

Volumen 21 N° 1
Abril 2015

ISSN 0718 - 4530 Versión impresa
ISSN 0718 - 4646 Versión en línea

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**



VOLUMEN 21 N° 1

**CIENCIA E
INVESTIGACION
FORESTAL**

ABRIL 2015

**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una revista científica, arbitrada, periódica y seriada del Instituto Forestal, Chile, que es publicada en abril, agosto y diciembre de cada año.

Director	Fernando Rosselot Téllez	INFOR	Chile
Editor	Santiago Barros Asenjo	INFOR - IUFRO	Chile
Consejo Editor	Santiago Barros Asenjo	INFOR - IUFRO	Chile
	Braulio Gutiérrez Caro	INFOR	Chile
	Juan Carlos Pinilla Suárez	INFOR - IUFRO	Chile
Comité Editor	José Bava	CIEFAP	Argentina
	Leonardo Gallo	INTA	Argentina
	Mónica Gabay	SAYDS	Argentina
	Heinrich Schmutzhenhofer	IUFRO	Austria
	Marcos Drumond	EMBRAPA	Brasil
	Sebastiao Machado	UFPR	Brasil
	Antonio Vita	UCH	Chile
	Juan Gastó	UC	Chile
	Miguel Espinosa	UDEC	Chile
	Sergio Donoso	UCH	Chile
	Vicente Pérez	USACH	Chile
	Camilo Aldana	CONIF	Colombia
	Glenn Galloway	CATIE	Costa Rica
	José Joaquín Campos	CATIE	Costa Rica
	Ynocente Betancourt	UPR	Cuba
	Carla Cárdenas	MINAMBIENTE - IUFRO	Ecuador
	Alejandro López de Roma	INIA	España
	Isabel Cañelas	INIA - IUFRO	España
	Gerardo Mery	METLA - IUFRO	Finlandia
	Markku Kanninen	CIFOR	Indonesia
	José Antonio Prado	MINAGRI	Chile
	Concepción Lujan	UACH	México
	Oscar Aguirre	UANL	México
	Margarida Tomé	UTL - IUFRO	Portugal
	Zohra Bennadji	INIA - IUFRO	Uruguay
	Florencia Montagnini	U. Yale - IUFRO	USA
	John Parrotta	USDA FS - IUFRO	USA
	Oswaldo Encinas	ULA	Venezuela
	Ignacio Díaz-Maroto	USC	España

Dirección



Instituto Forestal
Sucre 2397 - Casilla 3085 - Santiago, Chile
Fono 56 2 3667115 Fax 56 2 2747264
Correo electrónico sbarros@infor.gob.cl

Valor suscripción anual (tres números y eventualmente uno extraordinario): ch \$ 15.000 y 10.000 para estudiantes. Para el extranjero US \$ 30, más costo envío. Valor números individuales ch \$ 5.000 o US \$ 10.

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

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

MODELOS DE RENDIMIENTO PARA *Eucalyptus globulus* (Labill) EN BASE A VARIABLES AMBIENTALES

Letelier, Luis¹, Higuera, Cristian² y Real, Pedro³.

RESUMEN

En este estudio se evaluó el comportamiento de modelos tradicionales de altura dominante y área basal incorporando variables ambientales para plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la zona sur de Chile.

Para la incorporación de las variables ambientales, se determinó la cantidad de radiación solar neta acumulada en cada período de crecimiento en cada una de las parcelas consideradas. Esta variable ingresa al modelo en remplazo de la edad del rodal y en su cálculo se considera la incorporación de modificadores que dependen de las temperaturas y precipitaciones en conjunto con las características del suelo y propias de la especie. El cálculo de los modificadores se basa en los submodelos ambientales del modelo de proceso 3PG.

Se compararon los modelos generados con los modelos empíricos utilizados en la zona de estudio por el simulador EUCASIM, comprobándose para altura dominante una mejora en las proyecciones realizadas con el nuevo modelo mientras que en el caso del área basal los resultados fueron similares en ambos tipos de modelos.

La inclusión de variables ambientales en los modelos empíricos y el uso de submodelos desarrollados en el contexto de modelos de procesos, como técnica de hibridación, pueden ser de utilidad ya que, además de mejorar las estimaciones, el modelo híbrido se hace sensible a perturbaciones climáticas extremas como períodos de sequía o heladas.

Los resultados obtenidos son promisorios para el desarrollo de este tipo de modelos y reducen la incertidumbre de las predicciones en escenarios de cambio climático y sectores de transición de zonas de crecimiento.

Se considera necesario profundizar en este tipo de modelos, ya que pueden convertirse en un apoyo en las decisiones que se tomen ante condiciones de cambio ambiental o en el análisis de nuevas áreas de plantaciones.

Palabras clave: *Eucalyptus globulus*, Crecimiento, Modelo Híbrido, Recursos Acumulados

¹ Modelo Nacional de Simulación, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Chile
lletelier@udec.cl

² Modelo Nacional de Simulación, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Chile
chiguera@udec.cl

³ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Chile preal@udec.cl

ABSTRACT

In this study, traditional models for dominant height and basal area using the environmental variable effect were evaluated for *Eucalyptus globulus* in south-central Chile.

To incorporate environmental variables in the models, the amount of net solar radiation for each measurement in each plot was determined. This variable was added in the model by replacing the stand age and its value consider growth modifiers which depend on the temperature, precipitation, soil and species properties. These modifiers were calculated based on environmental submodels from 3PG process model.

The generated models were compared with the empirical models used in the study area by the EUCASIM simulator, proving an improved with the new model in dominant height, while in basal area with both empirical and hybrid models found similar results.

The inclusion of environmental variables in the empirical models and use of submodels developed in de process model context as a hybridizing method maybe useful, because improves the estimated value, because with this type of variables the model is sensitive to extreme climatic disturbances like drought or frost period.

The results of this study are promissory to development of such models and they reduce the uncertainty of estimates in climate change scenarios and transition section of the growth zone.

This type of models should be better studied because it can be converted into a tool for decision support considering scenarios of change of environmental conditions or the analysis of new plantation areas.

Keywords: *Eucalyptus globulus*, Growth, Hybrid Model, Accumulated Resources

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios del Modelo Nacional de Simulación se han empleado modelos empíricos para realizar proyecciones de crecimiento o rendimiento, los que han sido mejorados con la inclusión de nuevos ensayos y mediciones. Dichos modelos han sido ajustados para cada una de las zonas de crecimiento definidas en el simulador en base a condiciones ambientales homogéneas. Sin embargo, según algunos autores los modelos empíricos resultan ser poco sensibles a variaciones climáticas (Mason *et al.*, 2008). Otro de los inconvenientes en este tipo de estratificación es la diferencia en productividad en sectores límites entre zonas de crecimiento.

En general en los modelos empíricos se utiliza la edad como variable de entrada para representar el crecimiento de un rodal (Mason *et al.*, 2011), sin embargo, la edad representa una acumulación constante de tiempo y el bosque, al depender de condiciones del ambiente, no crece en forma constante a lo largo de un período. Otra opción para obtener proyecciones más detalladas pueden ser los modelos basados en procesos fisiológicos. Existe un interés creciente en el uso de los modelos de proceso, de los que destaca el modelo 3PG, no precisamente por ser un modelo superior a otros, sino por ser un modelo relativamente simple y de libre disposición (Sands, 2004). Este modelo cuenta con cinco submodelos que son: producción de biomasa, fijación de biomasa (entre follaje, raíces y fuste), mortalidad, balance de agua en el suelo y módulo para convertir biomasa fustal en variables de interés (Sands, 2004). El modelo necesita información climática como variables de entrada y trabaja en forma mensual o anual (Landsberg y Waring, 1997).

Una alternativa para mejorar las proyecciones y hacer que los modelos sean sensibles a variaciones climáticas extremas es utilizar la metodología de hibridación propuesta por Mason *et al.* (2011), en la que se reemplaza la variable edad por la cantidad de recursos acumulados, la cual está definida por la cantidad de radiación neta que recibe un rodal, corregido por modificadores de crecimiento que dependen de las temperaturas y precipitación en conjunto con las características del suelo y propias de la especie. Los modificadores recogen las variaciones climáticas y limitan el crecimiento en períodos en los que las características ambientales no son las adecuadas para el desarrollo óptimo del rodal. El cálculo de los modificadores se basa en los submodelos ambientales del modelo de proceso 3PG. Con esta metodología se puede dar solución al problema de diferencias de productividad en los límites de las zonas de crecimiento. En el presente trabajo se evaluó la metodología de hibridación aplicada a los modelos de altura dominante y área basal, comparando los resultados con un modelo empírico actualmente en uso para la especie.

MATERIAL Y METODO

Descripción de los Datos

Se utilizaron los datos de ensayos y parcelas permanentes instalados por el Modelo Nacional de Simulación de Eucalipto, que se encuentran distribuidos en casi la totalidad de la zona sur de Chile.

Debido a la gran extensión del territorio considerado, el área fue dividida en zonas de crecimiento sobre las cuales el Modelo Nacional de Simulación ha trabajado en modelos empíricos que actualmente se encuentran disponibles en el simulador EUCASIM versión 2011. En total se contó con 489 parcelas y el resumen de la información se muestra en el Cuadro N° 1.

A esta información dasométrica se asoció información climática, obtenida de la Dirección General de Aguas (DGA), como radiación solar, temperaturas y precipitaciones, que está en forma mensual calculada como el promedio de los diez años comprendidos en el período 1998-2008. Además, se agregaron datos de las condiciones del suelo tal como capacidad de agua aprovechable y tipo de suelo provenientes de las series de suelo del CIREN.

Cuadro N° 1
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LOS DATOS UTILIZADOS EN EL AJUSTE DE LOS MODELOS

Pares de Datos	Variable	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar
3345	Edad (años)	3,01	19,00	7,51	3,40
	Altura Dominante (H100) (m)	3,50	46,38	20,93	7,67
	Número de árboles (NHA)	157,50	2990,00	1422,56	431,77
	Área Basal (GHA) (m ² /ha)	0,60	78,46	23,97	11,68
	Volumen total sin corteza (VHA) (m ³ /ha)	0,20	852,60	188,33	145,35

Cada uno de los pares de datos fue validado en su consistencia respecto a cada una de las variables de la base de datos que son necesarias para los modelos.

Esta información, junto a los datos topográficos provenientes de un Modelo de Elevación Digital (DEM por sus siglas en inglés), es la base para la interpolación a las coordenadas geográficas de cada parcela, obteniéndose así la información climatológica necesaria para describir el punto a proyectar. Para esto se utilizó el método *ThinPlateSmoothingSpline* (TPSS) implementado en ANUSPLIN V4.36 (Hutchinson y Gessler, 1994), interpolando las variables de interés a cada una de las parcelas del proyecto.

Especificación de los Modelos

Los modelos empíricos actualmente implementados en el simulador EUCASIM fueron hibridados al reemplazar la edad por el valor de radiación acumulada al momento de la predicción, corregida por modificadores que dependen de las temperaturas y precipitaciones en conjunto con las características propias del suelo. Los modificadores se calcularon mediante el uso de los submodelos ambientales del modelo de proceso 3PG, la expresión que representa la acumulación de recursos se muestra en la Fórmula 1.

$$R_T = \sum_{t=1}^T rad_t * (f_{temp} * \min\{f_{vpd}, f_{sw}\}) \quad [1]$$

Donde: R_T = Recursos acumulados al momento T.
 rad_t = Radiación en el mes t.
 f_{temp} = Modificador de temperatura.
 f_{vpd} = Modificador por déficit de presión de vapor.
 f_{sw} = Modificador por agua aprovechable en el suelo.

Los modificadores de temperatura, déficit de presión de vapor y agua del suelo, se obtienen mediante la aplicación de las Fórmulas 2, 3 y 4, respectivamente.

$$f_{temp} = \left(\frac{T_{a_i} - T_{min}}{T_{opt} - T_{min}} \right) * \left(\frac{T_{max} - T_{a_i}}{T_{max} - T_{opt}} \right)^{\frac{(T_{max} - T_{opt})}{(T_{opt} - T_{min})}} \quad [2]$$

$$f_{VPD} = e^{(-0.05 \cdot VPD_i)} \quad [3]$$

$$f_{SW} = \frac{1}{1 + \left(\frac{1 - \left(\frac{sw_i}{sw_{max}} \right)^{n_g}}{c_g} \right)} \quad [4]$$

Donde: VPD_i = Déficit de presión de vapor en el mes i .
 Ta_i = Temperatura media mensual para el mes i .
 $Tmin$ = Temperatura mínima de crecimiento para la especie.
 $Tmax$ = Temperatura máxima de crecimiento para la especie.
 $Topt$ = Temperatura óptima de crecimiento para la especie.
 sw_i = Agua en el suelo disponible para el mes i .
 sw_{max} = Máxima cantidad de agua disponible en el suelo.
 c_g y n_g = Constantes que toman diferentes valores según el tipo de suelo.

En el modelo de altura dominante se adaptó la metodología del índice de sitio, para ello se determinó un índice de productividad (ISR) que corresponde a la altura promedio de los 100 árboles más grandes cuando el rodal ha acumulado cierta cantidad de radiación. A este nivel de radiación se le puede llamar Radiación Clave (R_c) quedando la siguiente expresión de cálculo para este índice:

$$ISR = a_0 * \left(1 - \left(1 - \left(\frac{H100}{a_0} \right)^{a_1} \right)^{\left(\frac{R_i}{R_c} \right)^{\left(\frac{1}{a_1} \right)}} \right) \quad [5]$$

Una vez calculado este índice de productividad, se puede calcular la altura dominante para cualquier nivel de radiación utilizando el siguiente modelo:

$$H100 = a_0 * \left(1 - \left(1 - \left(\frac{ISR}{a_0} \right)^{a_1} \right)^{\left(\frac{R}{R_c} \right)^{\left(\frac{1}{a_1} \right)}} \right) \quad [6]$$

En el modelo de área basal, se debe determinar el nivel de recurso acumulado para un momento inicial y un momento final, para luego estimar el área basal en el momento final de la siguiente forma:

$$G_f = G_i \left(\frac{R_i}{R_f} \right)^{b_2} * e^{\left[\left(\frac{b_0 + b_1}{b_2} * (H100_f * R_f) \right) * \left(1 - \left(\frac{R_i}{R_f} \right)^{b_2} \right) \right]} \quad [7]$$

Donde: $H100$ = Altura promedio de los 100 árboles más grandes del rodal.
 R = Radiación acumulada.
 R_c = Radiación clave.
 ISR = Índice de productividad por radiación, corresponde a la altura promedio de los 100 árboles dominantes cuando el rodal ha alcanzado la radiación clave.
 G_i, G_f = Área basal en los momentos inicial y final respectivamente.
 a_0, a_1, b_0, b_1 y b_2 corresponden a los coeficientes de cada modelo.

Validación de los Modelos

El proceso de validación consistió en comparar la capacidad predictiva de los modelos híbridos con la de los modelos empíricos implementados en EUCASIM. Se realizaron distintas simulaciones considerando una medición específica como momento inicial y las mediciones siguientes como momentos finales; el proceso fue repetido para cada medición con el fin de cuantificar el error y sesgo asociados al largo de las proyecciones en la predicción de altura dominante y área basal.

Para determinar el error y sesgo asociado a las simulaciones se utilizaron los estadísticos Error Cuadrático Medio (ECM) y Diferencia Agregada (DIFA); estas medidas se calcularon por clase de edad y por cantidad de periodos de proyección. La expresión de las medidas antes mencionadas es la siguiente:

$$ECM = \frac{\sum(O_i - E_i)^2}{n} \quad [8]$$

$$DIFA = \frac{\sum(O_i - E_i)}{n} \quad [9]$$

Donde: O_i = Valor observado.
 E_i = Valor estimado.
 n = Número de observaciones.

RESULTADOS

Modelo de Altura Dominante

Se encontró un menor error, para todas las clases de edad, con el modelo híbrido, obteniendo un máximo de 6,01% a los 10 años. Mientras que con el modelo empírico, el máximo se produce a la misma edad, alcanzando el 7,33%. En el caso del sesgo, ambos modelos se muestran insesgados, no sobrepasando en ningún caso el $\pm 1,5\%$. El detalle de error y sesgo según clase de edad puede apreciarse en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2
ERROR CUADRÁTICO MEDIO (ECM) Y DIFERENCIA AGREGADA (DIFA)
SEGÚN CLASE DE EDAD PARA ALTURA DOMINANTE

Clase de Edad (años)	ECM (%)		DIFA (%)	
	Empírico	Híbrido	Empírico	Híbrido
5	5,11	5,09	-0,19	0,47
10	7,33	6,01	-0,55	-0,71
15	7,04	5,93	1,37	-0,05
20	7,10	5,82	0,60	-0,28

Para el largo del período de proyección se observa claramente una mejora en el error del modelo híbrido sobre el empírico.

Ambos modelos tienen bajo error con períodos de proyección cortos, pero se incrementan a medida que aumenta la cantidad de períodos.

Al llegar a los 16 períodos, el modelo empírico alcanza un 15,86%, mientras que el híbrido solo tiene un 10,56% de error.

En cuanto al sesgo, la tendencia es similar, pero al superar los 12 períodos de proyección, con el modelo empírico se encuentran sesgos superiores al 7%, alcanzando el 11,03% en los 16 períodos, mientras que con el híbrido para igual largo de proyección se alcanza solo el 5,86%.

Los resultados para el largo del período de proyección se encuentran en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3
ERROR CUADRÁTICO MEDIO (ECM) Y DIFERENCIA AGREGADA (DIFA)
SEGÚN PERÍODOS DE PROYECCIÓN PARA ALTURA DOMINANTE

Períodos de Proyección	ECM (%)		DIFA (%)	
	Empírico	Híbrido	Empírico	Híbrido
2	4,23	3,94	-0,20	-0,22
4	7,38	6,21	-0,45	-0,93
6	8,27	6,94	0,84	-0,76
8	9,17	7,55	2,13	-0,24
10	10,34	7,99	3,11	0,44
12	11,18	8,70	4,03	1,99
14	14,03	10,05	7,58	4,24
16	15,86	10,52	11,03	5,86

En las Figuras N° 1 y N° 2 se puede observar una mejor distribución de los residuales con el modelo híbrido en el cual, la mayor parte de los residuos se centra dentro de los ± 5 metros, mientras que para el modelo empírico estos se sitúan entre los ± 10 metros.

Esto se refleja en que los valores estimados por el modelo híbrido se ajustan mejor a la curva 1:1 que la del modelo empírico.

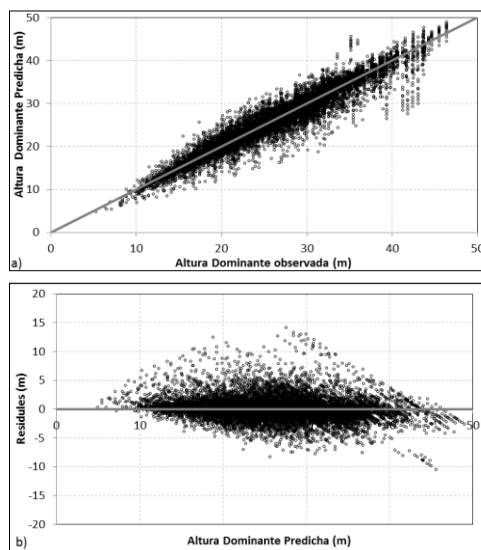


Figura N° 1

**GRÁFICOS DE VALIDACIÓN DE ALTURA DOMINANTE PARA EL MODELO EMPÍRICO
A) VALORES PREDICHOS VERSUS OBSERVADOS Y B) RESIDUALES VERSUS VALORES PREDICHOS**

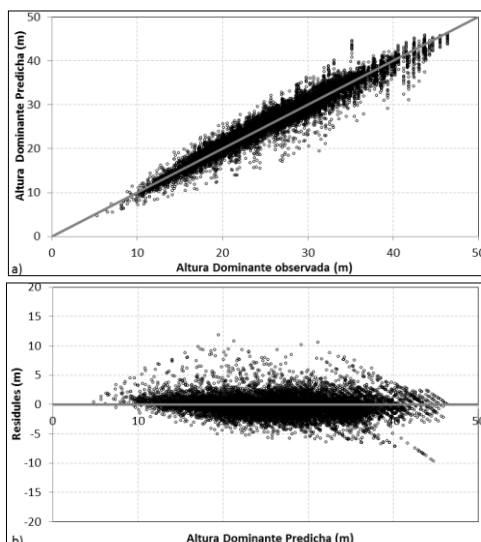


Figura N° 2

**GRÁFICOS DE VALIDACIÓN DE ALTURA DOMINANTE PARA EL MODELO HÍBRIDO
A) VALORES PREDICHOS VERSUS OBSERVADOS Y B) RESIDUALES VERSUS VALORES PREDICHOS**

Área Basal

En área basal no se aprecian diferencias entre los resultados obtenidos con ambos tipos de modelos, el error es similar para cada clase de edad, el que se sitúa alrededor del 8%, alcanzando un máximo en la clase de 20 años con un 11%. La mayor diferencia se encuentra a los 5 años donde el modelo empírico presenta un error de 5,91% y el híbrido de 7,06%. Para el sesgo, en ambos casos, solo supera al 2% en la clase de 20 años, para el resto de las clases apenas se alcanza el $\pm 1\%$, estos resultados se presentan en el Cuadro N° 4.

Cuadro N° 4
ERROR CUADRÁTICO MEDIO (ECM) Y DIFERENCIA AGREGADA (DIFA)
SEGÚN CLASE DE EDAD PARA ÁREA BASAL

Clase de Edad (años)	ECM (%)		DIFA (%)	
	Empírico	Híbrido	Empírico	Híbrido
5	5,91	7,06	0,08	1,52
10	8,06	8,13	-1,00	-0,15
15	8,83	8,93	-0,36	-0,20
20	11,11	11,28	2,89	3,91

Al analizar el largo del período de proyección, la similitud de los modelos se hace más evidente. Para cada largo de período, el error alcanzado por el híbrido no supera al empírico en más de un 1%. En el caso del sesgo, hasta los 10 períodos de proyección ambos modelos se muestran completamente insesgados, mientras que para períodos de mayor longitud se supera el 5% de sesgo, alcanzando el 9,93% con el modelo híbrido y el 8,75% con el modelo empírico en los 14 períodos de proyección. En el Cuadro N° 5 se muestran los resultados descritos.

Cuadro N° 5
ERROR CUADRÁTICO MEDIO (ECM) Y DIFERENCIA AGREGADA (DIFA)
SEGÚN PERÍODOS DE PROYECCIÓN PARA ÁREA BASAL

Períodos de Proyección	ECM (%)		DIFA (%)	
	Empírico	Híbrido	Empírico	Híbrido
2	4,21	4,29	-0,29	0,11
4	8,36	8,47	-0,96	-0,07
6	10,72	11,01	-0,69	-0,03
8	12,62	12,93	0,30	0,90
10	14,56	14,63	2,56	3,55
12	17,30	17,15	5,78	7,07
14	18,83	18,48	8,75	9,93
16	15,52	15,99	5,67	7,27

En las Figuras N° 3 y N° 4 se puede observar una dispersión similar entre los modelos al graficar los valores estimados con los observados. Además, la forma de la distribución de los residuales de ambos modelos presenta un mismo patrón, sin embargo, con el modelo híbrido los residuos se concentran un poco más cercanos al eje. Las curvas 1:1 de ambos modelos no muestran mayores diferencias.

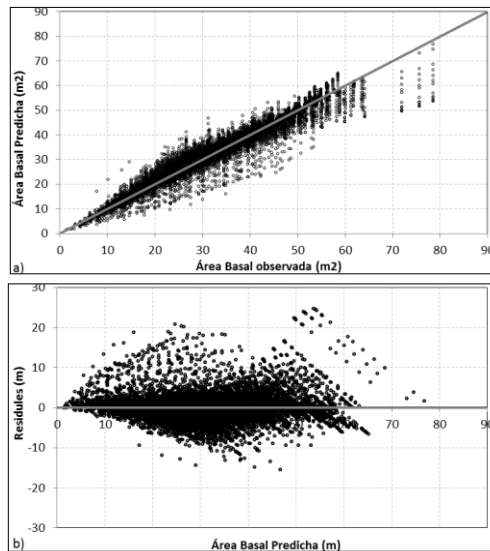


Figura N° 3
GRÁFICOS DE VALIDACIÓN DE ÁREA BASAL PARA EL MODELO EMPÍRICO
A) VALORES PREDICHOS VERSUS OBSERVADOS Y B) RESIDUALES VERSUS VALORES PREDICHOS

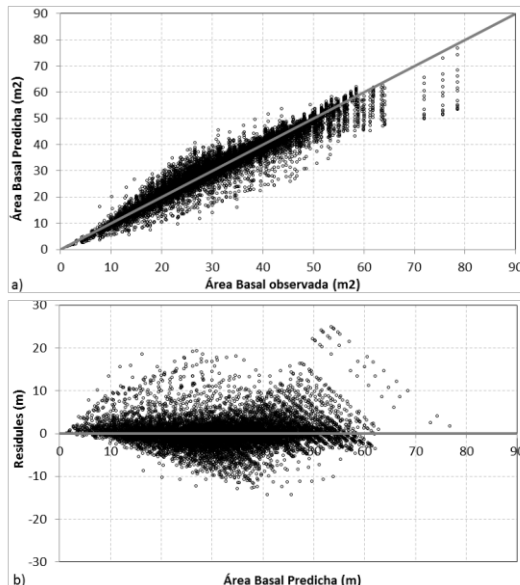


Figura N° 4
GRÁFICOS DE VALIDACIÓN DE ÁREA BASAL PARA EL MODELO HÍBRIDO
A) VALORES PREDICHOS VERSUS OBSERVADOS Y B) RESIDUALES VERSUS VALORES PREDICHOS

CONCLUSIONES

Se evaluó una opción de hibridación para altura dominante y área basal, la que fue contrastada con los respectivos modelos empíricos que se encuentran disponibles en el simulador EUCASIM 2011. Del análisis realizado se puede concluir que la metodología de hibridación empleada resulta ser factible de implementar, pero la obtención y posterior manipulación de la información para generar los niveles de recursos acumulados puede no ser una etapa sencilla. En el análisis realizado se utilizaron los submodelos ambientales de modelo 3PG, esto hizo necesaria una calibración previa del 3PG para la obtención de los modificadores crecimiento. Como desafío futuro sería interesante evaluar la inclusión de modelos que reemplacen total o parcialmente algunos aspectos que dependen de la calibración del 3PG, como por ejemplo el índice de área foliar.

Los modelos, en general, tuvieron un buen comportamiento. En el caso de altura dominante se logró mejorar las proyecciones con el modelo híbrido, aunque el empírico también mostró buenos resultados. En las proyecciones de área basal, ambos modelos presentaron resultados similares.

