. Para la limpieza de las semillas se usó una lupa electrónica, de forma de separar con un pincel paráfisis (óvulos no fertilizados). En el caso de los cruzamientos en *E. globulus* esto resultó sencillo, por cuanto las semillas son de color más oscuro y de forma y tamaños diferentes. En el caso de los cruzamientos en *E. camaldulensis* la separación se efectuó en base a la forma de las potenciales semillas, ya que el color y el tamaño de la paráfisis son similares a las semillas, lo cual no permite su separación a simple vista.

## Análisis Estadístico

Para la evaluación estadística considero un modelo ANOVA para un diseño completamente aleatorizado en la cual la variable respuesta a los tratamientos de polinización híbrida fue la cantidad de semillas obtenida por polinización efectuada, según la siguiente fórmula :

$$\text{Semilla híbrida / flor polinizada} = (\text{n}^\circ \text{ de polinizaciones} * \% \text{ supervivencia} * \text{n}^\circ \text{ semillas/cápsula})$$

Cuando hubo diferencias significativas entre los tratamientos éstos se compararon a través del Test de Duncan.

## RESULTADOS

Se resume en los siguientes cuadros las polinizaciones efectuadas por madre y genotipo de polen y la cantidad de semillas híbridas obtenidas por cruzamiento específico en *E. globulus* (Cuadro N° 3) y *E. camaldulensis* (Cuadro N° 4). En las Figuras N° 4 y 5 son indicadas las diferencias estadísticas entre tratamientos de polinización y los híbridos obtenidos para *E. globulus*. En las Figuras N° 6 y 7 aparecen las diferencias estadísticas entre tratamientos para *E. camaldulensis*. Los tratamientos con la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro N° 3**  
**MATRIZ DE CRUZAMIENTOS EN *E. globulus*. ANILEHUE (IX REGIÓN)**

MADRES <i>E. globulus</i>	Variables	POLEN / GENOTIPOS POR ESPECIE									
		<i>E. benthamii</i>		<i>E. camaldulensis</i>				<i>E. nitens</i>		<i>E. globulus</i>	
		sil	01	02	03A	03	sil	sil	Pol. abierta	Total	
2011	floras polinizadas		140	138	138		140		88	58	582
	cápsulas		9	4	55		8		95	58	142
	semillas		57	36	151		88		2133	408	2081
	semicápsulas		8,3	9,0	9,4		10,8		32,2	12,8	20,9
2095	floras polinizadas	128	139	134	138		130		88	53	706
	cápsulas	3	9	2	33		2		88	13	127
	semillas	21	118	32	294		9		1733	168	2373
	semicápsulas	10,3	13,1	16,2	8,6		0,4		26,7	12,7	18,7
2135	floras polinizadas		182	139	139		120		58	21	554
	cápsulas		30	1	5		1		18	21	74
	semillas		12	47	28		11		304	471	867
	semicápsulas		2,9	37	5,5		11		78	59,6	112,8
2143	floras polinizadas		137	138	145		138		67	38	684
	cápsulas		1	2	101				47	38	188
	semillas		0	0	0				1893	51	2957
	semicápsulas		0	0	0				43,2	1,6	19,9
Total floras polinizadas		128	279	549	552	286	257	254	191	2.788	
Total cápsulas		3	18	37	52	488	11	194	111	552	
Total semillas		31	175	80	498	28	88	6950	1135	8.093	
Total semicápsulas		19,3	9,7	2,2	8,8	1,8	7,8	31,2	19,2	19,3	
Porcentaje de supervivencia		2	6	7	9	21	2	78	58	78	
Semillas híbridas/flor polinizada		0,2	0,8	0,1	0,8	0,1	0,2	23,9	5,9	3,89	

Cuadro N° 4  
MATRIZ DE CRUZAMIENTOS EN *E. camaldulensis*. EL TANGUE (IV REGIÓN)

MADRES <i>E. camaldulensis</i>	Variable	POLLEN / GENOTIPOS POR ESPECIE								
		<i>E. camaldulensis</i>			<i>E. grande</i>		<i>E. leucocarpa</i>		<i>E. globulus</i>	
		C2	CA24	PA	an	an	EG4	GG066	Toto	
1	Flores polinizadas	70	150	1960	240	18	10	10	1335	
	abscisas	6	80	418	182	7			794	
	semillas	14	12	282	18	22			633	
	semillas viables	1,8	1,0	5,7	2,3	0,3			2,3	
2	Flores polinizadas	50	50	125	200	81	75		681	
	abscisas			73	88	35	23		189	
	semillas			155	165	77	41		438	
	semillas viables			2,3	4,2	3,7	6,0		9,9	
3	Flores polinizadas	50	70	185	175	35	75		625	
	abscisas			64	65	30	8		123	
	semillas			35	362	119	21		728	
	semillas viables			2,4	5,7	5,8	3,5		9,7	
4	Flores polinizadas	50		125	684	494	50	154	1719	
	abscisas			100	37	20	1		167	
	semillas			373	114	200	10		1028	
	semillas viables			6,2	11,0	13,0	10		31,9	
5	Flores polinizadas	50		124	181	50	75	80	600	
	abscisas			26	22	2	2		110	
	semillas			478	189	43	11		720	
	semillas viables			5,4	8,5	21,0	5,5		34,4	
Total flores polinizadas		200	195	694	2442	1368	284	284	8417	
Total abscisas				16	418	889	238	38	1368	
Total semillas				47	1086	1213	823	117	3728	
Total semillas viables				2,0	4,0	3,8	7,8	3,9	4,7	
Porcentaje de supervivencia		0	8,7	66,3	38,8	17,4	16,9	6,8	26,3	
Semillas viables/Por polinizada		0	9,2	2,7	9,9	9,4	8,3	9,9	6,7	

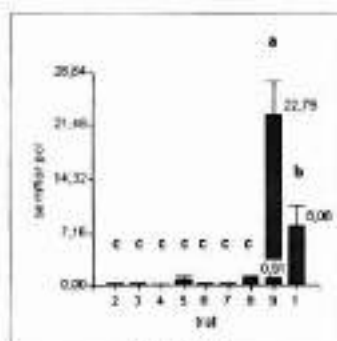


Figura N° 4  
Tratamientos *E. globulus*

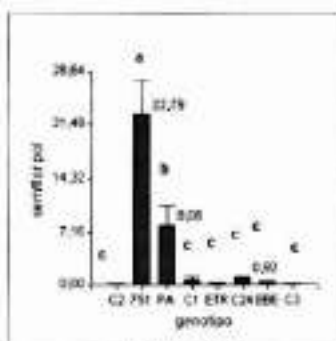


Figura N° 5  
Híbridos *E. globulus*

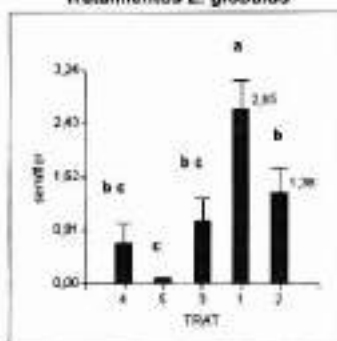


Figura N° 6  
Tratamientos *E. camaldulensis*

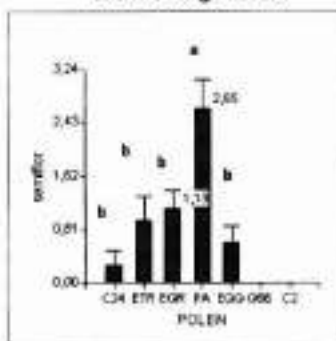


Figura N° 7  
Híbridos *E. camaldulensis*

## DISCUSIÓN

### Polinizaciones Híbridas en *E. globulus*

Considerando como variable respuesta de las polinizaciones la cantidad de semillas híbridas obtenidas por flor polinizada, es decir considerando la eficiencia de las polinizaciones, se puede apreciar en la Figura N° 4 que el mejor resultado del ensayo correspondió al tratamiento 9 de las cruza intraespecíficas de *E. globulus* usando la técnica OSP operacional (22,8 semillas/flor polinizada). Este tratamiento de polinización presenta diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) con respecto a la polinización abierta (8,08 semillas/flor polinizada) y al resto de los tratamientos de polinización OSP interespecífica. La polinización asistida OSP efectivamente mejoró la cantidad de semillas obtenidos en relación a la polinización abierta. Esto se explica por la polinización asistida y en parte por efecto de la técnica, ya que según diferentes autores aumentaría la cantidad de óvulos fertilizados exitosamente (Borralho, 2001).

En relación al resto de los tratamientos OSP donde se efectuó cruzamientos híbridos, el mejor protocolo de polinización correspondió al Tratamiento 8 (0,91 semillas/flor polinizada) que consideró la aplicación de polen en yemas florales no dehiscentes, el corte transversal 1/3 del estilo y sin aislamiento de la flor. Esto es coherente con las siguientes hipótesis: a) Corte de estilo permitiría romper la incompatibilidad unilateral de *E. globulus* (Rojas et al, 2003), b) Los mecanismos de incompatibilidad fisiológicos asociados al estilo no están activos cuando la flor se encuentra inmadura ("no dehiscente"), lo cual permitiría el crecimiento del tubo polínico de otra especie hacia el ovario de la flor, c) El efecto del corte del estilo con la técnica OSP podría hacer receptiva la flor y d) La sonda Tygon podría tener un efecto negativo en el desarrollo de las cápsulas y de las semillas al generar un ambiente indeseable para la flor.

En relación a las combinatorias híbridas probadas, se concluye la importancia de la especificidad de los cruzamientos. De esta forma entre los genotipos de polen probados el mejor resultado se obtuvo con el polen de *E. camaldulensis* C24 en todas las cruza con *E. globulus* (0,92 semillas/flor polinizada) (Figura N° 5), siendo óptima la cruz específica *E. globulus* Clon 7095 x *E. camaldulensis* C24 (Cuadro N° 3).

### Polinizaciones Híbridas en *E. camaldulensis*

Al igual que en *E. globulus*, si se considera como variable respuesta la cantidad de semillas híbridas obtenidas por flor polinizada, se puede apreciar en la Figura N° 6 que el mejor resultado del ensayo correspondió a la polinización abierta (2,65 semillas/flor polinizada), siendo estadísticamente significativa su diferencia respecto al resto de las cruza interespecíficas con polen de otras especies.

En relación al resto de los tratamientos OSP donde se efectuó cruzamientos híbridos, el mejor protocolo de polinización correspondió al Tratamiento 2 (1,38 semillas/flor polinizada) que consideró la aplicación de polen en yemas florales dehiscentes, el corte del estigma en 1 mm y sin aislamiento de la flor. Esto es coherente con las siguientes hipótesis: a) El corte

del estigma podría hacer receptiva la flor y b) Los aislantes tradicionales en *E. camaldulensis* como las bolsas de aislación podrían tener un efecto negativo en el desarrollo de las cápsulas y de las semillas al generar un ambiente indeseable para la flor (mayor temperatura, radiación, falta de intercambio gaseoso adecuado). En relación a las combinatorias híbridas probadas, el mejor resultado se obtuvo con *E. grandis* (1,13 semillas/flor polinizada) (Figura N° 7).

Aunque algunos trabajos señalan que la contaminación de polen en *E. globulus* es de 4% y de 5.5% en

*E. grandis* (Harbard, 2000) cuando no se aísla las flores polinizadas y que sería viable la producción comercial de semillas híbridas con el sistema OSP sin aislante, resulta esencial confirmar la identidad genética de las cruza híbridas con marcadores genéticos (SSR, isoenzimas).

## CONCLUSIONES

Es factible la producción de semillas híbridas, tanto en *E. globulus* como en *E. camaldulensis*, con el sistema OSP

El protocolo de polinización híbrida OSP en *E. globulus* consideraría yemas florales no dehiscentes, emasculación con bisturi curvo, corte transversal de 1/3 del estilo, polinización y sin aislante.

El protocolo de polinización híbrida OSP en *E. camaldulensis* consideraría yemas florales en ántesis, dehiscentes, corte 1 mm del estilo, polinización, sin aislante.

Existe una alta especificidad entre madre (clon) x polen (genotipo).

Aunque la contaminación es pequeña sin uso de aislante, es importante confirmar la identidad genética de las cruza híbridas con marcadores genéticos (SSR, isoenzimas).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a FDI/CORFO por el financiamiento de la investigación desarrollada en el proyecto tecnológico "Desarrollo de Plantaciones Forestales Económicamente Rentables con Individuos Resistentes al Déficit Hídrico en la Zona Semiárida de la IV Región".

También desean agradecer al CSIRO/ALRTIG (Australia) por proporcionar el polen, a la empresa Forestal Mininco, por facilitar el polen y las instalaciones del huerto semillero de Anilehue para efectuar las polinizaciones y a la Comunidad Agrícola y Ganadera El Tanque de la IV Región por poner a disposición las plantaciones y el personal para efectuar las polinizaciones.



## REFERENCIAS

- Borralho, 2001.** Successful Fertilization and Seed Set from Pollination on Immature Non-dehiscent Flowers of *Eucalyptus globulus*. *Annals of Botany*. 87(4):469-475.
- Dungey, H. and Nikles D., 2000.** An international survey of interspecific hybrids in forestry. Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees. QFR/CRC-SPF Symposium Noosa, Queensland, Australia. 9-14 April
- Eldridge, K., Davidson J., Harwood C. and Van Vliet, G. 2000.** *Eucalypt Domestication and Breeding*. Oxford Science Publication
- Harbard J. L., Griffin A.R. and Espejo J.E. 2000.** One Stop Pollination, a New Technology Developed by Shell Forestry Technology Unit. Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees. QFR/CRC-SPF Symposium Noosa, Queensland, Australia. 9-14 April.
- Harbard, J. L., Griffin A.R. and Espejo J. 1999.** Mass Controlled Pollination of *Eucalyptus globulus*: a Practical Reality. *Can. J. For. Res.* 29(10):1457-1463†
- Potts, B. M. and Williams D., 2004.** Advances in Pollination Technique for Large-scale Production of *Eucalyptus globulus* seed. *Australian Journal of Botany*. 52(6). pgs. 781-788
- Rojas, P. M., Potts, B. M and Ramirez P., 2003.** The Development of a Methodology for Large-Scale Production of Interspecific Hybrid Seed in a *Eucalyptus globulus* Clonal Seed Orchard. IUFRO Meeting. Desarrollando el Eucalipto del Futuro. Valdivia, Chile.
- Williams, D. and Potts B. M., 1999.** Testing Single Visit Pollination Procedures for *Eucalyptus globulus* and *E. nitens*. *Australian Forestry* 62:346-352



---

## EXPERIENCIA DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN UN ASERRIO

Katia Manzanares, Digna Velázquez y Ma Antonia Guyat<sup>1</sup>

### RESÚMEN

La deficiente tecnología empleada en los procesos de aserrado de la madera genera altos volúmenes de desechos que son agentes de contaminación ambiental. La mayor parte de estos residuos, se acumulan en los patios de los aserraderos y en la mayoría de los casos son convertidos en cenizas, liberando gran cantidad de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, lo cual es una amenaza para la salud ambiental y un factor decisivo en el deterioro progresivo de los recursos naturales. El objetivo del trabajo es realizar una propuesta de uso productivo de los desechos con el fin diversificar la producción de productos forestales mediante tecnologías de bajo impacto ambiental. El trabajo se realizó con las especies *Pinus caribaea* Mor. y *Pinus tropicalis* Mor que se procesan en el aserradero de Pons, Minas de Matahambre. Se comprobó que el reciclado de los desechos en la producción de embalajes, elementos constructivos y carbón vegetal es técnicamente posible y viable desde el punto de vista social ya que posibilita agregar valor a la producción primaria del aserrío. La estrategia de utilizar desechos maderables es una práctica de innovación tecnológica que proporciona ganancias adicionales a la Empresa por concepto de venta de productos forestales y estimula la creatividad de los actores en el proceso de generación de nuevos conocimientos.

**Palabras claves:** Residuos, aserrío, productos forestales, coníferas

---

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Forestales. Cuba. [katia@forestales.co.cu](mailto:katia@forestales.co.cu)

## SAWMILL WOOD WASTES UTILIZATION EXPERIENCE

## SUMMARY

The faulty technology used in the processes of having sawed of the wood generates high volumes of waste that are agents of environmental contamination. Most of these residuals, they accumulate in the patios of the sawmills and in most of the cases they are converted in ashy, liberating great quantity from CO<sub>2</sub> to the atmosphere, that which is a threat for the environmental health and a decisive factor in the progressive deterioration of the natural resources. The objective of the article is to carry out a proposal of productive use of the waste with in order to get diversify the production of forest products by means of technologies of under environment impact. The work was carried out with the *Pinus caribaea* Mor. and *Pinus tropicalis* Mor species that are processed in the sawmill of Pons, Minas de Matahambre. It was proven that the one recycled of the waste in the production of packing, constructive elements and vegetable charcoal is technically possible and viable from the social point of view since facilitates to add value to the primary production of the sawmill. The strategy of using wood waste is a practice of technological innovation that provides additional earnings to the Company for concept of sale of forest products and it stimulates the creativity of the actors in the process of generation of new knowledge.

**Keywords:** Wood wastes, sawmill, forest product, pine

## INTRODUCCIÓN

La comunidad internacional reconoce que la gestión de los residuos es un problema global que requiere una atención urgente señala Álvarez (2001). La utilización de los residuos leñosos puede convertirse en una fuente potencial de materia para el desarrollo de la industria local, el rescate de las técnicas tradicionales y la implementación de nuevas tecnologías de control ambiental. Este tipo de estrategia está basada en la llamada concentración vertical. (Bequete, 1996) en la cual los desechos de una producción constituyen insumos para otras líneas de flujo, propiciando así el reciclado de la materia prima e incrementando el valor agregado del producto.

Esta concepción industrial propone que el modelo ideal es aquel que en todos los desechos producidos sean utilizados de manera productiva, teniendo en cuenta que los asuntos medioambientales son cada vez más vitales para las empresas.

Los residuos de la industria de transformación mecánica de la madera son considerados como una de las mayores complicaciones en el sector forestal, no sólo por los costos que demanda su almacenamiento o evacuación, sino por que además son causantes de contaminación ambiental (CONAF, 1995).

En lo relativo a la industria forestal en Cuba, se ha presentado una brecha en el aprovechamiento de los residuos maderables generados en los aserrios, situación que es indispensable tener en cuenta si se pretende manejar los recursos forestales bajo la tesis del desarrollo sostenible.

## OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es buscar soluciones productivas a los desechos que permita realizar una estrategia para agregar valor a la producción primaria del aserrio que garantice la estabilidad socioeconómica del complejo agroindustrial mediante la ampliación de bienes y servicios a la población.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de Ejecución.

El trabajo se realizó en el combinado industrial Albaro Barba, de 60 000 m<sup>3</sup> anuales de capacidad instalada. La madera procesadas en este aserrio es fundamentalmente de coníferas, principalmente *Pinus caribaea* Morelet y *Pinus tropicalis* Morelet.

### Metodología para el Esquema de Adecuación.

La evaluación se efectuó basada en el método de diagnóstico exploratorio de sistemas agrícolas (García, 1995). El diseño de investigación contempló la modalidad de la comparación del estado de los desechos maderables antes y después del tratamiento, en este caso la introducción de la propuesta de uso productivo. Para la elaboración del esquema de base se



utilizaron grupos de empleados «testigos» para valorar la situación actual de la instalación y los antecedentes. Se recopiló información de carácter económico y técnico mediante sondeos informales a los trabajadores.

### **Metodología de Trabajo para el Diseño de Embalaje**

Los envases y embalajes han sido definidos como un sistema de preparación de mercancías para su transporte, almacenamiento, distribución y consumo, y por ende los mismos deben contener, proteger, informar y vender dicho contenido (González, 1999).

El estudio de este perfil se realizó tomando elementos de las Normas NC 97-95-1987. Y NC 97-83-1987 de acuerdo a los aspectos siguientes: Naturaleza de la materia prima, definición de la forma, determinación de las dimensiones y funcionalidad del embalaje. Además se recogió información de las mercancías comercializadas en la zona, utilizando el método de observación directa y sondeos exploratorios a algunos campesinos y a unidades estatales para evaluar la funcionalidad del embalaje.

### **Metodología para la Producción de Energía**

Se realizó un Seminario de Capacitación a un grupo de obreros dedicados a la tarea de carbonización para establecer un flujo de conocimientos técnicos y habilidades sobre la nueva tecnología de hornos metálicos basada en producciones secundarias recomendadas por (Sarré 2001). Los residuos maderables fueron transportados en camiones tipo volteo desde el aserradero hasta el área de carbonización, cubriendo una distancia de dos kilómetros. La materia prima seleccionada son las costaneras cortas, rasgadas, finas, y las recorterías en forma de tacos. Después, los residuos seleccionados son depositados al aire libre en una zona del escenario productivo prefijado.

El diseño del horno está constituido por dos secciones que ocupan una capacidad de 7 m<sup>3</sup>. El cuerpo, que está formado por dos cilindros de diámetros ligeramente diferentes acoplados entre sí, y la tapa cónica, que descansa sobre el cilindro superior. Presenta, además, ocho salidas; cuatro para la entrada de aire y las restantes para la salida de los gases. Las operaciones realizadas para la carbonización en el horno metálico son las siguientes: Capacitación del personal, selección y transporte de los desechos, corte y redimensionamiento de las costaneras, secado natural de la biomasa, llenado del horno, encendido del equipo, proceso de carbonización (Monitoreo de las operaciones), descarga del horno, pesaje y envasado del carbón.

### **Metodología para la Producción de Bloques de Madera Mineralizada**

Se realizó una fabricación seriada de elementos de paredes con la aplicación de la guía metodológica de autoconstrucción propuesta por Velázquez *et al.* (2000). Estos productos se fabrican con partículas maderables amasadas con cemento Pórtland y un agregado local mediante la técnica del moldeado *in situ* por compactación manual.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Cuantificación de Biomasa en Aserrio de Minas de Matahambre.

Se obtuvo un tamaño de muestra para el trabajo en la plataforma #1 de 80 árboles, cuyos resultados en esta área revelaron que el volumen total de la cuantificación fue de 30,33 m<sup>3</sup> y el volumen de trozas después del despunte resulto de 28,18 m<sup>3</sup>, equivalente a un 93,91 % del total del bolo, estos datos indican que 2,16 m<sup>3</sup> de madera (7,13 %) se pierde como leña. La cual es uno de los primeros residuos que se obtiene en la industria del aserrado. El tratamiento que se le está dando a la leña, al igual que a las costaneras es como energía. En la segunda fase o plataforma 2 se determinó un tamaño de muestra de 50 unidades (trozas). El volumen total de madera en trozas fue de 6,97 m<sup>3</sup>, de ellos 3,38 m<sup>3</sup> se convirtieron en madera aserrada para un 48,49 % de rendimiento y el resto 3,59 m<sup>3</sup> pasó a la categoría de residuos totales que representa un 51,51 %.