En este trabajo solo se probó la hibridación con un modelo, el que está implementado en el simulador EUCASIM, lo que hace recomendable que este análisis pueda extenderse en etapas posteriores a la evaluación de nuevos modelos. El trabajar con modelos que incorporen variables ambientales debiera eliminar el efecto de las zonas de crecimiento, ya que en cada parcela o rodal a proyectar se incorporan variables que representan las condiciones ambientales propias de su localización geográfica.

Sin duda es necesario profundizar en este tipo de modelos, pues pueden convertirse en una herramienta poderosa a la hora de evaluar el desarrollo de los rodales ante condiciones climáticas cambiantes, en el análisis de nuevas áreas de plantaciones, o en la proyección de sectores ubicados en áreas límites de zonas de crecimiento.

REFERENCIAS

- Hutchinson, M.F. and Gessler, P. E., 1994.** Splines - more than just a smooth interpolator. *Geoderma* 62: 45-67.
- Landsberg, J. J. and Waring, R. H., 1997.** A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology and Management*, 95, 209-228.
- Mason, E. G., Woollons, R. C. and Manley, B. R., 2008.** Carbon accounting: Forest growth rates and changing climates. Ministry of Agriculture and Forestry, 47 p. New Zealand.
- Mason, E. G., Menthol, R. and Cochrane, H., 2011.** Hybrid mensurational and physiological modelling of growth and yield of *Pinus radiata* D. Don using potentially useable radiation sums. *Forestry*, 84(2).99-108.
- Sands, P., 2004.** Adaptation of 3PG to novel species: guidelines for data collection and parameter assignment. Technical report 141, CRC for Sustainable Production Forestry, Hobart, Australia.

ANÁLISIS GENÉTICO DE PROGENIES DE POLINIZACIÓN ABIERTA DE *Eucalyptus grandis*

Miranda, Aline Cristina⁴; Muller da Silva, Paulo Henrique⁴; Gomes Vieira, Israel⁴;
Teixeira de Moraes, Mario Luiz⁵ e Magno Sebbenn, Alexandre⁶

RESUMEN

Eucalyptus grandis es la especie más cultivada en las plantaciones comerciales de Brasil y de varios otros países. Se trata de una especie originaria de diferentes sectores de Australia.

El objetivo del presente trabajo fue estimar parámetros genéticos para variables de crecimiento y evaluar la variabilidad genética entre progenies de polinización abierta de la especie. El ensayo de progenies se estableció en Boa Esperança do Sul en el estado de São Paulo, Brasil. El diseño experimental fue de bloques al azar, con 148 progenies, en parcelas lineares de 6 plantas por progenie en cada bloque, con un espaciamento de 3 x 2 m. Se estimó los parámetros genéticos a los 12 y 24 meses de edad para las variables altura, DAP y volumen, mediante el método REM/BLUP, usando el programa para estadística genética SELEGEN-REML/BLUP. Para todas las variables en estudio, los resultados muestran mayor variación genética a los 12 que a los 24 meses. La heredabilidad media de las progenies fue alta, mostrando un elevado control genético de las variables a nivel de medias familiares y la posibilidad de obtener ganancias mediante la selección de la mejor progenie. La exactitud fue alta (72%), confirmando la precisión de las estimaciones y el control de la variación ambiental. A mayor exactitud aumenta la eficiencia de la predicción y consecuentemente aumenta también la ganancia genética por selección.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*, Variabilidad genética, Ganancia genética, Exactitud.

ABSTRACT

Eucalyptus grandis is the most commonly cultivated species in commercial stands in Brazil and several other countries throughout the world. The specie occurs naturally in different regions in Australia.

The study objective was to estimate genetics parameters for growth traits and evaluate the genetic variability among open-pollinated *Eucalyptus grandis* progenies. The progeny test was conducted at Boa Esperança do Sul in the State of São Paulo, Brazil. The experimental design used was random blocks with 148 progenies, linear plots of six plants and the spacing used was 3 x 2 m. The genetic parameters were estimated at the age of 12 and 24 months, for height, DBH (diameter at breast height) and volume (VOL), obtained by the REML/BLUP method and using the genetic statistics program SELEGEN-REML/BLUP. The results show greater genetic variation at 12 months for all traits under study. The mean heritability of progenies was higher, showing high genetic control of traits to the average level of progeny and the possibility to obtain gains with the selection of the best progenies. Accuracy was high (72%), confirming precision and control of environmental causes because the higher is the accuracy, greater is the selection prediction success and consequently greater is the gain.

Keywords: *Eucalyptus grandis*, Genetic variability; Genetic gain; Accuracy.

⁴ Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais– IPEF aline.miranda@ipef.br; paulohenrique@ipef.br; israel@ipef.br

⁵ Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP teixeira@agr.feis.unesp.br

⁶ Instituto Florestal de São Paulo alexandre.sebbenn@pq.cnpq.com.br

INTRODUCCIÓN

Eucalyptus grandis, originario de diferentes regiones del este de Australia, es una especie que ha sido destacada para zonas tropicales y subtropicales por su crecimiento, la aptitud de su madera para producción de pulpa y papel, y por su amplia adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y clima, características que la han transformado en una de las especies más plantadas.

El manejo de plantaciones comerciales se efectúa actualmente bajo una silvicultura intensiva que maximiza los rendimientos en función de los productos finales deseados, no obstante, más allá de los tratamientos silvícolas, el mejoramiento genético es una importante herramienta adicional para la obtención de ganancias en sus principales características económicas y en la obtención de plantaciones más productivas y mejor adaptadas a diferentes regiones (Martins *et al.*, 2005).

La mantención de la variabilidad genética en los programas de mejoramiento es esencial para la conservación de la capacidad natural de las especie para adaptarse al cambio climático y a toda clase de estreses bióticos o abióticos, Actualmente los programas de mejoramiento a menudo buscan rescatar esta variabilidad genética que puede haber disminuido e incluso desaparecido con el tiempo. Es así que los ensayos de progenies resultan determinantes para asegurar una amplia variabilidad en las poblaciones de mejora.

La estimación de parámetros genéticos permite predecir las posibles ganancias de diferentes estrategias de mejoramiento, proporcionando información importante para la selección y desarrollo de programas de mejoramiento. Los ensayos de progenies permiten la estimación de estos parámetros genéticos, entre ellos destaca el coeficiente de heredabilidad que cuantifica la variación genética en el fenotipo.

Estas estimaciones proveen información sobre la naturaleza de la acción génica involucrada en la heredabilidad y es la base para la evaluación de los programas de mejoramiento (Vencovsky and Barriga, 1992). De acuerdo con Falconer (1989) y Vencovsky y Barriga (1992) la heredabilidad es por sí misma un parámetro de una población en un ambiente determinado, por lo tanto no es fija para un carácter de la especie, y puede variar en diferentes edades y ambientes, por lo mismo su estimación a edades tempranas es solo una indicación de su comportamiento, pero esta estimación es más útil a edades mayores.

En la estimación de parámetros genéticos en ensayos de progenie, el análisis de varianza y el método estadístico REML/BLUP (*restricted maximum likelihood/best linear unbiased prediction*) son las herramientas más usadas. El procedimiento más apropiado para la predicción de valores genético en plantas perennes es el BLUP individual, que consiste básicamente en la predicción de valores genéticos mediante modelos estadísticos de efectos aleatorios asociados con observaciones fenotípicas, ajustando los datos a los efectos fijos y a la desigual información de las parcelas mediante la metodología de modelos mixtos (Resende, 2002).

La predicción de valores genéticos mediante BLUP asume que los componentes de varianza son conocidos, sin embargo en la práctica no se conocen los verdaderos componentes de varianza, los cuales deben ser estimados usando el método REML desarrollado por Patterson y Thompson (1971).

OBJETIVO

El objetivo del estudio fue la estimación de parámetros genéticos para variables de crecimiento y evaluar la variabilidad genética entre progenies de polinización abierta de *Eucalyptus grandis*.

MATERIAL Y MÉTODO

Ubicación y Caracterización del Área Experimental

El ensayo de progenies se desarrolló en Boa Esperança do Sul, en el estado de São Paulo, ubicado en los 21°57' LS y 48°31' LW, a una altitud de 490 m. El suelo es Red Dystrophic Latosol (LVd), el clima corresponde a Savana Tropical (Aw) según la clasificación de Köppen, la precipitación media anual es de 1.300 mm y la temperatura media anual de 22,7° C.

Diseño Experimental

El ensayo fue establecido en un diseño de bloques completos al azar, con 148 progenies de polinización abierta en parcelas lineares 6 plantas por progenie en cada bloque, a un espaciamiento de 3 x 2 m y con una doble hilera de aislación perimetral. Las progenies fueron evaluadas a los 12 y 24 meses de edad para altura (m), DAP (cm) y volumen (m³).

Análisis Estadístico

Las estimaciones de los componentes de varianza y parámetros genéticos fueron obtenidas mediante el método REML/BLUP utilizando el programa de estadística genética SELEGEN-REML/BLUP (Resende, 2007b). Las variables cuantitativas fueron analizadas mediante la metodología de modelo lineal mixto (univariado aditivo) - REML/BLUP, siguiendo el procedimiento propuesto por Resende (2002 y 2007a):

$$y = Xb + Za + Wc + e;$$

Donde: y = Vector de datos u observaciones
 b = Vector de efecto de los bloques (fijo)
 a = Vector de efecto genético aditivo (aleatorio)
 c = Vectores de efectos de la parcela (aleatorio)
 e = Vectores de efectos de errores aleatorios
 X, Z y W = Matrices de incidencia para los efectos de los vectores b, a y c .

- Varianza genética aditiva

$$\hat{\sigma}_a^2 = [\hat{a}' A^{-1} \hat{a} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr} (A^{-1} C^{22})] / q$$

- Varianza ambiental entre parcelas

$$\hat{\sigma}_c^2 = [\hat{c}' \hat{c} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr} C^{33}] / s_1$$

- Varianza residual (ambiental + no aditiva)

$$\hat{\sigma}_e^2 = [y' y - \hat{r}' X' y - \hat{a}' Z' y - \hat{c}' W' y] / [N - r(x)],$$

Donde: C^{22} y C^{33} = Inverso de C.
 C = Matriz de coeficientes de la ecuaciones del modelo mixto.
 tr = Traza de una matriz
 $r(x)$ = Rango de la matriz X.
 N, q, s = Número de datos de individuos y parcelas, respectivamente.

RESULTADOS

El efecto de la progenie fue altamente significativo para todas las variables, indicando la existencia de diferencias genéticas.

En general hubo una baja pérdida de parcelas durante los dos años del estudio, lo cual indica el potencial de adaptación del material genético a las condiciones del área de estudio.

El coeficiente estimado de variación genética entre progenies en las procedencias CV_{gi} (%) fue alto en todo el ensayo.

Las heredabilidades estimadas fueron generalmente moderadas a nivel de individuos y dentro de las progenies, y generalmente altas a nivel de las medias familiares.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis genético de esta población, a través de las variables de crecimiento a los 12 y 24 meses de edad, indica que ella posee una amplia base genética para altura y DAP, lo cual es muy favorable para su uso en un programa de mejoramiento y también como una fuente representativa de la base genética del *Eucalyptus grandis* existente en Brasil.

El coeficiente de variación del error CV_e (%) promedió para altura a los 12 meses 11,7% y a los 24 meses 12,1%; para DAP 15,6% a los 12 meses y 14,1% a los 24 meses y para volumen 32% a los 12 meses y 29% a los 24 meses. Estos valores son normales en ensayos forestales (Kageyama and Vencovsky, 1983; Garcia and Nogueira, 2005; Freitas *et al.*, 2009).

Los coeficientes de variación genética aditiva individual CV_{gi} (%) mostraron la existencia de variabilidad genética. Mientras mayor es este valor, es más fácil encontrar individuos que provean ganancias de selección superiores. Según Sebbenn (1998), coeficientes de variación genética sobre 7% son considerados altos, tal como los encontrados en el presente estudio, los que fueron mayores a 10% en todas las variables evaluadas (Cuadro N° 1). En el caso del volumen, en este estudio alcanzó a los 12 y 24 meses valores de 51,88 y 34,77% respectivamente, mientras que para *E. pellita* de 23 años, Zanata *et al.* (2010) indican un valor de 18,8%

Los valores de variación genética aditiva individual para volumen son más altos a los 12 meses, lo que refleja una mayor variación genética entre individuos y entre progenies respecto de las otras variables analizadas. Aun así, la variación genética aditiva decreció de un año al otro para todas las variables (Cuadro N° 1). Este resultado es indicativo de la existencia de variación genética de los individuos dentro de cada progenie y del potencial para mejoramiento genético, ya que esto es una condición esencial para obtener ganancias por selección entre y dentro de las progenies.

Para los tres caracteres evaluados, el coeficiente de determinación del efecto ambiental entre parcelas (C^2_{parc}) fue bajo, lo que indica una escasa diferencia ambiental entre parcelas. Resultados similares para altura y DAP se señalan en los trabajos de Rocha *et al.* (2006) y Miranda (2012). Este coeficiente cuantifica la variabilidad de las parcelas dentro de los bloques, señalándose que valores de hasta 10% no interfieren en la estimación de los parámetros genéticos (Resende, 2002). En el presente estudio tal valor fluctuó entre 3 y 9%

La diferencia o desviación absoluta entre el valor de un parámetro y su valor genético estimado corresponde a la exactitud de la estimación. Esta se designa por r_{aa} , y es más alta en la medida que la diferencia descrita es más pequeña (Resende and Duarte, 2007). Mientras mayor es este valor, las selecciones son más exactas y aumenta la ganancia genética (Resende, 1995).

Cuadro N° 1
ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN PROGENIES DE POLINIZACIÓN ABIERTA
DE *E. grandis* A LOS 12 Y 24 MESES DE EDAD

Parámetros	Altura		DAP		Volumen	
	12 meses	24 meses	12 meses	24 meses	12 meses	24 meses
$\hat{\sigma}_a^2$	1.053	1.870	1.167	2.057	0.000008	0.0002
$\hat{\sigma}_{\text{parc}}^2$	0.117	0.666	0.073	0.069	0	0.000006
$\hat{\sigma}_e^2$	0.790	4.371	1.561	7.110	0.000009	0.0006
$\hat{\sigma}_f^2$	1.960	6.907	2.801	9.236	0.00002	0.0008
\hat{h}_a^2	0.54 ± 0.07	0.27 ± 0.05	0.42 ± 0.06	0.22 ± 0.05	0.45 ± 0.06	0.23 ± 0.05
C_p^2	0.06	0.09	0.03	0.007	0.03	0.007
\hat{h}_m^2	0.73	0.53	0.71	0.58	0.72	0.59
$r_{\hat{a}a}$	0.86	0.73	0.84	0.76	0.85	0.77
\hat{h}_{ad}^2	0.49	0.24	0.36	0.18	0.39	0.19
$CV_{gi}\%$	19.48	12.91	24.44	16.46	51.85	34.77
$CV_{gp}\%$	9.74	6.45	12.22	8.23	25.92	17.39
$CV_e\%$	11.70	12.05	15.66	14.11	32.02	29.02
CV_r	0.83	0.54	0.78	0.58	0.81	0.59
Media	5.27	10.59	4.42	8.71	0.005	0.04

$\hat{\sigma}_a^2$:	Varianza genética aditiva	$\hat{\sigma}_{\text{parc}}^2$:	Varianza ambiental entre parcelas
$\hat{\sigma}_e^2$:	Varianza residual entre parcelas	$\hat{\sigma}_f^2$:	Varianza fenotípica individual
\hat{h}_a^2 :	Heredabilidad individual en sentido estricto	C_p^2 :	Coefficiente determinación del efecto de las parcelas
\hat{h}_m^2 :	Heredabilidad promedio familiar	$r_{\hat{a}a}$:	Exactitud
\hat{h}_{ad}^2 :	Heredabilidad aditiva entre parcela	$CV_{gi}\%$:	Coefficiente de variación genética
$CV_{gp}\%$:	Coefficiente genotípico de variación entre progenies	$CV_e\%$:	Coefficiente de variación residual

En este estudio el valor de $r_{\hat{a}a}$ fluctuó entre 73 y 86%, dando cuenta de la apropiada precisión de las estimaciones y del control de la variación ambiental en el ensayo. Si bien se observó una ligera disminución de un año al otro, aun así se considera que son valores de exactitud altos. En estudios con *E. pellita* Zanata *et al.* (2010) señalan valores de $r_{\hat{a}a}$ para el volumen a los 23 años de edad de 95%.

Las heredabilidades individuales (\hat{h}_a^2) estimadas a los 12 y 24 meses para el volumen, la altura y el DAP variaron de medias a altas (0,22 a 0,54), de acuerdo a la interpretación de Resende (1995) que señala como heredabilidad baja a los valores inferiores a 0,15; como media a las que

fluctúan entre 0,15 y 0,5; y como alta a las superiores a 0,5.

Para todas las variables evaluadas, las heredabilidades medias por familia fueron mayores a las individuales, registrando valores superiores a 0,53 y corroborando lo observado en otros estudios con *E. grandis* (Martins *et al.*, 2001; Martins, 2007), *E. urophylla* (Rosado *et al.*, 2009), *E. pellita* (Zanata *et al.*, 2010) y *E. camaldulensis* (Paula *et al.*, 2002). Esta situación indica que la selección basada en la heredabilidad media familiar sería más eficiente que aquella basada en valores individuales dentro de las familias. La heredabilidad decrece de un año a otro, situación que es consistente con la señalada en la bibliografía para *E. grandis* (Rocha *et al.*, 2006; Miranda, 2012).

Estudios con familias de medios hermanos de *E. grandis* (Martins *et al.*, 2001) indican valores de heredabilidad media familiar para altura y DAP de 0,68 y 0,69, respectivamente, los que resultan inferiores a los obtenidos en este trabajo, probablemente debido a la edad en que se realizó la estimación y a la variación ambiental en ese ensayo. Por su parte, Zanata *et al.* (2010) en estudios realizados con *E. pellita*, señalan valores de hasta 0,8 y 0,9 para altura y DAP, los cuales son superiores a los obtenidos en el presente trabajo, y que sugieren que estos caracteres son potencialmente apropiados para realizar selección.

Las estimaciones de heredabilidad son una importante herramienta en el campo del mejoramiento genético, por cuanto ellas expresan la cantidad de variabilidad genética disponible en una población, aportando conocimiento respecto de la magnitud relativa o proporción entre la variación genética y ambiental (Wright, 1976). Las heredabilidades fueron estimadas asumiendo la existencia de progenies de medios hermanos, sin embargo los valores podrían estar sobrestimados. En efecto, Berti *et al.* (2011) calculó rangos de sobrestimación de 40,3 a 64,3% en progenies de *E. cloeziana*. La varianza genética aditiva podría corregirse en base al coeficiente de Kinship (\hat{r}_{xy}) (Sebbenn, 2006).

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais [IPEF] por el desarrollo del proyecto en el Programa Cooperativo Populações Núcleo (PCPN), a las compañías asociadas al proyecto, a la Universidad de São Paulo, al Colegio de Agricultura Luiz de Queiroz y su Escuela Superior de Agricultura (ESALQ), a la Universidad Estatal de São Paulo UNESP en los campus de Botucatu e Ilha Solteira y a FAPESP por su apoyo financiero.

REFERENCIAS

Berti, C. L.; Freitas, M. L. M.; Zanatto, A. C. S.; Moraes, E.; Moraes, M. L. T., e Sebbenn, A. M., 2011. Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma em teste de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana*. Rev. Inst. Flor. v. 23 n. 1 p. 13-26 jun.

Falconer, D. S., 1989. Introduction to quantitative genetics. 3rd. ed. Longman: Harlow, 438 p.

Freitas, R. G.; Vasconcelos, E. S.; Cruz, C. D.; Rosado, A. M.; Rocha, R. B. e Takami, L. K., 2009. Predição de ganhos genéticos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em diferentes ambientes e submetidas a diferentes procedimentos de seleção. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.33, n.2, p.255-263

Garcia, C. H. e Nogueira, M. C. S., 2005. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 68, p. 107-112

Kageyama, P. Y. e Vencovsky, R., 1983. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. IPEF, Piracicaba, v. 24, p. 9-26

Martins, I. S.; Martins, R. C. C. e Correia, H. S., 2001. Comparação seleção combinada e seleção direta em *Eucalyptus grandis*, sob diferentes intensidades de seleção. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 8, n. 1, p. 36-43

Martins, I. S.; Cruz, C.D.; Rocha, M. G. B.; Regazzi, A. J. e Pires, I. E., 2005. Comparação entre os processos de seleção entre e dentro e o de seleção combinada, em progênies de *Eucalyptus grandis*. Cerne, Lavras, v. 11, n. 1, p. 16-24, jan./mar.

Martins, F. B., 2007. Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith). 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria

Miranda, A. C., 2012. Produtividade, estabilidade e adaptabilidade de progênies de *Eucalyptus grandis*. (Dissertação de mestrado) Universidade Estadual Paulista. Botucatu, Brasil

Patterson, H. D. and Thompson, R., 1971. Recovery of inter-block information when blocks sizes are unequal. Biometrika, Oxford, v. 58, p. 545-554

Paula, R. C.; Pires, I. E.; Borges, R. C. G. e Cruz, C. C., 2002. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n. 2, p. 159-165

Resende, M. D. V., 1995. Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 19, n. 4, p. 479-500

Resende, M. D. V., 2002. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 975 p.

Resende, M. D. V., 2007a. Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. Colombo: EMBRAPA Florestas, 561p.

Resende, M. D. V., 2007b. SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: EMBRAPA Florestas, 259 p.

Resende, M. D. V. e Duarte, J. B., 2007. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, set. 2007.

Rocha, M. G. B.; Pires, I. E.; Rocha, R. B.; Xavier, A. e Cruz, C. D., 2006. Avaliação genética de progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus grandis* por meio dos procedimentos REML/BLUP e da ANOVA. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 71, p. 99-107.

Rosado, A. M.; Rosado, T. B.; Alves, A. L.; Laviola, B. G. e Bhering, L. L., 2009. Seleção simultânea, de clones de *Eucalyptus*, para produção, estabilidade e adaptabilidade por meio de modelos mistos. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 6ªed, 2011, Búzios. Panorama Búzios: SBMP, Não paginado.

Sebbenn, A. M., 1998. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva: *Myroxytonperuiferum* L. F. Allemão. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 53, p. 31-38

Sebbenn, A. M., 2006. Sistemas de reprodução em espécies arbóreas tropicais e suas implicações para a seleção de árvores matrizes para reflorestamentos ambientais. In: Higa, A. R.; Silva, L. D. Pomar de sementes de espécies florestais nativas. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 93-138

Vencovsky, R. e Barriga, P., 1992. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 416 p.

Wright, J. W., 1976. Introduction to forest genetics. New York: Academic Press, 464 p.

Zanata, M.; Freitas, M. L. M.; Silva, M. T.; Moraes, E.; Zanatto, A. C. S. e Sebbenn, A. M., 2010. Parâmetros genéticos e ganhos na seleção em teste de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus pellita*, em Batatais - SP. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v. 22 n. 2 p. 233-242, dez.

COMPORTAMIENTO DE CLONES DE *Eucalyptus grandis* DEL INTA EN PLANTACIONES EN VERTISOLES DEL CENTRO-SUR DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES. ARGENTINA

López, Augusto Javier⁷

RESUMEN

En la República Argentina la región Mesopotámica es la mayor cuenca forestal del país, concentrando aproximadamente el 85% del total de la superficie forestada. Alrededor del 25% de la misma corresponde al cultivo con eucaliptos, mayoritariamente *Eucalyptus grandis*.

Debido al crecimiento sostenido en el ritmo de plantación observado desde finales de la década del 90 se incrementó la utilización de terrenos considerados como de mediana y baja aptitud forestal. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de 7 clones de 1º generación del Programa de Mejoramiento genético del INTA en forestaciones comerciales establecidas en Vertisoles del Centro-Sur de la Provincia de Corrientes (29° 28 LS, 58° 36' LW y 83 msnm).

El estudio se realizó en una plantación clonal de 30 meses de edad con preparación del terreno intensiva (subsulado, rastra y camellones), fertilización inicial de 120 g de fosfato diamónico por planta y una densidad inicial de 833 árboles por hectárea. En la misma se ubicaron parcelas representativas de 240 m² en las que se midió altura total y diámetro a 1,30 m de altura (DAP) en la totalidad de los individuos existentes en la parcela.

Entre los materiales de mayor crecimiento volumétrico se destacaron los clones EG INTA-157 y EG INTA-36. Las diferencias entre el mejor y peor de los 7 materiales evaluados fue 2,4 cm en DAP (30,3%), 2,2 m en altura (27,8%) y 20,7 dm³ en volumen medio individual (104%).

En este tipo de sitios poco explorados para el cultivo de eucalipto en la región y considerados de baja aptitud forestal, se pudieron constatar buenos crecimientos iniciales debido a la calidad genética de los materiales evaluados y a la utilización de esquemas comerciales con buena preparación del terreno y fertilización inicial.

Los crecimientos observados fueron comparables a los obtenidos en otros sitios comúnmente utilizados en las Provincias de Corrientes y Entre Ríos (arenosos profundos y medianamente profundos) y considerados de mayor aptitud productiva para el cultivo de *E. grandis*. La inclusión de dichos suelos permitiría ampliar significativamente la superficie de aptitud forestal en esta región.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*, Clones, Vertisoles.

⁷ Consultor Proyecto PMSRN BIRF 7520 AR. Bella Vista. Corrientes. jal176@hotmail.com

ABSTRACT

In the Argentina Republic, the Mesopotamian region is the largest forest basin in the country, concentrating about the 85% of the total forested area. Around 25% of it corresponds to Eucalypts, mainly *Eucalyptus grandis*.

Due to the sustained increase in the plantation rhythm observed since the end of the 90's decade increased also the utilization of land considered as medium and low forest aptitude. The objective of this study was to evaluate the performance of 7 first generation clones from de INTA's Genetic Improvement Program, in forest plantations established in Vertisols in the central south of the province of Corrientes.(29° 28 SL, 58° 36' WL and 83 masl).

The study was conducted in a 30 months old clonal plantation established with intensive soil preparation, 120 g diamonic phosphate per plant initial fertilization and 833 trees per hectare initial density. In the plantation, 240 m² representative plots were arranged, and height and diameter at 1.30 m (DAP) in all samples existing in the plots were measured.

Among the higher volumetric growth materials clones EG INTA-157 and EG INTA-36 were highlighted. The difference between the best and the worst of the 7 evaluated materials was 2,4 cm in diameter (30,3%), 2,2 m in height (27,8%) and 20,7 dm³ in individual average volume (104%).

In these kinds of less known sites for eucalypts cultivation, considered as low forest aptitude, it was found good initial growing due to the genetic quality of the evaluated materials and the use of commercial schemes with good soil preparation and initial fertilization.

The observed growths were comparable to those obtained in other commonly used places in the Corrientes and Entre Rios provinces (deep and moderately deep sandy soils) considered as greater productive aptitude for *E. grandis* cultivation. The inclusion of such kind of soils would significantly expand the forest aptitude surface of this area.