Cuadro N° 1  
**ESTRUCTURA PORCENTUAL DEL APROVECHAMIENTO DEL BOLO**

Conceptos	(m <sup>3</sup> )	(%)
Volumen trozas	6,97	100
Madera aserrada	3,38	48,49
Residuos totales	3,59	51,51
Aserrín	1,62	23,24
Costanera	1,51	21,66
Tacos	0,27	3,87
Virutas	0,19	2,73

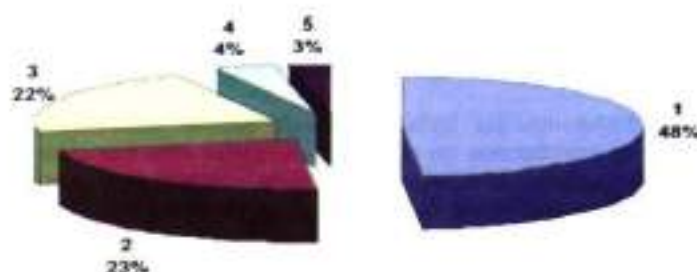


Figura N° 1  
**ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA MADERA ASERRADA Y LOS RESIDUOS**



Teniendo en cuenta la cuantificación de la biomasa obtenida en las plataformas 1 y 2, se puede plantear de forma general que del total de madera larga que llega al aserrío, solo el 45,03 % se convierte en madera aserrada y el resto (54,97 %) se transforma en residuos totales, de los cuales el 7,2 % se destina para leña, 21,06 % es aserrín, 20,12 % costaneras, 3,59 % tacos y 2,54 % varillas (Figura N° 1). Los resultados demuestran que existen problemas en el rendimiento de madera aserrada que pueden ser resueltos tecnológicamente con el reciclado de los residuos coincidente con lo planteado por AITIM (1997).

### Producción de Embalajes

Los envases y embalajes han sido definidos como un sistema de preparación de mercancías para su transporte, almacenamiento, distribución y consumo, y por ende los mismos deben contener, proteger, informar y vender dicho contenido (González, 1999). El análisis de caracterización de maderas de las especies de coníferas occidentales revela ser una materia prima apta para embalaje, correspondiente a un grupo intermedio entre maderas moderadamente blandas y duras (Figura N° 2). Por estas razones, su capacidad de resistencia a la compresión, flexión estática, dureza y retención a los clavos está en el rango de media-alta. Estas propiedades son de mucha importancia para el uso recomendado ya que los embalajes están sometidos a golpes y caídas en las operaciones de carga y descarga.



Figura N° 2  
COSTANERAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DE CAJAS

La actual preferencia por formas sencillas, cúbicas o de paralelepípedo es una consecuencia de las condiciones de transporte moderno y en particular para el caso de Cuba. Además los huacales de configuración esquelética para embalar pomos y botellas son diseños muy apropiados para fabricarlos con residuos de madera. Los principales embalajes de paralelepípedos que pueden fabricarse con los residuos son las cajas de acopio (Figura N° 3) para apoyar el programa de la producción de alimentos de la agricultura urbana. Las dimensiones nominales son 44 x 30 x 25 cm y están constituidos por las piezas siguientes:

- Laterales: 4 piezas de 44 x 10 x 1 cm y 6 piezas de 30 x 7 x 1 cm
- Fondo: 3 piezas de 44 x 8 x 1 cm y 4 piezas de 30 x 3 x 1 cm
- Refuerzos: 4 piezas triangulares de 2 x 2 x 25 cm



Figura N° 3  
CAJAS AGRÍCOLAS FABRICADAS CON COSTANERAS

## Producción de Energía

### - Carbonización en Horno Metálico

Los residuos industriales, por presentar una forma irregular, fueron ubicados en los hornos de manera que los pedazos más gruesos estuvieran en la parte central, mientras que los más finos se dispusieran en la periferia, tanto para horno tradicional como el metálico. Se enciende el horno, se inicia la carbonización hasta lograr que todo el horno haya quemado. Se logró realizar una quema homogénea durante 72 horas en horno metálico (Figura N° 4).

Se utilizó residuos de aserradero (cantos) para rellenar algunas zonas de la pila de madera. Terminada la carbonización se descarga el horno, se enfría el carbón y pasa a una etapa final de envasado en sacos de fibras sintéticas para su comercialización.

### - Aspectos Productivos de los Hornos

Los rendimientos del horno tradicional con estos residuos se comportaron similar al de la producción, obteniéndose 6 sacos por horno en una semana, mientras que en el metálico se realizan 2 cargas semanales alcanzándose aproximadamente 50 sacos por horno/semanales. El efecto económico de la variante base con relación a la nueva es de 242 pesos/semanales.

Los resultados obtenidos en el horno metálico superaron al tradicional, logrando un carbón de mejor calidad que el producido por el método tradicional (Figura 4). Además, se consigue una mayor eficiencia energética y de esta forma una reducción de la presión sobre los recursos forestales y de las emisiones de gases de efecto invernadero, con el uso de este tipo de tecnología alternativa para el sistema de abastecimiento energético de la población. Este proceso productivo demuestra la importancia de movilizar a las empresas en la gestión ambiental del aprovechamiento integral de la biomasa, mediante tecnologías

de reciclado, que resultan un éxito cuando se organiza la participación colectiva y la materia prima está cerca del escenario productivo tal como propone Contreras y Owen (2000).

Se comprobó que esta tecnología presenta una serie de ventajas con respecto a la producción en hornos tradicionales, las principales son la humanización del trabajo de los operarios, los tiempos de carbonización son menores que los tradicionales, mayor eficiencia y calidad del producto, mayor productividad (rendimientos), mayor remuneración salarial al carbonero y mayor protección e higiene de los operarios. A lo anterior se suma la ventaja de que se trata de un horno transportable que permite un fácil traslado de locación.



Figura N° 4

#### DISEÑO DEL HORNO METÁLICO PARA CARBONIZACIÓN DE RESIDUOS

### Productos Mineralizados para Viviendas Populares

Se fabricó 325 prototipos de elementos de paredes con un binomio de técnicas forestales, circunstancia que permitió elevar la autoestima femenina en un ámbito laboral dominado por los hombres. Aprender a realizar bloques de madera exigió iniciativa, organización y perseverancia así como incitó a ser minucioso para no descuidar los detalles en el afán de obtener la calidad requerida del producto. La experiencia realizada tuvo el mérito de enseñar a pensar, a ejercitar el sentido común, a dar rienda suelta a la imaginación creadora para "aprender haciendo" como señala Nguingui (2004) (Figura N° 5). Los bloques de xilo-cemento cumplen la función de muro divisorio aislante térmico-acústico porque satisfacen los requerimientos establecidos en las normas (Yossifov et al., 1997). Los resultados de los sondeos de opinión indican que la población está dispuesta a consumir este producto forestal como solución alternativa para sus viviendas, aunque se inclinan a utilizar el bloque convencional de hormigón por un problema de costumbre constructiva arraigada y por no tener claridad de las ventajas ecológicas del empleo de bioconcreto.





Figura N° 5  
BLOQUES DE MADERA MINERALIZADA

Se determinó que el producto forestal propuesto es un material de construcción ecológico, de acuerdo a lo descrito por Roche *et al* (2003), que posibilita la práctica de la autoconstrucción por el futuro propietario, particularmente en momentos críticos como los desastres naturales tal como recomienda Soriano *et al.*, (2002).

## CONCLUSIONES

Los principales residuos de aserrío se clasifican en varios tipos: Residuos de troceado con hacha, rectángulos pequeños y grandes, costaneras (largas, rasgadas y en pedazos), varillas irregulares y con corteza, cantos de módulos, corteza y virutas y aserrín. De acuerdo a las categorías de uso, el volumen mayoritario de desechos se destinará para fines energético seguido de embalaje.

Las tecnologías propuestas en este trabajo pueden ser un intento de crear un camino para el acercamiento a los pequeños talleres asociados a la industria forestal y rescatar la cultura de reciclado de desechos. Además, estimula la conservación y utilización de la biomasa leñosa residual.

Se comprobó que es técnicamente viable el aprovechamiento de los residuos sólidos industriales ya que posibilita la diversificación de los productos forestales, con menor consumo de materia prima procedente del bosque y mayor valor agregado.

## REFERENCIAS

- Álvarez, Esther, 2002. Perspectivas del Aprovechamiento del Aserrín para Diferentes Fines. Pinar del Río. Revista Forestal centroamericana; (39-40)
- AITIM, 1977. El Reciclado de los Residuos de Madera. Boletín de Información Técnica 188:9-10
- Bequete, F., 1996. Un Mundo sin Desecho, una Utopía? Revista Correos (XLIX):43-45.

**Contreras, W. y Owen, M., 2000.** Prototipo Estructural Mucunutan I para la Construcción de Viviendas Rurales Modernas para los Páramos Venezolanos Empleando la Madera y las Tecnologías Constructivas Alternativas. *Revista Forestal Venezolana* 44 (2):53-61

**García, L., 1995.** Diagnóstico de Sistema Agrícolas/Ciudad Habana: CEAS-ISCAH – 158 p.

**Gonzalez, S., 1999.** Etiquetas Autoadhesivas. *Revista Cuba Envase*, 14 (2):12-17.

**Nguingui, J.C., 2004.** Punto de Vista. *Revista Actualidad Forestal Tropical*, 12 (2):31-32

**Roche, I.; O'Connor, J. y Tetu, P., 2003.** Los Productos de la Madera y la Producción Sostenible./Québec: XII Congreso Forestal Mundial 381 p.

**Sarré, A., 2001.** El Proceso de Elaboración Secundaria. Editorial. *Actualidad Forestal Tropical* 9(1):1-2.

**Soriano, F.; Rondero, T.; Manalo, A. C. Carino, C. R. y Bonaagua, E. A., 2002.** Application of Wood Wool Cement Boards for Shop-fabricated Emergency Shelters in the Philippines. Proceeding of Workshop Wood cement composites in the Asia-Pacific region. Canberra, / ACIAR/— 160 p.

**Velázquez D.; Manzanares, K. y Castillo, M., 2000.** Instructivo Técnico de Auto-construcción./Ciudad Habana/ DTA —22 p

**Yossifov, N.; Palmira, K. y Gabi, S., 1997.** Agri-cement Panels from Sunflower Stalks./Spokane/ Inorganic Bonded Wood and Fiber composite Conference — 162 p.

---

## INCORPORACIÓN DE *Boletus edulis* Y *Boletus pinicola* EN PLANTACIONES DE *Pinus radiata* EN CHILE<sup>1</sup>

Patricio Chung G.<sup>2</sup>; Juan Carlos Pinilla S.<sup>3</sup>; Karoline Casanova D.<sup>4</sup>; Hernán Soto G.<sup>5</sup>

### RESÚMEN

*Pinus radiata*, la especie forestal más plantada en Chile, presenta asociaciones micorrícicas con varias especies, dentro de las cuales se cuentan algunas de importancia económica en el rubro de los hongos comestibles de exportación. Estas corresponden a las especies *Suillus luteus*, *Suillus granulatus* y *Lactarius deliciosus*, cuyas fructificaciones se venden muy por debajo de los precios alcanzados por otras especies, como las pertenecientes a los Géneros *Tuber*, *Boletus*, *Cantharellus*, *Tricholoma* o *Morchella*.

Sin duda la incorporación al mercado nacional de nuevas especies de hongos micorrícicos comestibles y de alto valor económico, ayudaría a generar una mayor rentabilidad de las plantaciones de pino, otorgando una mayor atracción en la inversión en forestación y un mayor beneficio social.

Por ello, el Instituto Forestal realizó la introducción de dos especies micorrícicas de importancia, *Boletus edulis* y *Boletus pinicola*, para ser aplicadas en *Pinus radiata*, logrando incorporar estos hongos en plantas de vivero. Finalmente, se estableció ensayos en terreno, que abarcaron sitios de la VII y VIII Regiones, para evaluar a corto plazo la eficiencia de estos hongos en el crecimiento y sobrevivencia de las plantaciones y, más a largo plazo, la obtención de fructificaciones.

Se presenta los resultados luego de 24 meses de establecido los ensayos, demostrando que aún persisten las asociaciones micorrícicas establecidas en las raíces. Los datos en terreno han destacado el aporte de estos hongos en el crecimiento de las plantas, presentándose un mayor crecimiento en las plantas con estas asociaciones.

**Palabras claves:** *Pinus radiata*, *Boletus edulis*, *Boletus pinicola*, inoculación, crecimiento

---

<sup>1</sup> Trabajo realizado en el marco del proyecto "Hongos Micorrícicos Comestibles: Una Alternativa Para Mejorar la Rentabilidad de las Plantaciones Forestales", con aportes de FONDEF de CONICYT y entidades públicas y privadas

<sup>2</sup> Instituto Forestal, Chile, pchung@infor.gob.cl

<sup>3</sup> Instituto Forestal, Chile, jpinilla@infor.gob.cl

<sup>4</sup> Instituto Forestal, Chile, kcasanova@infor.gob.cl

<sup>5</sup> Instituto Forestal, Chile, hsoto@infor.gob.cl

## INCORPORATION OF *Boletus edulis* AND *Boletus pinicola* IN PLANTATIONS OF *Pinus radiata* IN CHILE

### SUMMARY

*Pinus radiata*, the most planted forest species in Chile, presents mycorrhizal associations with several species, within which some of economic importance in the group of edible fungi for foreign markets are counted. These correspond to the species *Suillus luteus*, *Suillus granulatus* and *Lactarius deliciosus*, whose fruitions are sold very below the prices reached about other species, like the pertaining ones to the Genus *Tuber*, *Boletus*, *Cantharellus*, *Tricholoma* or *Morchella*.

The incorporation of new products to the national market, with the introduction of new species of edible mycorrhizal mushrooms of high economic value, could generate a greater yield in pine plantations, granting a greater attraction in the investment in forestation and a greater social benefit.

For that reason, the Forestry Institute of Chile introduced two mycorrhizal species, *Boletus edulis* and *Boletus pinicola*, to be applied in *Pinus radiata*, establishing in addition, the techniques to incorporate these fungi in breeding ground, being obtained to produce inoculated plants. Finally, land tests settled down, that included sites in the VII and VIII Regions, to determine the efficiency of these fungi.

The results 24 months after establishing the tests, demonstrated that the introduced fungi species still persist in the roots. Field data are highlighting the contribution of these fungi to the growth of the inoculated seedlings, appearing a greater growth in them.

**Key words:** *Pinus radiata*, *Boletus edulis*, *Boletus pinicola*, inoculation, growth

## INTRODUCCIÓN

La producción de hongos comestibles en bosques y matorrales constituye una de las principales riquezas forestales, aunque con frecuencia es ignorada o poco valorada (FAO, 1992). En general, al mencionar los productos forestales, se piensa exclusivamente en la madera lo cual carece muchas veces de sentido al comparar las rentas que se puede obtener con otras producciones como son los hongos comestibles (Oria 1989, 1991).

Los hongos silvestres comestibles constituyen un recurso natural renovable que actualmente ha adquirido importancia en varias regiones de Chile. Dentro de estos, una buena parte presenta asociaciones micorrícicas, es decir, además de formar hongos para consumo humano, mantienen una asociación simbiótica con las raíces de ciertas plantas, particularmente con árboles forestales.

Estos hongos presentes en los bosques de Chile, en sí, constituyen una riqueza forestal y su comercio adquiere cada día mayor importancia. Su producción en el bosque es variable y la posibilidad de obtener una producción en forma controlada de alguno de éstos mediante plantaciones de árboles micorrizados, ha hecho que actualmente muchos se hayan planteado la posibilidad de su cultivo.

Por su parte, los hongos por sí solos ya son importantes tanto para la generación de ingresos estacionales y como alimentos para los habitantes de zonas marginales, puesto que estos son un producto altamente proteico, además de ser un alimento natural con bastante fibra, vitaminas, minerales y escasa cantidad de grasas y colesterol. En el último tiempo, el consumo de hongos comestibles se ha intensificado en respuesta al mayor interés de las personas por una dieta más sana. La preocupación por consumir productos naturales, más fibras, más vitaminas, minerales y menos grasas y colesterol, han hecho que los hongos ocupen un lugar importante en la alimentación.

La incorporación de hongos micorrícicos comestibles de alto valor económico como son los del Género *Boletus*, podría generar mayores ingresos adicionales durante gran parte de la rotación de una plantación de *Pinus radiata*, haciendo más atractiva la inversión en silvicultura. Adicionalmente, la naturaleza micorrícica de estos agentes tiene una positiva repercusión en el desarrollo de las plantas y pueden afectar positivamente los costos de establecimiento y manejo del recurso. Estos efectos, al igual que el flujo de ingresos adicional, también contribuyen a mejorar la rentabilidad de las plantaciones y pueden aumentar el interés de propietarios por invertir en el establecimiento de nuevas plantaciones forestales (Chung, 2005).

En los últimos años el auge de los hongos silvestres es consecuencia del alto interés internacional por los hongos comestibles. Esto ha permitido vivir y obtener ganancias a personas, familias y empresa en diversas partes del mundo, incluyendo a Chile.

En el segmento de los hongos silvestres, Chile tiene un potencial interesante para desarrollar una actividad de mayor envergadura comercial que la actual, lo que no sólo significaría mayores ingresos por concepto de exportaciones, sino que también una contribución notable al empleo (Gysling *et al*, 2005).

Para Chile es clara la oportunidad para iniciar líneas de investigación y de desarrollo innovativo, que permitan conjugar aspectos como la recuperación de suelos degradados y el mejoramiento de las condiciones de establecimiento y sobrevivencia de las plantaciones, con la generación de productos intermedios de alto valor económico, ecológico y social como son los hongos micorrízicos comestibles.

## OBJETIVOS

Mejorar la rentabilidad de las plantaciones de *Pinus radiata* mediante la utilización de hongos micorrízicos comestibles a través de la generación de productos intermedios comercializables y el aumento de la productividad mediante el éxito de las plantaciones.

## ANTECEDENTES GENERALES

Las micorrizas (*mycos* = hongo, *rhiza* = raíz) constituyen entidades simbióticas entre un hongo y las raíces de una planta, cuya importancia, en la actualidad, está fuera de toda duda. El nombre fue dado por el botánico alemán Frank en 1885, aunque estas asociaciones fueron estudiadas a partir de 1910 (Vasco, 2003).

Se estima que alrededor del 95% de las plantas vasculares participan en este tipo de asociaciones y sólo algunas familias son las excepciones, las cuales no llegan a formar simbiosis (Honrubia, citado por Reyna, 2000).

Las micorrizas contribuyen a superar la acidez, baja fertilidad del suelo, altas temperaturas y el estrés hídrico. Su presencia en el sistema radicular cumpliendo el papel de protector es considerada como esencial para la supervivencia, calidad y crecimiento de la mayoría de las plantas, siendo de gran importancia en especies forestales, debido a su ayuda al establecimiento de las plantaciones gracias al incremento en la resistencia a los factores adversos, lo que permite, finalmente, aumentar las ganancias por concepto de disminución en los costos de manejo y una reducción en la rotación.

Las asociaciones de tipo ectomicorrízicas son las más importantes dentro de las coníferas, siendo además muy importantes para la principal especie de interés forestal en Chile, *Pinus radiata*, y sus representantes pertenecen mayoritariamente a la clase *Basidiomycetes* y, algunos, a la clase *Ascomycetes* (Montecinos, 2000).

El pino radiata en Chile presenta asociaciones con alrededor de 32 especies micorrízicas (Garrido, 1986). Varias de ellas han sido utilizadas con el objetivo de aumentar el crecimiento y la supervivencia de las plantaciones. Dentro de las ectomicorrizas asociada a esta especie maderera, existen sólo 3 de importancia en el comercio de los hongos comestibles. Estos son *Suillus luteus*, *Suillus granulatus* y *Lactarius deliciosus*, cuyos precios distan mucho de los obtenidos por especies como *Boletus edulis*, *Tricholoma matsutake* o *Tuber melanosporum*.

Respecto de *Boletus edulis*, es una de las de mayor preferencia en el mercado internacional, creciendo en condiciones similares a las que se encuentran las plantaciones de pino del país, debido a lo cual cabe la posibilidad de introducirla, pudiendo competir en los mercados internacionales con un producto de similares características, aumentando la producción de hongos silvestres y los ingresos actuales por exportación de este tipo de producto (INFOR, 1989).

*Boletus* fructifica en zonas de gran diversidad ecológica, asociado a bosques adultos. Principalmente en suelos ácidos, pobres, no muy profundos, de textura variada, creciendo tanto bajo bosques abiertos de hoja caduca como coníferas. La producción de sus cuerpos fructíferos llega a perderse si el bosque se cierra en exceso. El inicio de la fructificación se sucede después de un choque de frío (Morcillo, 2005).

De datos obtenidos en trabajos realizados en esta temática, se puede destacar la importancia que la producción de hongos puede tener en una mayor rentabilidad de las plantaciones de *P. radiata*. La productividad de un bosque de pino se puede incrementar en un 30% cuando en este se encuentran algunos hongos comestibles como *Boletus edulis* (Dans et al, 1999).

Alrededor de la mitad de las setas comestibles que se transan en el mundo pertenecen a los hongos ectomicorrízicos. Cinco de éstos: *Boletus edulis* (porcini), *Cantharellus cibarius* (chanterelle), *Tricholoma matsutake* (matsutake), *Tuber melanosporum* (trufa negra de Périgord) y *Tuber magnatum* (trufa blanca italiana) presentan en conjunto montos en los mercados mundiales por sobre los US \$ 2 billones, habiendo muchos otros de importancia comercializados a nivel local (Wang, 2000).

Para el caso de *Tuber* y *Tricholoma*, los valores alcanzados en los mercados son bastante altos, por lo que las plantaciones son destinadas principalmente a la producción de hongos. Sin embargo, los precios alcanzados por *Boletus edulis*, son mucho menores por lo que se podrían considerar como un cultivo secundario dentro de las plantaciones forestales.

La producción de hongos de *Boletus spp.*, a través del establecimiento de plantaciones con plantas micorrizadas y la obtención de productos fuera de estación para el hemisferio norte, es una de las metas que se persigue a futuro con esta línea de investigación desarrollada por el Instituto Forestal.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Importación del Material

Para llevar a cabo esta investigación, se realizó antes de comenzar los trabajos de inoculación la importación desde España de material fúngico, consistente en inóculos esporales liofilizados de las especies *Boletus edulis* y *B. pinicola*, la que fue preparada por la empresa Micología Forestal & Aplicada, de España. Su introducción al país se llevó a cabo según las normas y reglamentos vigentes para la importación de material vegetal, procedimiento que es regulado en Chile por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Este



contempla la cuarentena, la toma de muestras y su análisis para verificar la ausencia de agentes con prohibición de entrada al país. Una vez analizadas estas muestras por especialistas del SAG y verificada la ausencia de agentes patógenos, la cuarentena fue levantada, lográndose el libre uso del material, tras su previo almacenamiento bajo ambiente controlado.

### **Producción de Plantas**

En forma paralela, se realizó la producción de plantas en el vivero perteneciente a la Sede Bio Bio del Instituto Forestal en Concepción. Esta actividad se realizó bajo un ambiente controlado dentro de un invernadero. Los trabajos iniciales consistieron en la desinfección de semillas, contenedores, sustrato y superficies del recinto que sería utilizado para la producción de las plantas. La desinfección se realizó, utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 10%, junto con asegurar un suministro de agua limpia y un acceso restringido. Estas precauciones permitieron aminorar la contaminación de la plantas con otros tipos de hongos simbiotes.

El sustrato utilizado para la producción de plantas fue corteza de pino compostada y tamizada, dejando partículas iguales o menores a los 3 mm. Esta fue desinfectada, para luego ser puesta sobre bandejas de 24 cavidades de 310 cc de volumen cada una. Posteriormente, se realizó la siembra colocando tres semillas por contenedor para asegurar una planta en cada una de los recipientes.

### **Inoculación de la Plantas**

Una vez germinadas las semillas e iniciada la aparición de las raíces secundarias, se realizó la inoculación esporal, mediante la aplicación con jeringa de 15 ml de solución esporal. Cada dosis por planta contempló una carga promedio de  $5 \times 10^8$  esporas viables, las cuales fueron analizadas según test de MTT y contadas en una cámara Neubauer. Luego de realizar la inoculación de las plantas, estas fueron evaluadas después de 8 meses de crecimiento bajo ambiente controlado.

### **Instalación de los Ensayos**

Verificada la micorización de las plantas, estas fueron llevadas a terreno. La selección de los sitios donde se instaló los ensayos consideró asegurar ciertas condiciones que pudieran favorecer esta relación simbiótica, como son el tipo de uso de los suelos, pH, clima, entre otros.

El tratamiento al suelo consistió en un subsolado en las hileras de plantación, a una profundidad de 50 a 60 cm. Durante el crecimiento de las plantas en terreno, las malezas fueron controladas a través de 2 formas; vía manual a 1 metro desde las planta y mediante la aplicación entre hileras de un herbicida sistémico concentrado soluble (Round-Up en dosis de 4 a 5 litros de producto por hectárea y disuelto en aproximadamente 250 litros de agua). Además, se realizó la fertilización con NPK (14-14-14), adicionando 120 gramos por planta.



Se instaló 3 ensayos, utilizándose para tal efecto un diseño en Parcelas Divididas. Estos se sitúan en las localidades de Pelarco (VII Región), Yumbel (VIII Región) y Reputo (VIII Región). En el diseño se consideró tres bloques, dentro de los cuales se dispuso los factores a evaluar; asociación micorrízica (*Boletus edulis*; *B. pinicola*); espaciamiento (3 x 3 m; 3 x 2 m y 4 x 2 m); más los correspondientes testigos.

## Evaluación de los Ensayos

Se realizó mediciones a un mes de la plantación y a los 24 meses de desarrollo, tomando las variables altura, diámetro a la altura del cuello y sobrevivencia. Por otro lado, se realizó una evaluación a los 12 y 24 meses, con respecto al estado de avance de la micorrización en terreno y los contaminantes que presentaban las raíces de las plantas. El análisis para la identificación de las especies micorrízicas fue realizada por el Equipo de Micología de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la Universidad de Concepción. Para efectuar la toma de muestras, se extrajo una porción de las raíces, realizando una extracción no destructiva de la masa radicular. Esta fue dividida en cuadrantes, dentro de las cuales se extrajo una porción igual de cada una, para posteriormente formar una muestra compuesta, la que fue utilizada para extraer un mínimo de 300 raíces para su análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación de Plantas Micorrizadas en Vivero

Los resultados obtenidos de las inoculaciones realizadas en plantas de pino en vivero arrojaron un promedio de 30.5 y 33.2% de raíces micorrizadas con *B. edulis* y *B. pinophilus*, respectivamente. El porcentaje de contaminación alcanzó un nivel cercano al 7%, con presencia de algunos géneros como *Descolea*, *Amanita*, *Tomentella*, *Suillus*, *Telephora* y *Cenococcum*. Los porcentajes obtenidos de la micorrización con estas especies, se sitúan por sobre lo mencionado por Morcillo (2003, com. pers.), el cual menciona un promedio de 25% de micorrización para este tipo de inoculantes sobre *Pinus radiata*, mientras que Zuccherelli (1988), sitúa los porcentajes de micorrización entre 122 y 80%. Las metodologías de producción de plantas inoculadas, si bien es cierto dieron resultados alentadores, son factibles de ser mejorados, lo que permitiría obtener plantas con mayores niveles de micorrización.

### Evaluación de Plantas en Terreno

#### Análisis de Micorrización en Ensayos Instalados

Los porcentajes obtenidos en una primera evaluación, a los 12 meses de instaladas las plantas en terreno, dieron valores bastante dispersos, cuyos promedios dieron como resultado porcentajes para *B. edulis* y *B. pinicola* de: 37,49 y 37,65 para Pelarco (VII Región); 11,36 y 18,51 para Cañete (VIII Región) y: 19,99 y 3,75 para Yumbel (VII Región), respectivamente. Posteriormente, se realizó una segunda evaluación, a los 24 meses, observándose también una gran dispersión de los valores porcentuales, con porcentajes



promedio para *B. edulis* y *B. pinicola* de: 17,1 y 11,6 para Pelarco (VII Región); 11,6 y 16,7 para Cañete (VIII Región) y 17 y 10,8 para Yumbel (VII Región), respectivamente.

Respecto de los contaminantes, estos se presentaron en gran cantidad. De las raíces analizadas, casi todas presentaban asociaciones con alguna micorriza, siendo las especies contaminantes las que presentaban el mayor porcentaje de micorrización. Entre las especies contaminantes se encontró a los géneros *Dascolea*, *Tomentella*, *Telephora*, *Cenococcum*, *Suillus*, *Scleroderma*, algunos *Basidiomycetes* y *Coracoides*, entre otros.

Transcurrido un período de 24 meses, los resultados obtenidos permiten afirmar que aún persiste la micorrización de las dos especies de *Boletus*. La competencia que se ha producido entre los hongos introducidos y los hongos micorrizicos nativos presentes en el lugar de la plantación podría ser un factor que pudiera haber causado las variaciones porcentuales del grado de micorrización de las plantas con los *Boletus* entre las dos mediciones. Es de esperar que las especies micorrizicas introducidas puedan permanecer en las raíces hasta edades mayores, donde las probabilidades de crecer y producir fructificaciones son superiores.

#### Evaluación del Crecimiento y Supervivencia

Las evaluaciones en estos primeros años fueron dirigidas principalmente a los parámetros para medir crecimiento y supervivencia de las plantas en base al factor asociación planta-hongo micorrizico. Respecto al factor espaciamento, en los primeros dos años de crecimiento no ha ejercido ninguna influencia. Sin embargo, este último factor podría ser gravitante en los próximos años respecto a futuras producciones de hongos comestibles, pues la influencia de la cobertura juega un importante papel en la presencia y montos de producción de los hongos del bosque; al influenciar factores tales como penetración de la luz y del viento, temperatura y humedad ambiental y del suelo entre otros (Bonet et al., 2004).

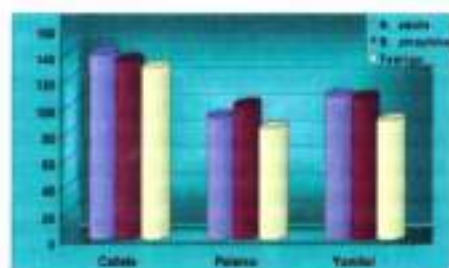
Respecto de la influencia de las plantas micorrizadas y de los testigos sobre la supervivencia de las plantas, no hubo diferencias estadísticamente significativas (Cuadro N° 1). De esta nula diferencia de los testigos con las plantas micorrizadas, se podría deducir que la rápida contaminación de las plantas por otros hongos micorrizicos al momento de establecerse las plantas en terreno, pudiera influir en su supervivencia y crecimiento, lo cual puede verificarse en los análisis realizados para determinar el avance de la micorrización con *B. edulis* y *B. pinicola*. Sin embargo, esta invasión con especies foráneas hasta el momento no ha llegado a desplazar a las introducidas.

**Cuadro N° 1**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SOBREVIVENCIA**

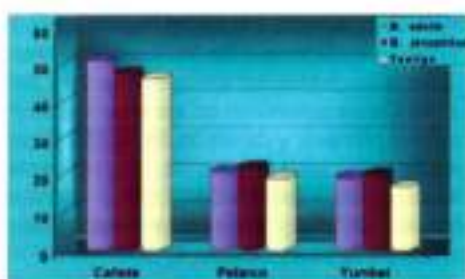
Tratamiento	Yumbel (%)	P=<0,05(*)	Cañete(%)	p=<0,05(*)	Pelarco(%)	p=<0,05(*)
<i>Boletus edulis</i>	90	A	99	A	97	A
<i>Boletus pinicola</i>	91	A	99	A	98	A
Testigo	88	A	99	A	92	A

(\*) Letras distintas indican diferencias significativas

Las evaluaciones en crecimiento realizadas a los ensayos instalados con plantas de *Pinus radiata* inoculadas en los tres ensayos, a los 24 meses de edad, según los análisis realizados y cuyos resultados se aprecian en los gráficos de las Figuras N° 1 y 2, muestran diferencias en el incremento del crecimiento promedio en altura y diámetro de las plantas inoculadas respecto de las testigo. Los análisis estadísticos de estas, son indicados en el Cuadro N° 2.



**Figura N° 1**  
**INCREMENTO EN ALTURA**  
**PROMEDIO (cm)**



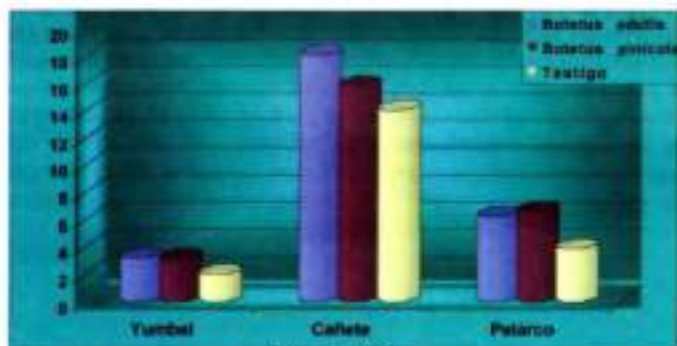
**Figura N° 2**  
**INCREMENTO EN DIÁMETRO**  
**PROMEDIO (mm)**

**Cuadro N° 2**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS INCREMENTOS EN ALTURA (cm) Y DIÁMETRO (mm)**  
**PROMEDIOS**

Incremento de altura promedio						
Tratamiento	Yumbel (cm)	p<0,05(*)	Cañete(cm)	p<0,05(*)	Pelarco(cm)	p<0,05(*)
<i>Boletus edulis</i>	70,6	A	140,6	C	94,94	B
<i>Boletus pinicola</i>	70,51	A	134,76	B	101,04	C
Testigo	67,94	A	130,27	A	83,67	A
Incremento de diámetro promedio						
Tratamiento	Yumbel (mm)	p<0,05(*)	Cañete(mm)	p<0,05(*)	Pelarco(mm)	p<0,05(*)
<i>Boletus edulis</i>	19,62	B	50,92	B	21,18	B
<i>Boletus pinicola</i>	20,31	B	47,63	A	22,18	C
Testigo	17,09	A	46,34	A	19,34	A

(\*) Letras distintas indican diferencias significativas

Los incrementos en volumen obtenidos (Figura N° 3) en plantas micorrizadas con *B. edulis* y *B. pinicola* muestran ser mayores que el obtenido por los testigos en los tres ensayos. Si bien es cierto que los mayores valores de incremento en biomasa se presentan en Cañete, seguidos del ensayo Pelarco y del ensayo Yumbel; las mayores diferencia respecto al testigo se presentan en los ensayos de Pelarco y Yumbel con 38,3% y 41,2% de diferencia para el primero; y de un 36,5% y 35,7% para el segundo, tanto para las asociaciones con *B. edulis* como para *B. pinicola*, respectivamente. En el caso de Cañete se obtuvo incrementos menores, con valores de 22,6% y 11,6%, para las asociaciones con *B. edulis* y *B. pinicola*, respectivamente. El análisis estadístico de los incrementos en la biomasa promedio es presentado en el Cuadro N° 3.



**Figura N° 3**  
**INCREMENTOS RESPECTO AL ÍNDICE DE BIOMASA PROMEDIO D'H**  
**(m³x10<sup>-3</sup>)**

**Cuadro N° 3**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS INCREMENTOS EN VOLUMEN D<sup>2</sup>H (m<sup>3</sup>x10<sup>-3</sup>)**

Tratamiento	Yumbel (m <sup>3</sup> x10 <sup>-3</sup> )	p<=0,05(*)	Cafete(m <sup>3</sup> x10 <sup>-3</sup> )	P<=0,05(*)	Pelarco(m <sup>3</sup> x10 <sup>-3</sup> )	p<=0,05(*)
<i>Boletus edulis</i>	3.179	B	18.158	C	8.273	B
<i>Boletus pinicola</i>	3.144	B	15.899	B	6.575	B
Testigo	2.017	A	14.059	A	3.870	A

(\*) Letras distintas indican diferencias significativas

De los resultados obtenidos, se podría mencionar que existiría una importante influencia de los hongos *B. edulis* y *B. pinicola*, en el crecimiento, tanto en altura y diámetro, como también en el volumen, obteniéndose incrementos mayores en plantas que cuentan con estas asociaciones micorrícicas.

En estos análisis se deja ver la influencia en el crecimiento de los hongos micorrícicos en relación a los diferentes tipos de sitio, presentando un efecto positivo en sitios con limitaciones, traduciéndose en mayores incrementos en sitios con restricción de precipitaciones y fertilidad de sitio. Es el caso de Pelarco y Yumbel, cuyos sitios bajos en fertilidad y precipitaciones presentan incrementos mucho mayores que Cafete, con suelos muy fértiles y con mayores precipitaciones.

## CONCLUSIONES

En el ámbito mundial, numerosos autores han demostrado la importancia de la simbiosis ectomicorrícica para el crecimiento, desarrollo y supervivencia de muchas familias de especies forestales, como son las *Pináceas*, las cuales no crecen ni se desarrollan normalmente, si su masa radicular no se encuentra infestado por hongos ectomicorrícicos.

La presencia de plantaciones forestales en un sitio determinado, unido a la deficiencia nutricional que afecta a muchos suelos de Chile y el alto costo de los fertilizantes químicos, hacen necesario el estudio y el desarrollo de fertilizantes no contaminantes y de bajo costo como son los de origen biológico, que en este caso, corresponde a los hongos ectomicorrícicos que pueden garantizar un aumento en la disponibilidad de nutrientes a un bajo costo para la forestación y reforestación con especies maderables.

La introducción de estos fertilizantes biológicos, llamados también biofertilizantes, y de métodos de inoculación más efectivos, aportaría grandes beneficios en el establecimiento de plantaciones en sitios degradados, permitiendo que las plantaciones forestales industriales sean sostenibles, además de la producción de hongos comestibles.

Asegurar un producto silvestre que sea comestible, de alta demanda y de comprobada calidad nutritiva, podría ejercer un fuerte impacto en la rentabilidad de las plantaciones forestales, además de generar un impacto social por la generación de empleos.



Los medianos y pequeños propietarios forestales serían beneficiados directamente con el uso de plantas inoculadas con hongos comestibles en áreas erosionadas o sitios sin uso que pueden ser recuperados, generando, conjuntamente con la madera, otro recurso forestal de interés económico que les permita incrementar sus ingresos con un producto intermedio cosechable a mediano plazo.

Las exportaciones de hongos presentan atractivas posibilidades en los mercados internacionales europeos, norteamericano y asiáticos, para lo cual se hace necesario elevar los rendimientos en la producción de hongos silvestres comestibles, a través de la utilización de plantas micorrizadas con especies de importancia económica, permitiendo entregar mayores áreas para la producción de los hongos deseados.

Todos estos resultados son difíciles de generalizar debido a que los efectos de los distintos tratamientos sobre ciertas especies micorrícicas y su posterior fructificación sólo pueden apreciarse a largo plazo.

En el país existe falta de investigación en esta área, lo que para aprovechar la oportunidad que significa el constante crecimiento de la demanda mundial por estos alimentos, debe ser abordado con urgencia.

Las restricciones en el uso de productos químicos, cuyo objetivo es la mantención de la calidad ambiental (producción limpia), y la grandes superficies que posee el país para forestación, en áreas de secano o con algún grado de degradación, llevará finalmente al camino del uso de tecnologías alternativas, como el empleo de micorrizas.

El comportamiento en terreno y la mejor asociación hongo comestible - especie forestal se presenta como uno de los principales desafíos tecnológicos, en términos de plazos para obtener el producto comestible. A esto se suman los cuidados necesarios para mantener la calidad de la micorrización y poder obtener el producto final y, también, acrecentar la magnitud de la respuesta en crecimiento de la planta, asociados a la futura cosecha de madera.

Finalmente, se espera que esta línea de trabajo llevada a cabo por el Instituto Forestal (INFOR), sea una puerta que permita el surgimiento de nuevas iniciativas de investigación en esta área para colaborar con la innovación y desarrollo del sector forestal chileno.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen el financiamiento del proyecto FONDEF D011168 "Hongos Micorrícicos Comestibles: Una Alternativa para Mejorar la Rentabilidad de Plantaciones Forestales", así como al personal de las empresas y propietarios particulares, sin los cuales esta investigación no se hubiera materializado.

## REFERENCIAS

- Bonet, J.; Fischer, C.; Colinas, C.L., 2004.** The Relationship between Forest Age and Aspect on the Production of Sporocarps of Ectomycorrhizal Fungi in *Pinus sylvestris* Forests of the Central Pyrenees. *Forest Ecology and Management* 203:157-175
- Chung, P., 2005.** Hongos Micorrizicos Comestibles. Opción Productiva Aplicada a las Plantaciones Forestales. Aspectos Generales. INFOR. Sede Bio Bio. 55 p.
- Dans, F; Fernández, F. y Romero, A., 1999.** Manual de Silvicultura del Pino Radiata en Galicia. <http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/pinoradiata/indice.html>
- FAO, 1992.** Productos Forestales no Madereros: Posibilidades Futuras. Estudio FAO Montes, nº 97. 36 pp.
- Garrido, N., 1986.** Survey of Ectomycorrhizal Fungi Associated with Exotic Forest Trees in Chile. Berlin - Stuttgart. *Nova Hedwigia* 43. 3-4. 423-442.
- Gysling, J.; Aguirre, J.; Casanova, K. y Cheng, P., 2005.** Estudio de Mercado. Hongos Silvestres Comestibles. INFOR. Sede Bio Bio. 83 p.
- INFOR – CORFO, 1989.** Exportaciones de Hongos Silvestres. Boletín de Mercado Forestal. Año VIII, n. 104. pp: 2-4.
- Montecinos, M., 2000.** Cepas Fisiológicamente más Adaptadas. Santiago, Chile. Bioplanet, biotecnología para sus negocios. Año 1, n. 5. pp.22
- Morcillo, M., 2005.** Ectomicorizas. Aplicaciones en restauración del paisaje y en el cultivo de hongos comestibles. Revista Terralia N°16. Pp: 22-32. <http://www.terralia.com/revista16/>
- Oria de Rueda, J. A., 1989.** Silvicultura y Ordenación de Montes Productores de Hongos Micorrizógenos Comestibles. *Bol. Soc. micol. Madrid*, 13: 175-188.
- Oria de Rueda, J. A., 1991.** Bases para la Silvicultura y Ordenación de Montes Productores de Hongos Micorrizógenos Comestibles. *Montes*, 26: 48-55.
- Reyna, S., 2000.** La Trufa, Truficultura y Silvicultura Trufera. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 229 pp.
- Vasco, F., 2003.** Aspectos Biológicos de la Unión Hongo-Planta (Micorrizas). *Boletín de ARBA*. N°12. Pp: 27-30.
- Zuccherelli, G., 1988.** First Experiences with Production of Forest Plants Inoculated with *Boletus edulis*. *Monti e Boschi* n1 39 (3) 11-14. Italia.
- Wang, Y. and Hall, I., 2000.** Edible Mycorrhizal Mushrooms. Australasian Mycological Society Conference. 8 de Mayo de 2000. Te Anau, New Zealand. ABSTRACTS 2000. [http://bugs.bio.usyd.edu.au/AustMycolSoc/Conferences/2000/2000\\_abstracts.html](http://bugs.bio.usyd.edu.au/AustMycolSoc/Conferences/2000/2000_abstracts.html)







---

## INDICADOR DE EXPECTATIVA SECTORIAL PARA EL SECTOR INDUSTRIAL MADERERO DE CHILE

Cristian Pérez S.<sup>1</sup>; Jorge Cabrera P.<sup>2</sup>; Gonzalo Hernández C.,<sup>3</sup>

### RESUMEN

En este artículo se define un indicador de expectativas y se describe el método utilizado en su determinación para el sector industrial maderero de Chile.

Los rubros considerados corresponden a la madera aserrada, muebles, madera estructural y de revestimientos y viviendas. En los dos primeros casos se contempla indicadores para los mercados nacional e internacional, en tanto que los restantes sólo contemplan indicadores para el mercado nacional.

Se informa los indicadores obtenidos desde el trimestre abril/junio del 2004 hasta los del trimestre abril/junio del 2007.