Key words: *Eucalyptus grandis*, Clones, Vertisols.

INTRODUCCIÓN

En la República Argentina la región Mesopotámica es la mayor cuenca forestal del País, concentrando aproximadamente el 85% del total de la superficie forestada. Las forestaciones en dicha región se han desarrollado principalmente en dos áreas consolidadas; Misiones-NE de Corrientes y SE de Corrientes-NE de Entre Ríos; y una que en los últimos años viene rápidamente consolidándose; Centro-SO de la Provincia de Corrientes.

Del total de la superficie forestada en la Mesopotamia, aproximadamente el 25% corresponde al cultivo de eucaliptos, mayoritariamente *Eucalyptus grandis* (Braier, 2004). Los tipos de suelos preponderantemente elegidos para forestar con eucaliptos y considerados de gran aptitud forestal han sido aquellos profundos sin problemas de anegamiento (INTA, 1995a; Dalla Tea, 1995). De estos se cuenta con bastante información local (Aparicio y López, 1995; Dalla Tea 1995b; Fernández *et al.*, 1996; Ligier *et al.*, 2000 y López, 2011).

No obstante, debido al crecimiento sostenido del ritmo de plantación desde finales de la década del 90 se incrementó la utilización de terrenos considerados como de mediana y baja aptitud forestal. En este sentido, en la Provincia de Corrientes, se ha comenzado a forestar con eucalipto en la zona del Centro-Sur, representada por los departamentos Curuzú Cuatiá y Sauce.

Esos departamentos ocupan una superficie de 1.160.600 hectáreas, de las cuales 415.500 ha (35,8%) corresponden a Vertisoles y Molisoles del subgrupo Vérticos (Cumba *et al.*, 2005). Este grupo de suelos, de textura fina y típicamente afectados por procesos de contracción-expansión, cuentan con un gran número de suelos clasificados como de moderada y baja aptitud para el cultivo de eucalipto.

La creciente aplicación de técnicas silvícolas intensivas (preparación del terreno, control de malezas, fertilización) y la utilización de materiales mejorados ha modificado el panorama de terrenos en los cuales no se creía posible forestar o bien o esto era posible con resultados inciertos. Sin embargo, la información disponible sobre sitios de esas características es escasa.

Por lo antes comentado, este trabajo tiene por objetivo evaluar el comportamiento de algunos clones de 1º generación del Programa de Mejoramiento Genético (PMG) del INTA en forestaciones comerciales establecidas en Vertisoles del Centro-Sur de la Provincia de Corrientes.

MATERIAL Y MÉTODO

Las evaluaciones se realizaron en una plantación comercial instalada en la primavera del año 2009, ubicada 15 kilómetros al sur de la localidad de Peruggorria, Provincia de Corrientes (29º 28' LS, 58º 36' LW y 83 msnm).

Los suelos pertenecen al Orden Vertisoles y son similares a los descritos por el Grupo de Recursos Naturales del INTA Corrientes para las Series Don Luis (Hapludertes típicos) y Don Deolindo (Hapludertes crómicos). Esta última corresponde a la descripción del "lomo" o "cresta" del gilgai, el cual es un microrelieve típico de este tipo de suelos y si bien no ocupa más del 10% de la superficie se halla relativamente bien distribuido en la misma (Escobar *et al.*, 1996; Cumba *et al.*, 2005).

Estos suelos se encuentran ubicados en medias lomas altas, en un paisaje conformado por lomeríos disectados con pendientes del 2-5%. En general se encuentran degradados por el sobrepastoreo y se destacan: *i)* permeabilidad lenta, *ii)* drenaje moderado a imperfecto, *iii)* alto riesgo de erosión hídrica y *iv)* restricciones de orden físico para el desarrollo de raíces en el horizonte subsuperficial.

A efectos de tener información local se escogieron tres lugares representativos del área

de estudio para extraer muestras y efectuar los análisis químicos. Los resultados se consignan en el Cuadro N° 1.

**Cuadro N° 1
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Serie de Suelo	Profundidad de Muestreo (cm)	pH	P (ppm)	Ca	Mg	K	Na	M.O (%)	Conductividad (Mmho/cm)
				(cmol/Kg)					
Don Luís	0-20	5,50	3,0	10,5	1,5	0,11	0,54	4,8	0,07
	20-40	6,60	2,1	12,9	3,6	0,18	1,04	2,0	0,10
Don Luís	0-20	5,70	2,2	10,6	2,4	0,09	0,28	4,1	0,11
	20-40	6,40	2,2	12,6	3,4	0,10	0,49	4,0	0,07
Don Deolindo	0-20	7,08	4,3	14,6	2,4	0,20	0,44	4,7	0,22
	20-40	8,30	1,9	20,8	1,8	0,10	0,22	1,9	0,17

El material genético evaluado correspondió a 7 clones de 1° generación del PMG del INTA. Estos materiales se encuentran inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares (RNC) del Instituto Nacional de Semillas (INASE) y son de uso público.

La preparación del terreno fue intensiva sobre la banda de plantación (Figura N° 1) y consistió en:

- Subsolado de 30 a 40 cm de profundidad
- Dos pasadas de rastra en la banda de plantación
- Formación de un camellón de 120 cm de ancho y 40 cm de alto.



**Figura N° 1
PREPARACIÓN DEL TERRENO
SUBSOLADO (izq.), RASTREADO (centro) CAMELLON (der.)**

La densidad de plantación fue de 833 plantas/ha (4 x 3 m). El control de malezas se realizó con herbicidas pre-emergentes y post-emergentes solo en la banda de plantación (37,5% de la dosis agrícola por hectárea).

Las mediciones de crecimiento se realizaron a la edad de 30 meses. Para ello se instalaron 35 parcelas temporarias representativas de los sitios forestados (5 parcelas/clon). Las mismas contaron con una superficie de 240 m² y 25 a 30 individuos por parcela. En cada parcela

se midió altura total (ALT) utilizando un VERTEX III® (10 cm precisión) y diámetro a 1,3 metros (DAP) con Forcípula Haglöff® (1 mm de precisión) en la totalidad de los individuos existentes en la parcela.

El volumen individual (VOL) se calculó utilizando la ecuación propuesta por Glade y Friedl (1988):

$$VOL = \exp [-9,9616718 + (1,82344264 * \ln \text{Diámetro a } 1,30) + (1,0697836 * \ln \text{Altura})]$$

Con la altura, el diámetro y el volumen individual se calculó el volumen por hectárea (Volha) y los Incrementos Medios Anuales (IMA) de la altura (IMA ALT), el diámetro (IMA DAP) y el Volha (IMA Volha).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro N° 2 se presentan los valores medios y desvíos entre parcelas de cada uno de los clones evaluados. Las diferencias entre el mejor y peor de los 7 materiales fue 2,4 cm en DAP, 2,2 m en ALT y 20,7 dm³ en VOL, lo que equivale a una diferencia de 30,3%, 27,8% y 104%, respectivamente. Los materiales de mayor crecimiento volumétrico fueron los clones EG INTA-157 y EG INTA-36 (Figura N° 2). Estos materiales mostraron los mayores crecimientos tanto en ALT como en DAP.

Cuadro N° 2
VALORES MEDIOS, DESVIOS ENTRE PARCELAS E IMA DE LOS CLONES EVALUADOS

CLON	ALT		DAP		VOL		Volha (m ³ .ha ⁻¹)	IMA DAP (cm.año ⁻¹)	IMA ALT (m.año ⁻¹)	IMA Volha (m ³ .ha ⁻¹ .año ⁻¹)
	(m)	desv	(cm)	desv	(dm ³)	desv				
EG INTA-1	10,0	(0,5)	9,1	(0,5)	31,4	(4,4)	26,1	3,63	3,98	10,45
EG INTA-2	7,9	(1,0)	7,9	(1,2)	19,9	(7,1)	16,6	3,17	3,15	6,62
EG INTA-35	9,5	(0,6)	9,1	(0,6)	30,4	(6,0)	25,3	3,66	3,81	10,12
EG INTA-36	10,3	(0,8)	9,5	(0,8)	35,4	(7,7)	29,5	3,80	4,11	11,81
EG INTA-152	9,4	(0,7)	9,0	(0,7)	28,9	(6,1)	24,1	3,59	3,75	9,62
EG INTA-157	10,1	(0,9)	10,3	(0,9)	40,5	(10,1)	33,8	4,13	4,02	13,50
EG INTA-164	8,7	(0,6)	8,6	(0,6)	24,8	(4,9)	20,7	3,43	3,47	8,27

Los clones EG INTA-164 y EG INTA-2 fueron los de menor crecimiento volumétrico. Dichos clones no evidenciaron un buen comportamiento en estos sitios. Sin embargo, ambos clones tuvieron buenos comportamientos en otros suelos de Corrientes, estando ubicados entre los 3 de mayores crecimientos en DAP de 11 clones evaluados y el clon EG INTA-2 también entre los 3 primeros en ALT (Aparicio, 2012).

Por su parte, los clones EG INTA-1, EG INTA-35 y EG INTA-152 mostraron crecimientos intermedios y similares entre sí. Los VOL de estos materiales variaron de 28,9 dm³ a 31,4 dm³ y manifestaron poca variación entre parcelas.

El Incremento Medio Anual de la altura de los clones evaluados varió de 3,15 a 4,11 m/año, siendo la media de los 7 clones evaluados 3,76 m/año.



Figura N° 2
ESTADO DE LAS PANTACIONES A LOS 30 MESES DE EDAD
CLON EG INTA 157 (izq.) CLON EG INTA 36 (der.)

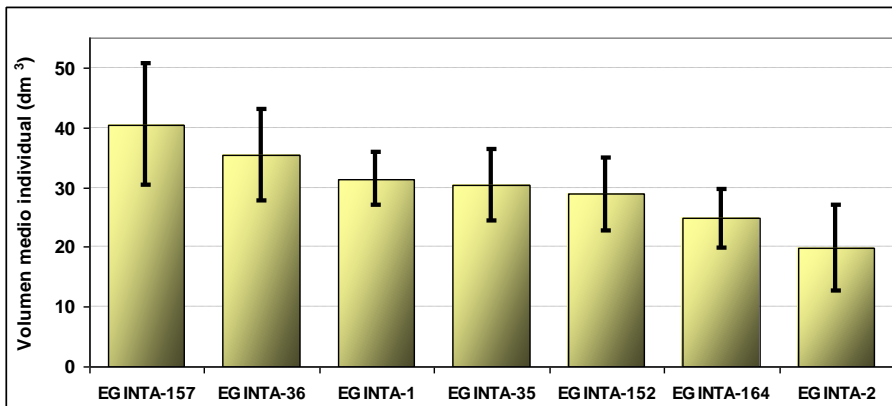


Figura N° 3
VOLUMEN INDIVIDUAL A LOS 30 MESES DE EDAD Y DESVÍOS ENTRE PARCELAS
DE LOS 7 CLONES EVALUADOS

En el Cuadro N° 3 se muestran valores de crecimiento obtenidos a edades similares en otras experiencias realizadas en la región (como variable de comparación se consideró IMA ALT).

Como se observa en el cuadro, el IMA ALT informado por Aparicio (2012) en suelos arenosos hidromórficos medianamente profundos fue de 3,5 m/año, el cual es similar al IMA ALT promedio de los 7 clones evaluados en el presente trabajo.

Así mismo, considerando los 3 clones de mejor crecimiento los valores son comparables a los obtenidos por López (1991 y 1998) para suelos arenosos profundos y medianamente profundos del NO de la Provincia de Corrientes.

Cuadro N° 3
INCREMENTOS MEDIOS ANUALES EN LA ALTURA OBTENIDOS
EN OTRAS EXPERIENCIAS EN LA REGIÓN

Zona	Edad Evaluación (meses)	Material Genético	Suelo	IMA ALT (m.año ⁻¹)	Referencia
Noreste Corrientes	24	Clones comerciales de INTA ⁽¹⁾	Arcilloso rojo profundo	5,03	CFCN (2009)
Oeste Corrientes	22	Progenies de polinización libre de 9 individuos selectos de materia local	Arenoso profundo	5,69	López (1991)
			Arenoso medianamente profundo	4,06	
Oeste Corrientes	24	Clones experimentales de INTA	Arenoso profundo (Alfisoles)	4,15	López (1998)
Centro-Este Corrientes	30	Clones comerciales de INTA ⁽²⁾	Arenoso hidromórfico Medianamente profundo (Entisoles)	3,50	Aparicio (2012)
Noreste Entre Ríos	54	Semilla comercial ⁽³⁾	Arcilloso negro (Vertisoles)	3,03	Marcó (1983)
Centro Entre Ríos	17	Material de semilla <i>E. grandis</i> ⁽⁴⁾	Arcilloso negro (Vertisoles-Molisoles)	2,56	Larocca <i>et al.</i> (2001)

(1) Promedio de los Clones EG INTA-2, EG INTA-35, EG INTA-157 y EG INTA-164.

(2) Promedio de los Clones EG INTA-1, EG INTA-2, EG INTA-35, EG INTA-36, EG INTA-157 y EG INTA-164.

(3) Huerto semillero Sudáfrica

(4) Semilla de procedencia sudafricana (Pambult)

En cuanto a suelos similares a los descritos en este trabajo, Marcó (1983) y Larocca *et al.* (2001) citan para plantaciones ubicadas en Vertisoles de la Provincia de Entre Ríos valores de crecimiento de 3,03 y 2,56 metros/año respectivamente. Estos incrementos son 32 y 19% inferiores a los obtenidos en esta evaluación.

En este tipo de sitios poco explorados para el cultivo de eucalipto en la región, considerados de baja aptitud, se pudo constatar buenos crecimientos iniciales de los materiales evaluados debido a su calidad genética y a la utilización de prácticas de preparación del terreno adecuadas, control de malezas y fertilización inicial incluidas en estos esquemas comerciales.

Los crecimientos observados fueron comparables a los obtenidos en otros sitios comúnmente utilizados en las Provincias de Corrientes y Entre Ríos (arenosos profundos y medianamente profundos) y considerados de mayor aptitud productiva para el cultivo de *E. grandis*. La inclusión de dichos suelos acompañada de la tecnología adecuada permitirá ampliar significativamente la superficie de aptitud en esta región.

En base a los resultados presentados se infiere que la aptitud edáfica de estos sitios no sería limitante para el cultivo de eucaliptos. No obstante, en los últimos años las bajas temperaturas invernales comenzaron más fuertemente a ser una limitante para el desarrollo del cultivo en esta zona.

Debido al paisaje fuertemente disectado con abundantes cañadas y depresiones que transportan y acopian el aire frío en algunos sectores, resulta de gran importancia la elección de los sitios de plantación evitando bajos, depresiones y cualquier sector donde se acumule el aire frío. De igual modo, diseños de las plantaciones que permitan el drenaje del aire frío hacia zonas no forestadas, las fertilizaciones con Potasio y el control de las plantas competidoras reducirían la

incidencia de la heladas (Larocca, 2012).

Si bien lo antes mencionado contribuye a disminuir el efecto e incidencia de las heladas, es necesaria la inclusión de materiales de mayor tolerancia a las bajas temperaturas, por lo menos en parte de los sistemas productivos de esta región. En este sentido el INTA cuenta con clones de híbridos interespecíficos de *E. grandis* x *E. camaldulensis*, *E. grandis* x *E. teriticornis* y *E. grandis* x *E. dunnii*, los cuales han mostrado crecimientos similares a *E. grandis* y mayor tolerancia al frío (Marco y Harrand, 2012). Seis de estos clones ya se encuentran inscriptos en el RNC del INASE y en breve estarán disponibles para el sector productivo.

CONCLUSIONES

Se constataron buenos crecimientos iniciales de los materiales evaluados, siendo los clones EG INTA-157 y EG INTA-36 los materiales de mayor crecimiento volumétrico. La diferencia entre el mejor y el peor de los 7 materiales evaluados fue de 104% en volumen medio individual.

Los crecimientos observados fueron comparables a los obtenidos en otros sitios comúnmente utilizados en la región considerados de mayor aptitud productiva para el cultivo de *E. grandis*.

La inclusión de estos suelos acompañada de la tecnología adecuada permitirá ampliar significativamente la superficie de aptitud en esta región, no obstante, es necesaria la inclusión de materiales resistentes a frío en estos sistemas productivos.

REFERENCIAS

Aparicio, J. L. y López, J. A., 1995. Potencial de *Eucalyptus grandis* en los suelos del sudeste de la provincia de Corrientes y algunos factores edáficos relacionados con la producción de madera. *Bosque* 16(2): 81-98. Disponible en: <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v16n2/art07.pdf>

Aparicio, J. L., 2012. Comportamiento de clones de *Eucalyptus grandis* en relación a un material de semilla en un suelo arenoso de Corrientes. XXVI Jornadas Forestales de Entre Ríos. 4 y 5 de Octubre de 2012.

Braier, G., 2004. Tendencias y perspectivas del sector forestal al año 2020 Argentina. SAGPyA-FAO. Dirección de Forestación: 71 p

CFCN, 2009. Consorcio Forestal Corrientes Norte. 2009. Reunión Nro. 179. Gobernador Virasoro. Corrientes.

Cumba, A.; Imbellone, P. y Ligier, D., 2005. Propiedades morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas de suelos del sur de Corrientes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60 (3): 571-582. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v60n3a13.pdf>

Dalla Tea, F., 1995a. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus grandis* en Entre Ríos, Argentina. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Vol. 4 (1). Pag: 57-71.

Dalla Tea, F., 1995b. Factores del suelo que afectan la productividad del *Eucalyptus grandis*. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/indices/tematica/cd-informacionforestal/IC9.pdf>

Escobar, E. H.; Ligier, D. L.; Melgar, R.; Matteio, H. y Vallejos, O., 1996. Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes 1:500.000. Área de Producción Vegetal y Recursos Naturales E.E.A. INTA-Corrientes. 432 p.

Fernández, R. A.; Pahr, N. M.; Lupi, A. M. y Fassola, H. E., 1996. Evaluación del crecimiento de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex Maiden en diferentes condiciones de sitio en el nordeste argentino. ProFoMe (Proyecto Integrado Forestal Mesopotámico). EEA Montecarlo. Centro Regional Misiones. ISSN-0327-926. 6 p. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/montecarlo/INFO/documentos/forestales/3_Evaluacion_crecimiento_Eucalyptus_grandis.pdf

Glade, J. E. y Friedl, R. A., 1988. Ecuaciones de volumen para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en el Noreste

de Entre Ríos. En: VI Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero. Actas. Tomo II: 416-420.

Ligier, H. D.; Gimenez, L.; Kurtz, D.; López, J. y Perucca, R., 2000. Relaciones entre Índice de Crecimiento Medio Anual y propiedades de los suelos en montes forestales de *Eucalyptus grandis* y *Pinus elliottii* en la cuenca del Río Uruguay. Corrientes. Argentina. UNNE. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas: 4 p. Disponible en: http://www1.unne.edu.ar/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_069.pdf

Larocca, F.; Marcó, M. A. y Rosemberg, J., 2001. Evaluación de las posibilidades de desarrollo forestal de los suelos del área ganadera del Norte de Entre Ríos. PIA 33/97

Larocca, F., 2012. Daños por heladas en plantaciones de *Eucalyptus grandis*. Posibles herramientas desde el manejo. XXVI Jornadas Forestales de Entre Ríos. 4 y 5 de Octubre. 10 p.

López, A. J., 1991. Evaluación del crecimiento y estimación de Parámetros Genéticos en progenies de *Eucalyptus grandis* de procedencia local. En: Jornadas de Eucaliptos de alta productividad. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales (CIEF). 6-7 de Diciembre de 1991. Pag: 118-127.

López, A. J., 1998. Comportamiento de 12 clones de *Eucalyptus grandis* al segundo año de crecimiento. II Jornada Forestal. Estación experimental agropecuaria Bella Vista. Pag: 23-30.

López, A. J., 2011. *Eucalyptus grandis* en el Sudeste de Corrientes: Propiedades físicas y químicas del suelo relacionadas con la producción volumétrica. XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos. 20 y 21 Octubre de 2011. 7 p.

INTA, 1995. Manual para Productores de Eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. ISBN 950-9853-55-0. Editor: Grupo Forestal, EEA. INTA. Concordia. C.C N° 34, (3200) Concordia, Entre Ríos, Argentina. Pag: 22-26.

Marcó, M. A., 1983. Comportamiento del *E. grandis* local en relación a procedencias introducidas de Sudáfrica. Resultados a los 4,5 años. ISSN 0326-5005. 4 p.

Marcó, M. A. y Harrand, L., 2012. El Programa de Mejora de Eucaliptos del INTA en La Mesopotamia Argentina. En: Resúmenes Jornadas de Actualización Técnica. Mejoramiento Genético de Pinos y Eucaliptos Subtropicales. 1ª edición. ISBN 978-978-679-144-1. Pag 44-48.

EVALUACIÓN A LOS TRES AÑOS DE EDAD DE UN ENSAYO DE PROGENIES DE *Acacia mearnsii* DE WILD ESTABLECIDO EN LOS SAUCES, REGIÓN DE LA ARAUCANIA

Pinilla, Juan Carlos⁸; Molina, María Paz⁹; Luengo, Karina¹⁰ y Navarrete, Mauricio¹¹

RESUMEN

Dentro de sus líneas de trabajo el Instituto Forestal (INFOR) está desarrollando diversas investigaciones orientadas a establecer las bases para el uso en plantaciones de algunas especies del género *Acacia* como alternativas a las especies forestales tradicionalmente empleadas en las plantaciones en el país.

Dentro de este género existen diversas especies forestales de interés comercial, cuya madera presenta usos alternativos y complementarios a las especies tradicionales, agregándose a esto, turnos de cosecha reducidos. Este es el caso de *Acacia melanoxylon* R.Br., *A. mearnsii* De Wild. y *A. dealbata* Link.

Las investigaciones realizadas confirman que, desde el punto de vista del crecimiento, de sus aptitudes tecnológicas y sus potencialidades de uso, estas especies se constituyen en una interesante alternativa de producción, lo cual permite orientar a forestadores interesados acerca del cultivo y manejo de este recurso y su potencial productivo. En este contexto y con el fin de mejorar el material de propagación para planes de forestación, se ha establecido en conjunto con la empresa Bosques Cautín SA, un ensayo de progenies (familias) nacionales de *Acacia mearnsii* en la Región de La Araucanía.

El análisis de la información permitirá establecer el desempeño de árboles seleccionados en el país por sus características de crecimiento y forma, así como proporcionar las primeras orientaciones en relación con las prescripciones de manejo que permitan alcanzar los objetivos de producción.

De los resultados de la investigación realizada previamente se puede concluir que las especies más promisorias en crecimiento y desarrollo son *Acacia dealbata* y *Acacia mearnsii*. De igual forma, se han logrado resultados importantes en otra línea, asociada al programa de diversificación forestal, en donde *A. mearnsii* muestra interesantes propiedades para la fabricación de pulpa y para la obtención de taninos desde su corteza.

El presente documento entrega los principales resultados de la evaluación realizada a los 3 años de edad a un ensayo de progenies de *Acacia mearnsii*, instalado en el año 2011 en el predio San Felipe, de propiedad de Bosques Cautín SA, ubicado en la comuna de Los Sauces, provincia de Malleco, región de la Araucanía.

Palabras clave: *Acacia mearnsii*, progenies, diversificación de especies.

⁸ Instituto Forestal, Chile, jpinilla@infor.cl

⁹ Instituto Forestal, Chile, mmolina@infor.cl

¹⁰ Instituto Forestal, Chile, kluengo@infor.cl

¹¹ Instituto Forestal, Chile, mnavarrete@infor.cl

SUMMARY

The Chilean forestry Institute (INFOR) is developing several research lines focused on *Acacia* species in order to establish the necessary information basis to promote the use of some of them in afforestation programs as an alternative to the traditional species used in the country.

Within the *Acacia* genus there are several species of commercial interest which can produce suitable wood for several uses, complementary to the current used species and under shorter turns. Some of them are *Acacia melanoxylon* R. Br., *A. mearnsii* De Wild. and *A. dealbata* Link.

Different research lines have confirmed that, from the growth, the wood technological properties and the use potentialities points of view, these species represent an interesting productive alternative, so that INFOR, in collaboration with Bosques Cautin SA, has established a *Acacia mearnsii* national progenies trial at the Araucanía region looking to improve the deployment genetic material for afforestation programs.

The results of the progenies test will allow the behavior evaluation of previously selected trees from different stands in the country according to their growth and shape and will provide valuable information to define some management schemes for different production objectives.

Some previous research results indicate that *Acacia dealbata* and *Acacia mearnsii* have a better and promising growth and other research line, related to the national species diversification program, has highlighted interesting properties of *A. mearnsii* to pulp and paper production and to obtain tannins from its bark.

The present a paper shows main results from the *Acacia mearnsii* progenies test evaluation at 3 years old.

Key words: *Acacia mearnsii*, progenies, species diversification.

INTRODUCCIÓN

La mantención de la variabilidad genética es la clave del mejoramiento genético. El éxito de un programa de mejoramiento depende de la disponibilidad de suficiente variabilidad genética en la población para así poder seleccionar material de propagación en función de caracteres específicos. Esto depende también de la forma en que se ordena y estructura la población para desarrollar el programa a lo largo del tiempo, aspecto fundamental para diseñar la estrategia y llegar a definir los elementos estructurales del ciclo de mejoramiento. En este sentido, el mejorador no solo actuará a través de la selección direccional, sino también estructurando las poblaciones para identificar y manejar la variabilidad.

En el caso de las especies del género *Acacia* que se cultivan en Chile, los esfuerzos de mejoramiento genético son relativamente recientes, aun cuando el estudio de las mismas cuenta con algunos años de desarrollo. El Instituto forestal consideró a estas especies en su Programa de Introducción de Especies desde los años 60 del siglo pasado, identificando a las especies más promisorias para las condiciones de sitio del país (INFOR, 1998; 1999; Pinilla, 2000).

Diferentes especies de *Acacia* se están ya usando incipientemente en la forestación en el país, pero para incrementar su uso se requiere conocer los parámetros básicos de crecimiento, productividad y aprovechamiento industrial, lo cual propiciaría la creación de nuevos recursos forestales con ellas, más allá de la áreas habituales de plantaciones en el país, y la consolidación de mercados para sus productos.

Las investigaciones de INFOR en la materia indican que especies del género *Acacia* que crecen en Chile; como *Acacia dealbata* Link, *Acacia melanoxylon* R. Br. y *Acacia mearnsii* De Wild., en la zona centro sur, y *Acacia saligna*, en la zona centro norte, han respondido bien a las condiciones edafoclimáticas locales en cada caso, desarrollándose con rapidez y ofreciendo una variedad de usos, lo que las convierte en un recurso económicamente interesante de aprovechar.

Estas características de rápido crecimiento y adaptación a diversos sitios han constituido a estas especies en buenas alternativas también para pequeños y medianos propietarios, quienes podrían obtener ingresos a partir de rodales establecidos en sus predios (Pinilla *et al.*, 2004; Pinilla *et al.*, 2011).

A fines de los años 80, INFOR introduce en la zona central del país *Acacia mearnsii*, *Black Wattle*, como parte de las investigaciones realizadas en un proyecto sobre cortinas vegetales, y la especie presenta interesantes resultados iniciales. Debido a estos resultados y la información bibliográfica disponible (Turnbull, 1986; Higa *et al.*, 1998; Kannegiesser, 1990; Searle, 2000; Correa *et al.*, 2011) se ha incorporado la especie al programa de investigación sobre acacias.

Los estudios se amplían, a partir de los 90, con el establecimiento de ensayos de procedencias y, posteriormente, con proyectos de masificación y difusión de las especies, así como con el inicio de estudios de mejoramiento genético y de propiedades de la madera.

Los resultados de la investigación con especies del género *Acacia* como interesantes alternativas para su uso en forestación, motivó que en 1990 y 1998 se iniciara una serie de ensayos de introducción de procedencias y progenies de acacias australianas con el objetivo de estudiar la adaptación, el crecimiento y el rendimiento de especies y procedencias en distintas situaciones geográficas del país.

Posteriormente y para continuar en esta línea de trabajo, se instalaron nuevos ensayos de *Acacia mearnsii*, de modo de ampliar el escenario con estas especies, durante los años 2005 y 2006 con progenies (australianas y nacionales) (Cuadro N°1).

Cuadro N°1
ENSAYOS PROCEDENCIAS / PROGENIES *Acacia mearnsii* ESTABLECIDOS AÑOS 2005 - 2006

Ensayo	Plantación (Año)	Familias (N°)	Región / Lugar	Propietario
El Embudo	2005	83 Australianas 21 Nacionales	Maule / Retiro	CAF El Álamo
Santa Marta	2005	60 Nacionales	Valparaíso / Longotoma	Agrícola Las Loicas
Osorno	2006	30 Nacionales	Los Lagos / Osorno	Forestal Anchile

Estos ensayos representan la primera base genética de la especie en el país y a esta se suma el ensayo establecido en La Araucanía en 2011. La selección de procedencias y progenies a partir de esta base permitirá producir material de propagación con cierto grado de mejoramiento para incorporar la especie a la forestación en zonas semejantes en el país, para establecer huertos semilleros y también algunas poblaciones de mejoramiento. No obstante estas poblaciones de mejoramiento tendrían que evaluadas genéticamente para dimensionar su variabilidad genética, la cual es posible que deba ser ampliada mediante infusión de nuevos genotipos por medio de la introducción de nuevas procedencias y progenies desde sus áreas de origen en Australia.

El trabajo desarrollado hasta ahora por INFOR con esta especie es un primer esfuerzo por lograr información confiable para iniciar su uso en el país y se ha complementado con estudios de las propiedades de la madera y con los primeros avances hacia un programa de mejoramiento genético.

Estudios realizados por INFOR sobre espaciamiento inicial en *Acacia mearnsii* abarcando dos áreas geográficas en la región del Bio Bio entregan buenos resultados en cuanto al crecimiento de la especie y dan una primera información sobre rendimientos y crecimientos, antecedentes de importancia para la toma de decisiones por parte de interesados en su cultivo (Pinilla y Navarrete, 2013). Por su adaptabilidad y características, la especie se presenta como una interesante alternativa para la producción de madera, pulpa, biomasa para energía, taninos a partir de su corteza y otros (Pinilla y Navarrete, 2013).

La densidad inicial presentó un efecto significativo sobre el crecimiento en DAP, evidenciándose que a mayor distancia de plantación mayor diámetro medio. Los resultados señalan que las densidades más altas han presentado en general mayores tasas de crecimiento en área basal e igual situación se observó al analizar el estimador de biomasa (D²H), en el cual a una menor distancia de plantación se obtiene una mayor producción. Estos resultados son de interés en función de los productos objetivo que se planteen; para productos menores como pulpa o energía los espaciamientos estrechos aparecen como más convenientes en rotaciones cortas (Pinilla *et al.*, 2013).

La materialización y validación de adecuados modelos predictivos de crecimiento y rendimiento, la ampliación de la base genética representada en el país, la masificación del uso de estas especies junto con el desarrollo de nuevos productos tecnológicos con mayor valor agregado, son actividades que sin duda contribuirán de forma notable a aumentar el interés de empresas y pequeños propietarios por el cultivo de la especie.

OBJETIVO

Analizar el crecimiento y supervivencia de progenies locales de *Acacia mearnsii* establecidas en la comuna de Los Sauces, Región de la Araucanía.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de Ensayo

El ensayo de progenies de *Acacia mearnsii* se instaló el año 2011 en el predio San Felipe, de propiedad de Bosques Cautín SA, ubicado en la comuna de Los Sauces, provincia de Malleco, región de la Araucanía, a aproximadamente 6 km de la ciudad de Los Sauces por el camino a Traiguén.

Instalación del Ensayo

La preparación previa del terreno consistió en subsolado con bulldozer a una profundidad de 1 m aproximadamente, quedando camellones cada 3 m. La pendiente del terreno es leve, cercana al 3% (Figura N° 1).



Figura N° 1
PREPARACIÓN DE SUELOS Y PLANTACIÓN

Diseño Experimental

El Ensayo fue establecido en un diseño estadístico de bloques al azar, considerando 25 bloques o repeticiones. En cada bloque se utilizó un diseño experimental de *single tree plot* (parcela de una planta), con 33 progenies por bloque, utilizando un espaciamiento de 3 m entre hileras y 2 m sobre la hilera.

Como elemento de aislación se instaló 1 hilera perimetral de *Acacia mearnsii* producidas a partir de semilla de procedencia australiana.

Las semillas utilizadas son originarias de árboles *plus* seleccionados en el país desde diversos ensayos de INFOR, más 2 familias australianas, correspondiendo en total a 33. Las plantas fueron viverizadas en el vivero de INFOR en Concepción.

En el Cuadro N° 2 se presenta el listado de progenies utilizadas, en la Figura N° 2 se muestra el diseño general del ensayo y en la Figura N° 3 se muestra una vista general del ensayo en 2014.

Cuadro N° 2
LISTADO DE PROGENIES INCLUIDAS EN EL ENSAYO

Código	Origen (Lugar,Región)	Tipo de árbol
MR-2	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Árbol BxPxA2
MR-6	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Semillero B1P1A15
MR-7	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Árbol 17
MR-8	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Árbol BxPxA18
MR-10	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Árbol 10
MR-11	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Árbol B1P1A11
MR-14	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Semillero B1P1A14
MR-15	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Semillero B3P14A16
MR-16	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Semillero B3P14A19
MR-18	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Árbol 1
MR-22	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Semillero B1P?A4
MR-26	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Árbol 6
MR-27	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Semillero B4P6A7
MR-28	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Árbol B4P1A8
MR-30	Mafil, Valdivia, Los Ríos	Plus 2
MR-31	Mafil, Valdivia, Los Ríos	Plus 3
MR-32	Mafil, Valdivia, Los Ríos	Plus 4
MR-37	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Árbol 24
MR-40	San Juan, Nacimiento, Bío Bío	Plus 30
MR-41	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Plus 6
MR-42	Antiquina, Cañete, Bío Bío	Plus 7
MR-43	Mafil, Valdivia, Los Ríos	LOTE
MR-45	Australia	16266
MR-46	Australia	14470
MR-49	Sta. Rosa de Cudá, Florida, Bío Bío	LOTE
MR-51	Rosal, Rere, Bío Bío	Plus 3
MR-52	Rosal, Rere, Bío Bío	Plus 1
MR-53	Rosal, Rere, Bío Bío	Plus 5
MR-54	Mafil, Valdivia, Lo Ríos	Plus 6
MR-56	Retiro, Maule	Plus 1
MR-59	Retiro, Maule	Plus 4
MR-60	Retiro, Maule	LOTE
MR-65	Sta. Rosa de Cudá, Florida, Bío Bío	Plus 3

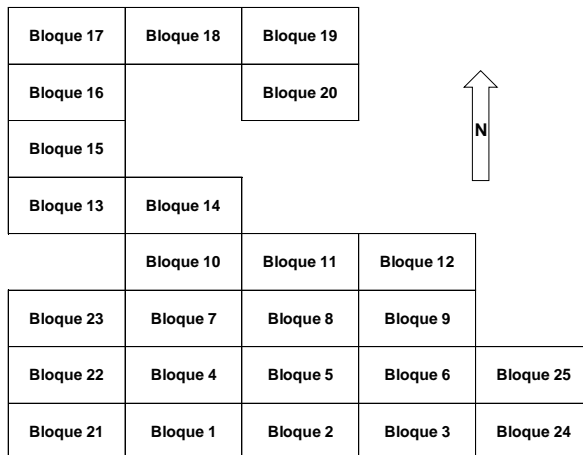


Figura N° 2
DISEÑO GENERAL DEL ENSAYO DE PROGENIES



Figura N° 3
VISTA GENERAL ENSAYO 3 AÑOS EDAD

RESULTADOS

Durante el mes de julio del año 2014 se realizó la segunda evaluación del ensayo de progenies, luego de 33 meses desde su instalación. Esta evaluación se efectuó empleando las variables:

S (%): Supervivencia DAP (cm): Diámetro a 1,33 m de altura
H (m): Altura total DAP² * H (cm³): Estimador de biomasa

Se efectúa también una comparación con los resultados de la primera evaluación realizada en el año 2013.

Diámetro

En el Cuadro N° 3 se muestra el diámetro alcanzado por las progenies a los 33 meses de edad y en la Figura N° 4 se muestran estos resultados gráficamente.

Cuadro N° 3
RESULTADOS EN DAP SEGÚN PROGENIES

Progenie	Media (cm)	Desviación Estándar	Valor Mínimo (cm)	Valor Máximo (cm)	Mediana (cm)
28	2,29	0,6	1,3	3,5	2,2
11	2,51	0,5	1,6	3,6	2,4
6	2,66	0,8	1,4	4,9	2,6
40	2,75	0,9	1,2	5,2	2,6
14	2,85	0,7	1,8	4,6	2,7
7	2,97	0,7	1,8	4,3	3,0
41	2,98	1,1	1,4	5,6	2,7
16	3,03	0,8	1,4	5,0	3,2
18	3,10	0,9	1,8	6,1	3,1
27	3,10	0,8	2,0	5,2	3,0
10	3,16	0,9	1,8	5,9	2,7
22	3,18	0,8	2,0	4,7	3,0
8	3,22	0,8	1,3	5,1	3,4
42	3,24	1,1	1,4	5,3	3,2
15	3,26	0,7	2,0	4,4	3,3
9	3,52	0,7	1,8	5,0	3,6
37	3,63	1,0	1,9	5,3	3,8
45	3,73	1,0	2,6	6,8	3,5
46	3,75	0,8	2,4	5,3	3,7
53	3,97	0,9	2,7	5,8	3,7
43	4,06	0,8	2,6	6,0	4,0
49	4,12	0,8	2,5	5,3	4,2
51	4,29	0,8	2,2	6,0	4,4
65	4,33	1,0	2,8	6,3	4,5
2	4,39	1,1	2,4	6,6	4,4
30	4,44	0,9	2,2	6,3	4,4
32	4,52	1,0	2,2	6,5	4,4
31	4,56	0,7	3,4	6,3	4,4
26	4,70	1,5	2,2	8,8	4,5
59	4,73	1,1	2,7	7,0	4,9
60	4,73	1,3	3,3	7,4	4,5
56	4,93	1,3	3,3	9,3	5,0
52	4,98	1,6	0,7	7,3	5,0
54	5,07	1,2	3,5	7,6	4,8

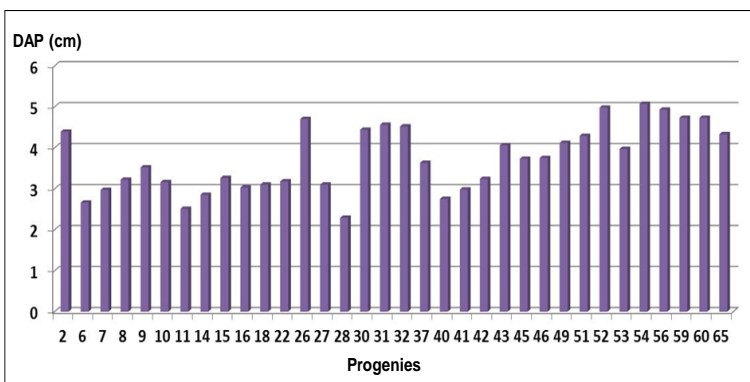


Figura N° 4
RESULTADOS EN DAP SEGÚN PROGENIES

En el Cuadro N° 3 y en la Figura N° 4 es posible apreciar que los mayores valores de DAP medio alcanzan a 5 cm. En la evaluación anterior (2013) a los 21 meses de edad estos eran de 3 cm.

Para analizar estadísticamente los datos se utilizó el software estadístico Infostat®. Se realizó un análisis de varianza tradicional (Cuadro N° 4) y, al detectar diferencias significativas, se utilizó el test de comparación múltiple de Tukey (Cuadro N° 5). El modelo utilizado fue:

$$Y = m + T + R + (T * R) + E$$

Donde: m = Constante
T = Tratamiento (Progenies)
R = Repetición (Bloques)
E = Error

Cuadro N° 4
ANÁLISIS DE VARIANZA DAP

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	598,39	783	0,76	0,73	0,7969
Bloque	65,11	24	2,71	2,58	0,0835
Progenie	226,33	33	6,86	6,52	0,0046
Bloque * Progenie	306,95	726	0,42	0,40	0,9885
Error	8,41	8	1,05		
Total	606,81	791			

El análisis de varianza señala claramente que existen diferencias significativas entre los valores de DAP obtenido entre las distintas progenies.

Cuadro N° 5
TEST DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA DAP

Progenies	Medias (cm)	Valor de Comparación*
28	2,29	A
11	2,51	A B
6	2,66	A B C
40	2,75	A B C D
14	2,85	A B C D
7	2,97	A B C D E
41	2,98	A B C D E F
16	3,03	A B C D E F
27	3,10	A B C D E F G
18	3,10	A B C D E F G
10	3,16	A B C D E F G
22	3,18	A B C D E F G
8	3,22	A B C D E F G H
42	3,24	A B C D E F G H
15	3,26	A B C D E F G H I
9	3,52	B C D E F G H I J
37	3,63	C D E F G H I J K
45	3,73	C D E F G H I J K L
46	3,75	D E F G H I J K L
53	3,97	E F G H I J K L
43	4,06	F G H I J K L
49	4,12	G H I J K L
51	4,29	H I J K L
65	4,33	I J K L
2	4,39	J K L
30	4,44	J K L
32	4,52	J K L
31	4,56	J K L
26	4,70	K L
59	4,73	L
60	4,73	L M N
56	4,93	M N
52	4,98	M N
54	5,07	N

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Altura

En el Cuadro N° 6 se muestra la altura alcanzada por las progenies a los 33 meses de edad y en la Figura N° 5 se muestran estos resultados gráficamente.

Se puede apreciar que los mayores valores en altura a los 33 meses alcanzan a algo más de 6 m. El análisis estadístico se efectuó con el procedimiento ya descrito para el caso del diámetro (Cuadros N° 7 y N° 8).

Cuadro N° 6
RESULTADOS DE ALTURA SEGÚN PROGENIES

Progenie	Media (m)	Desviación Estándar	Valor Mínimo (m)	Valor Máximo (m)
28	3,8	1,08	1,4	5,7
40	4,2	0,84	2,5	5,4
11	4,2	0,71	3,3	5,7
14	4,3	0,56	3,4	5,3
6	4,4	0,81	3,0	6,2
41	4,4	1,00	2,8	6,7
7	4,6	0,57	3,2	5,7
16	4,6	0,80	3,3	5,9
8	4,7	1,07	1,6	6,3
18	4,7	0,87	3,1	7,2
15	4,7	0,82	2,8	6,0
27	4,8	0,84	2,9	7,4
22	4,8	0,78	3,2	6,4
42	4,9	1,12	2,8	6,7
45	4,9	1,01	3,5	7,1
9	4,9	0,89	2,6	6,9
10	5,0	1,01	3,7	7,9
37	5,0	0,95	3,4	6,6
46	5,1	0,87	3,1	6,9
43	5,3	0,81	3,2	6,5
53	5,3	0,81	4,1	6,8
2	5,5	1,10	3,4	8,3
49	5,5	0,89	4,0	7,2
65	5,7	0,89	4,4	7,0
51	5,8	0,77	4,1	6,9
60	5,9	1,07	4,8	8,7
30	6,0	1,10	2,6	7,8
31	6,0	0,72	5,0	7,3
32	6,0	0,76	4,5	7,5
26	6,0	1,09	3,9	7,6
59	6,1	1,02	4,1	7,8
56	6,1	1,07	4,4	8,0
52	6,2	1,35	1,5	8,0
54	6,3	0,94	4,7	8,0

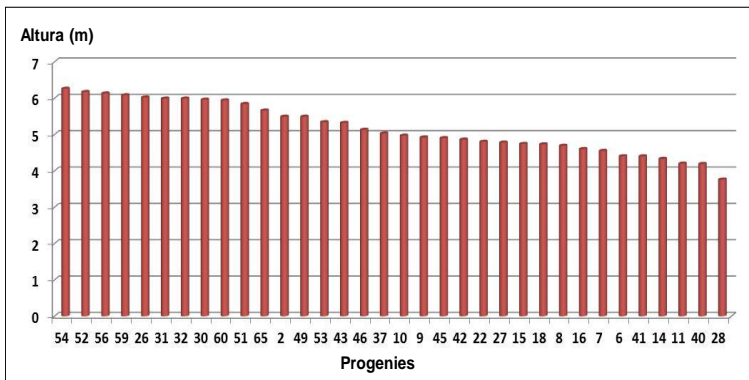


Figura N° 5
RESULTADOS EN ALTURA SEGÚN PROGENIES

Cuadro N° 7
ANÁLISIS DE VARIANZA ALTURA

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.001,37	789	1,27	0,49	0,9143
Bloque	363,03	33	11,00	4,23	0,0842
Progenie	135,79	24	5,66	2,18	0,2356
Bloque * Progenie	502,55	732	0,69	0,26	0,9953
Error	10,41	4	2,60		
Total	1.011,77	793			

Al igual que en el caso del diámetro, el análisis de varianza señala claramente que existen diferencias significativas entre el valor de las alturas obtenidas por las distintas progenies, por lo que se procedió a hacer el test de comparación de medias.

En la Figura N° 6 se muestra la relación DAP (cm) – Altura (m) que se registró para el conjunto de los árboles del ensayo a los 33 meses de edad.

Es posible destacar que hay un crecimiento importante en altura a medida que aumenta el DAP y que existen individuos que a los 33 meses presentan alturas entre los 6 y 9 metros.

Cuadro N° 8
TEST DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA ALTURA

Progenies	Medias (m)	Valor de Comparación*
28	3,8	A
40	4,2	A B
11	4,2	A B
14	4,3	A B C
6	4,4	A B C
41	4,4	A B C
7	4,6	A B C D
16	4,6	A B C D
8	4,7	A B C D E
18	4,7	A B C D E
15	4,7	A B C D E
27	4,8	A B C D E
22	4,8	A B C D E
42	4,9	B C D E F
45	4,9	B C D E F G
9	4,9	B C D E F G H
10	5,0	B C D E F G H I
37	5,0	B C D E F G H I J
46	5,1	B C D E F G H I J K
43	5,3	C D E F G H I J K L
53	5,3	C D E F G H I J K L
49	5,5	D E F G H I J K L
2	5,5	D E F G H I J K L
65	5,7	E F G H I J K L
51	5,8	F G H I J K L
60	5,9	G H I J K L
30	6,0	H I J K L
31	6,0	I J K L
32	6,0	I J K L
26	6,0	J K L
59	6,1	K L
56	6,1	K L
52	6,2	L
54	6,3	L

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

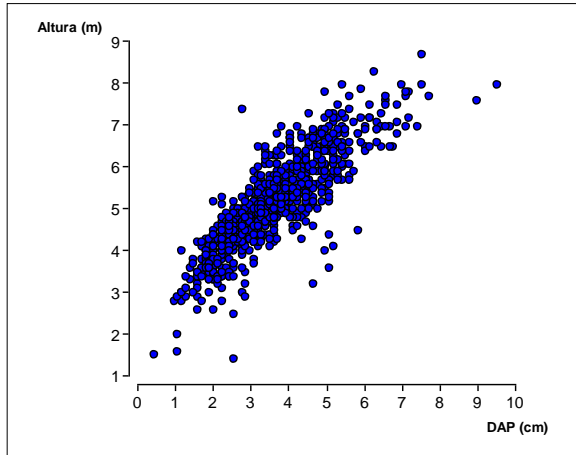


Figura N° 6
Relación DAP-Altura

Estimación de Biomasa

Como una forma de estimar la biomasa resultante por progenie, se utilizó el estimador de biomasa habitualmente empleado en estas comparaciones dado por el cuadrado del DAP multiplicado por la altura (D^2H) expresado en cm^3 .

Este resultado se indica en el Cuadro N° 9 y en forma gráfica en la Figura N° 7.

Para el análisis estadístico se usó el procedimiento ya indicado para las variables respuesta anteriores (Cuadros N° 10 y N° 11).

Al igual que en las variables anteriores, el análisis de varianza señala claramente que existen diferencias significativas entre el valor de la estimación de biomasa obtenido entre las distintas progenies, por lo que se efectúa la correspondiente comparación de medias.

**Cuadro N° 9
RESULTADOS DE BIOMASA SEGÚN PROGENIES**

Progenie	Media (cm ³)	Desviación Estándar	Valor Mínimo (cm ³)	Valor Máximo (cm ³)
28	2.349	1.837,59	338	6.589
11	2.866	1.527,18	922	6.221
6	3.665	3.231,76	588	14.886
40	3.695	2.738,05	403	11.086
14	3.936	2.501,14	1.102	10.580
7	4.429	2.490,3	1.037	10.055
16	4.835	3.154,96	784	14.750
41	4.972	4.669,47	549	17.875
27	5.208	3.613,19	1.520	15.954
18	5.396	5.165,09	1.004	26.791
22	5.451	3.482,31	1.440	12.960
8	5.462	3.163,29	270	14.566
15	5.487	2.736,53	1.440	11.616
10	5.929	5.531,14	1.361	27.500
42	6.305	5.008,96	588	18.117
9	6.615	3.302,01	842	17.250
37	7.520	4.499,07	1.372	18.539
46	7.918	4.314,94	1.786	19.382
45	7.937	6.939,63	2.772	32.830
53	9.199	5.246,77	3.135	22.875
43	9.381	5.088,14	2.772	23.400
49	10.168	5.049,43	2.500	20.225
51	11.475	4.873,97	1.984	24.840
65	11.790	6.537,18	3.528	27.386
2	12.010	7.581,35	2.074	31.905
30	12.828	6.191,22	1.258	26.195
31	13.064	5.606,87	5.780	27.386
32	13.380	7.198,12	2.517	31.688
59	15.274	9.055,95	3.645	38.220
60	15.378	12.028,36	5.445	47.641
26	15.773	12.439,61	1.888	58.854
56	16.865	13.262,8	5.118	69.192
54	17.839	11.414,8	5.758	44.475
52	18.059	10.536,16	74	37.303

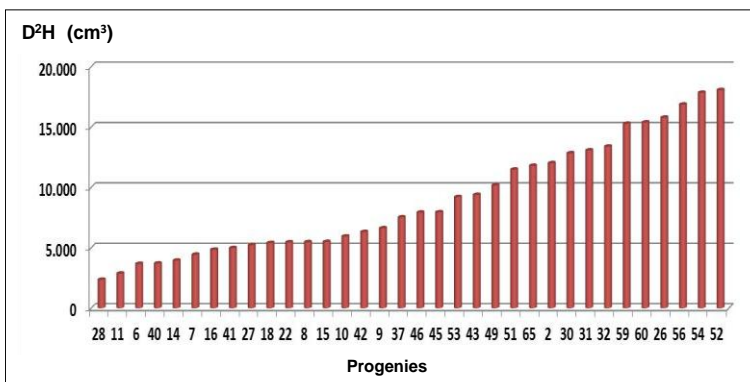


Figura N° 7
RESULTADOS EN BIOMASA SEGÚN PROGENIES

Cuadro N° 10
ANÁLISIS DE VARIANZA BIOMASA

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.858.917,34	786	6.181,83	1,65	0,2491
Bloque	538.570,05	24	22.440,42	5,99	0,0104
Progenie	538.570,05	33	52.173,65	13,92	0,0007
Bloque * Progenie	2.598.616,84	729	3.564,63	0,95	0,6067
Error	26.245,00	7	3.749,29		
Total	4.885.162,34	793			

Cuadro N° 11
TEST DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA BIOMASA

Progenie	Medias D ² H (cm ³)	Valor de Comparación*
28	2.349	A
11	2.866	A B
6	3.665	A B C
40	3.695	A B C
14	3.936	A B C
7	4.429	A B C
16	4.835	A B C
41	4.972	A B C
27	5.208	A B C D
18	5.396	A B C D
22	5.451	A B C D
8	5.462	A B C D
15	5.487	A B C D
10	5.929	A B C D E
42	6.305	A B C D E
9	6.615	A B C D E
37	7.520	A B C D E F
46	7.918	A B C D E F G
45	7.937	A B C D E F G
53	9.199	A B C D E F G H
43	9.381	A B C D E F G H
49	10.168	A B C D E F G H
51	11.475	A B C D E F G H
65	11.790	A B C D E F G H
2	12.010	A B C D E F G H
30	12.828	B C D E F G H
31	13.064	C D E F G H
32	13.380	C D E F G H
59	15.274	D E F G H
60	15.378	D E F G H
26	15.773	E F G H
56	16.865	F G H
54	17.839	G H
52	18.059	H

*Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Supervivencia

En la supervivencia que registra el ensayo a los 33 meses de edad es alta, excepto dos progenies, los valores están entre 80 y 100%, y 22 de ellas muestran valores por sobre el 90% (Cuadro N° 12 y Figura N° 8).