Los índices de expectativas sectoriales son emitidos trimestralmente por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), con el patrocinio de la Asociación de Industriales de la Madera (ASIMAD) y la colaboración del Instituto Forestal (INFOR).

**Palabras clave:** Indicador, economía, industria maderera.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Forestal, CONAF, cperez@conaf.cl,

<sup>2</sup> Ingeniero Forestal, INFOR, jcabrera@infor.cl,

<sup>3</sup> Ingeniero Civil, INFOR, ghernand@infor.cl



## FOREST INDUSTRIAL SECTOR EXPECTATION INDICATORS IN CHILE

### SUMMARY

This article defines an "expectation indicator" and describes the methodology used in its determination for the Chilean wood industry.

The areas considered are sawn lumber, structural lumber, siding lumber, furniture and housing. The first two cases consider indicators for both the national and international markets. The balance of the cases considers indicators for the national market only.

The indicators relate to the trimester periods from April-June 2004 to April-June 2007.

The expectation indicators per sectors are emitted every three months by the Corporación Nacional Forestal (CONAF), under the sponsorship of the Asociación de Industriales de la Madera (ASIMAD), with the collaboration of the Instituto Forestal (INFOR).

**Key words:** Expectation indicator, economics, wood industry.

## INTRODUCCIÓN

Los índices de expectativas o de confianza son utilizados ampliamente en países desarrollados desde principios del siglo XX. El caso de EE.UU. es conocido mundialmente por sus altos niveles de información, ya que posee cifras e indicadores para casi todas las variables de interés económico.

Los índices de confianza del consumidor más conocidos en los EEUU son el determinado por el Conference Board y el desarrollado por la Universidad de Michigan; indicadores que tienen efectos sobre el ánimo de las personas y son una buena medida para conocer los factores que motivan la decisión de compra de los consumidores.

En Chile existen diversos índices de confianza, tanto a nivel empresarial como a nivel de consumidores. Dentro de los primeros se encuentran el de la Universidad del Desarrollo, el de la Confederación de la Producción y del Comercio (CPC) y el del Banco Central. Este último de emisión mensual y desarrollado con la asistencia de la Universidad Adolfo Ibáñez e ICARE. Ejemplos de indicadores de confianza del consumidor son el de la Cámara de Comercio de Santiago (CCS); el índice IPEC, elaborado por Adimark; y el del Centro de Investigación en Empresas y Negocios (CIEN), de la Universidad del Desarrollo y Mall Plaza.

El Índice de Expectativas Empresariales Sectoriales, que emite trimestralmente la Corporación Nacional Forestal, es un instrumento periódico de medición para el sector industrial de la madera, patrocinado por la Asociación de Industriales de la Madera (ASIMAD), y la colaboración y ejecución del Instituto Forestal. Para su generación se adaptó la metodología utilizada por la Universidad de Michigan denominada "Consumer Sentiment Index".

El indicador de expectativas del sector industrial maderero de Chile es el primer esfuerzo a nivel sectorial y su desarrollo data desde fines del año 2003. La importancia del índice de expectativa sectorial se explica debido a que el optimismo hacia la economía genera confianza en las empresas y, como consecuencia, el deseo de invertir y contraer deudas, mientras que la incertidumbre produce pesimismo y, por ello, el deseo de reducir gastos y reorganizar las reservas financieras. Debido a que el cambio en las expectativas de los consumidores ocurre previo al suceso, se asume que su medición puede actuar como un indicador adelantado de la actividad económica global. Actualmente el índice de expectativas se distribuye a una amplia gama de actores sectoriales, principalmente empresarios a través de formato electrónico.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Desarrollar un índice de expectativas empresariales para el sector de la industria secundaria de la madera en Chile.

## Objetivos Específicos

Contar con un instrumento que permita monitorear las expectativas sectoriales de corto plazo, expresado en un índice de emisión trimestral que permita monitorear el comportamiento del sector industrial maderero de Chile.

Contribuir con instituciones sectoriales en el análisis de la información, de manera de apoyar la toma de decisiones para futuros programas de fomento del sector.

## MATERIAL Y MÉTODO

La metodología utiliza encuestas con preguntas cualitativas relacionadas con las finanzas de la empresa, expectativas de ventas, gastos operacionales y expectativas respecto de la economía local. Las preguntas comparan resultados esperados del trimestre que viene en relación con el trimestre pasado. Cada respuesta debe corresponder a una de las categorías: mayor, igual o menor, con puntajes asignados de 3, 2 y 1, respectivamente.

La interpretación de los resultados se basa en asociar estos valores a un índice con escala base 100 (estabilidad) y con variaciones máximas de 50 a 150 (expectativa pesimista y optimista, respectivamente). Si el indicador está sobre 100, las expectativas de los agentes económicos son consideradas positivas. Si baja de 100 se consideran negativas y, si está en torno a 100 se considera una expectativa de estabilidad (CONAF, 2003).

La toma de datos se realiza trimestralmente bajo formato electrónico, encuestas vía correo electrónico o teléfono.

Para el último indicador se encuestó a un total de 187 empresas, donde un 16% correspondió al rubro madera aserrada nacional, un 10% a madera aserrada exportación nacional, un 16% a madera estructural y revestimiento, un 10% a viviendas madera nacional, un 40% a muebles nacional y un 8% a muebles exportación.

Sobre esta base, se desarrolló índices de expectativas empresariales para cuatro rubros ligados al sector de la industria forestal. Los indicadores son: indicador de expectativas de vivienda de madera, indicador de expectativas del sector madera aserrada, indicador de expectativa del sector madera de revestimiento y madera estructural e indicador de expectativas del sector muebles. Cada indicador tiene una versión para el mercado local y para el mercado de exportación, con la excepción de los sectores vivienda y madera estructural y revestimiento.

Las empresas encuestadas son clasificadas por categoría: pequeñas, medianas, grandes y distribuidores, lo que permite desarrollar un indicador parcial por categoría de empresas.

Respecto de la fórmula de cálculo, en la determinación de los indicadores se aplica el diseño genérico que se describe en el cuadro siguiente para facilitar su comprensión.

**Cuadro N° 1**  
**MATRIZ GENÉRICA PARA LA DETERMINACIÓN DE INDICADORES POR RUBRO**

Preguntas(j)	Categorías(i)				P <sub>j</sub>
	Pequeña P <sub>1</sub>	Mediana P <sub>2</sub>	Grande P <sub>3</sub>	Distribuidor P <sub>4</sub>	
	MED <sub>(1,1)</sub>	.....	.....	MED <sub>(4,1)</sub>	IND(a) <sub>1</sub>
	.....	.....	.....	.....	IND(a) <sub>2</sub>
	.....	.....	.....	.....	IND(a) <sub>3</sub>
	.....	.....	.....	.....	IND(a) <sub>4</sub>
	MED <sub>(1,5)</sub>	.....	.....	MED <sub>(4,5)</sub>	IND(a) <sub>5</sub>
	IND(b) <sub>1</sub>	IND(b) <sub>2</sub>	IND(b) <sub>3</sub>	IND(b) <sub>4</sub>	IEE

En que **IEE** = índice de expectativas empresarial  
**IND(b)<sub>j</sub>** = índice parcial de expectativas por rubro  
**IND(a)<sub>j</sub>** = índice parcial de expectativas por pregunta  
**P<sub>j</sub>** =

Participaciones parciales de cada categoría por rubro

**Obtención de la media para cada pregunta:** El número de empresas entrevistadas para cada categoría es  $N_{j,1,2,3,4}$ , existen 4 categorías (pequeñas, medianas, grandes y distribuidores), por lo tanto, se obtiene la media para cada pregunta en cada categoría.

$$MED_{ij} = (1^*X_i + 2^*Y_i + 3^*Z_i) / 100$$

En que:

$X_i, Y_i, Z_i$  son los porcentajes de respuestas 1, 2 y 3 por cada pregunta,  $i$  son las categorías y  $j$  son las preguntas.

**Obtención del índice parcial para cada pregunta:** El índice final es un promedio de las cinco preguntas; sin embargo, para fines de análisis es interesante obtener un índice para cada pregunta:

$$IND(a)_{j,1,5} = \sum_{i=1,2,3,4} MED_{ij} \times P_i \times 100 / 2$$

En que:

$P_i$  es la importancia relativa de cada categoría expresada en porcentajes y 2 corresponde al valor línea base "igual" (que corresponde a 100).  $j$  son las preguntas de 1 a 5. El  $IND_j$  variará entre los rangos de 50 y 150.

**Obtención del índice parcial para cada categoría:** Este índice se obtiene por el interés que tiene ver la diferencia de expectativas entre un sector y otro:

$$IND(b)_{i=1,2,4} = \sum_{j=1,2,5} MED_{ij} \times 100 / (2 \times 5)$$

En que:

El valor 2 es línea base "igual" (que corresponde a 100)

El valor 5 corresponde al número de preguntas

El  $IND_j$  variará entre los rangos de 50 y 150.

**Obtención del índice de Expectativa Empresarial:** Este índice se obtiene por el interés que tiene ver la diferencia de expectativas entre un sector y otro:

$$IEE = \sum_{i=1,2,4} \sum_{j=1,2,5} MED_{ij} \times 100 / (2 \times 5) \times P_i$$

El formato del formulario utilizado para aplicar la encuesta se entrega en Apéndice N° 1.

## RESULTADOS

El comportamiento de los indicadores de expectativas sectoriales entre los años 2004 y 2007 se muestra en las siguientes figuras. El último indicador medido corresponde al trimestre abril/junio del 2007.

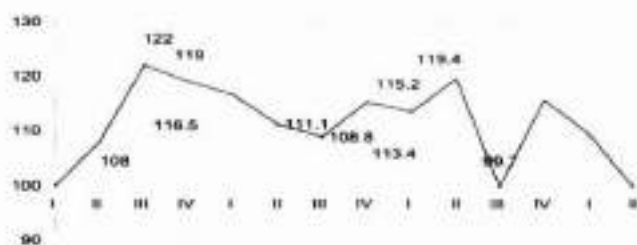


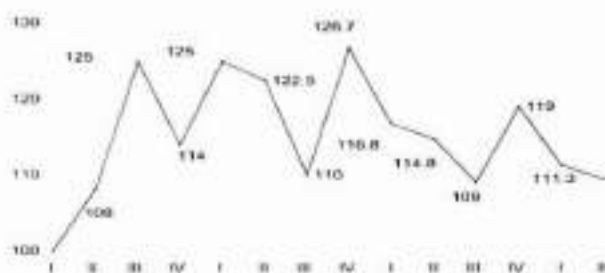
Figura N° 1  
MADERA ASERRADA MERCADO NACIONAL

En el sector de la madera aserrada nacional, el índice bajó un 8,9%, para ubicarse en 99,7 puntos, siendo el único segmento que se ubica bajo los 100 puntos y llega al rango levemente pesimista. En los últimos años el promedio del indicador fue de 112,9 para el 2005, de 112 para el 2006, y 104,5 en el primer semestre del 2007



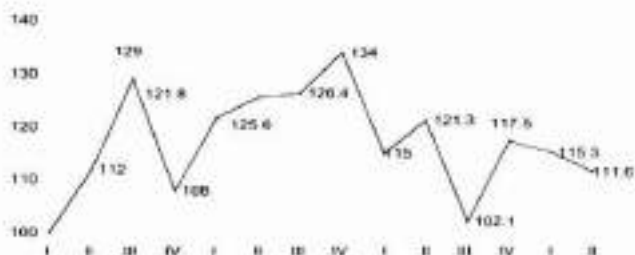
**Figura Nº 2**  
**SECTOR MADERA ASERRADA MERCADO DE EXPORTACIÓN**

El mercado de exportación de madera aserrada tuvo un alza de un 4,5%, respecto del trimestre enero – marzo del 2007, llegando hasta el rango de expectativas moderadamente optimistas con 115 puntos. Desde el 2005 a la fecha este indicador ha mostrado una tendencia al alza en las expectativas de este sector. El índice en el 2005 fue de 107 en promedio, alcanzó un valor de 110,8 en el 2006 y de 112,5 en el primer semestre del 2007.



**Figura Nº 3**  
**SECTOR MADERA ESTRUCTURAL Y REVESTIMIENTOS, MERCADO NACIONAL**

El rubro nacional de madera estructural y de revestimiento registró un leve descenso de un 1,7% para llegar a los 109,4 puntos, bajando al rango levemente optimista. Este sector ha mostrado una disminución de sus expectativas, pasando desde 122,5 el segundo trimestre del 2005 a 109,4 en el mismo trimestre del 2007.



**Figura N° 4**  
**SECTOR VIVIENDAS DE MADERA, MERCADO NACIONAL**

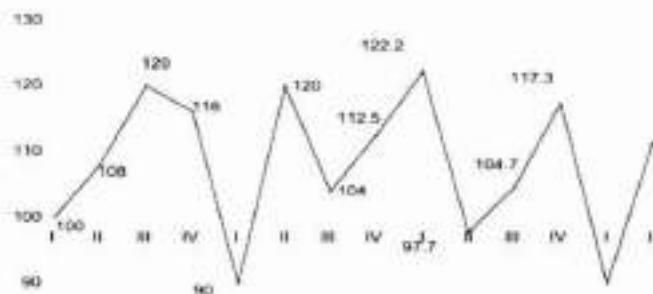
En el caso del índice de expectativas para el mercado nacional de viviendas de madera, éste también experimentó una leve baja frente al trimestre anterior, de un 3,2%, para ubicarse en 111,6 puntos, manteniéndose en el rango de expectativas moderadamente optimistas. Respecto del segundo trimestre de los años 2006 y 2005, se observa una caída del índice respecto del registrado en el 2007.



**Figura N° 5**  
**SECTOR MUEBLES DE MADERA, MERCADO NACIONAL**

El segmento de mercado nacional para muebles subió un 9,9%, respecto del primer trimestre del 2007 para llegar a 117,9 puntos (moderadamente optimista). En este segmento el índice ha mostrado una expectativa de estabilidad a partir del 2005.





**Figura N° 6**  
**SECTOR MUEBLES DE MADERA, MERCADO DE EXPORTACIÓN**

El segmento mercado exportación para muebles mostró un alza de un 23,7%, llegando hasta los 111,3 puntos, que corresponde a expectativas moderadamente optimistas. En este segmento se observa una tendencia con mayor variabilidad, cayendo el indicador en tres oportunidades al rango moderadamente pesimista desde que se realizan mediciones.

## DISCUSIÓN

Al comparar los indicadores de los trimestres octubre/diciembre 2004 y abril/junio 2007, se observa una caída en 4 de los 6 subsectores encuestados. La excepción se produce en los sectores estructural - revestimiento y viviendas de madera, ambos del mercado nacional.

El rubro de la construcción está muy ligado a la demanda de madera aserrada que se comercializa en el país, caracterizado por un aumento de su actividad en los meses estivales y disminuyendo en invierno. No obstante que el índice de expectativas del sector madera aserrada presenta una baja, el sector se mantiene dentro del rango optimista.

Durante el segundo cuatrimestre del año 2004 las exportaciones forestales chilenas totalizaron US\$ 301,2 millones, segunda cifra record en la historia de la exportación de productos forestales, lo que implicó el crecimiento de un 43,6% respecto de igual periodo del año 2003.

No obstante que estas cifras globales representan el comportamiento del producto celulosa, no lo es para los subsectores madera aserrada, tableros, remanufacturas, astillas y rollizos, los cuales han debido afrontar precios que están en los valores más bajos de los últimos 10 años.

A octubre de 2004 la balanza comercial del sector mueble arrojó un déficit de US\$ 5,5 millones debido a un incremento de un 32% de las importaciones respecto a igual periodo del 2003. Las cadenas de retail, principalmente, han vuelto a importar con la misma fuerza que hace 10 años. Esta mayor importación de muebles está siendo acompañada por la baja experimentada por el dólar.

## CONCLUSIONES

La herramienta implementada por CONAF, con la participación de INFOR y ASIMAD, que evalúa el nivel de expectativas de 6 subsectores de la industria de la madera de Chile, se encuentra consolidada respecto del número de empresas participantes y el número de destinatarios.

En la elaboración del último indicador fueron encuestadas 187 empresas, consultándose a por correo electrónico a 650 destinatarios de los sectores público y privado del ámbito forestal.

El indicador de expectativa sectorial para el sector industrial y maderero se complementa adecuadamente con otros indicadores sectoriales presentes en el país (ICE, ADIMARK, BBVA, IMCE, entre otros).

## REFERENCIAS

**CONAF, 2003.** Diseño de Indicadores de Expectativas Empresariales del Sector Forestal. Informe Interno de Proyecto CONAF – TMI Chile S.A. Diciembre 2003, 22 páginas.

**IMCE, 2005.** Indicador Mensual de Confianza Empresarial IMCE. Universidad Adolfo Ibáñez – ICARE. [www.icare.cl](http://www.icare.cl).

Apéndice N° 1

FORMATO FORMULARIO ENCUESTA APLICADA

Indicador Madera Aserrada

FAX :  
 Contacto:

Enténdase por madera aserrada a toda aquella que proviene del aserradero con excepción de las piezas de 2" x 2" y 2" x 3" que se califican como estructural.

**Nombre:**  
**E-mail:**  
**Empresa:**

Si su mercado es nacional responda la columna izquierda, si su mercado es de exportación conteste la columna derecha, si tiene mercado nacional y de exportación conteste ambas columnas

Sólo mercado nacional

Exportación (sólo si exporta)

**Pregunta 1** ¿Sus volúmenes de venta de madera aserrada espera que sean mayores, menores o iguales al próximo trimestre en comparación al anterior?

¿Sus volúmenes de exportaciones de madera aserrada espera que sean mayores, menores o iguales al próximo trimestre en comparación al anterior?

Menor  Igual  Mayor

Menor  Igual  Mayor

**Pregunta 2** ¿Sus volúmenes de venta acumulados de madera aserrada espera que sean mayores, menores o iguales el próximo trimestre en comparación a sus volúmenes de venta acumulados al mismo periodo del año anterior?

¿Sus volúmenes de exportaciones acumulados de madera aserrada espera que sean mayores, menores o iguales el próximo trimestre en comparación a los volúmenes acumulados en el mismo periodo del año anterior?

Menor  Igual  Mayor

Menor  Igual  Mayor

**Pregunta 3** ¿Sus gastos de operación (gastos generales, administrativos y de ventas), para el trimestre que viene espera sean mayores, menores o iguales que los gastos del trimestre anterior?

¿Sus gastos de operación (gastos generales, administrativos y de ventas), para el trimestre que viene espera sean mayores, menores o iguales que los gastos del trimestre anterior?

Menor  Igual  Mayor

Menor  Igual  Mayor

**Pregunta 4** ¿Sus gastos de operación acumulados (gastos generales, administrativos y de ventas), para el trimestre que viene espera sean mayores, menores o iguales que los gastos acumulados al mismo periodo del año anterior?

¿Sus gastos de operación acumulados (gastos generales, administrativos y de ventas), para el trimestre que viene espera sean mayores, menores o iguales que los gastos acumulados al mismo periodo del año anterior?

Menor  Igual  Mayor

Menor  Igual  Mayor

**Pregunta 5** ¿Está usted más o menos optimista, en relación al trimestre venidero, sobre la economía local (más optimista, neutral, menos optimista)?

¿Está usted más o menos optimista, en relación al trimestre venidero, sobre la economía local (más optimista, neutral, menos optimista)?

Menor  Igual  Mayor

Menor  Igual  Mayor





---

## COMPETENCIA Y SU RELACION CON LOS PARAMETROS GENETICOS EN CLONES DE EUCALIPTO

Nahum M. Sanchez Vargas<sup>1</sup> y J. Jesús Vargas Hernandez<sup>2</sup>

### RESÚMEN

La necesidad por acelerar los beneficios derivados del mejoramiento genético ha llevado a los genetistas a la búsqueda de alternativas para acortar el periodo de selección y comprender el crecimiento de los árboles de tal manera que puedan desarrollarse mejores procesos de evaluación y selección genética. En condiciones naturales el crecimiento de los árboles está influenciado por el clima, las condiciones del suelo y la disponibilidad de agua, entre otros factores. Sin embargo, aún cuando estos factores sean relativamente homogéneos en todo el ensayo, el crecimiento de los árboles será afectado por la competencia entre ellos. Los efectos de la competencia pueden ser explicados por el nivel de competencia (intensidad) y tipo de competencia (inter e intragenotípica). En este trabajo se evaluó el desempeño genético de 25 clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake con base en información de cuatro ambientes de competencia (AC) durante los primeros 12 meses de edad. Los resultados muestran un mayor control genético de las características de crecimiento en los AC intergenotípica extrema que en el nivel intermedio de competencia intergenotípica o competencia intragenotípica. También hubo cambios de un ambiente de competencia a otro en la tendencia de las correlaciones edad-edad, debido tanto al nivel como al tipo de competencia. Después de los seis meses de crecimiento se modificó en gran medida el desempeño de los clones de un ambiente a otro, por lo que se concluye que los parámetros genéticos pueden ser afectados por el nivel y tipo de competencia.

**Palabras claves:** Mejoramiento genético, *Eucalyptus urophylla*, competencia.

---

<sup>1</sup> Instituto de Investigación Agropecuaria y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. nsanchez@yahoo.com

<sup>2</sup> Colegio de Post Graduados, Texcoco, México



## COMPETITION AND ITS RELATION WITH GENETIC PARAMETERS IN EUCALYPT CLONES

### SUMMARY

The needs to accelerate the benefits derived from tree improvement has taken the tree breeders to search for alternatives to shorten the selection period and to understand tree growth such that better processes of genetic test and selection can be developed. Under natural conditions tree growth is influenced by climate, soil conditions and water availability, among other factors. However, even when these factors are relatively homogeneous in a given test site, tree growth will be affected by competition among them. The effects of competition can be explained by the level of competition (intensity), and the type of competition (intergenotypic or intragenotypic). In this work the genetic performance of 25 clones of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake was evaluated based on information from four competition environments during the first 12 months of age. Results show a higher genetic control of growth traits in environments with extreme intergenotypic competition than in those with intermediate level of intergenotypic competition or intragenotypic competition. Results also show changes from an environment to the other one in the age-age correlations trend, due both kind of competition among levels and between types. After six months, the clone performance was modified from an environment to the other. Hence, it is concluded that the genetic parameters can be affected by the level and type of competition.