Cuadro N° 12
RESULTADOS DE SUPERVIVENCIA SEGÚN PROGENIES

Progenie	Supervivencia (%)
6	68
8	72
43	80
53	80
60	84
49	84
45	84
40	84
28	84
37	88
59	88
15	88
52	92
56	92
31	92
30	92
32	92
2	92
65	92
70	92
42	92
18	92
16	92
41	96
11	96
10	96
7	92
14	92
27	98
54	100
26	100
51	100
46	100
22	100

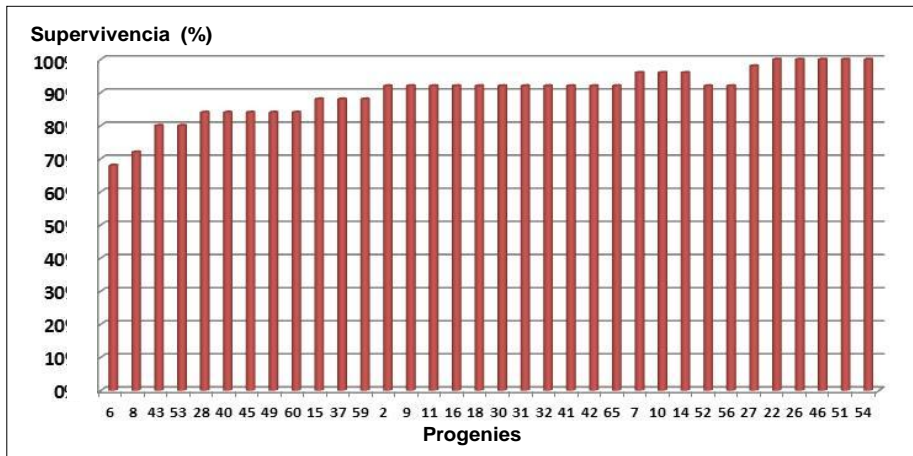


Figura N° 8
RESULTADOS EN SUPERVIVENCIA SEGÚN PROGENIES

DISCUSIÓN

Se efectúa primero una comparación de las variables respuesta obtenidas en la primera evaluación (2013) y aquellas que arroja la segunda evaluación (2014), se hace después un análisis general del ensayo y se muestra posteriormente un modelo desarrollado para la estimación de la altura a partir del DAP.

Comparación Evaluaciones 2013 y 2014

De los resultados obtenidos en ambas evaluaciones se desprende en general que estos son muy positivos, se registran buenos resultados para las variables altura y diámetro, en consecuencias también para el estimador de biomasa, y se aprecia igualmente una alta supervivencia que se mantiene en la segunda evaluación. Esto indica que la especie registra un buen crecimiento y una buena adaptación, en especial si se recuerda que las progenies probadas provienen de zonas tan dispares como las regiones del Maule (Parral) y Los Ríos (Valdivia).

La comparación de los valores obtenidos para las variables diámetro, altura, estimador de biomasa y supervivencia en ambas evaluaciones indica que las tendencias se mantienen en los resultados de las diferentes progenies y que el ensayo podrá ser una buena fuente de material de propagación para apoyar en materia de un mejoramiento genético posterior.

En el caso del DAP, se aprecia que se mantienen en la segunda evaluación las tendencias manifestadas por las distintas progenies en la evaluación anterior y se observan para esta variable un incremento promedio por árbol de 1,5 cm por año e incrementos máximos de 3,9 cm por año. Al observar los resultados según progenies, se destacan los incrementos medios registrados por las progenies 54 y 56 con 2,0 y 2,1 cm, respectivamente. Ambas progenies son las que presentan los mayores registros para esta variable en el ensayo (Cuadro N° 1 y Figura N° 1 de Anexo).

En cuanto a las alturas, también se mantienen las tendencias observadas en la primera

evaluación y se aprecian un incremento promedio por árbol de 1,5 m e incrementos máximos cercanos a los 4 m. Destacan los incrementos registrados por las progenies 54 y 56 con 1,9 y 1,8 metros, respectivamente. Ambas progenies son las que presentan los mayores registros para esta variable en el ensayo (Cuadro N° 2 y Figura N° 2 de Anexo).

Respecto del estimador de biomasa, igualmente se mantienen las tendencias y destacan los valores de incremento de esta variable en las progenies 54 y 52 (Cuadro N° 3 y Figura N° 3 de Anexo).

La supervivencia en tanto es similar a la registrada el año 2013, llegando a un promedio del 90%. Destaca que el 88% de las progenies presentan una supervivencia igual o mayor al 80% y de ellas (22, 26, 46, 51 y 54) se mantienen en un 100% después de 33 meses (Cuadro N° 4 y Figura N° 4 de Anexo).

Evaluación General del Ensayo

En general las procedencias y progenies evaluadas en el ensayo presentan distintos niveles de desarrollo. La relación entre DAP y altura media registrada en las distintas progenies a los 33 meses de edad se presenta en la Figura N° 9. Se observa un desarrollo lineal, correspondiente al crecimiento inicial de las progenies.

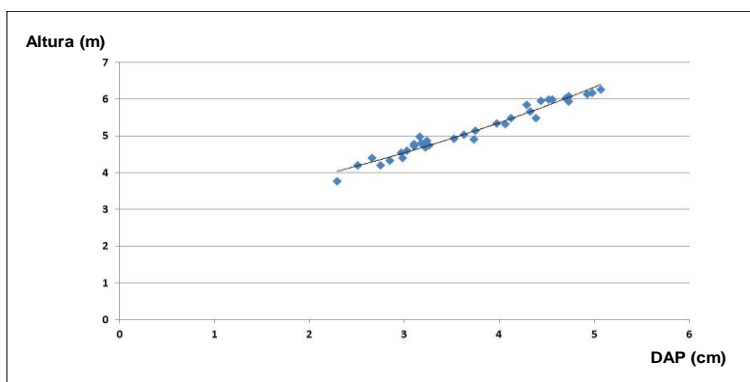


Figura N° 9
RELACIÓN DAP-ALTURA PROMEDIOS DE LAS PROGENIES

De acuerdo a los resultados obtenidos a los 33 meses de instalado el ensayo, el mayor valor obtenido en el DAP corresponde a una procedencia Mafil (Región de Los Ríos), una de Retiro (Región del Maule) y una de El Rosal, Yumbel (Región del Biobío), con valores cercanos a los 5 cm. Estas mismas progenies ya habían presentado los mejores resultados en la evaluación del año 2013.

En general estos resultados en crecimiento en DAP son similares a los obtenidos anteriormente, indicando que estas progenies están respondiendo bien a las condiciones locales del ensayo de progenies en Los Sauces.

Es así como la progenie MR-54 Mafil (Región de Los Ríos), presenta diferencias significativas con las progenies restantes, tanto para la variable DAP como para altura y D^2H , además, esta progenie presenta, un 100% de supervivencia en el ensayo. Por el contrario, el menor valor en DAP lo presentó una familia originada desde un ensayo en Antiquina (MR-28).

Al considerar los 12 mejores resultados del ensayo en términos de DAP, se observa que las procedencias Mafil y Retiro aportan con 4 y 3 familias, respectivamente. Otras procedencias destacadas corresponden Antiquina, Florida y Yumbel, las que contribuyen con el mejor material en el ensayo. Resultados semejantes fueron registrados en la evaluación 2013.

En términos de la altura, variable más relacionada con el sitio, familias de Mafil y Yumbel, presentaron los mayores valores a los 33 meses de instalado el ensayo, con valores de 6,3 y 6,2 m, respectivamente.

Otras procedencias y progenies de mejor crecimiento en altura son las ya destacadas en el caso del DAP y corresponden a progenies obtenidas desde 3 árboles en Mafil, 3 en Retiro y 1 en Antiquina.

Al considerar las 10 mejores resultados en altura, la procedencia Mafil nuevamente ubica a 4 de sus familias dentro de las mejores del ensayo.

Otras buenas procedencias corresponden a 3 familias de Retiro, dos de Yumbel y una de Antiquina, las que contribuyen con el mejor material en el ensayo. El menor valor en altura nuevamente lo presentó una familia de Antiquina (MR-28).

En relación a la estimación de biomasa, D^2H , y al igual que en la evaluación del año 2013, una familia de la procedencia Yumbel presenta el mayor valor del ensayo. Otras procedencias de desempeño superior nuevamente corresponden a Mafil, Retiro y Antiquina, presentando los mayores valores del ensayo.

Al considerar las 10 mejores resultados en la estimación de biomasa, la procedencia Mafil nuevamente presenta la mayor cantidad de familias, ubicando en este caso a 4 de sus progenies entre ellas. El listado se completa con 3 familias del ensayo de progenies en Retiro, 2 familias de Antiquina y una familia de Yumbel. El menor rendimiento en este estimador fue presentado por la familia MR-28 de Antiquina.

Los resultados obtenidos señalan una tendencia que se manifiesta en forma constante en el ensayo a los 33 meses de su instalación. Sin embargo, la alta variabilidad de la especie observada en terreno y su falta de domesticación se manifiesta claramente a través de las diferencias existentes entre familias y más aún, entre una misma procedencia. Ello señala la conveniencia de avanzar hacia el mejoramiento genético de la especie.

En términos de supervivencia, 5 familias presentan un 100% en esta variable y en total 22 familias presentan un valor mayor al 90%. Cabe agregar que de las familias ensayadas, un 94% (32) presenta una supervivencia del 80% o más.

Las 5 familias con un 100 de supervivencia corresponden a 2 progenies de la procedencia Antiquina, 1 de Yumbel, 1 una de Mafil, y 1 progenie proveniente de semilla comercial de Australia. El menor valor lo presentó la progenie MR-6 de Antiquina con un valor del 68% de supervivencia.

Al analizar el comportamiento de las familias empleando las 10 mejores para cada variable evaluada, se destacan 8 familias que coinciden con los mejores resultados (Cuadro N° 13).

Se destacan 4 familias de Mafil, 2 de Retiro, 1 de Yumbel y 1 de Antiquina. Estas progenies son las que han presentado el mejor comportamiento transcurridos 33 meses desde la instalación del ensayo.

Cuadro N° 13
MEJORES FAMILIAS A LOS 33 MESES DE EDAD

Código	Procedencia	Progenie
MR-52	Yumbel. Región del Bío Bío	Plus 1
MR-54	Mafil. Valdivia, Región de Los Ríos	Plus 6
MR-56	Retiro. Región del Maule	Plus 1
MR-26	Antiquina. Cañete, Región del Bío Bío	Árbol 6
MR-59	Retiro. Región del Maule	Plus 4
MR-31	Mafil. Valdivia, Región de Los Ríos	Plus 3
MR-32	Mafil. Valdivia, Región de Los Ríos	Plus 4
MR-30	Mafil. Valdivia, Región de Los Ríos	Plus 2

Otro aspecto interesante es que en general todas las procedencias incluidas en el ensayo realizan un aporte en árboles individuales registrándose una alta variación dentro de una misma familia o progenie.

Lo anterior indica claramente que podrían seleccionarse árboles individuales para conformar una segunda generación o bien una unidad de producción de semilla mejorada para avanzar hacia un programa de mejoramiento genético con la especie.

Este conjunto de antecedentes es importante además porque constituyen la primera información generada en la región de La Araucanía respecto de procedencias y progenies de esta especie.

Modelo de Regresión DAP-Altura

Con la información reunida se desarrolló un modelo juvenil de estimación de alturas en base al DAP.

Este modelo corresponde a:

$$H (m) = 2,35 + 0,71 * DAP (cm) \quad R^2 = 0,7$$

El desarrollo del modelo fue respaldado por un análisis de varianza que permitió definir una bondad de ajuste de $R^2 = 0,7$.

El modelo así puede ser utilizado en forma segura y en la Figura N° 10 se indica gráficamente la correspondencia entre los datos de campo y los estimados con el modelo juvenil DAP-Altura.

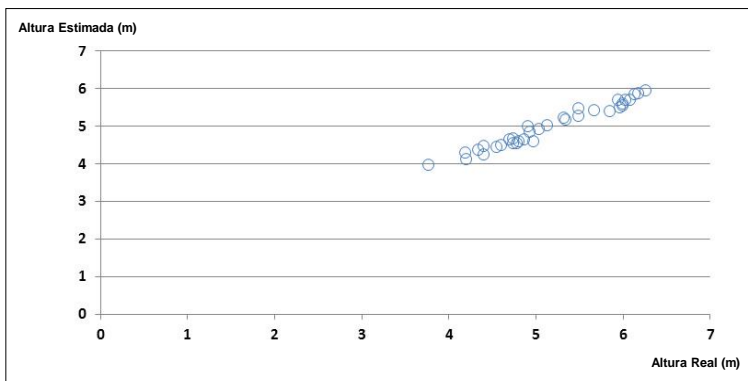


Figura N° 10
DATOS DE CAMPO Y DATOS ESTIMADOS PARA LA ALTURA

CONCLUSIONES

La sobrevivencia obtenida en el ensayo es en general mayor al 80%, con 22 de 34 familias presentando una valor superior al 90% y con 32 de las 34 familias presentando una supervivencia mayor al o igual al 80%, valores que se sitúan en lo esperado para este tipo de especies.

La mejor procedencia/progenie con diferencias significativas en las variables evaluadas respecto de las demás fue MR-52 de Yumbel, tanto en la medición de 2013 como en la de 2014.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las mejores 8 progenies a los 33 meses son:

MR-52	Yumbel. Región del Bío Bío
MR-54	Mafil. Valdivia, Región de Los Ríos
MR-56	Retiro. Región del Maule
MR-26	Antiquina. Cañete, Región del Bío Bío
MR-59	Retiro. Región del Maule
MR-31	Mafil. Valdivia, Región de Los Ríos
MR-32	Mafil. Valdivia, Región de Los Ríos
MR-30	Mafil. Valdivia, Región de Los Ríos

Las procedencias de Mafil, Antiquina, Retiro y Yumbel presentan los mejores resultados, los que deben ser también ser relacionados con las condiciones de suelo y clima presentes en el área del ensayo, de modo de poder hacerlos extensibles hacia sitios semejantes en la región.

Las diferencias detectadas entre procedencias y progenies a los 33 meses de instalado el ensayo, señala claramente la alta variabilidad de la especie y su falta de domesticación a nivel local, destacando que todas las procedencias utilizadas en el ensayo, realizan un aporte en árboles individuales.

Los valores para los árboles dentro de una misma familia o progenie tienen una alta variación, lo que indica claramente que podrían seleccionarse más adelante árboles individuales para conformar una segunda generación o bien una unidad de producción de semilla mejorada, lo que indica la necesidad de avanzar en programas de mejoramiento genético de la especie.

Los resultados presentados deben ser ratificados a través de evaluaciones posteriores, siendo aún no concluyentes.

Este conjunto de antecedentes es importante dado que es la primera información sobre la especie para la región de La Araucanía.

La definición de individuos o familias que pasarían a la segunda generación para avanzar hacia el mejoramiento genético deberá apoyarse con un análisis BLUP y esto requeriría esperar hasta al menos la mitad de la rotación estimada para la especie, que se estima en principio en 12 años. Muy probablemente será conveniente la incorporación de nuevos genotipos a través de una población de infusión de modo de aumentar la intensidad de selección.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece a Bosques Cautín SA su valioso apoyo y las facilidades otorgadas para la instalación y evaluación del ensayo.

REFERENCIAS

Correa, M.; Toloza, R.; Pereyra, L.; Silva, F. y Friedl, R., 2011. Resultados iniciales de un ensayo de acacia negra (*Acacia mearnsii* De Wild) en la provincia de Misiones. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM – EEA Montecarlo, INTA. El Dorado, Misiones, Argentina.

Higa, A. R.; Dedecek, R. A.; Dos Santos, A. F.; Stein, P. P. y Simon, A. A., 1998. Desarrollo de sistemas de producción para acacia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). Resumen.

INFOR, 1998. Incorporación de especies del género *Acacia* a la producción forestal chilena. Formulario de presentación proyecto FDI. INFOR-CORFO. Santiago 150 p.

INFOR, 1999. Incorporación de especies del género *Acacia* a la producción forestal chilena. Informe de avance. INFOR - CORFO. Concepción. 126 p.

Kannegiesser, U., 1990. Apuntes sobre algunas acacias australianas: 1. *Acacia mearnsii* De Willd. Ciencia e Investigación Forestal, 4 (2):198-212.

Pinilla, J. C., 2000. Descripción y antecedentes básicos sobre *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* y *A. mearnsii*. Informe Técnico N°147. INFOR-CORFO. 49p.

Pinilla, J. C.; Molina M. P. y Gutiérrez, B., 2004. Acacia en el Desarrollo Forestal Productivo de Chile: Avances de Investigación. En: Actas Seminario Diversificación Forestal: Nuevas opciones, nuevos productos, nuevos mercados. INFOR. Villarrica, Chile. 13-15 Octubre 2004

Pinilla, J. C.; Molina, M. P.; Hernández, G.; Barros, S.; Ortiz, O. y Navarrete, M., 2011. Avances de la investigación con especies del género *Acacia* en Chile. Informe Técnico N°179. Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Chile.

Pinilla S., J. C.; Navarrete, M., 2013. Antecedentes del crecimiento de *Acacia mearnsii* de Wild según distintas densidades iniciales para dos sitios en la región del Biobío [artículos de revistas]. 2013, Ago.. Publicado en: Ciencia e Investigación Forestal, CIFOR, v.19:n2, Pág.: 71-92

Searle, S. D., 2000. Black Wattle (*Acacia mearnsii*) for farm forestry. Department of Natural Resource and Environment. Victoria. 18p.

Turnbull, J. W., 1986. Multipurpose Australian trees and shrubs. Lesser known species for fuelwood and agroforestry: ACIAR Monograph Num. 1, 316 p.

**ANEXO
RESULTADOS PRIMERA (2013) Y SEGUNDA (2014) EVALUACIÓN**

**Cuadro N° 1
DIÁMETROS POR PROGENIE EVALUACIONES 2013 Y 2014**

Progenies	DAP	
	2013	2014
	(cm)	
2	2,68	4,39
6	1,51	2,66
7	1,69	2,97
8	1,92	3,22
9	2,11	3,52
10	1,86	3,16
11	1,43	2,51
14	1,57	2,85
15	1,91	3,26
16	1,76	3,03
18	1,76	3,10
22	1,85	3,18
26	2,91	4,70
27	1,78	3,10
28	1,16	2,29
30	2,79	4,44
31	2,85	4,56
32	2,72	4,52
37	2,11	3,63
40	1,43	2,75
41	1,63	2,98
42	1,84	3,24
43	2,38	4,06
45	2,07	3,73
46	2,11	3,75
49	2,38	4,12
51	2,53	4,29
52	3,20	4,98
53	2,34	3,97
54	3,06	5,07
56	2,88	4,93
59	2,82	4,73
60	2,94	4,73
65	2,63	4,33

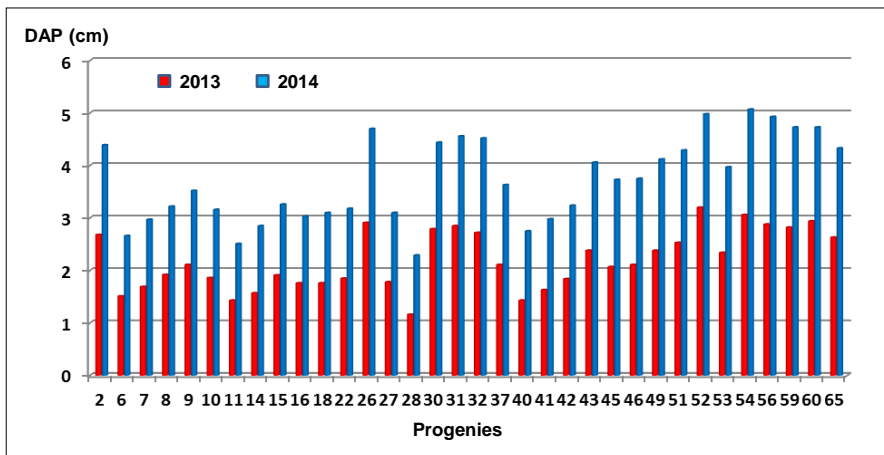


Figura N° 1
DIÁMETROS POR PROGENIE EVALUACIONES 2013 Y 2014

Cuadro N° 2
ALTURAS POR PROGENIE EVALUACIONES 2013 Y 2014

Progenies	Altura	
	2013	3014
	(m)	
2	4,00	5,49
6	2,98	4,40
7	3,30	4,55
8	3,37	4,69
9	3,31	4,92
10	3,56	4,97
11	2,99	4,20
14	3,19	4,33
15	3,50	4,74
16	3,39	4,60
18	3,33	4,73
22	3,41	4,80
26	4,44	6,02
27	3,44	4,78
28	2,69	3,76
30	4,27	5,96
31	4,20	5,99
32	4,17	5,99
37	3,50	5,03
40	3,00	4,19
41	3,04	4,40
42	3,37	4,86
43	3,74	5,32
45	3,59	4,90
46	3,71	5,13
49	3,78	5,49
51	4,10	5,84
52	4,52	6,17
53	3,77	5,34
54	4,40	6,26
56	4,30	6,13
59	4,40	6,08
60	4,43	5,94
65	4,03	5,66

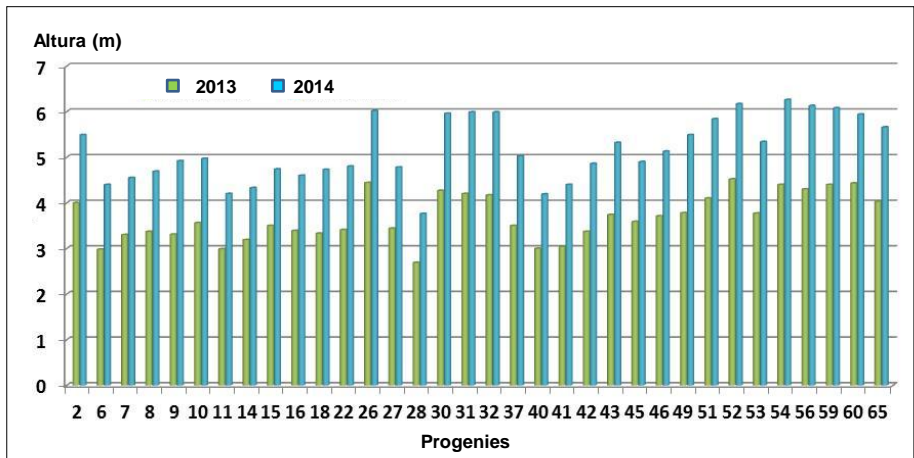


Figura N° 2
ALTURAS POR PROGENIE EVALUACIONES 2013 Y 2014

Cuadro N° 3
BIOMASA POR PROGENIE EVALUACIONES 2013 Y 2014

Progenies	Indicador Biomasa (D ² H)	
	2013	2014
	(cm ³)	
28	5,73	23,50
11	7,56	28,66
6	7,76	36,65
40	8,01	36,95
14	10,25	39,36
7	10,97	44,28
16	12,95	48,34
41	11,08	49,72
27	13,60	52,08
18	14,40	53,96
22	14,13	54,51
8	14,34	54,62
15	14,39	54,87
10	15,03	59,28
42	16,38	63,04
9	16,57	66,16
37	19,65	75,20
46	18,90	79,18
45	20,25	79,37
53	23,93	91,98
43	25,58	93,82
49	24,09	101,68
51	28,29	114,76
65	33,28	117,90
2	33,98	120,10
30	38,31	128,29
31	38,06	130,65
32	35,87	133,80
59	40,72	152,74
60	46,96	153,8
26	48,58	157,73
56	42,82	168,65
54	49,1	178,41
52	52,04	180,59

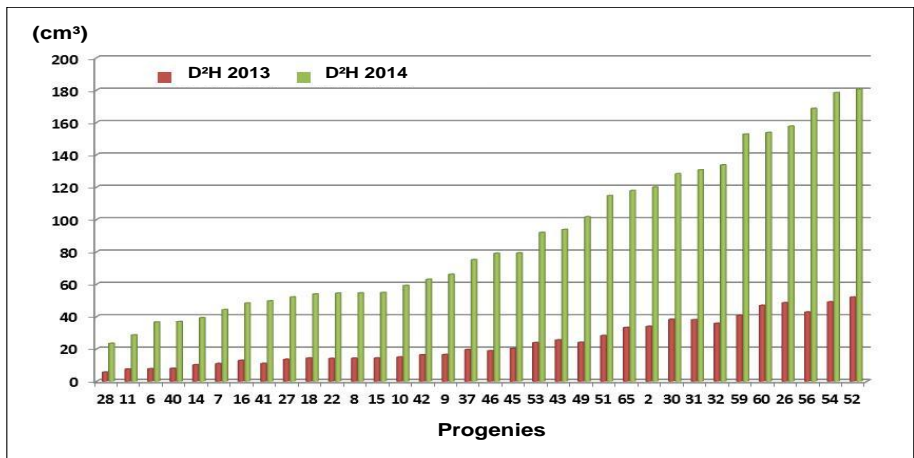


Figura N° 3
 BIOMASA POR PROGENIE EVALUACIONES 2013 Y 2014

Cuadro N° 4
SUPERVIVENCIA POR PROGENIE EVALUACIONES 2013 Y 2014

Progenies	Supervivencia	
	2013	2014
	(%)	
6	68	68
8	72	72
43	80	80
53	80	80
28	84	84
40	84	84
45	84	84
49	84	84
60	84	84
15	88	88
37	88	88
59	88	88
2	92	92
9	92	92
11	92	92
16	92	92
18	92	92
30	92	92
31	92	92
32	92	92
41	92	92
42	92	92
65	92	92
7	96	96
10	96	96
14	96	96
52	92	92
56	92	92
27	98	98
22	100	100
26	100	100
46	100	100
51	100	100
54	100	100

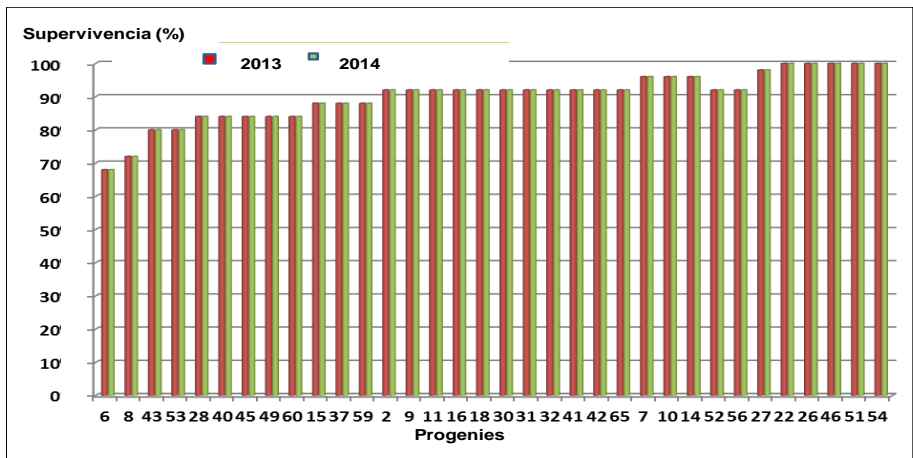


Figura N° 4
 SUPERVIVENCIA POR PROGENIE EVALUACIONES 2013 Y 2014

RESUMEN

En el presente trabajo se sintetiza información relacionada con la conservación *ex situ* de recursos genéticos forestales. Se describen los procedimientos generales para el almacenamiento de colecciones de germoplasma (semillas, polen y propágulos vegetativos), particularmente para la mantención de bancos *in vitro*. Se describe el banco de conservación de germoplasma *in vitro* del Instituto Forestal (INFOR) y se detallan las estrategias y procedimientos empleados en su mantención. Finalmente, como antecedentes complementarios, se describen y comentan otras formas de conservación *ex situ*, particularmente los bancos de ADN y las colecciones conservadas en campo.

Palabras clave: Conservación *ex situ*, bancos de conservación, germoplasma *in vitro*

SUMMARY

Information about *ex situ* conservation of forest genetic resources is summarized. The general procedures for storage of collections of germplasm (seeds, pollen and vegetative propagules), particularly to the maintenance of *in vitro* banks are described. The Instituto Forestal's *in vitro* germplasm conservation bank is described, and also the strategies and procedures used in the maintenance of this bank are described too. Finally, as supplementary information, other forms of *ex situ* conservation, particularly DNA banks and the field collections, are described and discussed.

Keywords: *Ex situ* conservation, conservation banks, *in vitro* germplasm

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de conservación *ex situ*, entendidos como la mantención de los organismos o germoplasma de los mismos fuera de su hábitat natural, surgen como una medida complementaria a los mecanismos de conservación *in situ*, y buscan el resguardo de los recursos genéticos fundamentalmente a través de operaciones de almacenamiento y propagación de colecciones de germoplasma representativas de la variabilidad que se desea preservar. El almacenamiento se lleva a cabo mediante el mantenimiento de colecciones de plantas y germoplasma. En el caso de las plantas estas se conservan en colecciones de campo y jardines botánicos, mientras que el germoplasma se mantiene en bancos de semillas, de polen, bancos *in vitro*, bancos de genes o de ADN (Seguel, 2001). Respecto de este último, si bien la biotecnología permite el aislamiento, secuenciación y transferencia de genes, en la actualidad continúa siendo lo más frecuente el hecho que los genes no se conservan individualmente, sino que formando parte de los organismos, partes de estos o del germoplasma que los contiene.

El objetivo de esta y otras formas de almacenamiento *ex situ* es garantizar la viabilidad y la información del material almacenado, permitiendo de esta forma que se disponga de un efectivo resguardo del germoplasma obtenido en las campañas de muestreo y recolección de las muestras representativas de la variabilidad genética de las especies y poblaciones que se hayan definido

como prioritarias de conservar. Estas colecciones, adecuadamente almacenadas y administradas, permitirán, además de conservar los recursos genéticos, mejorar el conocimiento de las características anatómicas, fisiológicas y bioquímicas del material almacenado, y proporcionar propágulos para su utilización en programas educativos, de investigación, de mejora genética, y de restauración entre otros.

En tal contexto, en el presente trabajo se abordan los elementos esenciales relacionados con el almacenamiento de colecciones de germoplasma para la conservación *ex situ* de recursos genéticos forestales, entre ellos la mantención de bancos *in vitro*, detallándose para estos últimos las estrategias y procedimientos empleados por INFOR para el almacenamiento de germoplasma forestal en su banco de conservación *in vitro*.

CONSERVACIÓN DE GERMOPLASMA

En forma tradicional los bancos de conservación de germoplasma *ex situ* se han materializado fundamentalmente como bancos de semillas, no obstante su utilidad se ve severamente limitada como consecuencia de la existencia de semillas no ortodoxas o recalcitrantes que pierden rápidamente su viabilidad y por lo tanto no son almacenables (FAO *et al.*, 2007). En tales casos, así como para especies involucradas en sistemas de producción intensiva, que poseen programas de mejoramiento genético o alto valor de conservación, se considera además de las semillas el almacenamiento y mantención de otras formas de germoplasma, como explantes *in vitro*, polen u otros.

También son sistemas de conservación *ex situ* aquellos que involucran al ADN y a colecciones de plantas establecidas en terreno. En rigor, en estos dos últimos casos no se trata de germoplasma, por cuanto este concepto hace referencia a "partes de plantas con capacidad para regenerar individuos completos". En el caso de los bancos de ADN se almacenan información genética y no germoplasma propiamente tal, de modo que como se verá en la sección correspondiente, no es fácil regenerar plantas completas a partir de muestras de ADN; por su parte, en el caso de las colecciones en campo, lo que se conserva son individuos vivos, completos y no partes (o germoplasma) de los mismos, aunque evidentemente también pueden constituir fuentes de germoplasma para generar plantas completas.

Bancos de Semillas

Para fines de conservación las semillas se clasifican en ortodoxas y recalcitrantes. Las primeras conservan su viabilidad después de deshidratarse, pudiendo reducirse su contenido de humedad hasta menos de 4 y germinar sin problemas después de rehidratarse; por lo mismo constituyen el material idóneo para almacenamiento de largo plazo en bancos de conservación. Por el contrario, las semillas recalcitrantes no toleran una deshidratación significativa respecto al contenido de humedad presente en el momento de la diseminación (generalmente entre el 30 y 50), de modo que no pueden ser objeto de conservación como tales en bancos de semillas.

La extensión del periodo de almacenamiento de las semillas ortodoxas aumenta al disminuir la temperatura y el contenido de humedad, siendo el bajo contenido de humedad en la semilla el parámetro clave entre los que influyen sobre el éxito del proceso (Bacchetta *et al.*, 2008).

Atendiendo al efecto relevante del contenido de humedad en la conservación de semillas ortodoxas, los envases que se utilicen para este fin deben ser absolutamente herméticos, en el sentido de no permitir el paso de vapor de agua a su interior. Debe tenerse en cuenta que la humedad relativa en una cámara fría suele ser muy alta y que las semillas secas son fuertemente higroscópicas, de modo que si el envase no es suficientemente hermético a la larga la humedad de la semilla tenderá a equilibrarse con la humedad ambiental exterior, perdiéndose así la posibilidad de conservar su viabilidad en el largo plazo.

Tradicionalmente, el proceso de conservación de semillas ortodoxas en bancos de semillas consiste en secarlas hasta contenidos de humedad del 5 al 7, depositarlas en envases herméticos y posteriormente disponerlas en cámaras de baja temperatura. Si bien un contenido de humedad de 4-5 puede bastar para la conservación efectiva, estas no se ven afectadas si se les sigue secando hasta un 1-3. Aun así, el uso de semilla ultradesecada, es decir con contenidos de humedad de entre 1 y 3, es una práctica poco difundida.

El uso de bajas temperaturas es una recomendación generalizada para la conservación de semillas a largo plazo, sugiriéndose normalmente valores de -18°C o inferiores. Sin embargo, parece ser que el contenido de humedad de las semillas, más que la temperatura de almacenamiento de las mismas, determina en mejor forma el éxito de la conservación. Así, semillas ultradesecadas y mantenidas a temperatura ambiente por 10 a 40 años, han mostrado un comportamiento mejor, o al menos no distinto, respecto a otras con mayor contenido de humedad, pero almacenadas en cámara fría. Aun así, se reconoce que la baja temperatura contribuye al éxito de la conservación, por lo que no es recomendable prescindir de ella. Sin embargo, temperaturas moderadamente bajas, entre -5°C y 5°C , pueden ser más que suficientes para las semillas bien deshidratadas, ahorrándose con ello enormes cantidades de energía (Bacchetta *et al.*, 2008).

El control de la humedad dentro de los envases usando gel de sílice resulta particularmente práctico, por cuanto permite alcanzar un mayor nivel de secado, permitiendo además un traslado rápido del material a otras cámaras, en caso de mudanza o problemas técnicos. La ultradesecación con gel de sílice se consigue fácilmente poniendo las muestras en un envase cerrado en presencia de gel deshidratado y sustituyendo el gel por otro seco cada vez que cambie de color. Esto permite alcanzar contenidos de humedad en las semillas de entre 1 y 3, y se mantendrán en equilibrio con el gel indefinidamente, en la medida que los envases permanezcan herméticos.

Bancos de Polen

El almacenamiento de polen es en cierta forma similar al de semillas ortodoxas, por cuanto puede secarse hasta contenido de humedad cercanos al 5 y conservarse a temperaturas inferiores a 0°C . Sin embargo, al igual que en las semillas, hay especies que producen polen recalcitrante que no admite almacenamiento de largo plazo (Wang y Beardmore, 2004). Además, a diferencia de las semillas, el polen tiene una vida relativamente corta y sus ensayos de viabilidad son comparativamente más complejos que los de las semillas. Por estas y otras razones, el almacenamiento de polen ha sido escasamente utilizado en la conservación de germoplasma (Theilade *et al.*, 2007a).

En líneas generales, el polen se debe almacenar en pequeños recipientes individuales, así se puede utilizar la cantidad necesaria sin interferir en el estado de conservación de todo el lote. Respecto a las formas de almacenamiento Bacchetta *et al.* (2008) reconocen las siguientes:

- Conservación a bajas temperaturas y baja humedad relativa: Es el método más utilizado debido a su simpleza, pero solo permite conservar polen en forma segura por algunos meses. Para este efecto el polen se deposita en pequeños contenedores, como tubos eppendorf, los que se depositan dentro de un desecador que se maneja a temperaturas de -20 a $+4^{\circ}\text{C}$, con una humedad relativa inferior a 10. Para asegurar estas condiciones se coloca gel de sílice en el desecador, a la vez que este se ubica dentro de un frigorífico o de un congelador.
- Conservación a bajas temperaturas al vacío: Este método involucra la congelación del polen hasta -60 a -80°C y la extracción gradual, aunque no completa, del agua por sublimación. Después de este tratamiento el polen se conserva a temperaturas algo inferiores a 0°C , permitiendo así conservar su viabilidad durante algunos años.

- Crioconservación: En este método se hace descender el contenido de agua del polen hasta un determinado umbral y después se sumerge y conserva en nitrógeno líquido. Es un procedimiento adoptado especialmente en los últimos años y que permite una correcta conservación a largo plazo.
- Conservación en disolventes orgánicos: Involucra la deshidratación del polen y su posterior almacenamiento en disolventes como acetona, benceno, éter de petróleo, xileno o tolueno, entre otros. No es un procedimiento de uso muy difundido y ha sido probado en pocas especies. Sus ventajas son que evita la necesidad de mantener una humedad relativa específica, además permite que el polen pueda ser transportado de un lugar a otro sin necesidad de mantenerlo a baja temperatura.

Independientemente del método de conservación utilizado, el paso del polen desde las condiciones de almacenamiento a las condiciones ambientales o de laboratorio resulta crítico. Si ha sido conservado a bajas temperaturas, la descongelación y rehidratación debe hacerse lenta y gradualmente. Este último proceso se puede realizar colocando el polen en una superficie plana al interior de un recipiente con elevada humedad relativa, la que puede lograrse disponiendo dentro del recipiente trozos de papel filtro embebidos en agua, pero sin contacto físico con el polen. Antes de utilizar el polen conservado, es aconsejable verificar su viabilidad.

Bancos de Germoplasma *In Vitro*

Además de una técnica de producción vegetativa de plantas, el cultivo *in vitro* constituye una estrategia de conservación de germoplasma vegetal, que puede ser de utilidad para aquellas especies que poseen semillas recalcitrantes, que son de alto valor de conservación o que por alguna razón no pueden conservarse usando métodos convencionales. En este caso la conservación *in vitro* de explantes vegetativos viables y capaces de regenerar plantas completas permite mantener un respaldo de material genético de interés por considerables periodos de tiempo.

Todos los métodos de propagación y cultivo *in vitro* se basan en la totipotencialidad de las células, lo que les permite la regeneración de una planta completa, a partir de células individuales, o grupo de células contenidas en tejidos u órganos.

El cultivo *in vitro* puede realizarse mediante organogénesis somática y embriogénesis somática. La primera puede generar plantas a partir de un determinado propágulo, o explante inicial, usando medios enriquecidos con citoquininas para favorecer la multiplicación y elongación de brotes axilares o adventicios, los que posteriormente son estimulados a enraizar en otro medio suplementado con auxinas (Sabja, 1998; Ortíz, 2013).

En el caso de la embriogénesis se induce la formación de embrioides a partir de la desdiferenciación de un explante inicial, normalmente semillas en distintos grados de maduración, para formar estructuras equivalentes a embriones cigóticos, que son capaces de germinar y generar plantas completas (Ahuja, 1983; Ortiz, 2013).

Mientras el germoplasma *in vitro* se mantenga activo (en crecimiento) es necesario subcultivarlo sistemáticamente a medios frescos, de lo contrario experimenta senescencia y muere. Por otra parte, asociado al permanente subcultivo pueden producirse fenómenos de variación somaclonal, que alteran la genética del material conservado. Para evitar la incidencia de este efecto se debe minimizar el número de reproducciones de los explantes conservados, idealmente inhibir totalmente su crecimiento como ocurre al criopreservarlos.

Los cultivos *in vitro* y sus propágulos pueden almacenarse por períodos cortos, medianos y largos. Durante un almacenamiento de corto plazo se promueve el crecimiento de los cultivos *in vitro*, en tanto que en el almacenamiento por plazos medianos y largos se busca reducir fuertemente el crecimiento o incluso inhibirlo (Wang y Beardmore, 2004).

- **Conservación *In Vitro* de Corto Plazo**

El almacenamiento de corto plazo es de utilidad para mantener explantes activos mediante el subcultivo regular de los tejidos en medios frescos. Este método es práctico para multiplicar germoplasma, pero no es apropiado para fines de conservación *ex situ* de largo plazo, por cuanto conlleva el permanente peligro de contaminación de los cultivos, fallas de equipo, elevados costos de almacenamiento y trabajo intensivo. Adicionalmente el permanente subcultivo incrementa el riesgo de variación somaclonal.

- **Conservación *In Vitro* de Mediano Plazo**

Los cultivos *in vitro* pueden almacenarse por plazos de mediana duración minimizando el crecimiento del tejido y por consiguiente reduciendo la frecuencia de los subcultivos. La reducción del crecimiento del germoplasma *in vitro* puede conseguirse por métodos variados, entre ellos, reduciendo la temperatura, la concentración de oxígeno o la intensidad de la luz. También puede manejarse la composición de los medios (concentración de nutrientes, reguladores de crecimiento y otros) de forma tal que minimicen el crecimiento. Al respecto, altos contenidos de sacarosa y manitol han demostrado minimizar el crecimiento de los cultivos *in vitro*, sin embargo pueden conducir también a una reducción en la viabilidad del cultivo. Por otra parte, la adición de inhibidores como el ácido abscísico también pueden reducir el crecimiento e inducir latencia en el tejido, aunque en estos casos también suele ocurrir que los cultivos que han crecido por algún periodo en presencia de inhibidores, posteriormente experimentan dificultades para su regeneración (Wang y Beardmore, 2004).

- **Conservación *In Vitro* de Largo Plazo (Criopreservación)**

La criopreservación o almacenamiento en nitrógeno líquido (-196°C) es un método apropiado para el almacenamiento a largo plazo de germoplasma vegetal, permitiendo en teoría conservarlo indefinidamente. En combinación con el cultivo *in vitro*, la criopreservación representa con frecuencia la única opción segura y rentable para el almacenamiento de especies no ortodoxas (Theilade *et al.*, 2007a).

El polen y las semillas ortodoxas con bajos contenidos de humedad son capaces de sobrevivir a la criopreservación. Por el contrario, los explantes de germoplasma *in vitro* debido a sus altos contenidos de humedad y a su incompatibilidad con la desecación no resultan, en primera instancia, adecuados para criopreservarlos. En estos casos, la criopreservación de explantes *in vitro* requiere de la aplicación de pretratamientos que acondicionen el material para permitirle sobrevivir al congelamiento y mantener su viabilidad después del descongelamiento (Wang y Beardmore, 2004).

En efecto, la tolerancia del tejido a la criopreservación puede incrementarse por métodos que disminuyen el contenido de agua del tejido, minimizando así la incidencia de formación de hielo intracelular. En el caso de los cultivos *in vitro*, al ser intolerantes a la desecación, deben someterse a la infusión de sustancias crioprotectoras, las que alteran la permeabilidad de la membrana celular, el punto de congelamiento y la respuesta del tejido al congelamiento. Según González y Engelmann (2013) la utilización exógena de estas sustancias clasificadas como crioprotectoras puede tener lugar mediante su adición a los medios de cultivo *in vitro*, o realizando tratamientos con soluciones que las contengan, con lo cual se propicia la penetración de algunos de ellos a las células y, a su vez, se contribuye a regular el equilibrio osmótico, a incrementar la viscosidad y a reemplazar las moléculas de agua eliminadas por la deshidratación. De esta forma se ejerce un efecto protector celular, que disminuye el punto de congelación y que puede inducir la ocurrencia de la vitrificación, es decir de una condición en que el agua interna de las células adquiere una alta viscosidad que la asimila al estado sólido de un cristal amorfo, condición en la que no puede congelarse, por lo tanto no se produce cristalización de hielo que dañe los tejidos.

Los crioprotectores más usados en esta materia son el dimetil-sulfóxido (DMSO), glicerol, sorbitol o polietilen-glicol. El DMSO altera la permeabilidad de la membrana celular, permitiendo que otros crioprotectores también puedan minimizar el daño debido a la formación de hielo intracelular, protegiendo a las membranas celulares del daño por formación de hielo.

CONSERVACIÓN *IN VITRO* EN BANCO DE GERMOPLASMA INFOR

El Instituto Forestal dispone de un banco activo de conservación de germoplasma forestal *in vitro*, el que funciona en las dependencias de su laboratorio de micropropagación, en la sede Bío Bío de este Instituto. El complejo laboratorio-banco se implementó en respuesta a las necesidades de conservar y multiplicar material genético selecto obtenido o identificado en diversos programas de mejoramiento genético de especies nativas y exóticas ejecutados por INFOR. En su actual modalidad de funcionamiento, el banco permite efectuar conservación *in vitro* de germoplasma forestal a corto y mediano plazo.

Las instalaciones, administradas por el grupo de Conservación y Mejoramiento Genético de INFOR, comprenden una superficie de 71 m², dividida en cuatro áreas de trabajo especialmente diseñadas y equipadas para el adecuado desarrollo de las actividades asociadas al mantenimiento *in vitro* de la colección del Banco de Germoplasma. Las cuatro áreas corresponden a:

- Área recepción de material y lavado: En esta sala se recibe, lava y desinfecta el material vegetal recolectado en terreno, para su posterior utilización en el cultivo *in vitro*. La estructura tiene un acceso independiente y se encuentra aislada para prevenir el ingreso de agentes contaminantes a las restantes instalaciones.
- Laboratorio central: En esta sección se preparan, esterilizan y almacenan los medios nutritivos que serán utilizados en el cultivo *in vitro*. El equipamiento de esta sala es el habitual en un laboratorio de cultivo de tejidos, donde se incluyen autoclave, destilador de agua, hornos de secado, balanzas pH-metros, agitadores y todo el complemento de insumos, reactivos y accesorios asociados a esta labor.
- Sala de establecimiento o cultivo: Es una sala de acceso restringido y aislada, cuenta con dos cámaras de flujo laminar equipadas con esterilizadores eléctricos, para el cultivo y manipulación aséptica del material *in vitro*. En esta área se realiza el establecimiento de los cultivos y los subcultivos de los mismos para su conservación.
- Salas de crecimiento y conservación: El laboratorio cuenta con dos salas de incubación con controles independientes de temperatura y fotoperiodo. Las salas tienen una superficie de 24 m², y se encuentran equipadas con repisas iluminadas que permiten maximizar su capacidad de almacenamiento.

Colecciones Conservadas

Actualmente en el banco de conservación *in vitro* se mantiene germoplasma viable de 86 árboles selectos, pertenecientes a dos especies nativas (*Nothofagus alpina* y *N. pumilio*) y cuatro especies exóticas (*Acacia melanoxylon*, *Castanea sativa*, *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus globulus*). En todos los casos se trata de árboles de características superiores identificados en los programas de mejoramiento genético de INFOR, en función de atributos de propósito general como crecimiento, rectitud, forma del fuste y sanidad; en algunos especies también se han aplicado criterios de resistencia a estreses abióticos, como tolerancia al déficit hídrico. En la mayoría de los casos se trata de selecciones masales de mediana a alta intensidad, que conllevan importantes diferenciales de selección y ganancias genéticas esperadas.

En general el material conservado en el banco corresponde a individuos de interés para

la producción maderera. En situaciones como las de raulí, se trata de un ideal de árbol, escaso en los bosques naturales, debido a que ha sido preferencialmente cosechado en las intervenciones de floreo que fueron tradicionales en el país. Por lo mismo, es posible afirmar que el Banco de Germoplasma constituye uno de los últimos reservorios del material genético más valioso de esta especie.

En términos generales el material conservado en el banco de germoplasma *in vitro* de INFOR corresponde al siguiente:

- Raulí: El material vegetal representado en el banco corresponde a 39 árboles plus adultos, de *Nothofagus alpina* (raulí) con edades que fluctúan entre 40 y 100 años, los cuales fueron seleccionados en rodales naturales, en función de su manifiesta superioridad en atributos de crecimiento y forma, lo que los constituye en individuos especialmente deseables para el establecimiento de plantaciones con fines de producción maderera. Los árboles seleccionados se encuentran localizados en toda el área de distribución natural de la especie, que abarca desde los 35° hasta los 41° de latitud Sur.
- Lenga: Los árboles conservados en el banco corresponden a 5 individuos juveniles seleccionados en un ensayo de progenies establecido en la Reserva Forestal Coyhaique. En este caso la selección se basó en la evaluación genética cuantitativa del ensayo, utilizando un índice de selección para la variable altura. A su vez el ensayo donde se efectuó la selección representa a las progenies de polinización abierta de árboles adultos seleccionados en bosques naturales de tres procedencias de lenga en la región de Aysén.
- Castaño: En el banco se presentan explantes de cinco individuos de *Castanea sativa* (castaño), seleccionados en plantaciones forestales adultas de entre 40 y 60 años de edad, ubicadas entre las regiones del Bío Bío y Los Lagos. Los individuos representados corresponden a árboles plus que exhibían crecimientos superiores a la media de sus rodales, así como excelentes atributos de sanidad y forma de fuste. En todos los casos se trata de plantaciones establecidas y manejadas con fines forestales y no de plantaciones frutales.
- *Eucalyptus globulus*: En el banco se conserva germoplasma *in vitro* de un total de 24 árboles plus de *Eucalyptus globulus*. La mayoría de ellos fueron seleccionados en plantaciones establecidas en condiciones de secano desde la región de Bío Bío al norte y corresponden a individuos que exhibían características superiores de volumen y forma en ambientes en que las limitaciones hídricas restringen el crecimiento de la especie. Adicionalmente se incluyen individuos de sobresalientes características productivas identificados en las evaluaciones genéticas de los ensayos de procedencias y progenies australianas que constituyen las poblaciones bases del programa de mejoramiento genético para eucaliptos desarrollado por el Instituto Forestal
- *Eucalyptus camaldulensis*: El banco conserva material genético (explantes *in vitro*) de nueve árboles plus de *Eucalyptus camaldulensis* seleccionados por su capacidad para exhibir superioridad productiva en terrenos con limitaciones hídricas en las regiones de Valparaíso y Metropolitana.
- *Acacia melanoxydon*: El banco conserva germoplasma *in vitro* de 4 árboles plus adultos de *Acacia melanoxydon*, seleccionados en función de su superioridad en volumen y forma de fuste en rodales prospectados entre las regiones de Bío Bío y Los Lagos.



Izquierda a Derecha: Raulí (*Nothofagus alpina*), lenga (*Nothofagus pumilio*), castaño (*Castanea sativa*), *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus globulus* y aroma australiano (*Acacia melanoxylon*)

Figura N° 1
ESPECIES FORESTALES CONSERVADAS EN BANCO DE GERMOPLASMA *IN VITRO* DE INFOR

Procedimientos y Labores de Mantenimiento del Banco

El establecimiento de germoplasma *in vitro* y la posterior mantención de las colecciones almacenadas en el banco demandan una serie de actividades que permiten mantener viable y reactivo el material durante su conservación. Las principales de ellas se describen a continuación.

- Introducción de Germoplasma

La introducción del material vegetal para el inicio del proceso de conservación se hace a través de técnicas de micropropagación, particularmente organogénesis somática. Para este efecto se utilizan como explantes iniciales brotes epicórmicos en el caso de las especie *E. globulus* y *A. melanoxylon*; yemas latentes, inducidas a brotar en laboratorio bajo condiciones controladas de temperatura y humedad en raulí, lenga y castaño, esto último según procedimiento desarrollado por Vieitez *et al.* (1986), Sánchez y Vieitez (1991), Sánchez *et al.* (1997a) y Sánchez *et al.* (1997 b), y segmentos nodales provenientes de terreno en el caso de *E. camaldulensis*.

Cada especie del Banco contiene un protocolo específico de cultivo, cuya secuencia va desde la desinfección del material a propagar hasta el establecimiento y la multiplicación. Adicionalmente, para producir plantas se agregan las fases de elongación, enraizamiento y aclimatación.

Los medios nutritivos empleados dependen de la especie y en algunos casos del tipo de clon, y fueron desarrollados y definidos durante la ejecución de proyectos de I+D relacionados con la multiplicación clonal de árboles plus (Sabja *et al.*, 2005; Delard *et al.*, 2007; Ortiz *et al.*, 2006; Gutiérrez *et al.*, 2005; Ortiz y Koch, 2010).

Los medios utilizados para cada especie son:

-Lenga: Medio nutritivo base BTM, suplementado con 20g/L de sacarosa, 7g/L de agar, 0,22mg/L de BAP, 0,002mg/L de ANA, 250mg/L de caseína hidrolizada y 20mg/L de putrescina.

-Raulí y castaño: Medio nutritivo base BTM adicionado con 0,125mg/L de BAP, 20g/L de sacarosa y 7g/L de agar.

-*E. globulus*, *E. camaldulensis* y *A. melanoxylon*: Medio nutritivo identificado por Oller *et al.* (2004), el cual se compone de las sales minerales del medio MS (Murashige y Skoog,

1962), complementado con 0,1 mg/L de tiamina, 0,1 mg/L de piridoxina, 0,5 mg/L de ácido nicotínico, 100 mg/L de m-inositol, 7 g/L de agar, 20g/L de sacarosa, 0,22mg/L de BAP y 0,001 mg/L de ANA.

En la Figura N° 2 se muestra el proceso de introducción de germoplasma de la especie *E. globulus*.



a) Selección de árboles plus, b) Proceso de inducción de brotes en laboratorio para obtención de los explantes (brotes epicórmicos), c) Selección y siembra de los explantes en medio de cultivo, d) Multiplicación de brotes y e) conservación del germoplasma en sala de crecimiento.

Figura N° 2
INTRODUCCIÓN DE GERMOPLASMA DE *Eucalyptus globulus*

- **Conservación *In Vitro***

El método de conservación *in vitro* utilizado en el banco de germoplasma forestal de Infor se basa en el empleo de técnicas de crecimiento retardado, donde la conservación *in vitro* se realiza manteniendo los explantes confinados en frascos de vidrio, que contienen un medio aséptico y sustancias nutritivas adecuadas para la generación de brotes axilares sostenida en el tiempo.