**Keywords:** Genetic Improvement, *Eucalyptus urophylla*, competition.

## INTRODUCCIÓN

Para acelerar los beneficios del mejoramiento genético se han buscado alternativas, a través del desarrollo de mejores procesos de evaluación, que permitan acortar los periodos de selección genética. El establecimiento de ensayos en los que se hace evaluaciones tempranas del crecimiento de los árboles es cada vez más común. En condiciones naturales el crecimiento de los árboles está influenciado por el clima, las condiciones del suelo y la disponibilidad de agua, entre otros factores. Sin embargo, aún cuando estos factores sean relativamente homogéneos en un área determinada, el crecimiento de los árboles será afectado por la competencia entre ellos. Así, las evaluaciones que se hagan de los parámetros genéticos en edades tempranas deben ser confiables y simular los cambios que se expresan de manera natural en los parámetros genéticos a través del tiempo. Una estrategia para reducir la edad de selección es el establecimiento de ensayos a menor espaciamiento, en los que se espera que los individuos tengan un desarrollo similar, pero más acelerado que los plantados a espaciamientos operativos (Amateis et al., 2003). De esta manera se obliga a los individuos a expresar sus habilidades de desarrollo con anterioridad al someterse a competencia temprana (Bouvet et al., 2003). Además, la estimación de los parámetros genéticos puede ser diferente cuando los individuos son plantados en bloques de un solo genotipo que cuando lo son en bloques de genotipos diferentes (Adams et al., 1973).

## OBJETIVO

Determinar el efecto del nivel y tipo de competencia sobre los la estimación de los parámetros genéticos para caracteres de crecimiento de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.

## ANTECEDENTES

Los genotipos pueden comportarse de manera diferente en función del tipo de competencia (Donald, 1968) e influir sobre los parámetros genéticos estimados. Bajo el concepto de competencia temprana se desarrollan estudios que intentan explicar el comportamiento de los parámetros genéticos en individuos de edades avanzadas, con base en el análisis de ensayos juveniles (Jonsson, et al., 2000). También se establecen ensayos en campo que son evaluados en edades tempranas (Brouard y John, 2000), o en periodos sucesivos de tiempo a través del tiempo (Bouvet et al., 2003). Y se ha explorado el comportamiento de los parámetros genéticos cuando los árboles se plantan en función del tipo de competencia (inter o intragenotípica) (Adams, 1980).

En años recientes se inició en el sureste mexicano un programa de plantaciones comerciales con *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake para la producción de celulosa y papel. A partir de las primeras plantaciones se inició un programa de evaluación y selección de clones con el propósito de aumentar la productividad de las plantaciones mediante el uso extensivo de clones de alto rendimiento en producción de madera. Los ensayos de evaluación de clones comúnmente utilizan parcelas de un solo árbol (i.e., parcelas con mezclas de clones) sin embargo, por razones de manejo, las plantaciones comerciales generalmente se establecen en bloques monoclonales. Si los clones responden de manera diferente al tipo de competen-



cia genotípica, los clones más productivos en parcelas multicionales no necesariamente serán los más productivos en parcelas monoclonales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Establecimiento del Ensayo

Se evaluó cuatro AC: (I) clones mezclados plantados a espaciamientos de 2,6 x 3,5 m (1.099 árboles ha<sup>-1</sup>); (II) clones mezclados plantados a 1,3 x 1,75 m (4.348 árboles ha<sup>-1</sup>); (III) clones mezclados plantados a 0,65 x 0,88 m (17.483 árboles ha<sup>-1</sup>); y (IV) clones en parcelas monoclonales plantados a 0,65 x 0,88 m (17.483 árboles ha<sup>-1</sup>). Los tres primeros ambientes (I, II y III) permiten evaluar el efecto de la intensidad de competencia, mientras que los últimos dos (III y IV) permiten comparar el tipo de interacción genotípica. Se usó un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar con cinco repeticiones. En las parcelas grandes se asignó los diferentes AC y en las parcelas chicas se asignó los clones. Cada clon estuvo representado por cuatro rametos en cada bloque. A partir de establecida la plantación se fueron realizadas mediciones mensuales de altura total hasta los seis meses de edad, cuando los árboles de las parcelas de menor espaciamiento iniciaron la etapa de mayor competencia asociada con un aumento gradual en mortalidad. Posteriormente se realizó mediciones bimestrales hasta que el ensayo alcanzó un año de edad (la mortalidad en los primeros seis meses fue menor del 5% y al final del año alcanzó un 35% en promedio en las parcelas de menor espaciamiento).

### Estimación de Parámetros Genéticos

Se realizaron análisis para cada ambiente utilizando la altura inicial ( $H_0$ ) como covariable con el siguiente modelo en el que  $B$  y  $H_0$  se consideraron como efectos fijos:

$$Y_{ai} = \mu + B_i + H_0 + C_s + BC_{s_i} + e_{ai} \quad (2)$$

Donde:  $Y_{ai}$  es el valor observado;  $\mu$  es el valor promedio de la población;  $B_i$  es el efecto de bloque;  $C_s$  es el efecto de clon;  $BC_{s_i}$  es el efecto de la interacción y  $e_{ai}$  es el error experimental.

La heredabilidad en sentido amplio a nivel de rametos ( $H^2$ ) y de las medias de clones ( $H^2_C$ ) se estimó con las siguientes fórmulas (Sánchez-Vargas *et al.*, 2004):

$$H^2 = \sigma_c^2 / (\sigma_c^2 + \sigma_{bc}^2 + \sigma_e^2) \quad (3)$$

$$H^2_C = \sigma_c^2 / [(\sigma_e^2) + (\sigma_{bc}^2 / n) + (\sigma_s^2 / nb)] \quad (4)$$

Donde  $\sigma_c^2$  es la varianza de clon,  $\sigma_{bc}^2$  es la varianza de la interacción,  $\sigma_e^2$  es la varianza del error,  $b$  es el número de bloques (5) y  $n$  es la media armónica del número de árboles por parcela a una edad determinada.

El error estándar de la heredabilidad ( $\sigma_e^2$ ) se calculó con el método de Dickerson (Dieters *et al.*, 1995). También se estimaron las correlaciones genéticas a diferentes edades ( $r_{a_1, a_2}$ ).



considerando que cada edad representa a una característica diferente (X y Y), con la siguiente fórmula (Falconer y Mackay, 2001):

$$r_g = \text{Cov}_{C(X,Y)} / (\sigma^2_{C(X)} \sigma^2_{C(Y)})^{0.5} \quad (5)$$

Donde  $\text{Cov}_{C(X,Y)}$  es la covarianza de clones entre las edades X y Y, y  $\sigma^2_{C(X)}$  y  $\sigma^2_{C(Y)}$  son las varianzas de clones para las mismas edades.  $\text{Cov}_{C(X,Y)}$  se estimó a partir de los componentes de varianza obtenidos para la suma de las edades X e Y, utilizando la siguiente ecuación (Rice, 1988):

$$\text{Cov}_{C(X,Y)} = \{\sigma^2_{C(X+Y)} - (\sigma^2_{C(X)} + \sigma^2_{C(Y)})\} / 2 \quad (6)$$

Donde  $\sigma^2_{C(X+Y)}$  es la varianza de clones de la variable X + Y.

Un análisis de correlaciones entre diferentes edades se realizó utilizando el método de Lambeth (1980):

$$r_{g(a_1,a_2)} = \beta_0 + \beta_1 \cdot LCE \quad (7)$$

Donde  $r_{g(a_1,a_2)}$  es la correlación genética de una característica en la edades uno y dos,  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son los coeficientes de regresión y LCE es el logaritmo natural del cociente entre las dos edades ( $a_1/a_2$ ) de medición.

## Desempeño de los Clones

Para estimar la estabilidad en el desempeño de los clones se obtuvo los componentes de varianza utilizando un modelo similar al (2) pero adicionando el factor ambiente de efectos fijos (A) con las respectivas interacciones. Se estimó la correlación genética tipo B ( $r_B$ ) con la siguiente fórmula (Lambeth *et al.*, 1994), analizando niveles (ambientes I, II y III) y tipos (ambientes III y IV) de competencia por separado:

$$r_B = \sigma^2_c / (\sigma^2_c + \sigma^2_{ac}) \quad (9)$$

Donde  $\sigma^2_c$  es la varianza de clones y  $\sigma^2_{ac}$  es la varianza de la interacción de clones x AC a una edad determinada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Heredabilidad

La heredabilidad de las características de crecimiento fue mayor en los AC intergenotípica extrema (I y III) (Cuadro N° 1). En el ambiente II la heredabilidad fue prácticamente nula (Cuadro N° 1) debido a la falta de variación genética, sin embargo, en el AC intragenotípica (IV) en los primeros meses de crecimiento la heredabilidad decrece gradual-

mente a partir de los cuatro meses de edad hasta alcanzar valores de cero a los ocho meses (Cuadro N° 1). El aumento en la heredabilidad observado después de los seis meses de edad en los ambientes I y III es más notorio en el diámetro, con valores similares en estos dos AC.

El comportamiento de  $H^2_c$  es similar al observado en un ensayo de híbridos de *Eucalyptus urophylla* \_ *E. pellita* y *E. urophylla* \_ *E. grandis* evaluado a un espaciamiento de 3 x 5 m durante los primeros 3-4 años de edad (Bouvet y Vigneron, 1995). En el AC intragenotípica la heredabilidad cae entre los seis y ocho meses de edad, cuando la competencia dentro de las parcelas monoclonales se incrementa y anula las diferencias genéticas entre los clones (Cuadro N° 1). En general, el error estándar de la heredabilidad fue alto cuando se encontró variación genética (entre 0,03 y 0,11 para  $H^2$ , y entre 0,21 y 0,34 para  $H^2_c$ ), pero esto es común en trabajos similares con material clonal, debido a que no se incluye un número elevado de clones en los ensayos de evaluación genética (Balocchi et al. 1993). La reducción de la heredabilidad, conforme aumentó la competencia intragenotípica en el ambiente IV, puede tener repercusiones negativas en la ganancia genética esperada cuando los genotipos seleccionados en ensayos con parcelas en mezcla sean plantados operativamente en grandes bloques monoclonales (Adams, 1980).

Cuadro N° 1.

HEREDABILIDADES EN SENTIDO AMPLIO ± ERROR ESTÁNDAR A NIVEL DE RAMETOS ( $H^2$ ) Y DE LA MEDIA DE CLONES ( $H^2_c$ ) PARA LA ALTURA A DIFERENTES EDADES (MESES) EN CLONES DE *Eucalyptus urophylla* EN CUATRO AMBIENTES DE COMPETENCIA

Ambientes (Edad)	$H^2$				$H^2_c$			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	0.00±0.06	0.00±0.00	0.18±0.11	0.01±0.07	0.20±0.29	0.00±0.00	0.73±0.30	0.08±0.33
3	0.10±0.06	0.02±0.03	0.23±0.09	0.08±0.06	0.37±0.30	0.17±0.34	0.80±0.30	0.48±0.34
4	0.17±0.06	0.00±0.00	0.17±0.08	0.08±0.05	0.70±0.29	0.00±0.21	0.73±0.30	0.49±0.33
5	0.15±0.07	0.00±0.00	0.13±0.06	0.10±0.06	0.89±0.29	0.00±0.00	0.67±0.30	0.50±0.34
6	0.10±0.05	0.00±0.00	0.11±0.05	0.06±0.04	0.63±0.29	0.00±0.00	0.68±0.29	0.47±0.32
8	0.09±0.05	0.02±0.03	0.16±0.07	0.00±0.00	0.59±0.29	0.18±0.30	0.75±0.29	0.00±0.26
10	0.20±0.07	0.00±0.00	0.18±0.08	0.00±0.00	0.78±0.29	0.00±0.00	0.74±0.28	0.00±0.00
12	0.22±0.06	0.00±0.00	0.24±0.08	0.00±0.00	0.78±0.30	0.00±0.00	0.78±0.28	0.01±0.28

#### Correlaciones Genéticas Edad-Edad

El comportamiento de las correlaciones genéticas edad-edad cambió de un AC a otro. La pendiente de la línea de regresión fue mayor en el ambiente de menor competencia (I) que en el de mayor competencia (III), lo cual indica que las correlaciones edad-edad disminuyen más rápidamente conforme aumenta el cociente de las edades comparadas en el ambiente de menor competencia. La diferencia fue más evidente cuando los árboles entraron en competencia después de los seis meses de edad (Cuadro N° 2). Además, en el ambiente de mayor competencia intergenotípica también se encontró un mayor coeficiente de determinación entre las dos variables (Cuadro N° 2). La competencia intragenotípica (ambiente IV) ocasionó una mayor reducción en las correlaciones edad-edad conforme aumentó el cociente de las edades involucradas, reflejándose en una mayor pendiente de la línea de regresión en

comparación con el ambiente III.

De manera inesperada, en el ambiente de mayor competencia el comportamiento de las correlaciones edad-edad fue similar en las dos etapas (Cuadro N° 2) a pesar del aumento de la competencia después de los seis meses. En cambio, en el ambiente de menor competencia se observó una caída en las correlaciones genéticas en la segunda etapa (Cuadro N° 2). Sin embargo, la interpretación de la tendencia en las correlaciones edad-edad en la segunda etapa debe hacerse con cautela por el reducido número de datos. Aunque no existen antecedentes de estudios similares efectuados en AC elevada, hay estudios en especies forestales en los que no se ha encontrado una buena relación  $rg(a1, a2)$ -LCE cuando se incluyen edades muy tempranas en el análisis (Jansson *et al.*, 2003).

**Cuadro N° 2**

**REGRESIÓN ENTRE LAS CORRELACIONES EDAD-EDAD ( $RG(A1, A2)$ ) Y EL LOGARITMO NATURAL DEL COCIENTE DE LAS DOS EDADES (LCE) PARA EL CRECIMIENTO EN ALTURA DE CLONES DE *Eucalyptus urophylla* DURANTE DOS ETAPAS DE SEIS MESES DE EVALUACIÓN**

Ambiente	Primera etapa			Segunda etapa		
	$\beta_0$	$\beta_1$	$r^2$	$\beta_0$	$\beta_1$	$r^2$
I	1.179	0.595	0.035	1.255	1.796	0.54
III	1.019	0.350	0.89	1.021	0.159	0.89
IV	0.955	0.588	0.72			

### Efecto del Ambiente de Competencia Sobre el Desempeño de los Clones

Durante los primeros seis meses de edad, los genotipos mostraron un comportamiento estable en el crecimiento en altura entre los diferentes AC ( $rB$  entre 0.56 y 1.00). Sin embargo, a partir de esa edad hay una reducción gradual de la estabilidad en el desempeño de los clones entre niveles y tipos de competencia ( $rB$  entre 0.50 y 0.00). Al parecer, la reducción en la estabilidad del desempeño de los clones con la edad se debe a que algunos clones fueron particularmente sensibles al aumentar la competencia después de los seis meses en el ambiente III.

De lo anterior se desprende que el nivel y el tipo de competencia bajo el cual crecen los individuos es determinante tanto en el comportamiento de los parámetros genéticos como en la estabilidad de los genotipos, especialmente cuando se evalúa material clonal. En un estudio similar con familias de dos años de *Pseudotsuga menziesii* de polinización abierta, St. Clair y Adams (1991) encontraron que los AC tuvieron un gran efecto sobre la estructura de las varianzas, los parámetros genéticos y la jerarquía de las familias. En un ensayo con híbridos de *Eucalyptus*, Bouvet *et al.* (2003), encontraron que el nivel de competencia tiene un mayor efecto sobre los parámetros genéticos al utilizar clones que al utilizar familias, con una interacción clon - ambiente altamente significativa y cambios en el desempeño de los clones. Esto implica que las ganancias genéticas esperadas en un programa de mejoramiento pueden verse afectadas si se realizan plantaciones operativas en condiciones diferentes (nivel o tipo de competencia) a las que fueron utilizadas en la evaluación de los genotipos seleccionados.

## CONCLUSIONES

El AC influyó sobre las heredabilidades principalmente después de los cuatro meses de edad.

El uso de un menor espaciamiento para acelerar la competencia entre los genotipos no modificó de manera negativa las correlaciones entre características a una misma edad.

La tendencia de las correlaciones genéticas edad-edad cambió de un AC a otro.

Las correlaciones edad-edad se reducen más rápidamente en los ambientes I y IV al aumentar la diferencia de edades.

Los resultados obtenidos sugieren que al diseñar un programa de mejoramiento genético y selección de clones de esta especie es necesario considerar las condiciones de intensidad y tipo de competencia a que serán sometidos en las plantaciones operativas, para simular estas condiciones en los ensayos de evaluación.

Los resultados muestran que es posible aumentar la intensidad de competencia en los ensayos de evaluación para acelerar el proceso de selección, pero es importante considerar la edad máxima a la que pueden llegar estos ensayos, así como el tipo de parcela que se debe utilizar.

## REFERENCIAS

- Adams, W. T., 1980.** Intergenotypic Competition in Forest Trees. In: B. P. Dancik and K.O. Higginbotham (eds.). 1980. Proceedings of the Sixth North American Forest Biology Workshop, August 11-13, 1980, University of Alberta, Edmonton, Alberta. pp: 1-14.
- Adams, W. T.; J. H. Roberds and B. J. Zobel, 1973.** Intergenotypic Interactions Among Families of Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.). *Theor. Appl. Genet.* 43:319-322.
- Amateis, R. L.; M. Sharma and H. E. Burkhart, 2003.** Scaling Growth Relationships from Seedling Plots Using Similarity Analysis. *For. Sci.* 49(2):188-195.
- Balocchi, C. E.; F. E. Bridgwater; B. J. Zobel and S. Jahromi, 1993.** Age Trends in Genetic Parameters for Height in a Nonselected Population of Loblolly Pine. *For. Sci.* 39(2): 231-251.
- Bouvet, J. M. y P. Vigneron, 1995.** Age Trends in Variances and Heritabilities in Eucalyptus Factorial Mating Designs. *Silvae Genet.* 44(4):206-216.
- Bouvet, J. M.; P. Vigneron; R. Gouma and A. Saha, 2003.** Trends in Variances and Heritabilities with Age for Growth Traits in Eucalyptus Spacing Experiments. *Silvae Genet.* 52(3-4):121-133.
- Brouard, J. S and S. E. T. John, 2000.** Tree Spacing Affects Clonal Ranking in Eucalyptus grandis x E. urophylla Hybrids. *J. Sust. For.* 10(1-2):13-23.
- Dieters, M. J.; T. L. White; R. C. Littell and G. R. Hodge, 1995.** Application of Approximate Variances of Components and their Ratios in Genetic Tests. *Theor. Appl. Genet.* 91:15-24.

- Donald, C. M., 1968.** The Breeding of Crop Ideotypes. *Euphytica* 17: 385-403.
- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay, 2001.** Introducción a la Genética Cuantitativa. Editorial Acribis. Trad. A. Caballero R., C. López-Fanjul A., M. A. Toro I. y A. Blasco M. Zaragoza, España. 469 p.
- Jansson, G.; B. Li and B. Hannrup, 2003.** Time Trends in Genetic Parameters for Height and Optimal Age for Parental Selection in Scots Pine. *For. Sci.* 49(5):696-705.
- Jonsson, A.; G. Eriksson; Z. Ye and C. Yeh, 2000.** A Retrospective Early Test of *Pinus sylvestris* Seedlings Grown at Wide and Dense Spacing. *Can. J. For. Res.* 30:1443-1452.
- Lambeth, C. C., 1980.** Juvenile-mature Correlations in Pinaceae and Implications for Early Selection. *For. Sci.* 26(4):571-580.
- Sánchez-Vargas, N. M.; J. J. Vargas-Hernández; L. M. Ruiz-Posadas y J. López-Upton, 2004.** Repetibilidad de Parámetros Genéticos en un Ensayo Clonal de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. *Agrociencia* 38:465-475.
- Rice, J. A., 1988.** Mathematical Statistics and Data Analysis. Wadsworth and Brooks/Cole Statistics/Probability Series. Pennsylvania, USA. 595 p.
- St. Clair, J. B. and W. T. Adams, 1991.** Relative Family Performance and Variance Structure of Popen-pollinated Douglas-fir Seedlings Grown in Three Competitive Environments. *Theor. Appl. Genet.* 37(4):987-997.



---

## VALORIZACION DE LOS BOSQUES DE SEGUNDO CRECIMIENTO PARA LOS TIPOS FORESTALES ROBLE - RAULI - COIGUE Y COIGUE - RAULI

– TEPA. Hans Grosse W, Oscar Larrain L y Rodrigo Mujica H. Ingenieros forestales, investigadores, Instituto Forestal, Chile. hgrosse@infor.cl olarrain@infor.cl rmujica@infor.cl

---

### RESÚMEN

Los bosques nativos chilenos originales en el sur del país incluían alta presencia de especies tolerantes a la sombra junto a las especies de baja tolerancia del género *Nothofagus* tales como roble (*Nothofagus obliqua*), rauli (*Nothofagus alpina*) y Coigue (*Nothofagus dombeyi*). Las intervenciones antrópicas en estos bosques originaron vastos terrenos desprovistos de vegetación, los cuales en muchos casos fueron colonizados por las especies de *Nothofagus* mencionadas, formando numerosos bosques de segundo crecimiento, los denominados renovales.

Los actualmente reconocidos tipos forestales Roble-Rauli-Coigue (RO-RA-CO) y Coigue-Rauli-Tepa (*Laurelia philippiana*) (CO-RA-TE), representan los bosques de segundo crecimiento más importantes del país.

Debido a que las últimas fuertes intervención antrópicas ocurrieron hace 50 años o más, los actuales renovales tienen en su mayoría esa edad. A pesar que las especies de género *Nothofagus* que conforman estos renovales presentan su mayor potencial de crecimiento a edades tempranas (hasta los 15 años), el manejo aplicado a estos renovales de edades avanzadas ha consistido exclusivamente en cortas intermedias. Por lo tanto, las respuestas a estas intervenciones han sido menores a las esperadas.

Esta situación lleva a replantearse los esquemas de manejo para los actuales renovales, enfocando las intervenciones a generar bosques nuevos por métodos de monte alto y enriquecimientos realizados con las mismas especies, pero con material seleccionado.

Este cambio de esquema implica cosechar, aplicando cortas de protección, que garanticen el éxito de desarrollo de la generación futura. Para esto se ofrecen aplicaciones en hoyos de luz, fajas y variantes de estos. La madera a extraer representa en un alto porcentaje (60 – 80 %) volúmenes de baja calidad maderera, pero de alta potencialidad para fines energéticos.

Los esquemas de manejo propuestos invertirán la proporción entre madera de baja y alta calidad, para lo cual es indispensable la aplicación de una silvicultura temprana e intensiva, obteniéndose así un alto porcentaje de madera para fines nobles como son chapa y madera aserrada.