Los explantes son cultivados en frascos de 500cc de volumen, que contienen 200ml de medio nutritivo aséptico adicionado con hormonas del tipo citocininas y, dependiendo de la especie, también con auxinas, ambas en concentraciones muy bajas, pero suficientes para permitir la formación de nuevos brotes. El medio nutritivo es renovado cada 60 días. El pH de los medios nutritivos es ajustado en $5,7 \pm 0,05$, antes de su esterilización en autoclave a 121°C y $0,1\text{MPa}$, durante 20 minutos.

La colección de germoplasma, se mantiene en una sala de incubación con temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y fotoperíodo de 16 horas luz (800 a 1330 lux) y 8 horas de oscuridad (Figura N° 3).



Figura N° 3
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DE LAS COLECCIONES
DEL BANCO DE GERMOPLASMA *IN VITRO* DE INFOR

El principal riesgo asociado a la mantención del Banco de Germoplasma es el de contaminación externa, que inevitablemente puede ocurrir en algún porcentaje, pero que puede ser minimizada a través de la organización y ejecución de procedimientos adecuados de cultivo. Con el objetivo de minimizar el riesgo de pérdida de clones por efecto de la contaminación externa durante la ejecución de las actividades de repique a medio fresco se toman las siguientes precauciones:

- Cada clon cuenta con un mínimo de 6 réplicas, dispuestas en distintos frascos.
- Los clones son ordenados en grupos, de manera que cada uno de ellos cuenta al menos con una réplica de cada clon.
- Los subcultivos de cada grupo se realizan en días separados.
- Existe un permanente seguimiento y monitoreo del programa de subcultivo.

El éxito de la conservación *in vitro* radica en las labores cotidianas que se llevan a cabo para su buen funcionamiento. Una de las labores principales es la supervisión de las condiciones físicas de la sala de incubación (temperatura, luz, humedad, asepsia), como también revisar el estado fisiológico y fitosanitario del material vegetal que se está conservando.

- Temperatura: En la sala de conservación se ubica un termómetro e higrómetro que permite monitorear día y noche la temperatura y humedad relativa de la sala según lo establecido para mantener tasas de crecimiento reducido.

-Iluminación: Una adecuada intensidad lumínica depende del buen funcionamiento de las lámparas fluorescentes que permiten el crecimiento de los cultivos. Las lámparas dañadas deben ser reemplazadas oportunamente. En relación al fotoperiodo es controlado con un reloj *timer*.

-Asepsia: La evaluación de presencia de contaminación bacteriana o fúngica se realiza mediante inspección visual. En la eventualidad de detectarse material contaminado, este se elimina inmediatamente, registrándose el descuento y la causa. También se restringe el acceso de personal a la sala de cultivo y a las cámaras de incubación.

-Cultivo: Los cultivos deben mantenerse con hojas y tallos verdes y deben renovarse si presenta zona necrótica. Hay especies que poseen alta liberación de fenoles lo que provoca oxidación del medio de cultivo y aumenta la frecuencia de subcultivo.

Los procedimientos señalados han permitido conservar germoplasma viable en el banco de INFOR por 15 años hasta la fecha. No obstante, el alto costo que han significado los permanentes subcultivos que se han requerido durante todo ese periodo confirma las ventajas y conveniencia de disponer de medios para almacenamiento criogénico.

OTRAS FORMAS DE CONSERVACION EX SITU

Bio-Bancos de ADN

Los bio-bancos de ADN son una técnica emergente de conservación de recursos genéticos. Gracias a la relativa facilidad actual para hacer extracciones de ADN, se les reconoce como un método eficiente, sencillo y de largo plazo, apropiado para conservar gran cantidad de información genética requiriendo muestras muy pequeñas (Dulloo *et al.*, 2006).

A diferencia de los bancos tradicionales de germoplasma, los bio-bancos de ADN no almacenan germoplasma propiamente tal, sino que información genética (Rice *et al.*, 2006). El ADN que se conserva en el banco: (i) Se extrae de las células y se purifica antes de almacenarlo, o (ii) Se almacena dentro de células para extraerlo después, cuando se saca de almacenamiento. En este segundo caso, en el banco de ADN las células y tejidos se almacena para extraer ADN y no para regenerar plantas. En efecto, Theilade *et al.* (2007a) son enfáticos en mencionar que el principal problema del almacenamiento de ADN es que no permite la regeneración de plantas completas. Para reconstituir plantas completas directamente del ADN, primero es necesario introducir artificialmente el material genético en células somáticas (mediante la transformación o la transducción de plásmidos o liposomas), recién después de este complejo proceso se pueden cultivar las células *in vitro* para producir plantas. Por lo mismo, los bio-bancos de ADN deben estar relacionados con estructuras tradicionales de conservación de germoplasma, o mejor aún en el caso de recursos forestales, con colecciones establecidas en terreno (ensayos de progenies y procedencias de alta variabilidad), de modo de disponer de material viable para regeneración de plantas y estudios complementarios.

Para especies difíciles de conservar por medios convencionales, o que están altamente amenazadas en sus ambientes naturales, el almacenamiento de ADN puede representar la última opción para conservar la diversidad genética de sus poblaciones. En este sentido, los bio-bancos de ADN pueden considerarse como un "medio complementario de conservación", por cuanto no reemplazan a los bancos de germoplasma tradicionales. En efecto, el almacenamiento de ADN hasta ahora se ha realizado con propósitos distintos a los de la conservación, generalmente para que el material genético sea fácilmente accesible y pueda utilizarse ya sea en aplicaciones moleculares o distribuirse para otras investigaciones. Sobre este particular Dullo *et al.* (2006) señalan que con solo cumplir la función de proveer ADN para la investigación, los bio-bancos ya tienen justificada su razón de ser.

Así, el almacenamiento de ADN en bio-bancos posibilitaría el inicio de estudios de aislamiento, clonación y transferencia de genes. Por otra parte, además de constituir una estructura de complemento para las estrategias de conservación, Ebert *et al.* (2006) señalan que los bio-bancos de ADN pueden proporcionar material que sirva de base para estudios de evolución y genómica comparativa; para estudios de asociación genética y selección asistida por marcadores; pueden facilitar el intercambio de información y muestras de ADN; pueden mejorar el rendimiento en caracterización de germoplasma y mejorar la gestión de bancos tradicionales. Adicionalmente, otros autores agregan que los BioBancos de ADN son estructuras de utilidad para estudios bio-taxonómicos y de evolución; estudios de la evolución de una determinada estructura genética; facilitar el intercambio de datos e información; inventariar las entidades de interés particular; conservar información en el largo plazo; y certificar el origen o procedencia para material reproductivo forestal.

Colecciones en Campo

Como se ha indicado anteriormente, la conservación *ex situ* de especies cuyas semillas no son compatibles con el almacenamiento de largo plazo demanda el uso de técnicas alternativas de conservación, una de ellas es la mantención de colecciones de plantas en campo, ya sea en jardines botánicos o en los denominados rodales de conservación *ex situ*. En los jardines botánicos y arboretos las colecciones normalmente consisten de pocos individuos, mientras que los rodales de conservación *ex situ* se diseñan y establecen para representar a un número mucho mayor de ejemplares. Si bien en ambos casos la finalidad es mantener los recursos genéticos en un área segura para su utilización futura, en los rodales de conservación este objetivo de largo plazo suele estar combinado con otras finalidades prácticas, fundamentalmente con aquellas relacionadas con programas de mejoramiento genético (Theilade *et al.*, 2007b).

En efecto, los rodales de conservación pueden tener varias funciones importantes, incluyendo la de proporcionar material para programas de plantación y de mejoramiento genético. Los rodales de conservación *ex situ*, con diseño apropiado, pueden transformarse en huertos semilleros, logrando dos objetivos simultáneamente; la conservación de los recursos genéticos y la producción de semilla.

Aunque los rodales de conservación *ex situ* se encuentren en ambientes diferentes al original, desde donde se obtuvo las plantas que los componen, podrán mantener frecuencias génicas similares a las de la población original, en la medida que sean suficientemente extensos para representar adecuadamente la diversidad genética de dicha población; se genere una polinización panmíxica libre de barreras; y las presiones de selección en su área de emplazamiento no sean significativamente diferentes a las del ambiente original.

Hasta ahora, los rodales de conservación *ex situ* han servido principalmente para proporcionar material para plantaciones y programas de mejoramiento genético, pero el material conservado *ex situ* puede ser de gran importancia también para la restauración de sitios *in situ*.

CONCLUSIONES

El almacenamiento de semillas ortodoxas es el principal método de conservación *ex situ* de colecciones de germoplasma. En el caso de especies con semillas recalcitrantes es necesario usar métodos alternativos, entre ellos el almacenamiento de explantes *in vitro*. Este último es un método con enorme potencial en la medida que se complementa con crio-preservación; de lo contrario, la necesidad de subcultivos y el riego de variación somaclonal lo limitan para efectuar conservación de largo plazo.

La conservación de ADN en bio-bancos no corresponde a una forma de almacenamiento de germoplasma propiamente tal, sino que de información genética. En tal sentido es de importante valor para efecto de estudios de diversa naturaleza, pero posee severas limitaciones al

momento de regenerar plantas a partir del ADN almacenado.

En cuanto al establecimiento de colecciones en campo, resulta particularmente interesante como un método de conservación *ex situ* para colecciones de plantas forestales, debido a la longevidad de las mismas y a su compatibilidad con programas de mejoramiento genético.

REFERENCIAS

Ahuja, M., 1983. Micropropagation à la carte. In: Micropropagation of woody plants, Forestry Science. V.41. Ahuja, MR. (Ed). Kluwer Academic Publishers. Pp: 3-9.

Bacchetta, G.; Bueno-Sánchez, A.; Fenu, G.; Jiménez-Alfaro, B.; Mattana, E.; Piotto, B. y Virevaire, M. (Eds), 2008. Conservación *ex situ* de plantas silvestres. Principado de Asturias / La Caixa. 378 p.

Delard, C.; González, M.; Ortiz, O.; Molina, M. y López, C., 2007. Producción de plantas forestales de castaño. En: Castaño, Madera de Alto Valor para Chile. Benedetti S.; Loewe V.; López C. y M. González (Editoras). INFOR. Chile. Pp: 157-188.

Dulloo, E.; Nagamura, Y. and Ryder, O., 2006. DNA storage as a complementary conservation strategy. En: de Vicente, MC. and Andersson, MS. (Eds). 2006. DNA banks—providing novel options for genebanks? Topical Reviews in Agricultural Biodiversity. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. Capítulo 3, Pp: 11-40.

Ebert, A. W.; Karihaloo, J. L. and Ferreira, M. E., 2006. Opportunities, limitations and needs for DNA Banks. En: de Vicente MC and Andersson MS (Eds). 2006. DNA banks—providing novel options for genebanks? Topical Reviews in Agricultural Biodiversity. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. Capítulo 9. Pp: 61-68.

FAO, FLD y Bioversity International, 2007. Conservación y manejo de recursos genéticos forestales. Vol. 3: En plantaciones y bancos de germoplasma (*ex situ*). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.

González, M. T. y Engelmann, F., 2013. Consideraciones teóricas y prácticas para la crioconservación de germoplasma vegetal En: González, M. T. y Engelmann, F. (Eds.) 2013. Crioconservación de plantas en América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola, IICA. San José, Costa Rica. ISBN 978-92-9248-446-0. 204 p. capítulo 4. Pp: 37-52.

Gutiérrez, B.; Ortiz, O.; Molina, M.; Chung, P.; Koch, L.; González, M.; Casanova, K. y Soto, H., 2005. Protocolos de clonación para *Eucalyptus camaldulensis*: Macro y micropropagación. Instituto Forestal. 62 p.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962. A revised media for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.

Oller, J.; Toribio, M.; Celestino, C. y Toval, G., 2004. The culture of elite adult trees in a genetic improvement programme through *Eucalyptus globulus* Labill clonal micropropagation. *Eucalyptus* in a Changing World. Proc. of IUFRO Conf., Aveiro 11-15 October 2004.

Ortiz, O., 2013. Micropropagación de *Eucalyptus globulus*. En: Ipinza, R.; Barros, S.; Gutiérrez, B. y Borralho, N. (Eds). 2013. Mejoramiento genético de eucaliptos en Chile. Instituto Forestal- Fundación para la Innovación Agraria. Santiago, Chile. Pp: 167-199.

Ortiz, O. y Koch, L., 2010. Micropropagación de árboles superiores de *E. globulus*, seleccionados en zonas de estrés hídrico. Informe técnico, proyecto INNOVACHILE “Generación y Producción de plantas de *E. globulus* tolerantes a la sequía”, INFOR. 25 p.

Ortiz, O.; Sabja, A. y Koch, L., 2006. Protocolo de micropropagación de lenga. En: Cultivo *in vitro* de Lenga (*Nothofagus pumilio*). Editado por Braulio Gutiérrez. INFOR. CHILE. 76 p.

Rice, N.; Henry, R. and Rossetto, M., 2006. DNA banks: a primary resource for conservation research. En: de Vicente MC and Andersson MS (Eds). 2006. DNA banks—providing novel options for genebanks? Topical Reviews in Agricultural Biodiversity. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. Capítulo 6, Pp: 41-48.

Sabja, A., 1998. Macro y micropropagación en especies forestales. En: Ipinza, R., B. Gutiérrez y V. Emhart (Eds.). Curso Mejora Genética Forestal Operativa. Apunte Nº 1. 16 – 21 noviembre de 1998 Valdivia Chile. 219 – 232.

Sabja, A.; Ortiz, O. y Triviño, C., 2005. Micropropagación de árboles *plus* de raulí. En: Clonación de raulí, estado actual y perspectivas. Editado por Braulio Gutiérrez, Oriana Ortiz y María Paz Molina. CEFOR, INFOR, UACH. pp 41-58.

Sánchez, M. and Vieitez, A., 1991. *In vitro* morphogenetic competence of basal sprouts and crown branches of mature chestnut. *Tree Physiology* 8: 59-70.

Sánchez, M.; Ballester, A. and Vieitez, A., 1997a. Reinvigoration treatments for the micropropagation of mature Chestnut trees. *Annales des Sciences Forestières* 54: 359-370.

Sánchez, M.; San Jose, C.; Ferro, C.; Ballester, A. and Vieitez, A., 1997b. Improving micropropagation conditions for adult-phase shoot of Chestnut. *Journal of Horticultural Science* 72(3): 433-443.

Seguel, I., 2001. Conservación de recursos fitogenéticos ex situ. En: PROCISUR. Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. 12 p. En: http://www.fagro.edu.uy/~fitotecnia/docencia/materiales20apoyo/Conservacion_de_recursos_Fitogeneticos.pdf. (Consulta: Noviembre, 2013).

Theilade, I.; Petri, L. y Engels, J., 2007a. Conservación *ex situ* mediante almacenamiento y utilización. En: FAO-FLD-Bioersity International. 2007. Conservación y manejo de recursos genéticos forestales. Vol. 3: En plantaciones y bancos de germoplasma (*ex situ*). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia. Capítulo 6, Pp: 51-65.

Theilade, I.; Yanchuk, A. y Hald, S., 2007b. Establecimiento y manejo de rodales *ex situ*. En: FAO-FLD-Bioersity International. 2007. Conservación y manejo de recursos genéticos forestales. Vol. 3: En plantaciones y bancos de germoplasma (*ex situ*). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia. Capítulo 5, Pp: 33-49.

Vieitez, A.; Vieitez, M.; Vieitez, E., 1986. Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol.1: Trees I, 393-414.

Wang, B. y Beardmore, T., 2004. Almacenamiento y manejo de germoplasma. En: Vargas, J.; Bermejo, B. y Ledig, T. (Eds.). 2004. Manejo de Recursos Genéticos Forestales, Segunda Edición. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, y Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco México. 109 p. Capítulo 8, Pp: 102-127.

ESTRATEGIA DE DESARROLLO MESA ARTICULADORA PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS REGIÓN DEL BÍO BÍO (2011-2014). Lucero, Alejandro, alejandro.lucero@infor.cl; Vallejos, Marcela, marcela.vallejos@arauco.cl; Hechem, Nazir, nazir.hechem@forestal.cmpc.cl; Mellado, Valeria, valmellado@yahoo.com ; Celis, Margarita, margarita.celis@masisa.com y Gajardo, Pablo, pgajardo@conaf.cl

RESUMEN

De acuerdo a FAO los Productos Forestales no Madereros (PFNM) son definidos como "productos de origen biológico distintos a la madera, derivado de los bosques, de otras tierras arboladas o de árboles fuera del bosque", incluyendo tanto a productos de origen animal como vegetal.

A pesar de ser considerados como productos secundarios del bosque, los PFNM han recibido últimamente un creciente reconocimiento y la atención de diferentes actores, ya que además de la importancia ecológica, cultural y socioeconómica en algunos países y comunidades originarias, representan también una sólida y diversa fuente de ingresos, especialmente para los estratos más pobres de la sociedad rural, representando además una posibilidad concreta de valorizar los ecosistemas forestales.

La Mesa articuladora PFNM de la Región del Bío Bío es una entidad pública privada con un historial de más de 6 años de funcionamiento. Durante el año 2010, esta organización concluye, a través de un taller de trabajo realizado en Concepción, que se hace absolutamente necesario darle una categoría más formal a esta entidad, que le permita proyectarse, crecer y desarrollarse en torno al objetivo de mejorar la calidad de vida de los recolectores de PFNM de la región.

En este marco, era evidente que se requería contar con una estrategia de desarrollo que permitiera entregar las directrices de funcionamiento y los lineamientos estratégicos que logran focalizar los esfuerzos de los distintos integrantes de la mesa y a su vez poder vincularse con otras entidades que puedan aportar a lograr los objetivos de esta organización, cumplir con su misión y consolidarse en torno a su visión.

Así, nace la Estrategia de Desarrollo de la Mesa Articuladora de PFNM de la Región del Bío Bío, la cual tiene como principio orientador fomentar el trabajo conjunto entre los recolectores, empresas y sector público, orientándolo al uso sustentable de los PFNM y con ello al recurso bosque, centrándose en cuatro lineamientos estratégicos relacionados con Formalización y Asociatividad; Gestión y Transferencia Tecnológica; Mercado y Comercialización; y Políticas Públicas. Cada uno de estos lineamientos contempla objetivos estratégicos y acciones concretas tendientes a lograr los objetivos de la Mesa Articuladora.

Contar con la estrategia significa tener una herramienta potente para focalizar esfuerzos, recursos y voluntades públicas y privadas en pos de desarrollar, fomentar y consolidar el rubro de los PFNM en la región, y además para hacer a actividad replicable por otras organizaciones relacionadas en las demás regiones del país.

Palabras clave: Productos forestales no madereros (PFNM), región del Bío Bío, articulación regional.

SUMMARY

According to FAO, Non-Timber Forest Products (NTFP) are defined as "biological origin products, other than wood, derived from forests, other wooded land or trees outside forests," including both, animal and plant products.

Despite being considered as secondary forest products, NTFP have recently received increasing recognition and attention of different actors, because these products not only have an ecological, cultural and socio-economic importance in some countries and indigenous communities but also represent a strong and diverse income source, especially for the poorest strata of rural society, and also represent a concrete possibility to value forest ecosystems.

The Bío Bío region NTFP table is a public-private entity with a more than six year operation history. During 2010, the entity concluded, after a workshop held in Concepción, on the need of a entity formal status to allow its projection and development towards the regional collectors life quality improvement as well as on the need of a development strategy and operating guidelines to focus its members efforts and also build the necessary links with other similar objectives entities.

The table development strategy was developed and is the guiding principle to promote collectors, private companies and public sector joint work towards a NTFP and forest sustainable use. Guidelines are focused on formalization and associativity, management and technology transfer, marketing and public policies. Each one of these guidelines includes strategic objectives and specific actions to achieve the table objectives.

The strategy represents a powerful tool to focus efforts, resources and public and private wills towards the table objectives, its development and consolidation. Also this table development could be replicated by other similar entities in other regions.

Key words: Non timber forest products (NTFP), Bío Bío region, regional coordination.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la FAO, los Productos Forestales No Madereros (PFNM) son definidos como "productos de origen biológico, distintos a la madera, derivados de los bosques, de otras tierras arboladas o de árboles fuera del bosque", incluyendo tanto a productos de origen animal como vegetal.

El uso de este tipo de productos en Chile data de varios siglos y fue característico de los primeros habitantes del país, en forma de alimentos, medicinas y utensilios. En la actualidad aún son de importancia, ya que una amplia variedad de ellos, como frutos, cortezas, tallos, hojas y fibras, son utilizados como plantas medicinales, alimentos, utensilios y elementos para la agricultura, tejidos y construcción.

Tradicionalmente ha existido desconocimiento en torno al aporte de estos productos a la economía nacional y, especialmente, a la economía local de las comunidades rurales que cubren con ellos necesidades de alimentación y de medicina primaria. Hay estimaciones que indican que en las diferentes etapas, de recolección, procesamiento y comercialización de este tipo de productos, se involucran alrededor de 220 mil personas de manera directa.

Sin embargo, la informalidad del comercio de PFNM, tanto a nivel local como regional y nacional, se desconoce el monto del impacto en la economía nacional dado que estos productos no son registrados en censos y estadísticas del agro. No obstante, existen estadísticas de exportaciones recopiladas por INFOR que indican que en 2014 estas alcanzaron a US\$ 84

millones, destacando los frutos de rosa mosqueta, hongos, musgos y productos primarios y elaborados de quillay (INFOR, 2014).

A pesar de ser considerados como productos secundarios del bosque, los PFNM han recibido últimamente un creciente reconocimiento y la atención de diferentes actores, ya que además de la importancia ecológica, cultural y socioeconómica que tienen en algunos países y comunidades originarias, representan también una sólida y diversa fuente de ingresos, especialmente para los estratos más pobres de la sociedad rural, representando además una posibilidad concreta de valorizar los ecosistemas forestales.

ANTECEDENTES GENERALES

En el año 2001 el Instituto Forestal y Fundación Chile desarrollaron el Proyecto FONDEF Innovación Tecnológica y Comercial de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile, cuyo principal objetivo fue caracterizar el proceso de mercado interno y externo apuntando a contribuir en la formalización y expansión de la actividad económica que puede generar la utilización racional de los PFNM.

Se caracterizaron y catastraron todos los PFNM asociados a la actividad silvícola nacional, clasificándolos en grupos de acuerdo a sus características y propiedades. De esta forma se tuvo el grupo de los alimentos, plantas medicinales y aceites esenciales, ornamentales, artesanía, *mulch* y sustratos. Posteriormente se procedió a caracterizar estadística y gráficamente el proceso comercial interno y externo, pudiendo visualizarse el comportamiento para cada PFNM o grupo de PFNM y las cadenas de comercialización típicas, así como los agentes involucrados en dicha operación comercial.

El análisis de la oferta y la demanda interna y externa se abarcó mediante el sondeo en centros de comercialización (mercados y ferias públicas), revisión de antecedentes bibliográficos y analizando las estadísticas históricas de exportaciones proporcionadas por el Instituto Forestal y ProChile. De esta forma se capturó información en términos de montos exportados en miles de US\$ FOB y toneladas transadas. También se determinaron los países a donde fue exportado cada PFNM así como antecedentes de empresas que exportaron durante el último año.

Si se busca desarrollar los PFNM de mayor relevancia en Chile, se debe necesariamente estudiar estos, conocer acerca de su componente productivo (natural o industrial), su componente económico en términos de (comercialización y mercados, y componente social.

Para profundizar el tema de mercado y comercialización se hizo una caracterización comercial de los PFNM de mayor relevancia en el país (o de los grupos de PFNM, hierbas medicinales por ejemplo) a fin de lograr:

- Caracterizar los Procesos Comerciales Interno y Externo.
- Caracterizar la Oferta Nacional de PFNM.
- Caracterizar los Mercados Internos y Externos.
- Identificar los Países Objetivos o Demandantes de PFNM.
- Clasificar los PFNM de mayor desarrollo comercial, así como los de mejores perspectivas comerciales, tanto internas como externas.

Como todo proceso comercial, el mercado de PFNM está directamente relacionado con los factores que afectan a la oferta y la demanda de un bien. De esta manera, cuanto mayor sea el precio, menor será la cantidad demandada y mayor será la cantidad ofrecida, si y solo si los demás

factores permanecen constantes. Esto es conocido como la Ley de la Oferta y la Demanda (LeRoy, R. y Meiners, R.. 1988).

De acuerdo a Katz y Rosen (1994) los factores que afectan la demanda y la oferta son:

Demanda

- El Precio del bien
- El ingreso del consumidor
- Los gustos y preferencias
- Los Precios de los bienes relacionados
- La población

Oferta

- Disponibilidad del bien
- Precios de los productos utilizados en la producción del bien
- Tecnología utilizada en la producción del bien
- Impuestos y subsidios
- Expectativas de precios

Sobre la base de estos antecedentes se logró caracterizar y evaluar comercialmente los PFNM, a fin de dilucidar el uso de aquellos que resulten ser viables desde un punto de vista comercial, social, tecnológico y ecológico para reconvertir su actual modo de utilización de subsistencia a un modo de utilización más optimizado que les genere un mayor desarrollo. Los resultados se muestran en el Cuadro N° 1.

Al analizar el valor de total por categoría de evaluación se tiene que el mayor potencial de los PFNM en Chile es su capacidad de posicionarse dentro de la moda y las costumbres actuales así como los gustos y tendencias futuras, esto es una gran fortaleza que debe ser aprovechada al máximo como base de una estrategia de comercialización y *marketing*.

Se debe considerar también que el principal problema sería la potencialidad de la oferta, esto puede deberse en parte al desconocimiento o falta de información que permita caracterizar la oferta y sus proyecciones. Otro factor importante a considerar es que los PFNM están directamente relacionados con el medio ambiente natural, haciendo por lo tanto que la caracterización de la oferta sea un estudio especialmente complicado, en donde se deben considerar la mayor cantidad de parámetros involucrados.

De acuerdo a lo indicado en el Cuadro N° 1, los PFNM con mayores posibilidades de escalamiento comercial son los hongos, seguidos de las plantas medicinales y las plantas destinadas a ornamentación.

Se tiene así algunas líneas sobre las cuales se debería implementar una estrategia de desarrollo y escalamiento comercial para mejorar la actual situación mediante modificación de las actuales técnicas de comercialización, así como de la implementación de nuevas estrategias de desarrollo comercial.

Al analizar el mercado de los PFNM en Chile, resulta claro que la escasa información acerca de los procesos comerciales, así como de los agentes involucrados y de los precios comprador- vendedor, dificultan considerablemente el estudio sobre cada PFNM específico y una visualización clara de las perspectivas de desarrollo para cada uno.

Cabe destacar que la oferta de PFNM en Chile se basa en la recolección por parte de pequeños propietarios o pequeños productores para el caso de los aceites esenciales y la miel entre otros. La cadena comercial en general es bastante compleja, con muchos actores involucrados, los cuales en ocasiones están ausentes y en otras ocasiones están presentes dentro

de la cadena comercial del mismo PFNM.

Los antecedentes reunidos permiten constatar que las cadenas de comercialización interna de PFNM son informales y que además el número de actores o intermediarios es muy variable lo que hace especialmente dificultoso poder caracterizar el proceso comercial en general.

Cuadro N° 1
IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS PRINCIPALES PFNM

Tipo de Producto	Criterio Evaluado								Importancia Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Hongos	3	3	3	4	4	3	4	4	28
Plantas Medicinales y Aceites Esenciales	2	3	3	4	4	3	4	4	27
Plantas para Ornamentación	3	1	3	3	4	3	4	4	25
Calafate	2	3	2	3	3	3	4	4	24
Murta	3	3	3	3	3	2	3	4	24
Rosa Mosqueta	4	3	4	3	3	3	1	3	24
Avellano	3	4	2	4	2	3	1	4	23
Maqui	2	3	2	3	2	3	4	4	23
Piñones	3	3	2	3	2	2	4	4	23
Hierba de San Juan	4	3	3	2	3	2	1	2	20
Miel y derivados	4	2	2	2	2	3	1	4	20
TOTAL	33	31	29	34	32	30	31	41	

(Fuente: www.gestionforestal.cl:81/pfnm)

- I. Grado de información que se tiene del producto o nivel de desarrollo
- II. Nivel de precios
- III. Potencialidad de la oferta
- IV. Potencialidad de la demanda interna
- V. Potencialidad de la demanda externa
- VI. Problemas en las características del producto
- VII. Existencia de bienes sustitutos
- VIII. Gustos, moda, preferencias y tendencias

La demanda interna de PFNM está dirigida a dos sectores bien definidos, compuestos por empresas procesadoras de alimentos y por los consumidores propiamente tal. Estos últimos consumen el PFNM en forma habitual, ya sea por costumbre y gustos arraigados a la idiosincrasia o por cambios en las modas. Las empresas procesadoras basan su gestión en la utilización y transformación de estos productos o como materia prima para la elaboración de nuevos productos con lo que logran mayor valor agregado y por lo tanto mayores rentabilidades.

La demanda Externa de PFNM está dirigida a empresas internacionales procesadoras de alimentos, las cuales pueden comercializar el producto con escasa transformación como un producto natural o utilizarlo como materia prima para la elaboración de nuevos productos; así como también puede estar destinado a un mercado final o consumidor final, en donde el producto es vendido con escasa transformación, como es el caso del follaje para ornamentación.

Se concluye que los PFNM poseen sistemas de producción primarios, los cuales son

muy dependientes del producto de que se trate y del uso final en el mercado. Al respecto FAO¹² expone algunas características fundamentales de los sistemas de producción de los PFNM, las cuales se cumplen plenamente en los PFNM producidos en Chile, y estas son:

- Tecnología sencilla.
- Pocas habilidades de operación.
- Relativamente baja inversión en capital.
- Insertas principalmente en el medio rural.
- La mano de obra se cubre principalmente por medio del trabajo familiar.
- Ser un negocio a pequeña escala.
- Estacionalidad en la producción.

La escasa información relativa a los sistemas de producción, respecto de evaluaciones físicas cualitativas y cuantitativas, mercados, canales de comercialización, así como el desconocimiento de las empresas relacionadas con la comercialización y procesamiento de los PFNM por parte de los productores primarios o recolectores, repercute fuertemente en las posibilidades de desarrollo del PFNM y por ende en los ingresos del pequeño propietario o recolector, que ve en esta actividad solo una opción secundaria para mejorar sus ingresos y no como una actividad económica diferente y que puede llegar a ser rentable.

A su vez, la información que se maneja de los PFNM no es transferida de manera eficiente a los recolectores o pequeños propietarios, con la consecuente derivación de la demanda, es decir, el producto llega al consumidor final después de una serie de agentes comerciales o intermediarios, los cuales van agregando valor al producto a pesar de que muchas veces no se le agrega calidad.

El mercado nacional de los PFNM se caracteriza por una gran variedad de productos, de los cuales la gran mayoría no ha logrado un desarrollo económico importante, esto se debe principalmente a un desconocimiento de la utilidad o el potencial de desarrollo de cada uno de ellos, lo cual provoca la sub valorización general del producto.

Los PFNM en Chile y sus sistemas económicos asociados presentan una serie de problemas o inconvenientes que conducen a un deficiente desarrollo y esto, a su vez, a bajas expectativas y desinterés por parte de los productores primarios o recolectores, lo que radica finalmente en deficiencias en el proceso productivo o en la cadena de comercialización completa, estos son principalmente:

- Falta de información específica de cada PFNM (rendimientos productivos, métodos de recolección, métodos de conservación, estudios específicos sobre subproductos derivados, etc) .
- Estacionalidad de la oferta.
- .Variabilidad cualitativa y cuantitativa en la oferta de un año a otro, así como también dentro de la misma temporada (fluctuaciones y diferencias en cantidad y calidad).
- Longitud de la cadena comercial que provoca problemas en la asignación de precios.

¹² <http://www.fao.org/forestry/nwfp/es/>

-Deficiente capacitación en proceso de extracción que provoca diferencias extremas en la calidad.

-Falta de claridad en las especificaciones técnicas del producto (longitud, tamaño, peso, humedad, color, textura, etc.) por parte del productor primario, lo que causa rechazo o disminución en los precios de compra.

Normalmente, el proceso comercial de PFNM en el escenario interno es sumamente informal, con cadenas de comercialización muy variables de un año a otro o de una temporada a otra. Muy por el contrario, el proceso comercial externo, debido a que necesariamente debe cumplir con la legislación vigente relativa a ley tributaria y aduanas, es formal y transparente, y existen registros claros de montos, volúmenes, países destino y empresas exportadoras.

Es importante señalar, que el pequeño propietario, quien es el que comúnmente cumple con el rol de recolector, está limitado y obligado a aceptar los precios que impone el acopiador o intermediario, ya que depende de él para lograr vender su producto, el cual muchas veces posee poca durabilidad y resiste poco tiempo de almacenamiento. Como consecuencia clara, las mayores utilidades se concentran en los intermediarios y las empresas exportadoras.

El sistema de extracción y transporte y el método de almacenamiento tienen un fuerte efecto sobre la calidad del producto final y por ende en los precios finales de venta. Este factor es preponderante al momento de analizar la comercialización de los PFNM y las fluctuaciones que pudieran tener, ya que de otra forma la oferta se puede ver mermada por el hecho de saturar un mercado con productos sobreexplotados y de baja calidad, o bien la demanda se limita a rangos requeridos de volúmenes bastante menores y con mayores exigencias de calidad.

En general se puede concluir que los principales PFNM en Chile son los que pertenecen al grupo de los alimentos, plantas medicinales y ramas para ornamentación. Dentro de los primeros, los hongos presentan las mejores expectativas comerciales volcadas principalmente hacia un mercado externo, a pesar de que parte del proceso de comercialización primario que los sustenta, recolección y primeros intermediarios, es aún informal, pero su permanencia por más de una década en el mercado y la presencia de demandas continuas, han originado nichos comerciales permanentes y procesos de comercialización estables.

Las plantas medicinales, por su parte, tienen un mercado histórico de consumo que, en la actualidad y como producto del volumen interno y externo a abordar, ha requerido recurrir tanto a productos provenientes de recolecciones en hábitats naturales como de cultivos establecidos. Pese a que aún el mayor volumen comercializado proviene de la primera condición, factor relevante que afecta la oferta del producto, se han observado avances tecnológicos en la producción en relación con la calidad del producto final, secado, envasado y formas de presentación.

PERSPECTIVAS DE LOS PFNM

Se trata de productos provenientes de los bosques, no relacionados con la madera, con un consumo alimenticio, medicinal, ornamental u otros fines que es histórico, tienen demanda interna y externa y dan ocupación a una numerosa mano de obra, en consecuencia existen las bases para que la actividad en torno a ellos se consolide en una alternativa productiva con proyecciones. Sin embargo, esto requiere necesariamente un mejoramiento en las tecnologías utilizadas para su uso, del conocimiento de los diferentes productos que se comercializan, de los procesos y tecnología utilizada para la obtención del producto final y de los canales de comercialización.

La sociedad demanda crecientemente una nueva visión holística de los recursos naturales en general y de los bosques en especial, y es dentro de este contexto que los PFNM tienen su proyección dentro del desarrollo forestal nacional y mundial. El gran desafío actual se

plantea en su puesta en valor en términos sustentables, tanto desde el punto de vista del recurso como del productor.

Lejos están ya los tiempos en que los bosques eran solo productores de madera y fibra, hoy tienen múltiples también otras funciones económicas, ambientales y sociales. Existe en los bosques una cantidad de otros productos diferentes a la madera y la fibra; los bosques ofrecen diversos servicios ambientales relacionados con suelo, aire, agua, biodiversidad y paisaje; y constituyen el entorno y los recursos para el desarrollo de las comunidades rurales.

En Chile, este es un rubro que actualmente genera unos 84 millones de dólares anuales por retorno de exportaciones (INFOR, 2014), cifra que viene aumentando sostenidamente desde los inicios del siglo, a una tasa de crecimiento que supera a aquella de la madera, lo que demuestra un interesante potencial en el rubro.

Valdebenito (2013) logró identificar 480 productos entre alimentos, plantas medicinales, aceites esenciales y otros, cada uno de los cuales posee un potencial propio que permitiría desarrollarlo para su puesta en valor.

ESTRATEGIA MESA ARTICULADORA PFMN

Taller

El taller de trabajo de la mesa articuladora, realizado en Concepción el año 2010, permitió generar nuevos antecedentes que complementan lo desarrollado en años anteriores. Este trabajo consistió en una serie de actividades que permitieron generar en primer lugar un Diagrama de Relaciones, a partir del cual se define un Diagrama de Afinidades, el cual es un método ideado por el antropólogo japonés Kawakita Jiro para organizar información y se utiliza para conseguir gran cantidad de datos en forma de ideas, opiniones, temas y aspectos a considerar, y organizarlos en grupos sobre la base de criterios afines de relación natural entre cada elemento. Su objetivo es analizar estos datos e identificar las ideas clave inherentes a los mismos.

Esta información permite generar las bases para definir una estrategia que lleve a concretar en el mediano plazo la **Visión** de la Mesa Articuladora, que fuera consensuada entre los distintos actores que participaron del Taller. En este sentido, y de este trabajo se concordó la siguiente Visión:

“La Mesa Articuladora Recolectión de PFMN del Bío Bío , es una institución formal, autónoma y reconocida, que posiciona, legitima y consolida el rubro de los PFMN, así como a los recolectores organizados, a través de la gestión de conocimiento, su capacidad de incidencia en las políticas públicas y la gestión de recursos públicos y privados”.

Adicionalmente, al analizar la información obtenida por el Diagrama de Relaciones y el Diagrama de de Afinidad, se puede concluir lo siguiente:

-La fuerza motora corresponde a la promoción de la representatividad de los distintos actores en la Mesa, lo que significa que la incorporación de nuevos actores a la mesa, tales como, centros de investigación, otros recolectores organizados, municipalidades, etc. Darán un nuevo impulso a la misma y contribuirán a dar dinamismo a todo el sistema de planificación.

-Los hitos claves del sistema de planificación están representados por la formalización de la Mesa y la Incidencia en políticas públicas e instrumentos de fomento. Es decir, que una vez que estos objetivos se cumplan habrá un punto de inflexión que permita evaluar

positivamente la gestión, además de incidir directamente en la gestión de recursos, por lo tanto, también aquí hay dos estrategias a las que se debe apuntar con fuerza.

-El trabajo en los tres ámbitos señalados contribuirá a movilizar todo el sistema y, por lo tanto, se constituye en la prioridad en el corto plazo. De esta manera se podrá alcanzar el resultado clave o propósito final que es la comercialización de PFNM.

Estrategia

La visión, la misión y los lineamientos estratégicos constituyen referencias direccionales que perfilan el futuro que se pretende alcanzar y sintetizan las expectativas, motivaciones e intencionalidades que dan sentido a las acciones, y son estos temas los que conforman la estructura basal sobre la cuales se ha construido la Estrategia de la Mesa PFNM. El Principio Orientador (Marco Valórico) apunta a fomentar el trabajo conjunto entre los recolectores, empresas y sector público, orientándolo al uso sustentable de los PFNM y con ello del recurso bosque. La Visión se relaciona con mejorar la calidad de vida de los recolectores de PFNM, con condiciones dignas de trabajo e ingresos rentables. La Misión plantea posicionar, legitimar y consolidar el rubro de los recolectores de PFNM, y los Lineamientos Estratégicos o líneas de acción son la columna vertebral de la Estrategia y se explican en extenso a continuación.

Lineamientos Estratégicos

Iniciativas conjuntas de INFOR y Fundación Chile permitieron en el pasado establecer una serie de lineamientos estratégicos para los PFNM, concluyendo con la definición de lineamientos estratégicos de acción que muestran una directa relación con las conclusiones obtenidas en el Taller de la Mesa Articuladora.

A continuación se entregan los lineamientos estratégicos consensuados, que nacen de un análisis que complementa lo generado por INFOR-Fundación Chile, con las propuestas obtenidas en el Taller de la Mesa Articuladora y los criterios de la comisión de elaboración de estrategia de la Mesa Articuladora, autores de este documento. Cada uno de estos lineamientos está conformado con sus respectivos objetivos estratégicos y las acciones que son necesarias para poder lograrlos.

- Lineamiento Estratégico 1. Formalización y Asociatividad

Actores relacionados con los PFNM, entre ellos los recolectores, están articulados y asociados en función de objetivos y beneficios comunes.

Objetivos Estratégicos: -Formalizar la Mesa de PFNM.

-Gestionar recursos públicos y privados para presupuesto operativo de la mesa.

-Generar vinculaciones y sinergias entre los miembros de la mesa, y de estos con otros actores claves del rubro PFNM.

-Fomentar la asociatividad y organización de iniciativas en torno a los PFNM.

Acciones: -Formalizar la Mesa de PFNM y conformar su estructura representativa.

-Difundir y gestionar acciones tendientes a lograr recursos para el accionar de la Mesa.

-Difusión de la importante función social-ambiental del rubro de los PFNM (comunidades –recurso – ecosistema).

-Fomentar la asociatividad y las vinculaciones entre los miembros de la Mesa y de estos con otros actores relevantes del quehacer de los PFNM.

- **Lineamiento Estratégico 2. Gestión y Transferencia Tecnológica**

Gestión y transferencia del conocimiento relacionado con los PFNM y su extracción sustentable.

Objetivos Estratégicos: -Generar información cuantitativa y cualitativa, de los recolectores y de los PFNM, accesible a todos los entes relacionados con el sector de los PFNM.

-Asegurar el manejo sustentable de los PFNM y su conservación.
-Identificar las falencias prioritarias de investigación y brechas tecnológicas.

-Promover la colaboración interdisciplinaria y asociatividad entre las instituciones dedicadas a la investigación (Institutos Tecnológicos y Universidades), organizaciones privadas, Gobierno y organizaciones no gubernamentales, en relación al rubro de PFNM.

-Apoyar la difusión y transferencia tecnológica de los resultados generados por la investigación de los PFNM, privilegiando aquellos procesos tecnológicos que aporten valor agregado al producto final.

-Apoyar los procesos e iniciativas de certificación de la producción de PFNM orientados a los mercados externos (por ejemplo la certificación orgánica).

Acciones:

-Generar un Catastro Nacional de PFNM de carácter cualitativo y cuantitativo, que detalle al menos las especies, cantidades y ubicación del recurso.

-Se debe poner la información al acceso de los niveles más primarios del sector de los PFNM, como por ejemplo las comunidades productoras. El flujo de información debe ser expedito entre los interesados en el tema.

-Evaluar el impacto sobre el recurso y el ambiente de la extracción productiva.

-Fomentar la investigación en técnicas de manejo sustentable de los PFNM y nuevas formas de procesamiento (desarrollo tecnológico) que lleven a la generación de productos con mayor valor agregado.

-Impulsar la investigación sobre los mercados externos e internos (demanda) y la comercialización de los PFNM, que conlleve a la generación de planes de negocios.

-Crear nuevos canales de transferencia tecnológica de bajo costo para los niveles más primarios del rubro, como lo son recolectores y pequeños productores.

-Fomentar el establecimiento, manejo y difusión de unidades demostrativas como herramienta práctica para la transferencia tecnológica.

-Articular y promover programas de capacitación y cursos específicos a distintos niveles; profesionales y técnicos, sector productivo, recolectores, etc., tendientes a disminuir las brechas tecnológicas.

-Promover la inclusión de la temática de PFNM en planes curriculares de carreras universitarias y técnicas relacionadas con los recursos naturales.

-Coordinar giras tecnológicas nacionales e internacionales orientadas a pequeños y medianos productores.

- **Lineamiento Estratégico 3. Mercado y Comercialización**

Rubro de los PFNM posicionados y consolidados en el mercado.

Objetivos Estratégicos: -Identificar las características del mercado de los PFNM.

-Reforzar y consolidar el comercio formal de PFNM.

-Fortalecer la asociatividad de recolectores, para mejorar la gestión y comercialización de PFNM.

Acciones:

-Estudios de mercados, tendientes a fortalecer los canales de acceso a información y generar nueva información orientada especialmente a los mercados internacionales, así como también evaluar los mercados nacionales o locales.

-Fomentar el desarrollo de giras comerciales nacionales e internacionales.

-Estimular el desarrollo y mejoramiento de productos a través de la identificación de nuevos nichos mercado.

-Incorporar la certificación (certificación orgánica, comercio justo, etc.) para alcanzar nuevos mercados, fundamentalmente a nivel internacional.

-Capacitar a las asociaciones de recolectores con herramientas de comercialización como desarrollo de imagen corporativa y marca, gestión y logística para la comercialización.

-Difusión de experiencias piloto en la comercialización de PFNM y promoción de canales de comercialización establecidos.

-Contratación de gerente encargado de comercializar productos de los recolectores asociados con financiamiento público y/o privado.

- **Lineamiento Estratégico 4. Políticas Públicas.**

Rubro de los PFNM reconocidos en las políticas públicas.

Objetivos Estratégicos: -Ser reconocidos por la institucionalidad pública como una entidad representativa y formal de los PFNM.

-Hacer visibles a la institucionalidad pública las problemáticas del rubro de PFNM, entre ellas las necesidades de los recolectores, las imperfecciones del mercado y la extracción no sustentable de los recursos.

-Impulsar políticas y legislación para desarrollar el rubro PFNM en forma sustentable.

Acciones: -Proponer la creación de incentivos o instrumentos de fomento para el desarrollo de este rubro y con un uso sustentable de los recursos.

-Participar en procesos de discusión, mejora y/o generación de políticas públicas que impacten directa o indirectamente el rubro de los PFNM.

-Articular el acceso a recursos públicos y aportes privados según la demanda real existente.

CONCLUSIONES

Desarrollar esta estrategia significó consensuar una gran cantidad de criterios para que esta permita lograr en el corto, mediano y largo plazo, los objetivos de desarrollo que la Mesa PFNM se ha fijado para el futuro. Además la estrategia debe tener presentes los objetivos particulares de todos y cada uno de los miembros de la Mesa, sean estas personas naturales, instituciones públicas, institutos tecnológicos, universidades, organizaciones sociales y empresas privadas, por lo tanto fue un trabajo de largo aliento, pero que se espera traerá grandes ventajas para desarrollar este sector en la región del Bío Bío.

La estrategia permite ordenar en primer lugar todos y cada uno de los intereses de los miembros de la Mesa, constituyendo su “carta de navegación”, lo que ayuda ciertamente a ordenar las ideas, concentrar los esfuerzos, definir responsabilidades, optimizar los recursos propios y aquellos posibles de captar para el mejor funcionamiento del rubro.

La estrategia también permite generar responsabilidades y plazos de trabajo en torno a ella, lo que significa que está en permanente dinamismo, generando acciones y cumpliendo objetivos, y evidentemente debe estar en permanente renovación y actualización para una mejora continua.

Se espera que esta estrategia se constituya en una potente herramienta que permita que todos los miembros de la mesa trabajen con objetivos comunes, orientados a lograr la misión que esta organización se ha planteado y lograr ciertamente concretar un sueño nacido de un grupo consolidado en años de trabajo y experiencias que desea dar un paso relevante y cualitativo en pos del futuro del rubro PFNM de la región del Bío Bío en especial y ser un aporte sustancial en aquél del rubro PFNM a nivel nacional e internacional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores y miembros de la comisión encargada de generar esta estrategia desean agradecer a todos y cada uno de los miembros de la Mesa PFNM de la región del Bío Bío sus años de permanente compromiso con el rubro y con los otros miembros de la Mesa, y su disposición a

solicitar y apoyar este trabajo, que se espera sea un importante aporte para lograr los anhelos que han movido a todos y cada uno ellos.

REFERENCIAS

INFOR, 2014. Productos Forestales No Madereros. Boletín N° 22 Diciembre 2014. Instituto Forestal, Chile. En: no <http://wef.infor.cl/publicaciones/publicaciones.php#P6>.

Katz, M. y Rosen, H., 1994. Microeconomía, Addison-Wesley Iberoamericana.

Le Roy Miller, R. y Meiners, R., 1988. Microeconomía (3ª ed.). Bogotá: Mc Graw Hill.

Valdebenito, G., 2013. Existencia, Uso y Valor de los Productos Forestales del Bosque Nativo en Chile. Trabajo presentado al Tercer Congreso Latinoamericano IUFRO. Costa Rica 2013.

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. Se acepta también trabajos que han sido presentados en forma resumida en congresos o seminarios. Consta de un volumen por año, el que a partir del año 2007 está 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 dos 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 y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. En casos muy justificados Apéndices y Anexos.

Título: 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. No debe incluir referencias, cuadros ni figuras. Bajo el título se identificará a los autores y a pie de página su institución y dirección. El **Summary** es evidentemente la versión en inglés del Resumen.

Introducción: Como lo dice el título, este punto está destinado a introducir el tema, describir lo que se quiere resolver o aquello en lo que se necesita avanzar en materia de información, proporcionar antecedentes generales necesarios para el desarrollo o comprensión del trabajo, revisar información bibliográfica y avances previos, situar el

trabajo dentro de un programa más amplio si es el caso, y otros aspectos pertinentes. Los Antecedentes Generales y la Revisión de Bibliografía pueden en ciertos casos requerir especial atención y mayor extensión, si así fuese, en forma excepcional puede ser reducida la Introducción a lo esencial e incluir estos puntos separadamente.

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: Descripción 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 solo 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.

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 solo 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, interlineado sencillo y un espacio libre entre párrafos. Letra Arial 10. Un tab (8 espacios) al inicio de cada párrafo. No numerar páginas. Justificación ambos lados. Extensión máxima trabajos 25 carillas para artículos y 15 para Apuntes. Usar formato abierto, no formatos predefinidos de Word que dificultan la edición.

Primera página incluye título en mayúsculas, negrita, centrado, letra Arial 10, 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 Arial 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*.

En el caso de los Apuntes, en su primera página arriba tendrán el título del trabajo en mayúscula, negrita, letra 10 y autor (es), institución, país y correo, letra 10, normal minúsculas, bajo una línea horizontal, justificado a ambos lados, y bajo esto otra línea horizontal. Ej:

EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE COMO MOTOR DE EMPRENDIMIENTO DEL MUNDO RURAL: LA EXPERIENCIA EN CHILE. Víctor Vargas Rojas. Instituto Forestal. Ingeniero Forestal. Mg. Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente. vvargas@infor.cl

Título puntos principales (Resumen, *Summary*, Introducción, Objetivos, etc) en mayúsculas, negrita, letra 10, margen izquierdo. Solo para Introducción usar página nueva, resto puntos principales seguidos, separando con dos espacios antes y uno 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 (7 espacios) y anteponer un guion 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 deben aparecer en orden alfabético por la inicial del apellido del primer autor, letra 8, todas las referencias citadas en texto y solo 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.

Expresiones en Latín, como *et al.*; *a priori* y otras, así como palabras en otros idiomas como *stock*, *marketing*, *cluster*, *stakeholders*, *commodity* y otras, que son de frecuente uso, deben ser escritas en letra cursiva.

Cuadros y Figuras: Numeración correlativa: No deben repetir información dada en texto. Solo se acepta 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). Si la diagramación y espacios lo requieren es posible recurrir a letra Arial *narrow*. 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 y en colores, siempre que reúnan las características de calidad y resolución que permitan su uso.

Abreviaturas, magnitudes y unidades deben estar atenuadas 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**, metro cúbico **m³**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha**.

Llamados a pie de página: Cuando estos son necesarios, serán numerados en forma correlativa y deben aparecer al pie en letra 8. No usar este recurso para citas bibliográficas, que deben aparecer como se indica en Referencias.

Archivos protegidos; "sólo lectura" o 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 a los miembros del Comité Editor 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). 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.

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).

Respecto del peso de los archivos, tener presente que hasta 5 Mb es un 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 y no hay observaciones de fondo por parte del Comité Editor, el trabajo es aceptado como fue propuesto (Artículo o Apunte), 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 INVESTIGACIÓN FORESTAL

ARTICULOS	PÁGINAS
-----------	---------

MODELOS DE RENDIMIENTO PARA <i>Eucalyptus globulus</i> (Labill) EN BASE A VARIABLES AMBIENTALES. Letelier, Luis , Higuera, Cristian y Real, Pedro . Chile.	7
---	---

ANÁLISIS GENÉTICO DE PROGENIES DE POLINIZACIÓN ABIERTA DE <i>Eucalyptus grandis</i> . Miranda, Aline Cristina ; Muller da Silva, Paulo Henrique ; Gomes Vieira, Israel ; Teixeira de Moraes, Mario Luiz e Magno Sebbenn, Alexandre . Brasil.	19
---	----

COMPORTAMIENTO DE CLONES DE <i>Eucalyptus grandis</i> DEL INTA EN PLANTACIONES EN VERTISOLES DEL CENTRO-SUR DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES. ARGENTINA. López, Augusto Javier . Argentina.	27
---	----

EVALUACIÓN A LOS TRES AÑOS DE EDAD DE UN ENSAYO DE PROGENIES DE <i>Acacia mearnsii</i> DE WILD ESTABLECIDO EN LOS SAUCES, REGIÓN DE LA ARAUCANIA. Pinilla, Juan Carlos ; Molina, María Paz ; Luengo, Karina y Navarrete, Mauricio . Chile.	37
--	----

APUNTES	
---------	--

CONSERVACIÓN DE GERMOPLASMA <i>EX SITU</i> : PROTOCOLOS Y ESTRATEGIAS PARA LA MANTENCIÓN DE UN BANCO IN VITRO. Gutiérrez, Braulio y Koch, Laura . Chile.	69
--	----

ESTRATEGIA DE DESARROLLO MESA ARTICULADORA PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS REGIÓN DEL BÍO BÍO (2011-2014). Lucero, Alejandro ; Vallejos, Marcela ; Hechem, Nazir ; Mellado, Valeria ; Celis, Margarita y Gajardo, Pablo . Chile.	83
--	----

REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN	97
---------------------------	----