**Palabras claves:** Valorización, renovales, *Nothofagus*, silvicultura

## INCREASING THE VALUE FOR ROBLE - RAULI - COIGUE AND COIGUE - RAULI - TEPA SECOND GROWTH STANDS

---

### SUMMARY

The southern native Chilean forests used to have a strong abundance of shade tolerant species in their floristic composition as well as low tolerant species, typically *Nothofagus* species like Roble (*Nothofagus obliqua*), Rauli (*Nothofagus alpina*) and Coigue (*Nothofagus dombeyi*). Historically human intervention in these forests has originated large land areas without vegetation. In these conditions the mentioned *Nothofagus* species colonized these areas forming numerous secondary growth forests, those denominated "renovales".

The currently known Roble-Rauli-Coigue (RO-RA-CO) and Coigue-Rauli-Tepa (*Laurelia philippiana*) (CO-RA-TE) forestry types, represents the most important secondary growth forest of the country.

Given that the last strong human intervention happened 50 years ago or more, the current renovales have in their majority that age. Despite the *Nothofagus* species that conform these renovales present their best productive potential at early ages (up to the 15 years), the silviculture applied to these renovales of advanced ages has consisted exclusively in thinning. Therefore, the response to these interventions have been poorest than expected.

This situation takes to reconsider the management for the current renovales, directing the interventions to generate new forests by means of natural regeneration and planting high quality material of the same trees of original forest.

This change of schema applies in terms of harvesting, considering methods that guarantee shelter for the next generation. Methods able to be used are openings in spots, belts and variation of these. The wood to be harvested represent up to 60 – 80 % low quality timber, but with high potential to be used as energy biomass.

These proposed management schemas will reverse the proportion of low and high quality wood coming from renovales, but it will be essential the application of an early and intensive forestry silviculture. The expected result will be high quality timber for noble use like veneer and sawn timber.

**Key words:** Value increase, second growth stands, *Nothofagus*, silviculture.



## INTRODUCCIÓN

Los tipos forestales Roble - Rauli - Coigue (RO - RA - CO) y Coigue - Rauli - Tapa (CO - RA - TE), representan las masas forestales de segundo crecimiento más importantes del país. Ocupan el 37 % de los bosques de *Nothofagus*, con 1,5 millones de hectáreas para el tipo RO-RA-CO y 0,56 millones de hectáreas para el tipo CO-RA-TE (CONAF, CONAMA - BIRF, 1999).

El tipo forestal RO-RA-CO presenta una distribución geográfica que abarca desde el paralelo 36° 30' hasta el paralelo 40° 30' S, entre 100 y 1000 msnm y el tipo forestal CO-RA-TE desde el paralelo 37° hasta el paralelo 40° 39' S, entre 600 y 1000 msnm (Donoso, 1981; Donoso, 1993). Altitudinalmente, la colonización está dada por roble puro en las áreas bajas, mezcla o situaciones puras de roble y rauli en las áreas intermedias y rauli y/o coigue en las áreas más altas (Donoso, 1981; Donoso, 1993).

Las asociaciones naturales originales incluían alta presencia de especies tolerantes a la sombra como laurel (*Laureliopsis sempervirens*), tapa, olivillo (*Aextoxicon punctatum*), lingue (*Persea lingue*), trevo (*Desyphyllum diacanthoides*), junto a las especies del género *Nothofagus* de baja tolerancia a la sombra como son roble, rauli y coigue. Después de fuertes alteraciones producidas por el ser humano, a través de grandes incendios con el propósito de obtener tierras para fines agropecuarios, muchos de estos sitios fueron colonizados por las especies de *Nothofagus* mencionadas, manteniéndose su dominancia hasta el día de hoy (Veblen y Ashton, 1978; Donoso, 1993).

La situación actual de la mayoría de estos bosques de crecimiento secundario, denominados renovales, corresponde a rodales que se generaron por monte bajo y alto hace 50 años o más. Como los renovales son las masas boscosas nativas que presentarían el mayor potencial de crecimiento, el manejo de estos bosques se ha caracterizado por la exclusiva realización de cortas intermedias. En el presente documento se analiza la pertinencia de este tipo de manejo para los renovales, considerando para ello como principal antecedente la edad de la mayoría de estos bosques.

## EXPERIENCIAS DE MANEJO DE RENOVALES

El propósito de intervenir el bosque a través de raleos, consiste en concentrar el crecimiento en los mejores árboles, potenciándolos en términos de volumen y valor. Existen muchos antecedentes en la literatura sobre este tipo de intervenciones para los tipos forestales en cuestión.

Para rodales de 30 a 35 años de edad en la Reserva Vega Blanca, en la Cordillera de Nahuelbuta, con un DAP promedio de 13-14 cm y una altura de los árboles dominantes de 14 m, la extracción de un 32 - 43 % del área basal inicial (de 35 m<sup>2</sup>/ha), permitió crecimientos de 0,4 cm por año (Rocuant, 1969).

Para rodales de 37 a 42 años de edad en la Hacienda Jauja, en la Cordillera de Los Andes de Malleco, con un DAP promedio de 18 - 19 cm y una altura promedio del rodal de

unos 23 m, la extracción de un 36 % del área basal, llevó a un crecimiento diametral de 0,3 cm por año y volumétrico de casi 10 m<sup>3</sup>/ha en el mismo período (Puente *et al.*, 1979).

Para rodales de 30 a 50 años de edad en la Hacienda el Morro, al sureste de Mulchén en la VIII Región, De la Maza y Gilchrist (1983) indican crecimientos diametrales dependientes de la calidad del sitio entre 0,5 a 0,8 cm por año y para el volumen de aproximadamente 13 m<sup>3</sup>/ha para el mismo período. El mejor rendimiento en el crecimiento para esta situación, comparada con las entregadas por Rocuant (1969) y Puente *et al.* (1979), seguramente se debe a la diferencia en la calidad del sitio. Sitios de menor calidad se encuentran para la Región VIII sobre los 650 msnm y en exposición norte, mientras las mejores bajo esta altura y en exposición sur (Burgos, 1984).

Crecimientos parecidos a los obtenidos en las mediciones en Vega Blanca, Jauja y El Morro, fueron registrados en los ensayos del Instituto Forestal para la misma hacienda Jauja, además de Liancacura en la Cordillera de la Costa de la X Región, Melipeuco en la Precordillera de la IX Región y Maquehua en la Cordillera de la Costa de la VIII Región (Grosse, 1987, Grosse *et al.*, 1996).

Para rodales en Liancacura, durante el período de crecimiento entre los 44 y 51 años de edad, partiendo con un DAP promedio de 16 a 17 cm y 52 m<sup>2</sup>/ha de área basal, se obtuvo un crecimiento diametral anual de 0,3 cm, al extraer aproximadamente un 50 % del área basal. A la misma intensidad de intervención en el período entre las edades de 57 y 66 años, comenzando con 19 cm de DAP y 42 m<sup>2</sup>/ha de área basal en Maquehua, se obtuvo un crecimiento diametral de 0,4 cm y en volumen de 4,4 m<sup>3</sup>/ha/año.

En Melipeuco, durante el período de crecimiento entre los 44 y 53 años de edad, partiendo con un DAP promedio de 16,5 cm y un área basal de 49,5 m<sup>2</sup>/ha, se obtuvo un crecimiento anual diametral de 0,5 cm y en volumen de 10 m<sup>3</sup>/ha/año.

En Jauja, durante el período de crecimiento entre los 47 y 63 años de edad, partiendo con un DAP promedio entre 12 y 15 cm y un área basal de 44-50 m<sup>2</sup>/ha, se obtuvo un crecimiento diametral anual entre 0,3 y 0,4 cm, sin distinguirse claramente el efecto de los raleos, que probablemente se concentraron en los estratos dominados (raleo por lo bajo).

En la hacienda Jauja se ha realizado diversas experiencias silvícolas entre los años 1970 y 2006. De especial interés resultan aquellas que incorporan estrictos criterios de selección por calidad, siguiendo el método del árbol futuro. Para un período de cinco años entre los 65 y 70 años de edad, el rodal intervenido creció en volumen 5,6 m<sup>3</sup>/ha/año en su totalidad (los árboles futuro crecieron 4,0 m<sup>3</sup>/ha/año) y en diámetro 0,6 cm. Aquí se concentró el crecimiento en los árboles de mejor calidad del estrato superior (Quiroz, 1998; Avilés, 1993).

Todos los resultados entregados corresponden a crecimientos obtenidos en raleos tardíos. El reconocimiento sobre la baja capacidad de reacción frente a estas intervenciones, cuando rauli, roble y coigue se encuentran en edades avanzadas (sobre los 30 a 40 años), se ha entregado en reiteradas oportunidades, indicando que frente a intervenciones tempranas

estas especies presentan crecimientos sobresalientes (Grosse y Quiroz, 1998; Quiroz, 1998; Grosse, Pincheira y Quiroz, 1998; Grosse, 2004).

Resultados sobre la capacidad de reacción temprana para rauli se encuentran en plantaciones establecidas en Gran Bretaña, donde en buenos sitios, la culminación del crecimiento volumétrico medio se alcanza con 18 m<sup>3</sup>/ha/año y que el crecimiento anual corriente culmina a los 12 años o antes (Grosse y Quiroz, 1998; Tuley, 1980; Christie et al. 1974).

Modelos de crecimiento para rauli, roble y coigue, construidos sobre una base de muestras alta y representando diversos sitios de la distribución de estas tres especies, considerando la edad, la dimensión, el espaciamiento y la posición social del árbol evaluado, también indican claramente como a mayor edad disminuye significativamente la capacidad de crecimiento de estas tres especies (Grosse y Cubillos, 1991).

Esta tendencia en el crecimiento es confirmada por Mujica (1997), al analizar el desarrollo de una plantación de 14 años de edad de rauli cercana a la ribera sur del Lago Riñihue, en un área considerada como buena para el desarrollo de esta especie. Aquí el crecimiento anual corriente para el área basal y el volumen culmina a los ocho y once años respectivamente con 3,5 m<sup>2</sup> y 28,6 m<sup>3</sup> por hectárea, mientras que la altura lo hace a los nueve con 1,1 m.

Rendimientos similares demuestran ensayos de procedencia de rauli instalados por el Instituto Forestal en la Precoyuntura de Los Andes de Mulchén y en la Costa de Arauco en la Estación Experimental Antiquina (Grosse y Quiroz, 1998).

A pesar de estos resultados, la insistencia de los silvicultores nacionales en raleo bosques secundarios de *Nothofagus* de avanzada edad se ha mantenido en el tiempo. Como el propósito del manejo forestal es, desde el punto de vista maderero, maximizar el desarrollo del crecimiento, calidad y valor del bosque, se deben investigar y evaluar otras opciones silvícolas para lograr el mencionado propósito.

Cabe mencionar que el raleo de renovals a edades avanzadas solo se justificaría si el pequeño incremento diamétrico fuese equivalente a un considerable incremento del valor maderero, o sea, si el incremento en volumen fuese madera de alta calidad. Este análisis, que debe incluir variables relacionadas con la calidad de la madera, costos de producción y precios de comercialización, aún no se ha realizado.

## PROPUESTAS DE MANEJO DE RENOVALES MADUROS

Al no poder acelerar sustantivamente el crecimiento de un renewal a través de las cortas intermedias y no aprovechar el potencial productivo de estos bosques, se plantea entonces como alternativa de manejo el rejuvenecimiento de éstos, a través de la aplicación de métodos de cosecha y regeneración.

Fundamental para planificar el manejo resulta conocer la dinámica propia de las especies del género *Nothofagus* y sus acompañantes. Coigue califica como intolerante (Donoso, 1993),

mientras que raulí y roble son semitolerantes. En gran medida las especies arbóreas acompañantes fuera de este género son tolerantes. En términos prácticos, esto significa que coigue es un colonizador nato, siempre y cuando disponga de suficiente pluviosidad durante el año, lo que ocurre básicamente en la X Región y parcialmente en la IX Región. Raulí y roble se desarrollan mejor con un cierto nivel de protección lateral, lo que se hace más necesario, a medida que se avanza hacia el norte de la distribución de las especies. A esto se agregan las condiciones edafoclimáticas de cada sector a intervenir y la exposición.

En general, los bosques de crecimiento secundario de los tipos forestales en análisis se encuentran en estado de fustal. Este se define cuando los diámetros de los árboles son mayores a 20 cm y menores a 70 cm y sus alturas superan los 20 m. Especificando los rangos de DAP, estos se clasifican en fustal delgado (20-35 cm de DAP), fustal medio (35-55 cm de DAP) y fustal grueso (55-70 cm de DAP).

En general para esta estructura existen variadas alternativas de manejo, que van desde las cortas intermedias hasta cortas finales o de regeneración. A continuación se presentan las técnicas de manejo aplicables a cada una de las sub-estructuras que es posible encontrar dentro de la estructura Fustal (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1**  
**ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA LA ESTRUCTURA DE FUSTAL**

MANEJO/ESTRUCTURA	FUSTAL DELGADO (20-35cm DAP)	FUSTAL MEDIO (35-55cm DAP)	FUSTAL GRUESO (55-70cm DAP)
Corta de Liberación	X	X	X
Corta Sanitaria	X	X	X
Corta de Recuperación	X	X	X
Corta de Mejoramiento	X	X	X
Raleo	X		
Enriquecimiento en claros naturales y artificiales	X	X	X
Cosecha (Tala Rasa, Arbol Semillero, Protección, Selección)		X	X

Como gran parte de los rodales corresponden a fustal delgado, la tentación de aplicar exclusivamente cortas intermedias es grande. Esto sin considerar su edad avanzada para la mayoría de los casos. Aquí es fundamental tener presente que los pequeños diámetros se deben principalmente a la carencia de raleos previos y una baja mortalidad de los árboles, distribuyéndose el crecimiento en la totalidad de los individuos. Por lo tanto, resulta menos comprensible la aplicación de cortas intermedias en situaciones de fustal medio y grueso, que en promedio tienen edades aún más avanzadas.

Considerando la baja capacidad de reacción de los *Nothofagus* al ser raleados a avanzada edad, la opción de manejo es entonces la cosecha y regeneración. Por las características de las especies, sólo deben considerarse los métodos de protección, de selección y excepcionalmente el del árbol semillero. La tala rasa no es compatible para raulí y roble y sólo podría aplicarse en lugares de topografía plana, que son casi inexistentes para coigue en sectores de alta pluviosidad.

## Método de Protección

La corta de protección consiste en la cosecha gradual de los árboles de un rodal durante el período final de la rotación. Estas cortas se asemejan a los raleos. La siguiente generación se desarrolla bajo la cobertura o protección de los individuos que van quedando remanentes y será liberada cuando sea capaz de soportar la exposición completa al sol. La principal característica de este método es el establecimiento de una nueva población antes de que se termine la rotación de la generación arbórea anterior (Hawley y Smith 1982; Burschel y Huss, 1983).

La aplicación del método puede comprender tres clases diferentes de cortas, aplicadas de la siguiente forma:

**Corta Preparatoria:** Favorece el desarrollo de buenos productores de semillas y ayuda en acelerar la descomposición de hojarasca.

**Corta de Siembra:** Abre el bosque de tal modo que sea posible el establecimiento de la regeneración.

**Corta de extracción:** Cosecha de la cobertura protectora dejando a la nueva población como estructura principal, quedando a disposición para esta la luminosidad y oferta de nutrientes completa.

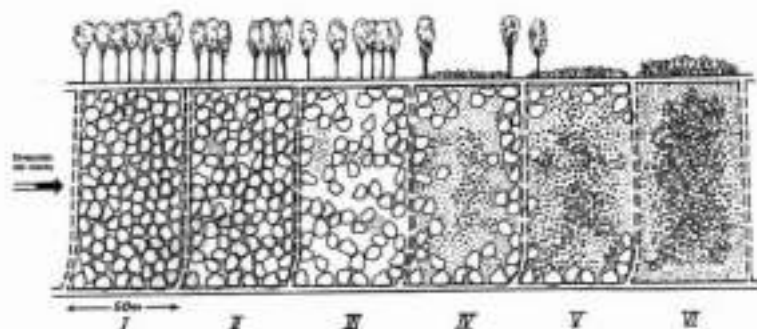
La corta de protección y sus variantes puede ser utilizada para reproducir casi todas las especies, salvo aquellas demasiado intolerantes o sensibles a la competencia radicular. Por lo tanto es adaptable a un gran número de especies, así como a la silvicultura intensiva y extensiva. Es el único método por el cual un monte alto uniforme puede ser reproducido bajo la protección de los árboles padres (Hawley y Smith, 1982).

La corta de protección se aplica como método uniforme o en fajas u hoyos de luz.

## Método Uniforme

El método uniforme corresponde a la aplicación clásica de la corta de protección descrita anteriormente, aplicándose la extracción de los árboles homogéneamente en el área a intervenir (Figura N° 1).





(Modificado de Burschel y Huss, 1983)

- |   |
|---|
| <p>I. Rodal cerrado (200 árboles por ha; H: 30-35 m).<br/>         II. Corte de preparación: extracción de 15 % del volumen.<br/>         III. Corte semillero: en un año de semilación se extrae un 30-40 % del volumen.<br/>         IV. Corte de apertura: se extrae gran parte de los árboles hacia las huellas de maderero. Aun se mantienen algunos remanentes.<br/>         V. Se cosechan casi todos los árboles restantes. Quedan algunos remanentes a orilla de camino para la semilación saltante y protección.<br/>         VI. La regeneración reemplazó al rodal cosechado.</p> |
|---|

**Figura N° 1**  
**DESARROLLO DE UNA CORTA UNIFORME REGULAR, PARA EL CASO DE *Fagus sylvatica***  
**PARA UN PERÍODO DE 10 A 30 AÑOS**

### Cortas en Fajas y Hoyos de Luz

Las cortas en fajas y hoyos de luz representan variantes que significan opciones de aplicabilidad interesantes en los bosques nativos chilenos y se explican en detalle a continuación.

Variantes exploratorias sobre cortas en fajas y hoyos de luz han sido aplicadas en distintas situaciones de bosques con especies del género *Nothofagus* en Chile (Quiroz, 1998; Grosse et al., 1996). Estas intervenciones corresponden a aperturas del rodal en pequeñas superficies (800 a 1.500 m<sup>2</sup>), que permiten que los árboles remanentes brinden protección lateral a la nueva generación, por lo cual no se les considera tala rasa (Burschel y Huss, 1983). Para que este propósito se cumpla, el ancho de la intervención dependerá de la situación de cada sitio en particular, siendo recomendable que este fluctúe entre 0,5 a 1,5 veces la altura de los árboles circundantes.

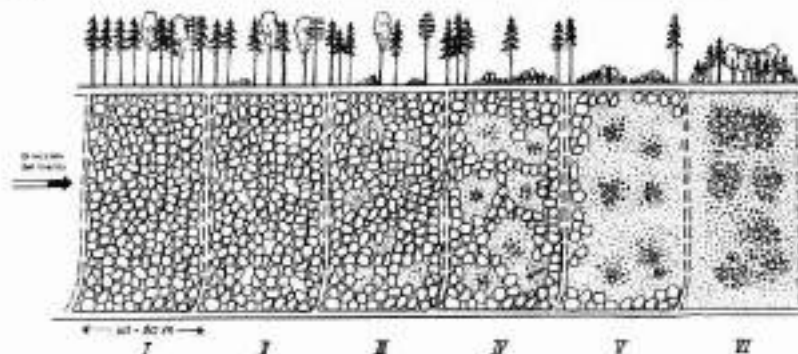
La cosecha en fajas consiste en cortar fajas sucesivas o alternadas en intervalos de tiempo, avanzando de un extremo a otro de un rodal, adecuando las cortas a la edad de rotación del bosque. En el lapso de pocos años, una vez establecida la regeneración, se extrae con extracciones paulatinas la madera en las fajas aun no cosechadas.

La cosecha en hoyos de luz o huecos consiste en extraer todos los individuos de un grupo de manera de formar espacios al interior del rodal. La distribución de estos puede ser

sistemática y, en caso que la estructura del rodal no lo permita, debe irse adecuando a ésta, para favorecer la regeneración existente y futura.

Intervenciones siguientes al rodal remanente consistirán en aperturas paulatinas, hasta que la regeneración este asegurada a nivel del rodal completo. Una parte importante de los bosques de segundo crecimiento de los tipos forestales RO-RA-CO y CO-RA-TE presentan un cierto grado de inestabilidad frente al viento, dado que nunca fueron raleados o si esto ocurrió fue muy tarde. Por lo tanto este método puede ser una alternativa para cosecharlos (Figura N° 2).

La cosecha en hoyos de luz se parece a la selección en grupos desde el punto de vista de las aperturas generadas inicialmente. Para igualar la estructura multietánea de esta, se deben proyectar las intervenciones en un período cercano al de la rotación.



(Modificado de Burschel y Huss, 1983)

- I. Rodal cerrado (se instalan las huellas de madereo).
- II. Extracción de 5-10% del volumen en pequeños hoyos de luz. Se incentiva la regeneración de especies tolerantes.
- III. Extracción de 10-15 % del volumen. Se agrandan los hoyos de luz, siguiendo el desarrollo de la regeneración.
- IV. Extracción de 20-25 % del volumen. Se dan las condiciones de luminosidad para el desarrollo de especies semitolerantes e intolerantes. La regeneración natural debe complementarse a través de la regeneración artificial, si es necesario.
- V. La regeneración se encuentra en toda la superficie. Árboles remanentes de la generación anterior sólo se encuentran a orilla de las huellas de madereo. Se eliminaron los árboles remanentes. Aún se observa desigualdad en las alturas en la regeneración, que tenderá a igualarse con el tiempo.

Figura N° 2

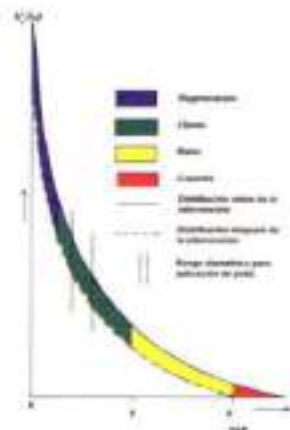
**CORTA BAJO EL ESQUEMA HOYOS DE LUZ PARA EL CASO DE UN RODAL MIXTO DE CONÍFERAS Y LATIFOLIADAS EL MADEREO SE REALIZA POR CABLE HACIA LAS HUELLAS DE MADEREO**

De acuerdo al DS N° 259 de 1980 del Ministerio de Agricultura, el método de corta de protección es aplicable a los tipos forestales Roble-Hualo, Roble-Rauli-Coihue, Lengua, Siempreverde y Coihue-Rauli-Tepa, entre otros.

## Método de Selección

En bosques multietáneos se encuentran presentes todas las clases de edad y todos los rangos diamétricos a nivel de rodal, distribuidos espacialmente de manera estratificada y vecina. Esto significa que la silvicultura a aplicar implica acciones simultáneas para la regeneración, cortas intermedias y cosecha (Burschel y Huss, 1983). La operación de las cortas de selección en este tipo de bosques sirven para inducir estructuras multietáneas y para mantenerlas en el tiempo.

En el método de corta de selección, se cortan los árboles del rodal que han llegado a un diámetro objetivo para su uso comercial. Esto sucede en una serie de intervalos durante el período de la rotación. Generalmente la corta de estos árboles coincide con los más viejos de una masa boscosa. Después de cada corta, se generan pequeños claros donde se establece la regeneración, que en el transcurso del tiempo se va distribuyendo en todo el rodal. En teoría, de un rodal podría aprovecharse cada año una clase de edad que llegó por madurez a su momento de cosecha. Esta estaría formada por árboles aislados, dispersos y maduros. El volumen de esta clase de edad será equivalente al crecimiento anual de la masa (Hawley y Smith, 1982). La distribución típica de diámetros de una masa multietánea se presenta en la Figura N° 3.



(Modificado de Burschel y Huss, 1983)

- El sector de color verde (diámetros inferiores a Y) representa los diámetros en la fase de regeneración y latzal, donde se aplican cortas de limpieza y se comienza con las cortas intermedias respectivamente.
- El sector de color rojo en la curva de diámetros, indica el número de árboles de las clases de diámetro a extraer selectivamente en una sola corta. Todos los árboles con un diámetro superior a X, valor establecido como diámetro objetivo, son cosechados.
- Los árboles de diámetro mayores a Y pero menor a X, (diámetro mínimo comercial o utilizable), pueden también ser extraídos mediante raleos comerciales.
- Bajo un esquema extensivo de manejo, los diámetros inferiores a X no se cortarían y se morirían por el cierre de copas y competencia (autoraleo).

Figura N° 3

**SILVICULTURA EN UN BOSQUE MULTIETÁNEO, CARACTERIZADO POR EL NÚMERO DE ÁRBOLES POR CLASE DÍAMÉTRICA Y SUS RESPECTIVAS INTERVENCIONES**



Teóricamente, se debe extraer la clase de edad mayor al cumplir su ciclo productivo. En la práctica se fija un diámetro límite que establecerá el momento en el cual el árbol se debe cortar. El crecimiento medio del bosque corresponde al que debería extraerse en cada turno, sumándosele los volúmenes que se obtendrían de los raleos en las restantes clases diamétricas.

La corta selectiva es aplicable a todos los tipos forestales nacionales susceptibles de ser cosechados comercialmente (Palma, Coihue-Rauli-Tepa, Ciprés de las Guaitecas, Coihue de Magallanes, Siempreverde, Esclerófilo, Roble-Hualo, Ciprés de la Cordillera, Lengua y Roble-Rauli-Coihue).

Se debe tener especial cuidado al trabajar con especies del género *Nothofagus* tales como roble, rauli o coigue, por su baja tolerancia a la sombra, que puede incidir negativamente al momento de establecerse su regeneración. En este mismo sentido, coigue es la especie que presenta los mayores requerimientos de luz para poder regenerar, seguida por roble y rauli, que presenta una tolerancia media o semitolerante (Donoso, 1993).

Si el objetivo es lograr la regeneración de coigue, se debe formar un claro suficientemente grande para que permita regenerar de acuerdo a sus características autoecológicas. Claros superiores a 500 m<sup>2</sup> son sugeridos por Veblen (1991) y Donoso (1993) para este fin, incidiendo también la latitud y exposición en el tamaño. Para roble y rauli el tamaño mínimo del claro disminuye debido a su mayor tolerancia. Se debe tener en cuenta que rauli necesita de cierta cobertura de protección, ya que suele presentar problemas de daños por insolación o exceso de luz. Sin embargo en bosques demasiado cerrados se ve imposibilitado de regenerar.

Se debe tener especial cuidado en la regeneración de especies invasoras indeseables, como lo son *Chusquea* spp., maqui, zarzamora y gramíneas, que limitan fuertemente la posibilidad de regeneración y establecimiento de una nueva planta o grupo de plantas.

Para asegurar la presencia de todas las especies deseadas en cada clase diamétrica se puede complementar la regeneración natural con regeneración artificial utilizando plantas de vivero, considerando enriquecer el rodal futuro en relación al precedente, en términos de la composición de especies y su calidad. Debido a que los bosques multietáneos son bosques con regeneración permanente, es fundamental aislarlos con el propósito de evitar la entrada de ganado y el consiguiente ramoneo de las plantas nuevas.

### Método del Árbol Semillero

En la aplicación del método del árbol semillero el rodal se somete a una corta total, exceptuando algunos ejemplares destinados a proporcionar las semillas necesarias para regenerar el área. Los árboles semilleros representan solamente un pequeño porcentaje del volumen original y corresponde generalmente a menos del 10 %.

Una vez que se ha establecido una nueva población, estos árboles pueden ser eliminados en una segunda corta o dejados indefinidamente (Hawley y Smith, 1982). Para que la proyección de estos árboles sea económicamente atractiva, deben ser de alto valor, extrema-



damente resistentes a daños por viento, no tender a la producción de brotes epicórmicos y no ser susceptibles a daños en la corteza por efectos de los rayos solares. Se recomienda su ubicación cerca de huellas de madereo o caminos, para evitar daños a la siguiente regeneración de árboles si su extracción se produjera antes del término de la rotación de la nueva generación arbórea (Burschel y Huss, 1983).

En el Reglamento Técnico del DL 701 se autoriza la aplicación del método de corta y regeneración por árbol semillero únicamente para los tipos forestales Roble-Hualo, Roble-Rauli-Coihue y Coihue-Rauli-Tepa.

La aplicación de este método genera gran cantidad de biomasa de baja calidad, la cual es difícil de comercializar. Debe tenerse especial cuidado al momento de seleccionar desde el punto de vista cualitativo a los árboles padres, ya que constituyen la fuente de abastecimiento de semillas del futuro bosque. También debe considerarse la estabilidad de los árboles padres en términos de su resistencia al viento. Para esto su relación H/D (altura expresada en m y diámetro en cm) debería estar en el rango entre 0,6-0,8. La condición de aislamiento y la pérdida repentina de su protección lateral aumenta la susceptibilidad de caída para estos árboles (Hawley y Smith 1982). Este método es inaplicable sobre suelos húmedos, delgados o de baja capacidad de sostén o de fuertes pendientes (> 60%). Tampoco se recomienda para especies con raíces superficiales.

### **Recomendaciones Generales para los Métodos de Cosecha y Regeneración**

La cosecha debe estar acompañada por eficiente regeneración, donde para lograr un resultado de regeneración óptimo deberá aplicarse combinaciones de regeneración natural y artificial. Las definiciones de estos dos métodos de obtener regeneración o formar un nuevo bosque son dadas a continuación.

La regeneración natural (monte alto) se produce por semillas que caen desde árboles del rodal y vecinos. Se aplica básicamente en los métodos de corta del árbol semillero, de protección y de selección. En la práctica, cuando se trata de retoñaciones muy repetidas, se debería optar por eliminar el paquete radicular que da origen a estas, para evitar bajas de rendimiento en términos cuantitativos y cualitativos. Cuando se trata de una primera y hasta segunda generación por monte bajo, donde se espera que no ocurra una baja significativa en el desarrollo de los retoños, estos se suman a las plantas generadas por monte alto.

La regeneración artificial consiste básicamente en la plantación de material producido en vivero y ocasionalmente de siembra directa en el bosque. Se aplica obligatoriamente después de talas rasas y complementariamente a la regeneración natural en los métodos de corta del árbol semillero, de protección y de selección.

Cuando el rodal precedente no cumple con la composición y estructura que se pretende para la nueva generación y por lo tanto se arriesga la no obtención de los productos que se desea obtener, la nueva generación de árboles no se puede sustentar exclusivamente por semillación directa de éste. Situaciones como estas se producen cuando por ejemplo por sobrecosecha se ha eliminado especies valiosas (por ejemplo rauli) o sólo han quedado árboles remanentes de muy mala calidad. Para corregir esto, se deben reincorporar las especies y a

través de estas la calidad perdida a través de plantas que representen una óptima proyección de crecimiento y valor. Esta operación es denominada enriquecimiento.

## CONCLUSIONES

La avanzada edad de la mayoría de los bosques secundarios de *Nothofagus*, condiciona la capacidad de reacción en crecimiento de los árboles liberados mediante raleos. Debido a esto se necesario replantearse los esquemas de manejo para este tipo de bosques.

Con el propósito de potenciar la capacidad de crecimiento de los árboles y aprovechar de mejor forma los diversos sitios, se propone renovar el bosque existente. Esto último a través de la aplicación de métodos de cosecha y regeneración. En este contexto se recomienda los siguientes métodos:

La corta de protección con sus variantes, se aplica a cosechas de áreas de tamaños medianos, lo que permite ciclos de intervención prolongados. Esto significa, que este método se adecua muy bien a medianas y grandes propiedades, siendo fundamental la exclusión del ganado hasta la consolidación de la regeneración en los sectores intervenidos.

La corta selectiva es un método que permite concentrar en pequeñas superficies árboles de todas las edades y tamaños, por lo que en forma periódica se puede obtener madera. Esto significa, que este método se adecua muy bien a las pequeñas propiedades, siendo fundamental la exclusión del ganado de estos bosques por estar en permanente regeneración.

El método del árbol semillero, es poco recomendable. Esto, debido a la apertura violenta del rodal, lo que lleva a un alto riesgo de invasión de malezas y a una alta vulnerabilidad al viento para los árboles remanentes.

## REFERENCIAS

- Avilés, B., 1993.** Untersuchungen zur Waldbaulichen Behandlung und Bewirtschaftung von Renovaiesbeständen in Mittelchile. Diss. Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i Br., 174 págs.
- Burgos, R., 1985.** Determinación de Índices de Sitio para Renovales de Rauli (*Nothofagus alpina* (Poepp. Et Endl.) Oerst) en la Cordillera Andina de la Octava Región. Tesis Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de Concepción, 75 pp.
- Burschel, P. y Huss, J., 1983.** Grundriss des Waldbaus. Pareys Studentexte 49. Verlag Paul Parey-Hamburg, Berlin. 352 págs.
- CONAF – CONAMA, 1999.** Catastro y Evaluación del Recurso Vegetacional Nativo de Chile. Catastro y Evaluación del Recurso Vegetacional Nativo de Chile.
- Christie, J. M., Millar, A.C. y Brumm, L. E., 1974.** *Nothofagus* Yield Tables. Forestry Commission, Research and Developmen. Paper. ND 106. 5 pp.



**De la Maza, C. L. y Gilchrist J., 1983.** Algunos Antecedentes para el Manejo de Renovales de Rauli. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile. Boletín Técnico N° 61. 30 págs.

**Donoso, C., 1981.** Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Investigación y Desarrollo Forestal. CONAF/PNUD/FAO.FO: DP/CHI/76/003. Documento de trabajo N° 38.

**Donoso, C., 1993.** Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Ecología Forestal. Editorial Universitaria. 483 p.

**Grosse, H., 1987.** Desarrollo Inicial de Plantaciones de Rauli. Ciencia e Investigación Forestal Vbl. 1 N° 1: 49 - 56

**Grosse, H. y Cubillos, V., 1991.** Antecedentes Generales para el Manejo de Renovales de Rauli, Roble, Coigüe y Tapa. Boletín Técnico N° 127. INFOR-CORFO.

**Grosse, H., Pincheira, M., y Quiroz, I., 1996.** Evaluación de Tratamientos Silviculturales en Renovales de Rauli (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*). Fundación Chile - INFOR. 53 págs.

**Grosse, H. y Quiroz, I., 1998.** Renovales de Rauli y Roble en el Sur de Chile. Primer Congreso Latinoamericano IUFRO. Valdivia, Chile.

**Grosse, H. y Quiroz, I., 1998.** Silvicultura de los Bosques de Segundo Crecimiento de Roble, Rauli y Coigüe en la Región Centro - Sur de Chile. En: Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. Editores C. Donoso y A. Lara. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 95-128.

**Grosse, H., 2004.** Silvicultura y Manejo; en Actas del Simposio Internacional IUFRO: Rauli, Riqueza de los Bosques Templados: Silvicultura, Genética e Industria. Valdivia, Chile. UACH-INFOR.

**Hawley, R. y Smith, D., 1982.** Silvicultura Práctica. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España. 544 págs.

**Mujica, R., 1997.** Análisis Económico Privado de un Plantación de *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst. Ubicada en la Provincia de Valdivia. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile. Valdivia. 132 págs.

**Puente, M., Donoso, C., Peñaloza, R. y Morales, E., 1979.** Manejo de Renovales de Rauli (*Nothofagus alpina* Poepp. et Endl) en la Cordillera de Nahuelbuta. 8 págs.

**Quiroz, I., 1986.** Untersuchungen zur Waldbaulichen Behandlung von *Nothofagus*-Primär- und Sekundärwäldern in den Anden der IX. und X. Region Chiles. Dissertation del LMU. DAAD. Freising, Alemania. 171 págs.

**Rocuant, L., 1969.** Raleos en los Renovales de Roble - Rauli (15 años de observaciones). Actas Primer Seminario sobre Situaciones Actuales y Posibilidades Futuras del Manejo de los Renovales en Chile. 56 pp.

**Tuley, G., 1980.** *Nothofagus* in Britain. Forestry Commission. Forest Record 122. 26 págs.

**Veblen, T. y Ashton, D. H., 1978.** Catastrophic Influences on the Vegetation of the Valdivian Andes, Chile. Vegetation. Vol 36 (3). Págs 149-167.

**Veblen, T., 1992.** Regeneration Dynamics. Chapter 4 in D. C. Glenn-Lewis, R. K. Peet and T.T. Veblen. (eds). Plant Succession: Theory and Prediction. Chapman and Hall. London.

## COMPORTAMIENTO DE CONÍFERAS BAJO RIEGO EN DIQUE YAUCHA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA.

Calderón Alberto D., Bustamante Juan A., Riu Nuria E. y Perez Silvina A. Ingenieros Agrónomos, Instituto Forestal, Cátedra de Dasonomía, Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo. Dirección Postal: Almirante Brown 500, Chacras de Coria, CP 5505, Mendoza, Argentina. [dasonomia@fca.uncu.edu.ar](mailto:dasonomia@fca.uncu.edu.ar)

### RESÚMEN

La provincia de Mendoza se ubica en el Centro- Oeste de la República Argentina. Posee una extensión de 150.830 km<sup>2</sup>. En ella prácticamente todas las actividades agropecuarias y forestales están concentradas en el 3% de su territorio que es posible irrigar.

Al oeste de la misma, en el límite con la República de Chile, se presenta la cadena montañosa que forma parte de la Región Fitogeográfica del Desierto Andino. Se extiende por más de 500 km., con un ancho promedio de 100 km.

El objetivo de este trabajo es evaluar la supervivencia y el comportamiento de distintas especies de coníferas en zonas del piedemonte mendocino.

Para ello se instaló una parcela experimental en el Dique Yaucha, ubicado en el Departamento de San Carlos a 34° LS y 69° 07' LW y a una altitud de 1213 msnm.

Las especies del ensayo son: *Pinus pinea* L., *Pinus halepensis* Mill. y *Cupressus arizonica* Greene. Se llevó plantas de aproximadamente 0.70 m de altura, que fueron instaladas a una distancia de plantación definitiva de 3 m x 3 m y se riegan superficialmente por surcos.

Se toma periódicamente datos dasométricos de diámetro a altura de pecho (DAP) de todas las plantas, altura total de los árboles promedio de cada especie, registrándose además las fallas producidas y el estado sanitario.

Los resultados obtenidos a la edad de 17 años son: *Cupressus arizonica*, diámetro promedio 20 cm, altura 7.75 m y 18.1 % de fallas; *Pinus halepensis*, diámetro promedio 16 cm, altura 8.60 m y 12.2 % de fallas; *Pinus pinea*, diámetro promedio 17 cm, altura 6.60 m y 22.5 % de fallas.

Es de destacar que *P. pinea*, presenta el 6 % de los árboles con fustes bifurcados a baja altura.

Todas las especies presentan un buen estado sanitario, no registrándose hasta la fecha plagas o enfermedades que hayan afectado el desarrollo del ensayo.

**Palabras claves:** Coníferas, riego, zonas áridas, montaña.



## CONIFERS BEHAVIOUR UNDER IRRIGATION IN THE YAUCHA DAM PROVINCE OF MENDOZA - ARGENTINA

### SUMMARY

The Province of Mendoza is located in the Mid-Western part of Republic Argentina with an extension of 150.830 Km<sup>2</sup>. There all agrarian and forestry activities are concentrated in a 3 % of its territory which is able to be irrigated.

On the West side part of the province by the border with Republic of Chile appears the mountain ridge (Cordillera de Los Andes) which is a part of the Fitogeographical Region called Andean Desert, extended for over 500 km with an average wide of 100 km.

This work is aimed to evaluate the survival and the behaviour of different species of conifers in the mountainous country side of Mendoza.

To do so there was installed experimental plots in Yaucha dam, placed in San Carlos Department at 34° SL and 69° 07 WL, at an altitude of 1213 m. Species on test were *Pinus pinea* L., *Pinus halepensis* Mill and *Cupressus arizonica* Greene.

Seedlings of approximately 0.70 m height were used, installed at a definite plantation distance of 3 m x 3 m with surface irrigation by furrows.

Measurements of diameter, total height, survival are periodically done, together with a review of the sanitary situation of the trees.

Results obtained at the age of 17 years are: *Cupressus arizonica*; diameter 20 cm, height 7.75 m, failure 18.1 %. *Pinus halepensis*; diameter 16 cm, height 8.60 m, failure 12.2 %. *Pinus pinea*; diameter 17 cm, Height 6.60 m., Failure 22.5 %

It is to be noted that *Pinus pinea* presents 6 % of trees with bifurcated stems at low height.

All species are in good sanitary conditions not registering any pests or diseases affecting the experiment up to date.

**Keywords:** Conifers, irrigation, arid zones, mountains.

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Mendoza se ubica en el Centro-Oeste de la República Argentina. Posee una extensión de 150.830 km<sup>2</sup>.



Su territorio presenta una región montañosa al oeste y una plana al este. La región montañosa forma parte de la Región Fitogeográfica del Desierto Andino, más al este aparece la llanura que es parte de la Región Fitogeográfica del Monte Xerofítico.

El clima en el llano es árido templado. Las lluvias son escasas, torrenciales y de corta duración en verano, y suelen estar acompañadas de granizo; mientras que en invierno son prolongadas y finas. La relación evaporación potencial sobre precipitación es varias veces la unidad.

La temperatura disminuye con la altitud y hacia el sur de la provincia, siendo frecuentes las heladas de hasta -15 y -20 °C en algunos sectores.

Las actividades agropecuarias están concentradas en los oasis irrigados que representan solo el 3% de la superficie total de la provincia. Las principales son fruticultura, viticultura y horticultura, mientras que la actividad forestal generalmente es complementaria, ocupando unas 15.000 ha con cultivo de álamos bajo riego. Teniendo en cuenta que el 97% restante de su superficie no tiene prácticamente ningún aprovechamiento desde el punto de vista silvícola, el Instituto Forestal ha desarrollado líneas de investigación que intentan introducir especies de valor forestal en esa área; desarrollando para ello experiencias, tanto en zonas de llanura como en zonas de pre-cordillera hasta los 3.500 msnm.

Específicamente en zonas de montaña y piedemonte, en base a experiencias locales y la bibliografía consultada sobre el tema, se ha preseleccionado una serie de especies tanto latifoliadas como coníferas para llevar a cabo experiencias de adaptación en tres etapas: 1) Etapa de selección, 2) Estudios de crecimiento y 3) Estudios sobre manejo y producción.

El trabajo aquí presentado muestra los resultados obtenidos en la primera de las etapas arriba descritas, con diversas especies de coníferas, en una parcela situada a los 1.213 msnm...

## OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es evaluar la supervivencia y el comportamiento de distintas especies de coníferas en zonas del piedemonte mendocino.

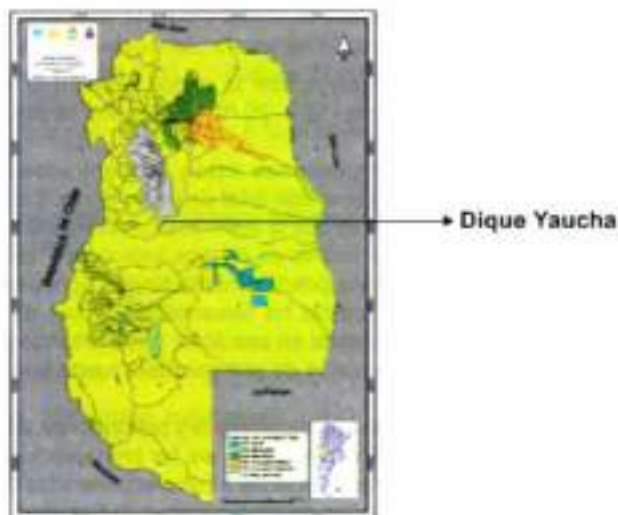
## ANTECEDENTES

El Instituto Forestal está desarrollando desde hace más de 20 años ensayos destinados a la selección y el estudio del crecimiento, el manejo y la producción de especies introducidas, que sirvan de base para futuros emprendimientos forestales.

A tal efecto se cuenta como antecedente el trabajo Comportamiento de Coníferas Bajo Riego en Mendoza publicado en el XII Congreso Forestal Mundial, donde se menciona la selección de coníferas en dos parcelas de montaña por su supervivencia, se destaca las especies que mostraron mayor aptitud en distintos sitios, como son *Juniperus virginiana*, *Cupressus arizonica*, *Cupressus macrocarpa*, *Pinus pinea* y *Pinus pinaster*.

## MATERIALES Y MÉTODO

### Ubicación del Ensayo y Descripción del Sitio





Localidad	Yaucha
Latitud	33°57' Sur
Longitud	69°04' Oeste
Altitud	1213 msnm
Temperatura media	13,2 °C
Temperatura máxima absoluta	37,6 °C
Temperatura mínima absoluta	-14,8 °C
Precipitación anual	343 mm
Suelo	Pedregosos a arenosos muy permeables

En el Dique Yaucha se presentan vientos suaves a moderados. Inviernos con precipitaciones en forma de nieve entre 40 y 50 cm. El riego se realiza a través del arroyo Yaucha.

### Especies en Ensayo

En base a experiencias y observaciones locales de árboles ya existentes y la consulta y búsqueda bibliográfica, tomando en cuenta las analogías climáticas y/o edáficas de las zonas de origen con la localidad donde se instalarían las parcelas, se decidió comenzar la primer etapa de adaptación con las siguientes especies: *Cupressus arizonica* Greene, *Pinus pinea* L. y *Pinus halepensis* Mill



Pinus halepensis



Pinus Pinea



Cupressus arizonica



Vista General del Ensayo

### Plantación

Se utilizó plantas de aproximadamente 0,70 m. de altura que, luego de 2 años de cría en vivero, que fueron llevadas con pan de tierra e instaladas a una distancia definitiva de 3 m x 3 m, en hoyos realizados manualmente de 0,5 x 0,5 m. El riego es superficial por surcos.

### Variables Medidas

Fueron medidos en forma periódica los parámetros diámetro a la altura de pecho (DAP) de todas las plantas y altura total de los árboles promedio de cada especie, registrándose además las fallas producidas y el estado sanitario.

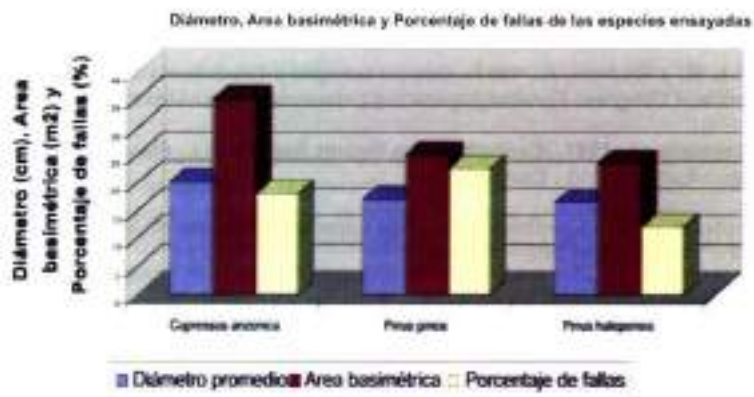
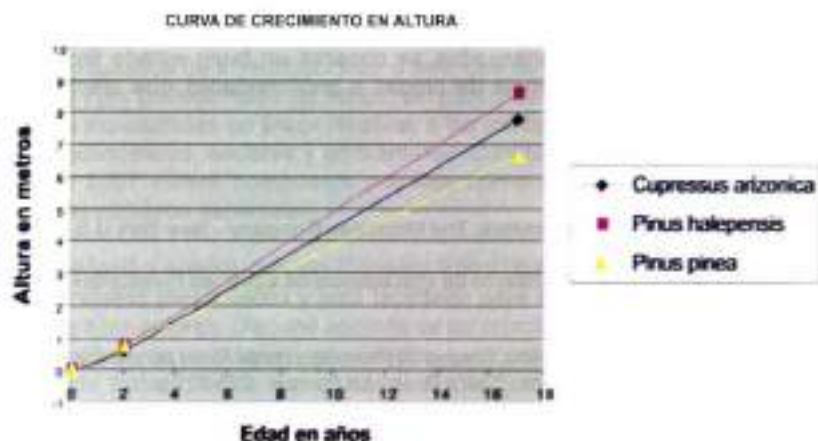
### RESULTADOS

Los valores medios de las variables medidas a los 17 años de edad son los indicados a continuación.

#### ENSAYO YAUCHA 17 AÑOS EDAD

Especie	Fallas (%)	Altura Promedio (m)	Diámetro Promedio (cm)	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)
Pinus halepensis	12,2	8,60	16,55	23,68
Pinus pinea	22,5	6,60	17,05	25,13
Cupressus arizonica	18,1	7,75	20,12	35,00

En las figuras siguientes se muestra en forma gráfica el crecimiento en altura y los porcentajes de fallas y las áreas basales a los 17 años de edad de las parcelas.



El 6% de las plantas de *Pinus pinea* presenta fustes bifurcados entre la base y 1,50 m de altura. Se observó una gran amplitud en los valores de diámetros y alturas, que se estima, es consecuencia de la gran heterogeneidad del suelo.

## CONCLUSIONES

Todas las especies presentaron un porcentaje de fallas considerada aceptable para las condiciones del ensayo, siendo *Pinus halepensis* la que mostró mayor supervivencia.

---

*Cupressus arizonica* presentó la mayor Área basal, aunque todavía no se puede asegurar si continuará con la misma tendencia en los próximos años. Otro aspecto importante de esta especie es el alto grado de cobertura que produce sobre el suelo, característica fundamental como agente protector de los factores erosivos.

En todas las especies ensayadas se observa un buen estado fitosanitario, no detectándose a la fecha la presencia de plagas o enfermedades que afecten el normal desarrollo de las mismas.

## REFERENCIA

- Bailey, L. H., 1955.** The Cultivated Conifers. The Macmillan Company - New York U.S.A.
- Burley, J., 1969** Metodología de los Ensayos de Procedencia de Especies Forestales» - UNASYLVA - Volumen 23 (3) 24-28 p.
- Enricci, J.; Pasquini, M. y Petray, E., 1983.** Ensayo de Procedencias de *Pinus ponderosa* en la Patagonia Andina.- V Congreso Forestal Argentino - Santa Rosa - La Pampa - 221-227 p.
- Gandullo, J., 1972.** Ecología de los Pinares Españoles III - *Pinus halepensis* Mill. I.F.I.E. - Ministerio de Agricultura - Madrid - España.
- Lell, J.; y Giunchi, A., 1988.** -*Pinus halepensis* y *Pinus brutia*. Especies Aptas para la Forestación de Tierras Semiáridas Argentinas. VI Congreso Forestal Argentino - Santiago del Estero - 859-863 p.
- Lell, J.; Scarone, M. y Giunchi, A., 1997.**- Comportamiento y Crecimiento de Especies del Género *Pinus* en La Pampa. II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano - Misiones .
- Nicolas, A. y Gandullo, J., 1987.** -Ecología de los Pinares Españoles I - *Pinus pinaster* Ait.- I.F.I.E. - Ministerio de Agricultura - Madrid - España.
- Riu, N. y Calderón, A., 1997.**- Crecimiento de Cinco Especies Forestales en Mendoza» - II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano - Misiones .
- Calderón, A.; Bustamante, J.; Riu, N.; Pérez, S. y Settepani, V., 2003.** Comportamiento de Coníferas Bajo Riego en Mendoza, Argentina XII Congreso Forestal Mundial – Québec - Canadá

---

## REGLAMENTO DE PUBLICACION

**CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL** es una publicación técnica, científica, arbitrada y seriada del Instituto Forestal de Chile, en la que se publica trabajos originales e inéditos, con resultados de investigaciones o avances de estas, realizados por sus propios investigadores y por profesionales del sector, del país o del extranjero, que estén interesados en difundir sus experiencias en áreas relativas a las múltiples funciones de los bosques, en los aspectos económicos, sociales y ambientales. Consta de un volumen por año el que a partir del año 2007 estará compuesto por tres números (abril, agosto y diciembre) y ocasionalmente números especiales.

La publicación cuenta con un Consejo Editor institucional que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores. Dispone además de un selecto grupo de profesionales externos y de diversos países, de variadas especialidades, que conforma el Comité Editor. De acuerdo al tema de cada trabajo, estos son enviados por el Editor a al menos tres miembros del Comité Editor para su calificación especializada. Los autores no son informados sobre quienes arbitran los trabajos.

La revista consta de dos secciones; Artículos Técnicos y Apuntes, puede incluir además artículos de actualidad sectorial en temas seleccionados por el Consejo Editor o el Editor.

**Artículos:** Trabajos que contribuyen a ampliar el conocimiento científico o tecnológico, como resultado de investigaciones que han seguido un método científico.

**Apuntes:** Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigación, informen sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de interés dentro del sector forestal o de disciplinas relacionadas. Los apuntes pueden ser también notas bibliográficas que informan sobre publicaciones recientes, en el país o en el exterior, comentando su contenido e interés para el sector, en términos de desarrollo científico y tecnológico o como información básica para la planificación y toma de decisiones.

### ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

#### Artículos

Los trabajos presentados para esta sección deberán contener Resumen, Summary, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión, Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. En casos muy justificados Apéndices y Anexos.

El título del trabajo debe ser representativo del efectivo contenido del artículo y debe ser construido con el mínimo de palabras.

---

**Resumen:** Breve descripción de los objetivos, de la metodología y de los principales resultados y conclusiones. Su extensión máxima es de una página y al final debe incluir al menos tres palabras clave que faciliten la clasificación bibliográfica del artículo. El Summary es evidentemente la versión en inglés del Resumen. No deben incluir referencias, cuadros ni figuras. Bajo el título se identificará los autores y a pie de página su institución y dirección.

**Objetivos:** Breve enunciado de los fines generales del artículo o de la línea de investigación a que corresponda y definición de los objetivos específicos del artículo en particular.

**Material y Método:** Visión clara de la metodología aplicada y, cuando corresponda, de los materiales empleados en las investigaciones o estudios que dan origen al trabajo. Si la metodología no es original se deberá citar claramente la fuente de información. Este punto puede incluir Cuadros y Figuras, siempre y cuando su información no resulte repetida con la entregada en texto.

**Resultados:** Punto reservado para todos los resultados obtenidos, estadísticamente respaldados cuando corresponda, y asociados directamente a los objetivos específicos antes enunciados. Puede incluir Cuadros y Figuras indispensables para la presentación de los resultados o para facilitar su comprensión, igual requisito deben cumplir los comentarios que aquí se pueda incluir.

**Discusión y Conclusiones:** Análisis e interpretación de los resultados obtenidos, sus limitaciones y su posible trascendencia. Relación con la bibliografía revisada y citada. Las conclusiones destacan lo más valioso de los resultados y pueden plantear necesidades consecuentes de mayor investigación o estudio o la continuación lógica de la línea de trabajo.

**Reconocimientos:** Punto optativo, donde el autor si lo considera necesario puede dar los créditos correspondientes a instituciones o personas, que han colaborado en el desarrollo del trabajo o en su financiamiento. Obviamente se trata de un punto de muy reducida extensión.

**Referencias:** Identificación de todas las fuentes citadas en el documento, no debe incluir referencias que no han sido citadas en texto y deben aparecer todas aquellas citadas en éste.

**Apéndices y Anexos:** Deben ser incluidos sólo si son indispensables para la comprensión del trabajo y su incorporación se justifica para reducir el texto. Es preciso recordar que los Apéndices contienen información o trabajo original del autor, en tanto que los Anexos contienen información complementaria que no es de elaboración propia.

## **Apuntes**

Los trabajos presentados para esta sección tienen en principio la misma estructura descrita para los artículos, pero en este caso, según el tema, grado de avance de la investigación o actividad que los motiva, se puede adoptar una estructura más simple,

---

obviando los puntos que resulten innecesarios. En su primera página arriba tendrán el título del trabajo y la identificación de los autores, institución y país.

## PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

La Revista acepta trabajos en español y ocasionalmente en inglés o portugués, redactadas en lenguaje universal, que pueda ser entendido no sólo por especialistas, de modo de cumplir su objetivo de transferencia de conocimientos y difusión al sector forestal en general. No se acepta redacción en primera persona.

Formato tamaño carta (21,6 x 27,9 cm), márgenes 2,5 cm en todas direcciones, espacio simple y un espacio libre entre párrafos. Letra arial 10. Un tab (8 espacios) al inicio de cada párrafo. No numerar páginas. Extensión máxima trabajos 25 carillas para artículos y 15 para Apuntes. Justificación ambos lados.

Primera página incluye título en mayúsculas, negrita, centrado, letra 12, una línea, eventualmente dos como máximo. Dos espacios bajo éste: Autor (es), minúsculas, letra 10 y llamado a pie de página indicando Institución, país y correo electrónico en letra 8. Dos espacios más abajo el Resumen y, si el espacio resulta suficiente, el Summary. Si no lo es, página siguiente igual que anterior, el Summary.

Título puntos principales (Resumen, Summary, Introducción, Objetivos, etc) en mayúsculas, negrita, letra 10, margen izquierdo. Sólo para Introducción usar página nueva, resto puntos principales seguidos, separando con un espacio antes y después de cada uno. Títulos secundarios en negrita, minúsculas, margen izquierdo. Títulos de tercer orden minúsculas margen izquierdo. Si fuesen necesarios títulos de cuarto orden, usar minúsculas, un tab (8 espacios) y anteponer un guión y un espacio. Entre sub títulos y párrafos precedente y siguiente un espacio libre. En sub títulos con más de una palabra usar primera letra de palabras principales en mayúscula. No numerar puntos principales ni sub títulos.

Nombres de especies vegetales o animales: Vulgar o vernáculo en minúsculas toda la palabra, seguido de nombre en latín o científico entre paréntesis la primera vez que es mencionada la especie en el texto, en cursiva (no negrita), minúsculas y primera letra del género en mayúsculas. Ej. pino o pino radiata (*Pinus radiata*).

Citas de referencias bibliográficas: Sistema **Autor, año**. Ejemplo en citas en texto: De acuerdo a Rodríguez (1995) el comportamiento de.... o el comportamiento de... (Rodríguez, 1995). Si son dos autores; De acuerdo a Prado y Barros (1990) el comportamiento de .... o el comportamiento de ... (Prado y Barros, 1990). Si son más de dos autores: De acuerdo a Mendoza *et al.* (1990), o el comportamiento ... (Mendoza *et al.*, 1990).

En el punto Referencias (no Bibliografía) deben aparecer en orden alfabético por la inicial del apellido del primer autor, letra 8, todas las referencias citadas en texto y sólo estas. En este punto la identificación de la referencia debe ser completa: Autor (es), año. En negrita, minúsculas, primeras letras de palabras en mayúsculas y todos los autores en el orden que aparecen en la publicación, aquí no se usa *et al.* A continuación, en minúscula y letra 8, primeras letras de palabras principales en mayúscula, título completo y exacto de la

---

publicación, incluyendo institución, editorial y otras informaciones cuando corresponda. Margen izquierdo con justificación ambos lados. Ejemplo:

En texto: (Yudelevich et al., 1967) o Yudelevich et al. (1967) señalaron ...

En referencias:

**Yudelevich, Moisés; Brown, Charles y Elgueta, Hernán, 1967.** Clasificación Preliminar del Bosque Nativo de Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 27. Santiago, Chile.

**Cuadros y Figuras:** Numeradas correlativamente, no deben repetir información dada en texto. Sólo se aceptan cuadros y figuras, no así tablas, gráficos, fotos u otras denominaciones. Toda forma tabulada de mostrar información se presentará como cuadro y al hacer mención en texto (Cuadro N° 1). Gráficos, fotos y similares serán presentadas como figuras y al ser mencionadas en texto (Figura N° 1). En ambos casos aparecerán enmarcados en línea simple y centrados en la página. En lo posible su contenido escrito, si lo hay, debe ser equivalente a la letra arial 10 u 8 y el tamaño del cuadro o figura proporcionado al tamaño de la página. Cuadros deben ser titulados como Cuadro N° , minúsculas, letra 8, negrita centrado en la parte superior de estos, debajo en mayúsculas, negritas letra 8 y centrado el título (una línea en lo posible). Las figuras en tanto serán tituladas como Figura N° , minúscula, letra 8, negrita, centrado, en la parte inferior de estas, y debajo en mayúsculas, letra 8, negrita, centrado, el título (una línea en lo posible). Cuando la información proporcionada por estos medios no es original, bajo el marco debe aparecer entre paréntesis y letra 8 la fuente o cita que aparecerá también en referencias. Si hay símbolos u otros elementos que requieren explicación, se puede proceder de igual forma que con la fuente.

Se aceptan fotos en blanco y negro, eventualmente en colores, siempre que reúnan las características de calidad y resolución que permitan su impresión.

Abreviaturas, magnitudes y unidades deben estar atentas a la Norma NCh 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se empleará en todo caso el sistema métrico decimal. Al respecto es conveniente recordar que la unidades se abrevian en minúsculas, sin punto, con la excepción de litro (L) y de aquellas que provienen de apellidos de personas como grados Celsius (°C). Algunas unidades de uso muy frecuente: metro, que debe ser abreviado **m** y no M. m. MT MTS **mi mts** o **mtrs** y otras formas como a menudo se ve en las carreteras y otros lugares; metro cúbico **m<sup>3</sup>**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha** y no HTA HAS há o hás.

Llamados a pie de página: Cuando estos son necesarios, serán numerados en forma correlativa para cada página, no de 1 a n a lo largo del trabajo. Aparecerán al pie en letra 8.

Archivos protegidos, sólo lectura o en PDF serán rechazados de inmediato porque no es posible editarlos. La Revista se reserva el derecho de efectuar todas las modificaciones de carácter formal que el Comité Editor o el Editor estimen necesarias o convenientes, sin consulta al autor. Modificaciones en el contenido evidentemente son consultadas por el Editor



---

al autor, si no hay acuerdo se recurre nuevamente al Consejo Editor o los miembros de este que han participado en el arbitraje o calificación del trabajo.

## **ENVIO DE TRABAJOS**

Procedimiento electrónico. En general bastará enviar archivo Word, abierto al Editor sbarros@infor.gob.cl

Cuadros y figuras ubicadas en su lugar en el texto, no en forma separada. El Editor podrá en algunos casos solicitar al autor algún material complementario en lo referente a cuadros y figuras (archivos Excel, imágenes, figuras, fotos, por ejemplo).

El autor deberá indicar si propone el trabajo para Artículo o Apunte y asegurarse de recibir confirmación de la recepción conforme del trabajo por parte del Editor. Respecto del peso de los archivos, tener presente que 1 Mb es normalmente el límite razonable para los adjuntos por correo electrónico. No olvidar que las imágenes son pesadas, por lo que siempre al ser pegadas en texto Word es conveniente recurrir al pegado de imágenes como JPEG o de planillas Excel como Metarchivo Mejorado.

En un plazo de 30 días desde la recepción de un trabajo el Editor informará al autor principal sobre su aceptación (o rechazo) en primera instancia e indicará (condicionado al arbitraje del Comité Editor) el Volumen y Número en que el trabajo sería incluido. Posteriormente enviará a Comité Editor y en un plazo no mayor a 3 meses estará sancionada la situación del trabajo propuesto. Si se mantiene la información dada por el Editor originalmente, el trabajo es aceptado como fue propuesto (Artículo o Apunte) y no hay observaciones de fondo, el trabajo es editado y pasa a publicación cuando y como se informó al inicio. Si no es así, el autor principal será informado sobre cualquier objeción, observación o variación, en un plazo total no superior a 4 meses.







# CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL

ARTICULOS	PAGINA
FIFTY YEARS OF RESEARCH ON ESTABLISHING AND GROWING TREES IN WIND EXPOSED DEFORESTED AREAS OF NORTHERN SCOTLAND. Alan Harrison, Bill Rayner and Bill Mason. UK.	213
AVANCES BIOTECNOLÓGICOS EN CASTAÑO: MULTIPLICACIÓN <i>IN VITRO</i> DE ÁRBOLES SUPERIORES. Marta González O., Oriana Ortiz N. y Susana Benedetti R. Chile.	227
BOSQUE MODELO: DESARROLLO SUSTENTABLE EN ACCIÓN. Mónica Gabay. Argentina.	237
¿PUEDEN LAS PLANTACIONES FORESTALES ACTUAR COMO CATALIZADORAS DE LA SUCESIÓN SECUNDARIA? Florencia Montagnini. Argentina.	257
SUPERVIVENCIA, CRECIMIENTO INICIAL E INTERACCIÓN CON EL SITIO DE PROGENIES DE ÁRBOLES PLUS DE PINO OREGÓN <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mills.) Franco. Braulio Gutiérrez C. Chile.	273
EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y ALGORITMOS HEURÍSTICOS COMO HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN EN BOSQUE PRIMARIO DE LA PATAGONIA. Simón Moreira Muñoz y Paulo Moreno Meynard. Chile.	285
PREDICCIÓN DE VALORES GENÉTICOS VÍA REM/BLUP EN FAMILIAS DE <i>Eucalyptus oleobcelyx</i> ESTABLECIDAS EN EL NORTE DE CHILE. Sandra Perret D., Freddy Mora P. y María Paz Molina B. Chile.	301
ENSAYOS DE HIBRIDACIÓN ARTIFICIAL OSP en <i>Eucalyptus globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> CON OTRAS ESPECIES DEL GÉNERO TOLERANTES AL DÉFICIT HÍDRICO. Patricio Rojas, Sandra Perret y María Paz Molina. Chile.	311
EXPERIENCIA DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN ASERRÍO. Katta Manzanares, Digna Velázquez y M. Antonia Guyat. Cuba.	325
INCORPORACIÓN DE <i>Bakktus edulis</i> Y <i>Bakktus pinicola</i> EN PLANTACIONES DE <i>Pinus radiata</i> EN CHILE. Patricio Chung G., Juan Carlos Pinilla S., Karoline Casanova D. y Hernán Soto G. Chile.	335
INDICADOR DE EXPECTATIVA SECTORIAL PARA EL SECTOR INDUSTRIAL MADERERO DE CHILE. Cristian Pérez S., Jorge Cabrera P. y Gonzalo Hernández C. Chile.	349
COMPETENCIA Y SU RELACION CON LOS PARAMETROS GENÉTICOS EN CLONES DE EUCALIPTO. Nahum M. Sánchez Vargas y J. Jesús Vargas Hernández. México.	361
<b>APUNTES</b>	
VALORIZACIÓN DE LOS BOSQUES DE SEGUNDO CRECIMIENTO PARA LOS TIPOS FORESTALES ROBLE - RAULI - COIGUE Y COIGUE - RAULI - TERA. Hans Grosse W, Oscar Larrain L y Rodrigo Mujica H. Chile.	371
COMPORTAMIENTO DE CONIFERAS BAJO RIEGO EN DIQUE YAUCHA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA. Alberto Calderon, Juan Bustamante, Nuria E. Rúa y Silvina Perez. Argentina.	385
REGLAMENTO DE PUBLICACION	393



**INFOR**



GOBIERNO DE CHILE  
Ministerio de Agricultura